



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

**DETERMINACIÓN DEL RENDIMIENTO DEL ACEITE ESENCIAL DE LAS
FLORES DE MANZANILLA (*Matricaria recutita L.*) EN FUNCIÓN DE LA
ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR EN QUE ESTÁ CULTIVADA,
APLICANDO EL METODO DE EXTRACCIÓN POR ARRASTRE CON VAPOR
A NIVEL LABORATORIO**

Glendy Rocío Alvarado Pineda

Asesorado por Ingeniera Telma Maricela Cano Morales

Guatemala, marzo de 2007

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DETERMINACION DEL RENDIMIENTO DEL ACEITE ESENCIAL DE LAS
FLORES DE MANZANILLA (*Matricaria recutita L.*) EN FUNCION DE LA
ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR EN QUE ESTÁ CULTIVADA,
APLICANDO EL MÉTODO DE EXTRACCIÓN POR ARRASTRE CON VAPOR
A NIVEL LABORATORIO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

GLENDY ROCIO ALVARADO PINEDA

ASESORADO POR INGENIERA TELMA MARICELA CANO MORALES

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERA QUÍMICO

GUATEMALA, MARZO DE 2007

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL VI	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Videz Leiva
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR	Ing. Carlos Salvador Wong Davi
EXAMINADOR	Ing. Federico Guillermo Salazar Rodríguez
EXAMINADOR	Ing. Orlando Posadas Valdéz
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

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:

“DETERMINACIÓN DEL RENDIMIENTO DEL ACEITE ESENCIAL DE LAS FLORES DE MANZANILLA (*Matricaria recutita L.*) EN FUNCIÓN DE LA ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR EN QUE ESTÁ CULTIVADA, APLICANDO EL MÉTODO DE EXTRACCIÓN POR ARRASTRE CON VAPOR A NIVEL LABORATORIO”,

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Química, con fecha marzo de 2004.



Glendy Rocio Alvarado Pineda



Guatemala, 09 de agosto de 2006

Ingeniero
Williams Guillermo Alvarez Mejia
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Química

Estimado Ingeniero:

El motivo de la presente es para informarle que he revisado el informe final del trabajo de graduación de la estudiante Glendy Rocío Alvarado Pineda, con carné numero 9712296 titulado "Determinación del rendimiento del aceite esencial de la manzanilla (Matricaria recutita L.) en función de la altura sobre el nivel del mar en que está cultivada, aplicando el método de extracción por arrastre con vapor a nivel laboratorio"

Habiendo encontrado el informe final del trabajo de graduación satisfactorio, lo remito a su consideración para proceder a la respectiva revisión.

Agradeciendo la atención que se sirva dar a la presente, me suscribo de usted.

Atentamente,


Inga. Telma Maricela Cano Morales
Colegiado 433
Jefa de la Sección de Química Industrial
Asesora del trabajo de Graduación



Guatemala 8 de septiembre de 2006

Ing. Williams Álvarez Mejía
Director
Escuela de Ingeniería Química

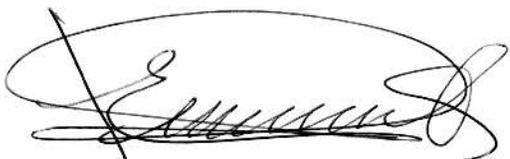
Respetado Ing. Álvarez Mejía:

Atentamente me dirijo a usted para hacer de su conocimiento que he revisado el informe final del trabajo de graduación de la estudiante de Ingeniería Química Glendy Rocío Alvarado Pineda, con número de carné 97122967, titulado "Determinación del rendimiento del aceite esencial de las flores de manzanilla (*Matricaria recutita L.*) en función de la altura sobre el nivel del mar en que está cultivada, aplicando el método de extracción por arrastre con vapor a nivel laboratorio".

Considero que el trabajo de graduación cumple con los requisitos para su aprobación.

Sin otro particular, me suscribo de usted.

Respetuosamente,



Ing. Qco. José Eduardo Calderón García
Profesor Titular VIII colegiado 247
Número de Registro Personal 2372



FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Química Ing. Williams Guillermo Álvarez Mejía M. Sc. Después de conocer el dictamen del Asesor con el Visto Bueno del Jefe del Departamento al trabajo de Graduación de la estudiante Glendy Rocío Alvarado Pineda titulado: "DETERMINACIÓN DEL RENDIMIENTO DEL ACEITE ESENCIAL DE LAS FLORES DE MANZANILLA (*Matricaria recutita* L.) EN FUNCIÓN DE LA ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR EN QUE ESTÁ CULTIVADA, APLICANDO EL MÉTODO DE EXTRACCIÓN POR ARRASTRE CON VAPOR A NIVEL LABORATORIO.", procede a la autorización del mismo.


Ing. Williams Guillermo Álvarez Mejía
DIRECTOR ESCUELA INGENIERÍA QUÍMICA



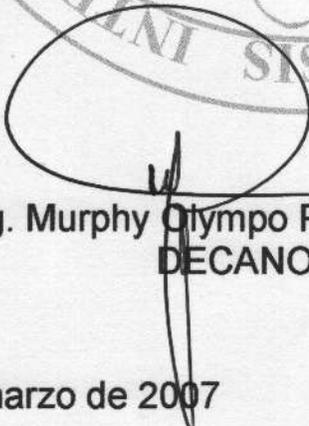
Guatemala, marzo de 2,007



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Química, al trabajo de graduación titulado: **DETERMINACIÓN DEL RENDIMIENTO DEL ACEITE ESENCIAL DE LAS FLORES DE MANZANILLA (Matricaria recutita L.) EN FUNCIÓN DE LA ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR EN QUE ESTÁ CULTIVADA, APLICANDO EL MÉTODO DE EXTRACCIÓN POR ARRASTRE CON VAPOR A NIVEL LABORATORIO**, presentado por la estudiante universitaria **Glendy Rocío Alvarado Pineda**, procede a la autorización para la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.




Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
DECANO

Guatemala, marzo de 2007

/gdech

ACTO QUE DEDICO A

DIOS

Por darme la oportunidad de vivir y finalmente concluir esta etapa de mi vida y sobre todo por ser la luz que ilumina mis pasos.

MI MADRE

Ilda Iliana Pineda Méndez, por su apoyo incondicional, su esfuerzo y paciencia, y por la lucha de darme siempre el mejor ejemplo y lo mejor que me pudo dar la vida.

MI ABUELITA

Trinidad Vda. De Pineda (QEPD), por haber apoyado a mi madre en la difícil tarea de educar a una hija.

MI ESPOSO

José Santos Solórzano, por su amor y apoyo incondicional.

MIS TÍOS

Sonia Pineda y Rony Pineda, por su apoyo incondicional y por haber estado allí siempre que los necesité.

A MIS PRIMOS

Rodrigo y María José, para que esto sea un ejemplo en sus vidas.

A MI FAMILIA Y AMIGOS

Por su apoyo.

AGRADECIMIENTOS A

Mi asesora, Inga. Telma Maricela Cano Morales, por el tiempo y paciencia dedicado a la elaboración del presente trabajo de graduación.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
GLOSARIO	VII
HIPÓTESIS	IX
JUSTIFICACIÓN	XI
RESUMEN	XIII
OBJETIVOS	XV
INTRODUCCIÓN	XVII
1. ANTECEDENTES	1
2.GENERALIDADES	3
2.1 Aceites esenciales.....	3
2.2 Características generales	4
2.3 Naturaleza química.....	6
2.3.1 Clasificación de los aceites esenciales	7
2.3.2 Distribución y estado natural.....	8
2.4 Actividad farmacológica.....	9
2.4.1 Por inhalación.....	9
2.4.2 Por uso tópico a través de la piel.....	10
2.4.3 Por ingestión.....	10
2.5 Inconvenientes de los aceites esenciales.....	11
2.6 Ventajas	11
2.7 Esencias concretas.....	11
3. MANZANILLA COMÚN	13
3.1 Lugar de origen.....	13

3.2 Etimología del nombre científico	13
3.3 Otros nombres populares.....	13
3.4 Descripción.....	13
3.5 Parte utilizada.....	14
3.6 Requerimientos.....	14
3.6.1 Clima.....	14
3.6.2 Suelo.....	14
3.7 Cultivo.....	15
3.7.1 Elección de lote.....	15
3.7.2 Preparación del suelo.....	16
3.7.3 Siembra.....	16
3.7.4 Labores.....	16
3.8 Cosecha.....	16
3.9 Poscosecha.....	17
3.9.1 Tratamiento del producto.....	17
3.10 Rendimiento.....	18
3.11 Usos y propiedades.....	18
3.11.1 Usos.....	18
3.11.2 Propiedades	19
3.11.3 Esencia.....	19
4. MANZANILLA ROMANA.....	21
4.1 Generalidades.....	21
4.2 Botánica.....	21
4.3 Variedades.....	22
4.4 Parte utilizada.....	22
4.5 Constitución química.....	22
4.6 Actividades y usos farmacológicos.....	23
4.7 Cultivo.....	23

4.7.1 Suelo.....	23
4.7.2 Clima.....	23
4.7.3 Propagación.....	24
4.7.4 Preparación de la cama de siembra.....	24
4.7.5 Siembra-Plantación.....	24
4.8 Labores culturales.....	25
4.9 Cosecha.....	25
4.10 Secado	26
5. QUÍMICA DEL ACEITE.....	27
5.1 Tipos de extracción.....	27
5.2 Cromatografía gaseosa.....	29
5.3 Parámetros relevantes.....	31
5.4 Etapas del análisis de una muestra.....	33
6. METODOLOGÍA.....	35
6.1 Localización.....	35
6.2 Recursos humanos.....	35
6.3 Recursos materiales.....	35
6.4 Equipo y cristalería.....	36
6.5 Procedimiento.....	37
6.6 Cromatografía de gases del aceite esencial.....	38
6.7 Metodología experimental.....	39
6.7.1 Plan de muestreo.....	38
6.7.2 Diseño de tratamientos.....	38
6.7.3 Diseño de tratamientos y manejo del experimento.....	38
7. RESULTADOS.....	43

8. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	45
9. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	49
CONCLUSIONES.....	53
RECOMENDACIONES.....	55
BIBLIOGRAFÍA.....	57
APÉNDICE I.....	61
APÉNDICE II.....	63
APÉNDICE III.....	65
APÉNDICE IV.....	67
ANEXO.....	77

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Gráfico de intensidad en función del tiempo	30
2	Flor de <i>Matricaria recutita L.</i>	67
3	Equipo para hidrodestilación Neoclavenger	67
4	Equipo para hidrodestilación Neoclavenger en funcionamiento	68
5	Equipo rotaevaporador	68

TABLAS

I	Datos del diseño estadístico	40
II	Datos del análisis de varianza	40
III	Rendimientos de aceite esencial de <i>Matricaria recutita L.</i>	43
IV	Rendimiento porcentual promedio de aceite esencial	43
V	Nomenclatura para realizar el análisis estadístico	49
VI	Cálculo de varianza	50
VII	Resultados del análisis de varianza	51
VIII	Datos de masa de aceite esencial obtenidos	61
IX	Rendimientos de aceite esencial para distintas altitudes	63
X	Composición química de los aceites esenciales obtenidos	64

GLOSARIO

Absoluto	Producto de la eliminación por medio de alcohol de ceras de un concreto.
Aceite	Líquido que se extrae de diferentes plantas, frutos o semillas.
Análisis de varianza	Método estadístico para comparar dos condiciones o tratamientos de un experimento.
Antiinflamatorio	Sustancia que no permite que otro se inflame.
Aromático	Sustancia que tiene aroma u olor agradable.
Condensado	Líquido obtenido por el cambio de fase del vapor que se introduce al condensador.
Destilación	Separación de los componentes de una mezcla líquida por medio de evaporación y condensación.
Disolvente	Componente que en una solución se encuentra en mayor proporción.
Extracción	Separación de las mezclas con temperaturas de ebullición próximas, aprovechando las diferencias de estructura química, al entrar en contacto dos fases, para permitir la transferencia de masa y separarlas después.

