

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**COMPARACIÓN DEL RENDIMIENTO DE ACEITE ESENCIAL DE
LIPPIA ALBA EXTRAIDO EN EL LABORATORIO CON
EL EXTRAIDO EN LA PLANTA PILOTO Y
PROPUESTA DE ESCALONAMIENTO A NIVEL INDUSTRIAL**

TESIS

PRESENTADA A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

NELSON EMILIO CHANQUIN JOCOL

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO QUÍMICO

Guatemala, Octubre de 1999



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 tesis titulado:**

**COMPARACIÓN DEL RENDIMIENTO DE ACEITE ESENCIAL DE
LIPPIA ALBA EXTRAIDO EN EL LABORATORIO CON
EL EXTRAIDO EN LA PLANTA PILOTO Y
PROPUESTA DE ESCALONAMIENTO A NIVEL INDUSTRIAL,**

**tema que me fuera asignado por la Escuela de Ingeniería Química,
con fecha de 30 de octubre de 1998.**

Nelson Emilio Chanquin Jocol

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	ING. HERBERT RENÉ MIRANDA BARRIOS
VOCAL 1º.	ING. JOSE FRANCISCO GÓMEZ RIVERA
VOCAL 2º.	ING. CARLOS HUMBERTO PÉREZ RODRÍGUEZ
VOCAL 3º.	ING. JORGE BENJAMIN GUTIÉRREZ QUINTANA
VOCAL 4º.	BR. OSCAR STUARDO CHINCHILLA GUZMÁN
VOCAL 5º.	BR. MAURICIO ALBERTO GRAJEDA MARISCAL
SECRETARIA	INGA. GILDA MARÍNA CASTELLANOS BAIZA DE ILLESCAS

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN

GENERAL PRIVADO

DECANO	ING. HERBERT RENÉ MIRANDA BARRIOS
EXAMINADOR	M. EN ING. WILLIAMS GUILLERMO ÁLVAREZ MEJÍA
EXAMINADOR	ING. RODOLFO FRANCISCO ESPINOZA SMITH
EXAMINADOR	