Hidrodestilación	Método de producción de aceites volátiles.
Hipótesis	Propuesta para demostrar o no después de finalizar un estudio.
Infusión	Extracción de principios activos por la acción del agua hirviendo.
Odoríferas	Sustancias que tienen buen olor o fragancia.
Secado	Eliminación de agua o de otros líquidos de materiales sólidos.
Vestigial	Escasamente desarrollado.
Volátil	Sustancia que se evapora con facilidad.

HIPÓTESIS

El rendimiento del aceite esencial de Manzanilla (*Matricaria recutita L.*) está influenciado por el nivel altitudinal en que se cultivó la planta.

HIPÓTESIS ESTADÍSTICA

Hipótesis nula: H_0

El rendimiento del aceite esencial de manzanilla (*Matricaria recutita L.*) cosechada a distintas altitudes es el mismo.

$$\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3$$

Hipótesis alternativa: H_a

El rendimiento de extracción de aceite esencial de manzanilla (*Matricaria recutita L.*) varía al utilizar muestras cosechadas en alturas distintas.

$$\alpha_1 \neq \alpha_2 \neq \alpha_3$$

JUSTIFICACIÓN

En Guatemala, la Manzanilla (*Matricaria recutita L.*) constituye un ejemplo de flor extremadamente rica en diversidad genética y contenidos aromáticos, es muy poco lo que se ha publicado sobre su valor como aromatizante, en comparación con otras regiones como Europa o Asia. Además, dentro de las tradiciones populares de la Región, existen numerosos ejemplos de especies vegetales apreciadas por su aroma y fragancia.

Dado el interés mundial que se ha despertado por el uso de productos naturales y la necesidad de la industria perfumera de competir en base a la novedad, es sumamente deseable encontrar nuevos productos naturales que permitan ofrecer nuevas fragancias elaboradas con características olfativas diferentes. Dentro de este marco, es evidente que los aceites esenciales juegan un papel fundamental. No solamente como proveedores de nuevas características olorosas, sino también como generadores de nuevas estructuras químicas, capaces de ofrecer al químico nuevas rutas sintéticas o nuevas estructuras olfativamente valiosas.

En Guatemala las hojas y flores de la manzanilla se venden indistintamente en los mercados ya que son ampliamente usadas para tratar una gran diversidad de males tales como afecciones gastrointestinales (antidiarreico, antiespasmódico y carminativo), tópicamente como un antiinflamatorio, anitifúngico, antiviral, antibacteriano y en el sistema nervioso como un sedante. La infusión diluida, se utiliza como colirio para lavar los ojos.

En cuanto al aceite esencial, es ampliamente utilizado en la industria de perfumería y cosméticos en la elaboración de jabones, champú, lociones, cremas y aditivos para baños, igualmente la aplicación de este aceite en tejidos blandos posterior

a extracciones dentales simples tiene un efecto antiinflamatorio por lo que no es necesario utilizar analgésicos fuertes.

RESUMEN

En el presente trabajo se obtuvo, cuantificó y caracterizó el aceite esencial de Manzanilla (*Matricaria recutita L.*). Para su obtención se utilizó el método de Extracción de arrastre con vapor de agua a nivel laboratorio. Evaluándose la influencia de la altitud en la que fue cultivada la planta sobre el rendimiento del aceite; la recolección se realizó en cuatro localidades; el tamaño del lote utilizado fue de 50 gramos de material seco.

La caracterización del aceite se realizó por medio de cromatografía de gases, con la que fue posible obtener la composición del aceite.

Se utilizó un arreglo combinatorio aleatorio, para permitir la interacción del factor altitudinal. Para obtener una variable aleatoria como respuesta de cada uno de los cuatro tratamientos se llevaron a cabo tres repeticiones por tratamiento.

Se determinó que el rendimiento de aceite esencial de Manzanilla (*Matricaria recutita L.*) , según el análisis de varianza no está influido por la altitud del lugar de cosecha.

OBJETIVOS

- **General**

Extraer aceite esencial de la Manzanilla (*Matricaria recutita L.*) cultivada en 4 diferentes altitudes por el método de extracción de arrastre con vapor de agua a nivel laboratorio.

- **Específicos**

1. Extraer el aceite esencial de manzanilla (*Matricaria recutita L.*) a nivel laboratorio utilizando el método de hidrodestilación, cultivada en 4 regiones de diferentes niveles altitudinales de Guatemala.
2. Comparar los rendimientos del aceite esencial obtenido de la Manzanilla (*Matricaria recutita L.*) cultivada a diferentes niveles altitudinales.
3. Establecer en base a los resultados porcentuales obtenidos, la influencia de la altitud en el rendimiento de extracción del aceite esencial de manzanilla (*Matricaria recutita L.*)
4. Caracterizar el aceite esencial de manzanilla (*Matricaria recutita L.*) por medio de cromatografía gaseosa.

INTRODUCCIÓN

Guatemala cuenta con una gran diversidad natural, lo que la hace que tenga un potencial incalculable de productos de origen vegetal, de éstos, pocos son explotados y muchos de ellos desconocidos.

Muchas de estas especies vegetales poseen aceites esenciales, los cuales tienen una gran utilidad y un creciente campo de aplicación e investigación; tal como lo es la manzanilla (*Matricaria recutita L.*) por ser de uso corriente para el tratamiento de diversas enfermedades, como medicina alternativa, gracias a sus propiedades antiinflamatoria, carminativa, espasmolítica y sedante, puede ser indicada por vía oral en gastritis, úlcera duodenal, colitis, espasmos, inapetencia, digestiones lentas, meteorismos, náusea, vómitos, disquinesia biliar, nerviosismo e insomnio. Por su propiedad antiinflamatoria y antiséptica, está indicada por vía tópica en blefaritis, conjuntivitis, eczema, heridas, contusiones, inflamaciones locales, hemorroides, estomatitis y vaginitis, en infusión aplicada como compresa, loción, lavado, baño, colutorio, irrigación vaginal o anal y enteroclismas.

En la investigación se determinó el rendimiento porcentual del aceite esencial de la manzanilla (*Matricaria recutita L.*) cosechada a 4 diferentes alturas sobre el nivel del mar, siendo estas:

- Comunidad Chaquijyá, Sololá. Altitud 2400 msnm
- Sololá, Sololá. Altitud 2113 msnm
- Chimaltenango, Chimaltenango. Altitud 1800 msnm
- Cuilco, Huehuetenango. Altitud 1150 msnm.

1. ANTECEDENTES

Cada día se utiliza una gran variedad de aceites esenciales en preparaciones farmacéuticas, alimentos, salsas, carnes, pastelería, enlatados, confitería, bebidas, sopas, aromatizantes, cosméticos, desinfectantes, perfumería y muchos más.

La obtención de aceites esenciales debe realizarse de acuerdo a las condiciones en la cual se presenta en la planta. Si el aceite está presente en grandes cantidades, puede ser extraído por el método de presión. Sin embargo, en la mayoría de los casos está presente en cantidades muy pequeñas, por lo que la presión no da resultado, en estos casos se obtiene por medio de extracción por arrastre con vapor. Esto consiste en agregarle agua a la materia prima, llevándola luego a ebullición. El vapor reblandece las paredes de las glándulas aceitosas, libera el aceite y lo arrastra hacia el condensador, donde el vapor de aceite y el vapor de agua son relicuados por enfriamiento.

En Guatemala se han realizado diversos estudios acerca de las plantas medicinales, y la manzanilla no ha sido la excepción. A la fecha se ha logrado determinar que el método en el cual se obtiene un mayor rendimiento en el aceite esencial es el de Arrastre con Vapor.

Entre dichos estudios los relacionados con la manzanilla son:

La Comparación del rendimiento del aceite esencial de la *Matricaria recutita L.* y la *Matricaria Courrantiana* cultivadas en el departamento de Sololá obtenido por los métodos de arrastre con vapor y maceración. En este estudio se logró establecer que de los dos métodos utilizados, el más factible de llevar a cabo y obtener resultados es el de hidrodestilación. Fue posible determinar que existe una diferencia significativa entre el rendimiento del aceite esencial de la interacción método-especie, para la extracción por los métodos de arrastre con vapor y maceración.

Asimismo se han hecho estudios sobre el rendimiento y obtención de aceites esenciales de varias plantas medicinales, ya que estos son ampliamente utilizados en la industria.

En el extranjero también se han realizado estudios sobre la extracción de aceite esencial, tal es el caso de Argentina, en la cual existen experiencias aisladas de productores y hay amplia experiencia de su cultivo en la zona “manzanillera” (Provincia de Buenos Aires), de esa zona,

La manzanilla común ocupa el primer lugar dentro de las exportaciones argentinas de productos aromáticos y medicinales, siendo los principales destinos Alemania (56%) e Italia (30%).

Es una especie aromática y medicinal originaria de Europa que se ha difundido en la parte occidental de Asia, norte de África, EE.UU. y áreas templadas de América del Sur.

Es una planta usada desde la antigüedad, la medicina árabe recetaba el aceite para fricciones.

Los egipcios, griegos y romanos conocían sus propiedades curativas, particularmente para tratar malaria y otras afecciones epidémicas; Plinio y Dioscórides la mencionan como la planta medicinal más importante, tanto para aliviar el dolor de cabeza como para los desórdenes de los riñones e hígado. Las fuentes históricas americanas del siglo XVI no la mencionan, fue introducida en América posteriormente.

2. GENERALIDADES

2.1 Aceites esenciales

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

Son productos odoríferos obtenidos de materias primas naturales por arrastre con vapor, habitualmente con agua o vapor, como en casos de frutos cítricos, mediante un proceso mecánico y por extracción por solvente.

Para extraerlos por arrastre de vapor, se debe contar con un equipo de pequeñas dimensiones (neoclevenger) si se trata de una determinación experimental en laboratorio y de mayor tamaño si es una tarea a nivel industrial.

Los neoclevenger constan de las siguientes partes: una fuente de calor que genera vapor, un recipiente para alojar la hierba, un colector del aceite esencial separado y un refrigerante para los vapores.

En los laboratorios se utilizan balones de 1 y 5 litros, mientras que los equipos industriales pueden llegar a tener una capacidad de hasta 8000 ó 10000 litros en el recipiente para colocar la hierba.

El vapor de agua atraviesa la hierba colocada en el recipiente, extrae y arrastra el aceite esencial que tiene bajo punto de volatilización y lo lleva hasta el refrigerante, donde al enfriarse se condensa y se separa el agua del aceite por densidad.

Si el aceite es menos denso queda en la superficie y si es más denso que el agua, va al fondo. De esta manera es fácil separarlo.

Si bien la composición química de los aceites es muy variada, todos ellos poseen varias propiedades físicas en común, por ejemplo: tienen alto índice de refracción, son ópticamente activos, etc.

Prácticamente todos los aceites esenciales consisten en mezclas de productos químicos que a menudo son muy complejas. En su mayoría están constituidos por terpenos, que son hidrocarburos cuya fórmula es $C_{12}H_{16}$. Los terpenos más comunes son el limoneno y el pineno. Estos terpenos se oxidan naturalmente, por lo que muchas veces es necesario separarlos, obteniendo un producto de mayor valor que se conoce como aceite esencial deterpenado. Su composición exacta se puede obtener mediante una cromatografía gaseosa. Es importante conocer ésta a los efectos de poder fijar precio al producto, ya que ésta varía según su composición química. Los mayores consumidores de aceites deterpenados son las industrias de perfumería y cosmetología.

Las extracciones por arrastre de vapor duran entre 3, 4 o más horas, según la hierba que se trate, obteniéndose muy poca cantidad de esencia. Esto se debe a que el contenido en aceites de las plantas es bajo, y por ello hace falta destilar abundante cantidad de hierbas para obtener un volumen que justifique el gasto de la extracción. Los rendimientos suelen ser menores al 1%, es decir destilando 100 Kg de hierba fresca, obtendremos menos de 1 Kg de aceite esencial. Esto no sólo obliga a optimizar la extracción, sino a contar con muchas toneladas de hierba a destilar, inclusive con muchas personas que provean de la hierba.

2.2 Características generales

Los aceites esenciales son fracciones llamadas poliinsaturadas, contenidos en ciertos aceites vegetales. Son llamados "esenciales" ya que por un lado son virtualmente esenciales al organismo humano debido a que no pueden ser sintetizados en el cuerpo a partir de otros elementos y por otro lado nos son "esenciales" ya que nuestro organismo los requiere para poder funcionar correctamente. Lo que se entiende normalmente bajo

esta definición, debería de ser llamado en realidad aceites etéreos o aceites volátiles pero debido a una mala costumbre idiomática se generalizó esa mala definición de "aceite esencial".

Son aceites muy livianos, contenidos en diferentes partes de las así llamadas plantas aromáticas, algunas de las cuáles contienen la esencia principalmente en sus semillas (anís, eneldo, coriandro), otras en las cáscaras de su fruto (limón, bergamota, naranja), otras en las hojas (menta, eucalipto, tea-tree), otras en la madera (canela, sándalo, cedro), otras en las flores (jazmín, lavanda, ylang-ylang) otras en sus raíces (vetiver, jengibre, angélica) y otras finalmente en su resina (incienso, benjuí, mirra).

Estos aceites son, debido a su estructura molecular específica, tan livianos, que algunas de sus fracciones se evaporan a temperatura ambiente, hecho que es determinante para su uso en perfumes. Los "aceites esenciales" generalmente no dejan manchas, tal como sus parientes mas pesados que son los aceites vegetales normales (girasol, sésamo, soja, etc.), los que a su vez tampoco dejarían manchas (por lo menos no de grasa), si se "evaporan" en su punto de evaporación, valga la redundancia, el cuál, a presión atmosférica, está arriba de 700 °C. Se obtienen a partir de diferentes plantas mediante destilación, prensado o extracción por agentes.

Usados preferentemente para fabricar fragancias, también tienen aplicación como sustancia beneficiosa en la aromaterapia y son muy apreciados para perfumar ambientes o como productos de baño.

Desempeñan un papel clave en la bioquímica de las plantas, ya que actúan como:

- Reguladores y mensajeros
- Protegen a la planta de parásitos y enfermedades
- Son muy importantes para la fertilización

- Llevan información inter-celular y se relacionan con la respuesta hormonal de la planta
- Controlan la multiplicación y renovación de las células.

La composición química de los aceites esenciales es muy variada, rica y compleja por lo que son de alto valor terapéutico. Son llamados “El Alma de las Plantas” ya que representan su “Energía Vital”.

2.3 Naturaleza química

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

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

En su gran mayoría son de olor agradable, aunque existen algunos de olor relativamente desagradable como por ejemplo los componentes que forman parte de la fracción aromática del ajo y la cebolla, los cuales contienen compuestos azufrados. Los aceites pueden estar asociados formando mezclas con otros productos naturales como es el caso de las resinas y productos relacionados.

2.3.1 Clasificación de los aceites esenciales

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

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

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

Estos son más económicos y por lo tanto son mucho más utilizados como aromatizantes y saborizantes (esencias de vainilla, limón, frutilla, etc.)

Desde el punto de vista químico y a pesar de su composición compleja, los aceites esenciales se pueden clasificar de acuerdo con los componentes mayoritarios. Según esto los aceites esenciales ricos en monoterpenos se denominan aceites esenciales

monoterpénicos (por Ej. hierbabuena, albahaca, salvia, etc.) Los ricos en sesquiterpenos son los aceites esenciales sesquiterpénicos (por Ej. copaiba, pino, junípero, etc.)

Los ricos en fenilpropanos son los aceites esenciales fenilpropanoides (por Ej. clavo, canela, anís, etc.). Aunque esta clasificación es muy general resulta útil para estudiar algunos aspectos fitoquímicos de los monoterpenos, los sesquiterpenos y los fenilpropanos, sin embargo existen clasificaciones más complejas que tienen en cuenta otros aspectos químicos.

2.3.2 Distribución y estado natural

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

Aunque en los aceites esenciales tanto los mono-, los sesquiterpenos y los fenilpropanos se les encuentra en forma libre, más recientemente se han investigado los que están ligados a carbohidratos, ya que se considera que son los precursores inmediatos del aceite como tal.

2.4 Actividad farmacológica

Los aromas contenidos en los aceites esenciales son los productos mas elaborados del reino vegetal, cada planta o árbol guarda en si el conocimiento acumulado durante millones de años, adaptándose a los cambios que ha sufrido el planeta.

La composición química de los aceites esenciales es muy rica, variada y compleja, por lo que son potentes antisépticos, bactericidas y analgésicos entre otras propiedades terapéuticas los aceites esenciales representan la energía vital de las plantas, es el pulso de su mundo y quizá la sustancia de la vida, este pulso fue creado para entregar a cada célula del organismo humano la energía y los nutrientes para reforzar la habilidad de regeneración, fuerza y protección.

La eficiencia de los tratamientos aroma terapéuticos depende de la pureza y calidad de los aceites esenciales y de la manera de usarlos.

2.4.1 Por inhalación

Mediante la aspiración directa de los aromas, a través del sentido del olfato llegando al cerebro. La región olfativa es el único lugar de nuestro cuerpo donde el sistema nervioso central esta relacionado estrechamente con el mundo exterior, en esta forma, los estímulos olfativos llegan directamente a las centrales de conexión internas, las neuronas de la región olfatoria son neuronas sensitivas primarias y forman parte de las neuronas cerebrales, los mensajes olfatorios atraviesan la corteza cerebral por medio de fibras nerviosas que llegan a las neuronas centrales de control superior del cerebro.

Nuestro bienestar general depende mucho más de nuestro olfato de lo que se suponía. El olfato no solo controla funciones corporales que no están sometidas a nuestra voluntad consiente, sino que influyen en nuestro mundo emotivo, esto se explica

analizando las funciones de varias estructuras cerebrales como el sistema límbico, el hipotálamo y el tálamo que se ocupan tanto de procesos emocionales como físicos y están relacionados con el sentido del olfato.

2.4.2 Por uso tópico a través de la piel (percutáneo)

Por la composición orgánica de las moléculas de los aceites esenciales, estas son absorbidas por la piel de donde acceden por medio de los capilares del torrente sanguíneo, para llevar sus efectos a todo el organismo, al mismo tiempo estimulan la regeneración celular de los tejidos, y la salud de la piel matando gérmenes y bacterias nocivas.

Cuando el cuerpo recibe masaje con aceites esenciales los efectos tanto fisiológicos como psicológicos son asombrosos, el masaje actúa en las terminaciones nerviosas del cuerpo, al mismo tiempo produce calma y estimula el flujo energético que alivia la tensión, elimina toxinas y a la vez crea tejidos sanos, disminuyendo el proceso de envejecimiento.

2.4.3 Por ingestión

Este uso está dirigido a tomar (ingerir) directamente los aceites esenciales, es el método menos común ya que sus efectos son menos rápidos y las dosificaciones deben de ser muy precisas, controladas y prescritas por un médico aroma terapeuta. La manera tradicional es la de tomar infusiones (tés) de hierbas aromáticas y la de incluirlas en la preparación de alimentos.

2.5 Inconvenientes de los aceites esenciales

- Sabor bueno pero incompleto y mal distribuido.
- Se oxidan fácilmente.
- No contienen antioxidante natural.
- Se alteran fácilmente.
- Muy concentrados, por lo tanto difíciles de dosificar.
- No se dispersan fácilmente, sobretodo en los productos secos.

2.6 Ventajas

- Higiénicos, exentos de bacterias, etc.
- Sabor suficientemente fuerte.
- Calidad del sabor conforme con la materia prima.
- No colorea el producto.
- Exento de enzimas y taninos.
- Estable si está bien almacenado.

2.7 Esencias Concretas

Son concentrados odoríferos obtenidos por extracción con un disolvente *no acuoso* volátil, con la eliminación posterior del disolvente por evaporación a temperatura moderada y en un vacío parcial.

Estos productos se obtienen con equipos extractores, que no son los mismos que se usan para extraer las esencias. Los extractos son de gran interés comercial ya que de esta forma se incorporan los vegetales a los medicamentos. Los más conocidos son los extractos de carqueja, de boldo y de alcachofa.

3. MANZANILLA COMÚN

Sinónimos del nombre científico:

Recutita chamomilla = *Matricaria recutita* L

3.1 Lugar de origen

Originaria de Europa, difundida en forma natural o por cultivo en Hungría, Bulgaria, Yugoslavia, Rumania, Alemania, España, Italia y Australia; también en el occidente Asiático y norte de África. En América se la cultiva en Argentina, USA. y Venezuela.

3.2 Etimología del nombre científico

Proviene del latín *matrix*, por matriz y, del griego, *chamaemelum*, que significa manzanita de tierra, por el aroma que desprende.

3.3. Otros nombres populares

Manzanilla alemana, chamomilla, manzanilla de Aragón, manzanilla húngara. Alemán, Kamillen; francés, camomille allemande, matricaire; inglés, german chamomille, hungarian camomille, wild camomille; italiano, camomilla vulgare; portugués, camomila da alemanha, matricaria.

3.4 Descripción

Planta herbácea anual, glabra, muy ramificada que alcanza una altura de 0,60 m. Hojas sésiles, alternas, bipinnadas en la parte superior y tripinnadas en la inferior, con

segmentos lineales. Flores agrupadas en capítulos pequeños, largamente pedunculados, con receptáculo cónico y hueco, rodeado por un involucre imbricado y aplastado, Flores sin vilano, periféricas femeninas, liguladas, de color blanco; flores centrales hermafroditas, de color amarillo, tubulares. Frutos, aquenios pequeños, de color verde amarillento.

3.5 Parte utilizada

Las "flores" (cabezuelas) desecadas y la esencia.

Olor aromático, agradable y característico, sabor algo amargo. Contiene aceite esencial, ácidos salicílico y málico, tanino, un principio amargo (ácido anthémico), colina, apigenina, inosita, sustancias resinosas y pécticas, etc.

La esencia es un líquido de color azul más o menos intenso por la presencia de azuleno, con el tiempo en presencia de luz se vuelve marrón. Contiene sesquiterpenos, furfural, alcohol sesquiterpénico que representa con su óxido el 50% de la esencia, el bisabolol (45%) y farneseno (18%).

El resto de la planta se conoce comercialmente como *rama* y su valor comercial es bajo aunque suele formar parte de las calidades inferiores.

3.6 Requerimiento

3.6.1 Clima

Prospera bien en clima templado relativamente húmedo.

3.6.2 Suelo

No es exigente en cuanto a calidad de suelos. Se adapta muy bien a diferentes tipos de suelos, aunque son más aptos para el cultivo los franco-arenosos de mediana fertilidad, buen drenaje y algo húmedos.

Suelos excesivamente fértiles producen abundante vegetación y menor rendimiento en flores y, como consecuencia, dificultades de cosecha, maduración despareja y menor rinde.

Habita a orillas de caminos, campos, huertos, etc. En Guatemala se cultiva en varias zonas del país, preferentemente en zonas templadas pero soleadas hasta 3900 msnm, naturalizada en campos de cultivo de 1300-2500 msnm en Alta Verapaz, Chimaltenango, Jalapa, Quetzaltenango, Sacatepéquez, San Marcos, Sololá y Zacapa.

3.7 Cultivo

3.7.1 Elección del lote

- Seleccionar un lote en el cual no se haya cultivado manzanilla por dos o tres años para prevenir problemas de plagas y enfermedades.
- Preferir un lote cuyo antecesor no sea de cosecha gruesa, porque el campo se desocupa tarde y no es suficiente el tiempo disponible para realizar una buena preparación del suelo y porque su rastrojo es de mineralización lenta.
- Es conveniente que el antecesor inmediato haya sido un cereal de invierno, que se cosecha a fin de año, para hacer un buen barbecho y preparar la cama de siembra y una siembra tempranas.
- En potreros que provengan de pastura o campo natural, convendrá realizar control previo de insectos de suelo.
- Son preferibles las lomas, medias lomas y algunas planicies, con el tipo de suelo indicado antes. Es importante considerar las malezas presentes, en especial las de tipo rizomatoso por las mayores dificultades en su control.

- Se deben descartar aquellos lugares donde haya "manzanilla cimarrona" (*Anthemis cotula* L.) ya que sus flores desvalorizan el producto.

3.7.2 Preparación del suelo

Debe ser muy esmerada pues la semilla es muy pequeña (P1000: 0,145 gramos). Es recomendable dar suficientes aradas y rastreadas que dejen el terreno bien desmenuzado y parejo.

3.7.3 Siembra

Se realiza a fines de otoño, preferentemente, y principios de primavera, al voleo o en líneas separadas 20-40 cm., empleándose 5-8 Kg. de semilla por hectárea.

3.7.4 Labores

Debido a su carácter invasor y a su rápido desarrollo generalmente son innecesarias las carpidas. El riego solamente será necesario en casos de intensas sequías.

3.8 Cosecha

Se realiza cuando los capítulos se hallan completamente abiertos, lo que ocurre escalonadamente desde principios y hasta el fin de la primavera. Las últimas flores son de menor tamaño y más aromáticas, pero pueden confundirse con la "manzanilla cimarrona" o "manzanilla hedionda" (*Anthemis cotula* L.), pero esta última se diferencia en que el receptáculo floral es globoso y macizo, además de tener otro aroma.

La forma de cosecha puede variar:

- Con la ayuda de un peine metálico que se pasa sobre la planta. Este peine consta de dientes, separados lo suficiente para retener los capítulos entre sí, y filo que corta los pedúnculos. El material logrado es bastante limpio, aunque requiere igualmente una limpieza posterior. Es un sistema que casi no se utiliza.
- Con carrito recolector a tracción humana. Se trata de un cajón provisto de ruedas, de más o menos un metro de ancho, que en su frente lleva un peine con dientes de hierro. Las flores se deslizan entre ellos y son arrancados y recibidos en el interior del carro. Varas posteriores permiten su empuje por parte del recolector. Es también muy poco utilizado. Un carro similar, algo más grande, a tracción animal es una variante del anterior sistema. Permite recolectar una superficie mayor, aproximadamente una hectárea o un poco más por jornada.
- Máquinas cosechadoras automotrices que se emplean en superficies grandes. Actualmente es lo más utilizado.

La cosecha conviene realizarla desde el atardecer hasta la mañana del día siguiente pues los pedúnculos resultan más tiernos y se cortan más cerca de los capítulos.

En campos bien trabajados se pueden realizar por lo común dos cortes, el primero con un rendimiento de 2/3 del total anual y el segundo de 1/3 del mismo.

3.9 Poscosecha

3.9.1. Tratamiento del producto

El material fresco recogido con peines, cualquiera fuere su forma o tipo debe ser rápidamente sometido a una limpieza y selección; se pueden utilizar zarandas rotativas

cilíndricas, para separar capítulos solos, capítulos con distintos largos de pedúnculos, restos de hojas, impurezas, cuerpos extraños, descarte, etc.

Después se procede al desecado en forma natural o mecánica.

Posteriormente se realiza una clasificación para la que puede utilizarse zarandas horizontales y por último una limpieza final para después embalarlo.

3.10 Rendimiento

Materia Prima

- 400 a 800 Kg. /ha.

Esencia

- 1 a 1,5% sobre flores desecadas.

3.11 Usos y propiedades

3.11.1 Usos

- Solos o en mezclas con otras especies en infusiones.
- Para la extracción de la esencia.
- En licorería.
- En forma de tintura para el cabello.
- Para preparar tinturas, extractos, jarabes, polvos, etc.
- El extracto como parte de preparados medicinales en afecciones inflamatorias, sabañones, conjuntivitis, pruritos, etc.

3.11.2 Propiedades

Tónicas, estimulantes, antiespasmódicas, sedativas, antiflogísticas, antialérgicas, vermífugas y emenagogas.

3.11.3 Esencia

- Utilizada en perfumería y licorería.
- En la industria de cosméticos, en polvos, ungüentos y cremas que evitan las irritaciones de la piel por causa del sol; en dentífricos contra inflamaciones de boca y encías).
- Por su acción antiflogística debida al azuleno; aunque esta sustancia se la obtiene principalmente en forma sintética.
- En la industria de especialidades medicinales por sus propiedades anti-inflamatorias y en alergias.

4. MANZANILLA ROMANA

Nombre científico: *Chamaemelum nobile* (L.) All.

Sinónimos: *Anthemis nobilis* L.=*A. odorata* Lamk. Flia.: Asteráceas (Compuestas).

4.1 Generalidades

Al estado salvaje, es una especie de terrenos areno-arcillosos y riberas de cursos de agua del oeste y sur de Europa, norte de África, en las Azores y en las islas Británicas. Se halla naturalizada en la mayor parte de los estados de noreste de los Estados Unidos de Norteamérica.

Se la utiliza en medicina tradicional desde el siglo XVI, y se cree que se cultiva en Roma desde tal siglo porque esta planta no se cría espontáneamente en toda Italia ni en el litoral mediterráneo francés. Probablemente fuera utilizada por los ingleses desde mucho antes, y de Inglaterra allí pasara a jardines y huertos romanos. En Argentina es oficial desde la sexta edición de la Farmacopea.

4.2 Botánica

Es una especie herbácea, vivaz, de la familia de las asteráceas (compositae). Sus tallos pueden ser pos-trados, ascendentes o erectos, ramificados. Alcanza una altura variable entre 20 y 40 cm. Las hojas son alternas de color verde claro, 2-3 pinadas; las inferiores pediceladas, las superiores sésiles. Las flores se hallan sobre receptáculos cónicos, agrupadas en capítulos terminales, solitarios, con flores centrales tubulosas de color amarillo y periféricas liguladas de color blanco. El fruto es un aquenio muy pequeño sin papus, levemente comprimido, de color amarillo verdoso. Florece en primavera y verano.

La variedad de flor simple es parecida a una pequeña margarita, pero la manzanilla romana de alto valor es de flores dobles, casi todas blancas.

4.3 Variedades

La especie descrita corresponde a la variedad de flores simples. Las variedades de mayor valor comercial corresponden a plantas de flores dobles, que se caracterizan por tener los capítulos constituidos únicamente por flores estériles ligulazas de color blanco, que le dan un aspecto parecido a las cabezuelas del trébol blanco.

4.4 Parte utilizada

Está constituida por los capítulos florales desecados. Olor aromático fuerte, sabor amargo. El sabor amargo se debe a 0.6% de germacrólidos (i.e lactonas ciclodecadiénicas: nobilina y derivados).

4.5 Constitución química

Los capítulos florales contienen 0.4 a 0.9% de aceite esencial, 8 a 10% de agua, 6 a 7% de elementos minerales, un alcaloide denominado anthemina, tanino, resina, un fitoesterol, goma, calcio, etc.

El aceite esencial (no menos de 0.4%) obtenido de las cabezuelas florales secas contiene hidrocarburos monoterpénicos, ácido angélico, pinocarbonas, pinocanphonas, mirtenal, nerolidol, farnesal, b damascenona, lepalone, 4-hidroxibenzaldehido, 3C4diol cada uno esterificado con ácido isobutírico y angélico. En los capítulos florales también están presentes lactonas sesquiterpénicas, nobilina, 3-epinobilina, 1,10-epo-xinobilina, 3-dehidronobilina, eucanabinolide, e hidro-xiisonobilina; n-heptacosane, n-nonacosane;

lignoceryl alcohol y hexacosanol; b-amirina, y-taraxasterol, y b-sitosterol; ácidos cafeicos y ferúlicos, escopoletina, escopolósido, luteolina, kaempferol, apiina, apigenina, anthemonide, cosmeoside y luteolina-7-glucósido.

4.6 Actividades y usos farmacológicos

La nobilina y sus derivados, lactonas sesquiterpénicas, exhiben actividad antitumoral in vitro contra las células tumorales humanas. Extractos en combinación con aquéllas, de *Hammamelis virginiana* y otros constituyentes, son particularmente apropiados para la protección de la piel contra agentes contaminantes. Se reporta que exhibe actividades carminativas, espasmolíticas, sedativas, antieméticas, tónicas, antiflogísticas, diaforéticas, estomáquicas.

Chamaemelum puede utilizarse como un amargo aromático, afectando el sistema digestivo, y para la dispepsia, náuseas y vómitos, anorexia, vómitos de embarazo y dismenorrea.

4.7 Cultivo

4.7.1 Suelo

Se adapta a distintos tipos de suelos, se desarrolla bien en los silíceos-arcillosos, profundos y frescos, aunque los demasiado arenosos no favorecen al cultivo, como tampoco los muy húmedos y fríos. Los mejores son los fértiles, medianamente profundos y sanos. No tolera suelos secos. El agua estancada de invierno puede ser muy perjudicial para la planta.

4.7.2 Clima

Esta especie necesita estaciones cálidas en climas templados para su desarrollo. Inviernos fríos y húmedos le son desfavorables, así como largos períodos de sequía estival.

4.7.3 Propagación

La variedad de flores simples puede propagarse por semillas, realizándose la siembra directamente a campo desde otoño hasta principios de primavera.

La variedad de "flores dobles" es estéril, realizándose la multiplicación por división de matas o estacas enraizadas que se obtienen de plantas de 2 a 3 años de edad. Comercialmente es la indicada para el cultivo.

4.7.4 Preparación de la cama de siembra

Se la cultiva usualmente como cultivo central en la rotación, pero también puede ser producida detrás de una pastura, beneficiándose así de la fertilidad residual que deja ella.

La preparación del suelo se inicia usualmente, dando una primera arada no muy profunda, pues el sistema de raíces de esta especie es superficial. Cuando hay disponible estiércol bien compostado, se puede distribuir en ese momento a razón de 250-300 quintales por hectárea. Es importante que la preparación sea esmerada, dejando el terreno mullido, nivelado y desprovisto de malezas.

4.7.5 Siembra - Plantación

La siembra y la plantación pueden realizarse desde mediados de otoño hasta fin de invierno-principio de primavera, esta última fecha puede ser más conveniente cuando el cultivo permanece más de un período vegetativo.

El espacio entre hileras debe ser entre 60 y 70 cm. (a veces 45-50 cm.). Las hileras pueden ser simples o dobles, la densidad puede llegar de 7 a 10 plantas por m². dependiendo, además de otras causas, de las prácticas de mecanización y riego.

Al momento de la siembra o plantación puede ser conveniente realizar una fertilización de base según los requerimientos del suelo, lo que se puede determinar mediante un análisis químico. Inmediatamente después de la plantación, se hará un riego.

4.8. Labores culturales

Primordialmente consisten en mantener el cultivo libre de malezas, sobre todo durante el primer año. Puede realizarse en forma manual, en un predio pequeño; mecánica, mediante escardilladas; o por medio de herbicidas. El Linurón ha probado ser útil para algunas de las malezas comunes de este cultivo en dosis de 1 a 1,5 lts. por hectárea.

El riego debe ser abundante, aunque no frecuente, durante todo el ciclo vegetativo y especialmente con posterioridad a la realización de la cosecha.

No se conocen plagas o enfermedades de esta especie en nuestro país.

4.9 Cosecha

La cosecha generalmente se lleva a cabo en forma manual desde fin de primavera y durante el verano, a medida que va floreciendo el cultivo. Las flores deben cortarse cuando están completamente abiertas, a la mañana temprano, o al atardecer.

Es importante que todo el rocío se haya evaporado pues las flores se alteran, perdiendo calidad. Cuando el destino del cultivo es la destilación, la cosecha mecánica es posible.

El rendimiento en flores secas es muy variable, entre 400 y 800 Kg. por hectárea; en aceite esencial puede alcanzar entre 0,8 a 1,5% sobre material seco.

Una vez terminada la cosecha se cortan las plantas casi al ras del suelo y se realizan riegos y carpidas para favorecer el crecimiento y la obtención de una buena cosecha en el período siguiente, o de plantines para su renovación.

La plantación puede durar entre 3 y 4 años, luego de lo cual es necesario renovarla. También puede ser realizada en forma anual.

4.10. Secado

El secado debe realizarse con cuidado, a la sombra, disponiendo el material sobre bandejas en capas delgadas, en lugares bien ventilados, y removiéndolos varias veces al día hasta que esté totalmente desecado.

Las precauciones y cuidados durante el secado de esta especie deben extremarse, pues rápidamente pierde su color blanco y por lo mismo su valor comercial. Por último se realizará la clasificación por tamaño.

5. QUÍMICA DEL ACEITE

Obtenido por la extracción de las flores secas (rendimiento aprox. 0.3-1.0%). Es de una tonalidad amarillenta a una verdosa-amarillenta (algunas veces azul), líquido con aroma amargo.

El aceite posee las siguientes propiedades fisicoquímicas:

- Gravedad específica a 20° C 0.89 - 0.917
- Índice de refracción 1.4380-1.4570
- Rotación óptica a 20° C -1° a + 4°
- Solubilidad 1:2 - :4 en 80% Etanol
- Valor Ester 205 – 300
- Valor Acido aproximadamente 14

Los aceites esenciales se pueden extraer de las muestras vegetales mediante varios métodos como son: expresión, destilación con vapor de agua, extracción con solventes volátiles, enfleurage y con fluidos supercríticos.

5.1 Tipos de extracción

Los aceites esenciales se pueden extraer de las muestras vegetales mediante varios métodos como son: expresión, destilación con vapor de agua, extracción con solventes volátiles, enfleurage y con fluidos supercríticos.

En la **expresión** el material vegetal es exprimido para liberar el aceite y este es recolectado y filtrado. Este método es utilizado para el caso de las esencia de cítricos.

En la **extracción por arrastre con vapor de agua**, la muestra vegetal generalmente fresca y cortada en trozos pequeños, es encerrada en una cámara inerte y sometida a una corriente de vapor de agua sobrecalentado, la esencia así arrastrada es posteriormente condensada, recolectada y separada de la fracción acuosa. Esta técnica es muy utilizada especialmente para esencias fluidas, especialmente las utilizadas para perfumería. Se utiliza a nivel industrial debido a su alto rendimiento, la pureza del aceite obtenido y porque no requiere tecnología sofisticada.

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

En el método de enflorado o **enfleurage**, el material vegetal (generalmente flores) es puesto en contacto con un aceite vegetal. La esencia es solubilizada en el aceite vegetal que actúa como vehículo extractor. Se obtiene inicialmente una mezcla de aceite esencial y aceite vegetal la cual es separada posteriormente por otros medios físico-químicos. Esta técnica es empleada para la obtención de esencias florales (rosa, jazmín, azahar, etc.), pero su bajo rendimiento y la difícil separación del aceite extractor la hacen costosa.

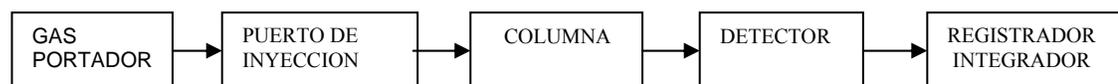
El método de **extracción con fluidos supercríticos**, es de desarrollo más reciente. El material vegetal cortado en trozos pequeños, licuado o molido, se empaca en una cámara de acero inoxidable y se hace circular a través de la muestra un líquido supercrítico (por ejemplo dióxido de carbono líquido), las esencias son así solubilizadas

y arrastradas y el líquido supercrítico que actúa como solvente extractor y se elimina por descompresión progresiva hasta alcanzar la presión y temperatura ambiente, y finalmente se obtiene una esencia pura. Aunque presenta varias ventajas como rendimiento alto, es ecológicamente compatible, el solvente se elimina fácilmente e inclusive se puede reciclar, y las bajas temperaturas utilizadas para la extracción no cambian químicamente los componentes de la esencia, sin embargo el equipo requerido es relativamente costoso, ya que se requieren bombas de alta presión y sistemas de extracción también resistentes a las altas presiones.

5.2 Cromatografía gaseosa

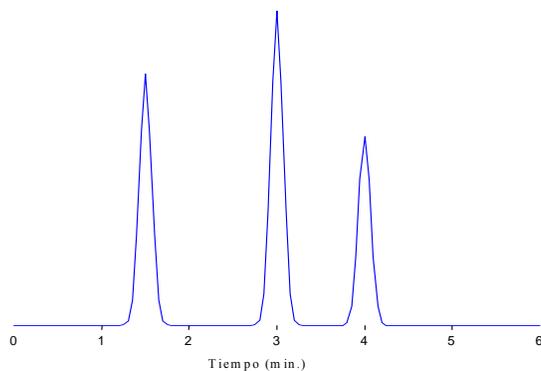
La cromatografía es un método físico de separación basado en la distribución de los componentes de una mezcla entre dos fases inmiscibles, una fija y otra móvil. En cromatografía gaseosa, la fase móvil es un gas que fluye a través de una columna que contiene a la fase fija. Esta fase fija puede ser un sólido poroso (cromatografía gas-sólido o CGS), o bien una película líquida delgada que recubre un sólido particulado o las paredes de la columna (cromatografía gas-líquido o CGL). En el primer caso, el proceso que produce la separación es la adsorción de los componentes de la mezcla sobre la superficie sólida y en el segundo, la partición de los mismos entre las fases líquida y gaseosa. Por ser la más usada, toda la discusión siguiente se refiere a CGL.

Un instrumento para cromatografía gaseosa puede representarse por el siguiente esquema:



El gas portador (fase móvil) proviene de cilindros provistos de válvulas reductoras. La muestra se introduce en el inyector con una microjeringa a través de un *septum* de goma. Allí se produce la vaporización instantánea de la muestra y su introducción en la corriente de gas. La columna se halla dentro de un horno que permite variar su temperatura y es el lugar en donde se produce la separación de los componentes de la muestra. El detector produce una señal eléctrica proporcional a la cantidad de materia a medida que cada componente separado pasa a través de él. Esa señal es enviada al registrador que realiza un gráfico de intensidad en función del tiempo (cromatograma) del tipo:

Figura 1. Gráfico de intensidad en función del tiempo



Idealmente, se trata de picos gaussianos y cada pico corresponde a un componente de la muestra original. El integrador calcula además el área correspondiente a cada pico, la cual es proporcional a la cantidad de sustancia.

5.3 Parámetros relevantes

Tiempo de retención (t_r) de un dado componente de la muestra es el tiempo transcurrido desde la inyección de la misma hasta la aparición del máximo correspondiente al pico de ese componente. Un caso especial lo constituye un componente que no se retenido por la fase fija (no sufre equilibrio de partición), el cual saldrá de la columna antes que cualquier sustancia, a un tiempo llamado tiempo muerto (t_0). De esta manera, es posible definir t'_r como el tiempo que un cierto componente permanece en la fase estacionaria:

$$t_r = t_0 + t'_r$$

El factor de capacidad (k') de un dado compuesto se define como:

$$k' = \frac{\text{moles del componente en la fase estacionaria}}{\text{moles del componente en la fase gaseosa}}$$

que, en función de la constante de partición (K), del volumen de la fase fija (V_L) y del volumen de la fase móvil (V_G) sería:

$$k' = K \frac{V_L}{V_G}$$

y en función de los tiempos de retención:

$$k' = \frac{(t_r - t_0)}{t_0} = \frac{t'_r}{t_0}$$

Con respecto a la columna, se define como plato teórico a una capa estrecha de la misma en donde se produce el equilibrio de partición de un compuesto entre la fase fija y la móvil. Para una columna de longitud L, el número de platos teóricos (N) es:

$$N = \frac{L}{H} = 16 \left(\frac{t_r}{W} \right)^2$$

siendo H la altura de plato teórico, uno de los factores determinantes de la capacidad de un proceso cromatográfico de separar dos compuestos y W el ancho de los picos a la altura de la línea de base.

A partir de las definiciones anteriores, es posible definir parámetros asociados a la separación de dos sustancias A y B que caracterizan la eficiencia de una separación. Siendo B la sustancia con mayor t_r estos parámetros son:

Factor de selectividad $\alpha = \frac{k'_B}{k'_A} = \frac{t'_r(B)}{t'_r(A)}$

Resolución $R = \frac{1}{4} \frac{(\alpha - 1)}{\alpha} \frac{k'}{(1 + k')} \sqrt{N} = \frac{1}{4} \frac{(\alpha - 1)}{\alpha} \frac{k'}{(1 + k')} \sqrt{\frac{L}{H}}$ (1)

Teniendo en cuenta que k' , α , L y H dependen de la temperatura, tipo de fase fija, longitud de columna y flujo de fase móvil, es posible mejorar una separación optimizando estos parámetros experimentales.

5.4 Etapas del análisis de una muestra

5.4.1 Optimización de las condiciones instrumentales.

5.4.2 Calibración.

5.4.3 Medición de la muestra (y eventualmente patrones).

5.4.4 Tratamiento de los resultados.

❖ Se busca obtener como respuesta instrumental:

- Picos bien resueltos.
- Buena relación señal a ruido.
- Línea de base horizontal.
- Picos no distorsionados.

❖ Normalmente suele realizarse una calibración por estándar externo o utilizando un estándar interno.

- Estándar externo

Se preparan muestras de patrones de concentración conocida que se analizan y permiten construir una curva de calibración para cada componente a cuantificar. Con este método es necesario medir

exactamente los volúmenes inyectados tanto de los patrones como de la muestra incógnita.

- Estándar interno

En este caso se agrega a la muestra una cantidad conocida de un compuesto que no está presente originalmente. En este caso, la calibración se realiza analizando patrones de concentración conocida para cada componente a cuantificar a los cuales se le agrega la misma cantidad del estándar interno que a la muestra incógnita. La curva de calibración se construye graficando el cociente entre la señal del analito incógnita y el estándar interno, en función de la concentración del analito incógnita. Este método elimina el error cometido por la irreproducibilidad en el volumen inyectado.

- ❖ Tanto para la medición de la muestra como de los patrones, es conveniente realizar varias inyecciones y utilizar el valor medio tanto de los tiempos de retención como de los puntos de la curva de calibración.

6. METODOLOGÍA

6.1 Localización

- El material vegetal de la manzanilla (*Matricaria recutita L.*) fue recolectado en cuatro diferentes lugares, siendo ellos:
 - Comunidad Chaquijyá, Sololá. Altitud 2400 msnm
 - Sololá, Sololá. Altitud 2113 msnm
 - Chimaltenango, Chimaltenango. Altitud 1800 msnm
 - Cuilco, Huehuetenango. Altitud 1150 msnm.
- Laboratorio de Investigación de Productos Naturales, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC.
En este laboratorio se realizó la extracción del aceite esencial por el método de hidrodestilación.
- Unidad de Análisis Instrumental Aplicado (UAI), Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC
En esta unidad se realizó el análisis de cromatografía de gases a los aceites extraídos.

6.2 Recursos Humanos

- Autora del trabajo de graduación Glendy Rocío Alvarado Pineda
- Asesora Ing.Qca. Telma Maricela Cano Morales

6.3 Recursos materiales

Para cada unidad experimental de hidrodestilación se requiere:

- 50 gramos de *Matricaria recutita L.*
- 500 mililitros de agua
- 8 mililitros de hexano
- Agua de recirculación y baño maría

6.4 Equipo y cristalería

- Equipo para extracción de aceites esenciales Clevenger (figura 1)
- Rotaevaporador (figura 2)
- Plancha de calentamiento.
- Balanza analítica.
- Bomba hidráulica.
- Balón de 1000 ml para el Clavenger.
- Balón de 125 ml. Para el Rotaevaporador.
- Beacker de 500 ml.
- Beacker de 50 ml
- Viales de 4 ml.
- Pizeta.
- Manguera de caucho.
- Cronómetro.

6.5 Procedimiento

- Lavar el Clevenger con metanol y luego abundante agua
- Armar el equipo de extracción de aceites esenciales según la figura 3.
- Pesar 50 gramos de *Matricaria recutita L.*
- Colocar 50 gramos de *Matricaria recutita L.* en el balón de 1000 ml

- Agregar al balón 500 ml de agua, con el fin de humedecer la muestra de forma uniforme, de tal manera que todas las partículas de la muestra estén húmedas.
- Luego envolver el balón con papel de aluminio, para una mejor distribución del calor cuando este se coloque sobre la plancha de calentamiento
- Colocar el agua en las secciones de descarga del equipo de extracción de aceites dentro del balón que contiene el material vegetal y la sección de recolección de aceite destilado y condensado.
- Colocar 4 ml de hexano sobre el nivel del agua en la sección de recolección de aceite destilado y condensado, como trampa para recuperar el aceite.
- Encender la plancha de calentamiento.
- Luego de iniciada la ebullición, encender la bomba hidráulica para la recirculación del agua de enfriamiento, la cual debe mantenerse a una temperatura de 0 -10 °C.
- Reducir el calor.
- Destilar durante 90 minutos.
- Apagar la plancha de calentamiento.
- Vaciar el agua de las secciones de descarga con cuidado de no vaciar la fase hexano-aceite destilado.
- Recolectar en una vial la fase hexano-aceite destilado de la sección de recolección de aceite-hexano para lavar y evitar que se quede adherido a las paredes.
- Tarar el balón de 125 ml
- Verter el contenido de uno de los viales dentro del balón.
- Colocar el balón en el rotaevaporador.
- Encender el rotaevaporador a 100 revoluciones y calentar el baño de maría a 40°C, para eliminar el hexano del aceite esencial a un vacío de 350 mm de Hg, hasta que se observe la recolección del hexano en el recolector del rotaevaporador.
- Pesar el balón de 125 ml con el aceite esencial para determinar la cantidad obtenida.
- Tarar un vial de 4 ml
- Agregar el balón de 125 ml con el aceite esencial 2 ml de hexano.

- Con una micropipeta y su respectivo bulbo trasladar la fase aceite esencial-hexano-al vial.
- Dejar el vial a temperatura ambiente hasta que el hexano se haya evaporado y obtener el aceite esencial.

6.6 Cromatografía de gases del aceite esencial

El análisis se realizó en la Unidad de Análisis Instrumental de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia en un cromatógrafo en fase gaseosa Hewlett Packard 5890 serie II.

6.7 Metodología experimental

6.7.1. Plan de muestreo

Población objeto: Cultivo de manzanilla en cuatro distintos lugares de la República de Guatemala.

Método de muestreo: Aleatorio combinatorio

6.7.2 Diseño de tratamientos

Se evaluó el rendimiento de aceite esencial de *Matricaria recutita L.* (manzanilla), usando el método de arrastre con vapor de agua a nivel laboratorio, para cuatro distintas altitudes. Para tener cuatro tratamientos con tres repeticiones cada uno, sumando un total de doce unidades experimentales.

6.7.3 Diseño de tratamientos y manejo del experimento

Cada unidad experimental corresponde a 50 gramos de *Matricaria recutita L.*

La variable respuesta corresponde al rendimiento de aceite esencial obtenido por el método de extracción por arrastre con vapor a nivel de laboratorio.

Las variables independientes constan de una especie de manzanilla (*Matricaria recutita L.*) y cuatro altitudes.

- Comunidad Chaquijyá, Sololá. Altitud 2400 msnm
- Sololá, Sololá. Altitud 2113 msnm
- Chimaltenango, Chimaltenango. Altitud 1800 msnm
- Cuilco, Huehuetenango. Altitud 1150 msnm.

A las anteriores variables se les identificara como H1, H2, H3 y H4, respectivamente, se evaluó el rendimiento de extracción de aceite esencial a cada una de las diferentes alturas de toma de muestra.

El diseño experimental se realizó por medio de bloques al azar, 1 especie * 4 altitudes = 4 tratamientos con 3 repeticiones cada uno. Utilizando para evaluarlo un arreglo combinatorio al azar. Donde la respuesta que se observará en cada uno de los “a” tratamientos es una variable aleatoria.

El número de tratamientos se calcula de la siguiente forma:

. a = especie a analizar

$$i = 1, \dots, a$$

. b = 4 altitudes diferentes

$$j = 1, \dots, b$$

. n = 3 repeticiones

$$k = 1, \dots, n$$

$a*b*n$ = número de unidades experimentales

El diseño de bloques al azar a utilizar en cada uno de los tratamientos se presenta en el siguiente cuadro:

Tabla I. Datos del diseño al azar

Número	Tratamiento	Repetición			Media Y
		1	2	3	
1	H1	H1R1	H1R2	H1R3	y1
2	H2	H2R1	H2R2	H2R3	y2
3	H3	H3R1	H3R2	H3R3	y3
4	H4	H4R1	H4R2	H4R3	y4

Representación del número de tratamientos con sus respectivas repeticiones y medias que se efectuaron en la especie estudiada, mediante el modelo de bloques al azar.

La variable por medir fue el porcentaje de rendimiento de aceite esencial de *Matricaria recutita L.*, que se obtuvo de cuatro distintas altitudes.

Como solo se desea comparar los tratamientos de factor único se utilizó un análisis de varianza. Los datos aparecen como

Tabla II. Datos del análisis de varianza

TRATAMIENTO	OBSERVACIONES	TOTALES	PROMEDIO
1	Y ₁₁ Y ₁₂ Y _{1n}	Y ₁	Y ₁
2	Y ₂₁ Y ₂₂ Y _{2n}	Y ₂	Y ₂
:	:	:	:
B	Y _{b1} Y _{b2} Y _{bn}	Y _b	Y _b

MODELO LINEAL

$$y_j = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

. $i = 1, 2, \dots, b$

. $j = 1, 2, \dots, n$

y_j = ie-ésima observacion del tratamiento I

μ = es el parámetro común a todos los tratamientos denominado media global

τ_i = es un parámetro único para el .i-ésimo tratamiento llamado efecto del tratamiento .i-ésimo.

ε_{ij} = es la componente aleatoria del error.

Para probar la hipótesis se supone que los errores del modelo son variables aleatorias independientes, con distribución normal, con media cero y varianza σ^2 . Se supone que ésta última es constante para todos los niveles del factor.

Este modelo se denomina análisis de clasificación en un sentido porque solo investiga un factor.

7. RESULTADOS

Tabla III. Rendimiento de aceite esencial de *Matricaria recutita* L.

	Ubicación	Altura (msnm)	% de Rendimiento
1	Comunidad Chaquijyà, Sololá	2400	0,1578
2			0,3388
3			0,5854
4	Sololá, Sololá	2113	0,0018
5			0,0812
6			0,4394
7	Chimaltenango	1800	0,0516
8			0,1002
9			0,3808
10	Cuilco, Huehuetenango	1150	0,1882
11			1,1472
12			0,2686

Tabla IV. Rendimiento porcentual promedio de aceite esencial

	Ubicación	Altura (msnm)	Rendimiento Promedio	% de Rendimiento Promedio
1	Comunidad Chaquijyà, Sololá	2400	0,0036	0,3607
2	Sololá, Sololá	2113	0,0017	0,1741
3	Chimaltenango	1800	0,0018	0,1775
4	Cuilco, Huehuetenango	1150	0,0053	0,5347

8. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

El estudio de los aceites esenciales en los últimos años se ha incrementado a nivel de laboratorio y planta piloto, en algunos casos se han realizado pruebas directamente en la planta piloto, sin tener idea de los resultados a nivel laboratorio; en la realización de extracciones de aceites esenciales de algunas especies vegetales, antes de realizarlos a nivel de planta piloto sería recomendable que se realizará una prueba a nivel de laboratorio ya que sí se han obtenido rendimientos bajos, se tomará la decisión de realizar extracciones a nivel de planta piloto.

El objetivo de este estudio es comparar el rendimiento a nivel laboratorio de la especie de manzanilla (*Matricaria recutita L.*) cultivada en cuatro distintas altitudes de nuestro país.

El cultivo de la manzanilla (*Matricaria recutita L.*) se localiza en zonas templadas pero soleadas del país, crece en terrenos relativamente áridos, pero requiere de agua para germinar, mucha luz solar para la floración y producción de aceite esencial, es decir, según la cantidad de luz solar que recibe la planta, así será el contenido de aceite esencial presente en las flores.

La materia vegetal de manzanilla (*Matricaria recutita L.*) utilizada para este estudio se obtuvo en: Chaquijyá Sololá, comunidad que se dedica al cultivo de diversos productos, entre ellos la manzanilla, ésta se obtuvo ya seca, y el secado se realizó en un secador solar.

Las otras muestras se obtuvieron de Chimaltenango; Cuilco, Huehuetenango; y Sololá, Sololá.

Las muestras obtenidas fueron flores secas, sin conocer el proceso de cultivo, recolección, secado y almacenamiento (a excepción de la muestra de Chaquiyyá).

La producción de aceite esencial en la *Matricaria recutita L.* depende de la exposición a la luz solar, recolección en los días de floración y tipo de secado que aplique; así será el mayor o menor rendimiento que se obtenga por extracción

Los aceites esenciales son volátiles, por lo que gran cantidad de éstos se pierden en el ambiente antes de realizar las pruebas de extracción.

En el método de extracción por arrastre con vapor a nivel laboratorio utilizado en este trabajo de investigación se aplicó la cantidad de tiempo de extracción recomendada de 4 horas.

Para evitar la evaporación y oxidación de los componentes del aceite esencial la temperatura de condensado debía encontrarse entre el rango de 0 – 10°C, lo cual se logró al recircular agua a dicha temperatura.

El aceite fue recuperado en una trampa de hexano, el cual se eliminó utilizando un rotaevaporador con baño maría a 40 °C y vacío. Esta trampa es utilizada para recuperar una mayor cantidad de aceite esencial.

Al extraer el aceite esencial de la muestra obtenida en Chaquiyyá, Sololá, se pudo apreciar el color azul y el olor característico del aceite esencial de la *Matricaria recutita L.*, mientras que en las otras muestras únicamente se pudo observar el color amarillo, sin embargo no fue posible determinar la presencia del bisabolol y ni del camazuleno, debido a que no se contaba con el estándar del mismo al momento de realizar la cromatografía de gases.

El rendimiento resulta a veces inferior al teórico, debido a que después de eliminar el hexano del aceite haciendo uso del rotaevaporador y trasladar el aceite de un balón a un vial con una micropipeta, parte del aceite queda adherido al balón

Para determinar la composición porcentual de los compuestos presentes en el aceite obtenido, se trabajó con la Unidad de Análisis Instrumental Aplicado, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC, donde se le realizó a las muestras obtenidas cromatografía gaseosa sin embargo no contaban con el estándar del bisabolol ni del camazuleno, por lo que no se pudo determinar el contenido de los mismos en las muestras.

En este análisis sobresale que el aceite obtenido a partir de la muestra de Cuilco, Huehuetenango fue en la que menos se detectaron los compuestos químicos analizados, esto puede ser debido a la forma en que fue secado, las altas temperaturas de manera general aumentan su volatilización, pero además pueden ocurrir variaciones tanto en los porcentajes del aceite como en sus componentes, en cuanto a las precipitaciones la abundante o insuficiente lluvia es desventajosa para el contenido de aceite esencial, finalmente se puede decir que algunos principios agroclimáticos resultan básicos en la producción de plantas medicinales y que el rendimiento de los cultivos está influenciado por el manejo del cultivo (incluye tanto su rango de adaptación, las técnicas y métodos culturales y los sistemas de producción agrícola) y del medio, fundamentalmente el clima, donde el mismo se va a desarrollar.

9. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para comprobar cual de los dos hipótesis es la que mejor se ajusta a la parte experimental del presente estudio, se realizó un análisis estadístico de varianza de clasificación en un sentido o unilateral, esto debido a que solo investiga un factor.

Las hipótesis que se desean comprobar son hipótesis nula o la hipótesis alternativa. El único factor que afecta este estudio es la altitud de las tierras donde fue cosechada la *Matricaria Recutita L.*

El análisis de varianza se basa en el modelado de los datos de la muestra por medio de un modelo lineal, que para el análisis unilateral se define por:

$$y_j = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Al realizar este análisis se debe suponer:

1. Las observaciones son al azar e independientes.
2. El modelo es una representación verdadera de las observaciones
3. Los errores al azar se encuentran normalmente distribuidos con media igual a cero una varianza σ^2

Tabla V. Nomenclatura para realizar el análisis estadístico

TRATAMIENTO	OBSERVACIONES	TOTALES (S _j)	PROMEDIO (y _j)
1	Y ₁₁ Y ₁₂ Y _{1n}	Y ₁	Y ₁
2	Y ₂₁ Y ₂₂ Y _{2n}	Y ₂	Y ₂
:	:	:	:
:	:	:	:

B	$Y_{b1} \quad Y_{b2} \quad \dots \quad Y_{bn}$	Y_b	Y_b
$.n_j$	$.n_1$		
Σy_{ij}^2			
ESS _j			

Donde:

$.n_j$ = Tamaño de la muestra

Σy_{ij}^2 = Suma de cuadrados

S_j = Suma de corridas por tratamiento

y_j = Promedio de corridas

ESS_j = Suma del cuadrado de los errores

Tabla VI. Cálculo de Varianza

Fuente	SS	GI	MS	F muestra	F tabulada
Tratamientos	CSS	(k-1)	S_1	S_1/S_2	5.79
Error	ESS	(n-k)	S_2		
Total	TSS				

Las fórmulas para calcular los datos de la tabla anterior son:

$$TSS = \Sigma y_{ij}^2 - S^2 / n$$

$$ESS = \Sigma(\Sigma y_{ij}^2 - S_j^2 / n)$$

$$CSS = \Sigma S_j^2 / n - S^2 / n$$

$$S_1 = CSS / (k-1)$$

$$S_2 = ESS / (n-k)$$

El criterio para determinar si se acepta o se rechaza la hipótesis nula es:

Acéptese si F muestra < F tabulada, de lo contrario rechácese.

Luego se aplican las fórmulas anteriores, los datos que se obtuvieron en el análisis de varianza son:

Tabla VII. Resultados del análisis de varianza

Fuente	SS	GI	MS	F_{muestra}	F_{tabulada}
Tratamientos	0.2671	3	0.0890	0.8582	3.161
Error	0.8300	8	0.1037		
Total	1.0971				

De los datos anteriores se puede observar que la F_{muestra} es menor que F_{tabulada} , por lo tanto se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa, concluyendo que el rendimiento de aceite extraído es el mismo a distintas alturas.

CONCLUSIONES

1. Según el análisis de varianza el rendimiento de aceite esencial extraído de la *Matricaria Recutita L.* es el mismo a distinta alturas, por lo que la ubicación altitudinal del terreno en el que es sembrado no influye en el rendimiento.
2. El aceite esencial de la muestra obtenida en Sololá, Sololá, presentó en la prueba de cromatografía de gases todos los compuestos químicos evaluados
3. El aceite esencial de la muestra obtenida en Cuilco, Huehuetenango no presentó la presencia de ninguno de los compuestos químicos evaluados.

RECOMENDACIONES

1. Realizar estudios económicos de extracción del aceite esencial de *Matricaria recutita L.*, respecto a la cantidad de aceite obtenido de las diversas altitudes a nivel laboratorio.
2. Hacer pruebas a nivel laboratorio para establecer si el tamaño de el lote influye en la obtención de un mayor rendimiento de aceite esencial.
3. Evaluar el rendimiento del aceite esencial de la *Matricaria recutita L.* utilizando materia prima fresca a nivel de laboratorio.
4. Es aconsejable hacer pruebas a nivel laboratorio utilizando otro tipo de solvente, de esta forma puede evaluarse si la cantidad de aceite recuperado es mayor.

BIBLIOGRAFÍA

1. **Aceites Esenciales**

[http:// www.members.tripod.com/aromaticas//aceites.html](http://www.members.tripod.com/aromaticas//aceites.html)

Enero del 2003.

2. **Aceites Esenciales**

<http://www.alimentosnet.com.ar/trabajos/sanchez%20edwards/ACEITES%20ESENCIALES.doc>

Enero del 2003

3. **Bioestadística**

<http://www.bioestadistica.uma.es/libro/node141.htm>

Mayo 2006

4. **Bioinformática**

<http://gmein.uib.es/bioinformatica/estadistica/pdf/F.pdf>

Mayo 2006

5. Cáceres, Armando. **Plantas de uso Medicinal en Guatemala**. Editorial Universitaria. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala. 1996

6. **Extracción de productos naturales mediante fluidos supercríticos**

<http://www.geocities.com/CapeCanaeral/Launchpad/2296/Extracción.htm>

Enero del 2003

7. **Fenaroli`s Handbook of Flavor Ingredients**

8. **Glosario**

<http://www.cnnphawaii.com/glosaryy.es.htm>

Septiembre 2006

9. Hernández, Diana. Comparación del Rendimiento del aceite esencial de la Matricaria Courrantiana y la Matricaria Recutita L. cultivadas en el Departamento de Sololá, obtenido por los métodos de hidrodestilación y maceración. Tesis Ingeniero Químico. Guatemala. Universidad de San Carlos Guatemala. Facultad de Ingeniería. 2002. Páginas 1-48.

10. **Manzanilla Común**

- a. <http://www.herbotecnia.com.ar/exo-manzanilla.html>

Enero del 2003.

11. **Manzanilla Romana**

- a. <http://www.herbotecnia.com.ar/exotica-romana.html>

Enero del 2003.

12. Mendoza Castellanos, Manuel Eduardo. Comparación del rendimiento y caracterización del aceite esencial del té de limón (N. Científico Cymbopogon citratus), aplicando el método de hidrodestilación. Tesis Ingeniero Químico. Guatemala. Universidad de San Carlos Guatemala. Facultad de Ingeniería. 2002. Páginas 1-48.

13. Monzón Castellanos, Ronald. Determinación del rendimiento de Aceite esencial de la hoja de naranja agria (citratus aurantium) en función del tamaño de partícula y el tamaño de muestra obtenido por medio del

proceso de arrastre con vapor. Tesis Ingeniero Químico. Guatemala. Universidad de San Carlos Guatemala. Facultad de Ingeniería. 1998. Páginas 1-47.

14. Pahlon, M. **El gran libro de las plantas medicinales**. Ed. Everest. 5ta. Edición, 1985, España. Páginas 1-465

15. **Principios agroclimáticos básicos para la producción de plantas medicinales**

http://bvs.sld.cu/revistas/pla/vol8_1_03/pla08103.htm. Julio 2005

16. Suchini Leytán, José Manuel. Comparación de dos métodos de extracción de taninos (ácido pinutánico) a partir de la corteza del Pino Caribe (*Pinus caribaea*) a nivel laboratorio. Tesis ingeniería química, Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2002. pp 2-25

17. Walpole, Ronald E. y Raymond H. Myers. **Probabilidad y estadística**. Cuarta edición. México: Editorial McGraw-Hill, 1992. pp 561-572.

APÉNDICE I
DATOS ORIGINALES

Tabla VIII. Datos de masa de aceite esencial obtenidos de la *Matricaria recutita L.*

	Ubicación	Altura (msnm)	Masa Neta (g)	Masa Muestra (g)
1	Comunidad Chaquijyà, Sololá	2400	0,0789	50
2			0,1694	50
3			0,2927	50
4	Sololá, Sololá	2113	0,0009	50
5			0,0406	50
6			0,2197	50
7	Chimaltenango	1800	0,0258	50
8			0,0501	50
9			0,1904	50
10	Cuilco, Huehuetenango	1150	0,0941	50
11			0,5736	50
12			0,1343	50

APÉNDICE II
DATOS CALCULADOS

Tabla IX. Rendimientos de aceite esencial de *Matricaria recutita L.* para las distintas altitudes

	Ubicación	Altura (msnm)	Masa Neta (g)	Masa Muestra (g)	Rendimiento	% de Rendimiento
1	Comunidad Chaquijyà, Sololá	2400	0,0789	50	0,001578	0,1578
2			0,1694	50	0,003388	0,3388
3			0,2927	50	0,005854	0,5854
4	Sololá, Sololá	2113	0,0009	50	1,8E-05	0,0018
5			0,0406	50	0,000812	0,0812
6			0,2197	50	0,004394	0,4394
7	Chimaltenango	1800	0,0258	50	0,000516	0,0516
8			0,0501	50	0,001002	0,1002
9			0,1904	50	0,003808	0,3808
10	Cuilco, Huehuetenango	1150	0,0941	50	0,001882	0,1882
11			0,5736	50	0,011472	1,1472
12			0,1343	50	0,002686	0,2686

Tabla X. Composición química de los aceites esenciales obtenidos de acuerdo al análisis de cromatografía de gases.

	Ubicación	Altura (msnm)	%					
			Nerol	Eugenol	α -terpineno	Acetato de terpinilo	β -cariofileno	Cineol
1	Comunidad Chaquijyá, Sololá	2400	13,6000	9,6000	-	-	-	-
2	Sololá, Sololá	2113	4,7000	3,9000	4,7000	25,9000	12,7000	2,8000
3	Chimaltenango	1800	6,1000	9,4000	-	2,2000	8,5000	-
4	Cuilco, Huehuetenango	1150	-	-	-	-	-	-

APÉNDICE III
FIGURAS

Figura 2. *Matricaria recutita* L.



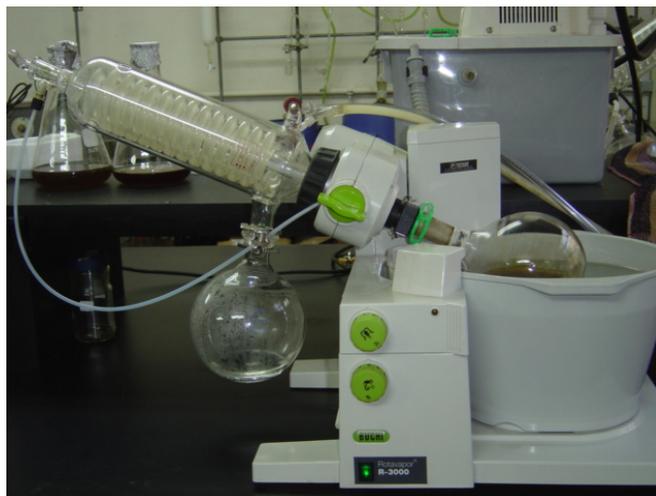
Figura 3. Equipo para hidrodestilación Neoclavenger



Figura 4. Equipo para hidrodestilación Neoclavenger en funcionamiento



Figura 5. Equipo rotaevaporador



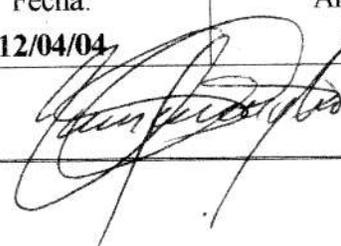
APÉNDICE IV
CERTIFICADOS DE ANÁLISIS



FACULTAD DE CC. QQ. Y FARMACIA

Edificio "T-12"

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

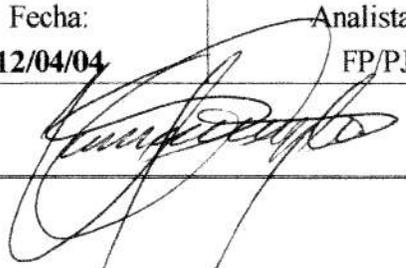
ESCUELA DE QUIMICA UNIDAD DE ANALISIS INSTRUMENTAL Edificio T-13, Ciudad Universitaria, Zona 12 Tel: 4769844 y 4760790 al 94 ext. 274		INFORME DE ANÁLISIS DE LABORATORIO QUÍMICO	
NOMBRE COMÚN O COMERCIAL DE LA MUESTRA Aceite esencial de manzanilla		No. De Código / Marca del Remitente Solólá 3	
No. registro: 0403081		Empresa/Institución: Glendy Rocío Alvarado /Fac. Ingeniería Remitente/Solicitante: Glendy Rocío Alvarado/Fac. Ingeniería	
Fecha recepción 10/03/04	Muestras recibidas por FP	Tipo de recipiente Vial de vidrio ámbar	Peso neto No hay datos
DETERMINACIONES SOLICITADAS: Análisis por cromatografía de gases			
RESULTADOS DE ANÁLISIS			
Tiempo de retención	Compuesto más probable	% Area	
8.78	α-terpineno	4.7	
9.55	cineol	2.8	
10.52	No identificado	6.6	
27.34	Acetato de terpinilo	25.9	
29.26	nerol	4.7	
40.10	β-cariofileno	12.7	
46.41	eugenol	3.9	
Nota: Los porcentajes de área fueron recalculadas sin tomar en cuenta el área del solvente.			
Costo por muestra: Q. 200.00			
Fecha: 12/04/04	Analista(s) FP/PJ	Ref. Registro Análisis: Cuad. FP	Costo total facturado: Q. 200.00
Firma: 		Recibido:	Fecha:



FACULTAD DE CC. QQ. Y FARMACIA

Edificio "T-12"

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

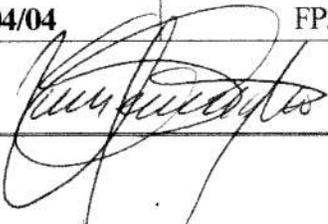
ESCUELA DE QUIMICA UNIDAD DE ANALISIS INSTRUMENTAL Edificio T-13, Ciudad Universitaria, Zona 12 Tel: 4769844 y 4760790 al 94 ext. 274		INFORME DE ANÁLISIS DE LABORATORIO QUÍMICO	
NOMBRE COMÚN O COMERCIAL DE LA MUESTRA Aceite esencial de manzanilla		No. De Código / Marca del Remitente Cháquinjá 3	
No. registro: 0403082		Empresa/Institución: Glendy Rocío Alvarado /Fac. Ingeniería Remitente/Solicitante: Glendy Rocío Alvarado/Fac. Ingeniería	
Fecha recepción 10/03/04	Muestras recibidas por FP	Tipo de recipiente Vial de vidrio ámbar	Peso neto No hay datos
DETERMINACIONES SOLICITADAS: Análisis por cromatografía de gases			
RESULTADOS DE ANÁLISIS			
Tiempo de retención	Compuesto más probable	% Area	
29.80	Nerol	13.6	
45.14	No identificado	8.7	
46.78	Eugenol	9.6	
53.92	No identificado	33.1	
Nota: Los porcentajes de área fueron recalculados sin tomar en cuenta el área del solvente.			
Costo por muestra: Q. 200.00			
Fecha: 12/04/04	Analista(s) FP/PJ	Ref. Registro Análisis: Cuad. FP	Costo total facturado: Q. 200.00
Firma: 		Recibido:	Fecha:



FACULTAD DE CC. QQ. Y FARMACIA

Edificio "T-12"

Ciudad Universitaria, zona 12
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 COMÚN O COMERCIAL DE LA MUESTRA Aceite esencial de manzanilla		No. De Código / Marca del Remitente Chimaltenango 3	
No. registro: 0403084		Empresa/Institución: Glendy Rocío Alvarado /Fac. Ingeniería Remitente/Solicitante: Glendy Rocío Alvarado/Fac. Ingeniería	
Fecha recepción 10/03/04	Muestras recibidas por FP	Tipo de recipiente Vial de vidrio ámbar	Peso neto No hay datos
DETERMINACIONES SOLICITADAS: Análisis por cromatografía de gases			
RESULTADOS DE ANÁLISIS			
Tiempo de retención	Compuesto más probable	% Area	
10.62	No identificado	2.2	
27.34	Acetato de terpinilo	6.4	
29.32	Nerol	6.1	
38.52	No identificado	5.1	
40.09	β-cariofileno	8.5	
44.64	No identificado	8.9	
46.26	No identificado	6.8	
46.91	Eugenol	9.4	
53.43	No identificado	23.3	
Nota: Los porcentajes de área fueron recalculados sin tomar en cuenta el área del solvente.			
Costo por muestra: Q. 200.00			
Fecha: 12/04/04	Analista(s) FP/PJ	Ref. Registro Análisis: Cuad. FP	Costo total facturado: Q. 200.00
Firma: 		Recibido:	Fecha:

ANEXO MUESTRA DE CÁLCULO

1. Cálculo del rendimiento.

Se utilizó la siguiente ecuación:

$$R(\%) = \frac{\text{masa de aceite}}{\text{Masa } \textit{Matricaria Recutita L.}} * 100$$

Para la primera repetición del primer tratamiento, con masa de aceite de 0.0789g y masa de *Matricaria Recutita L.* de 50 g se tiene:

$$R(\%) = 0.1578$$

De igual forma se procedió con los demás unidades experimentales; los resultados se encuentran en la tabla III de resultados.

2. Cálculo del análisis de varianza de dos factores.

2.a. Grados de libertad

Grados de libertad totales (Glt)

$$Glt = Nt-1 = 18 - 1 = 17$$

Grados de libertad del error (Gl_e)

$$Gl_e = ab(k-1) = 6(3-1) = 12$$

Grados de libertad del factor A (Gl_A)

$$Gl_A = a-1 = 2-1 = 1$$

Grados de libertad del factor B (Gl_B)

$$Gl_b = b-1 = 3-1 = 2$$

Grados de libertad de la interacción de los factores A y B (Gl_{AB})

$$Gl_{AB} = (a-1)(b-1) = (2-1)(3-1) = 2$$

-

2.b. Suma de cuadrados

Suma total de cuadrados (SST)

$$SST = \sum X_t^2 - (\sum X_t)^2 / Nt$$

Suma de cuadrados para el error (SSE)

$$SSE = \sum X_t^2 - \sum (\sum X_k)^2 / Nk$$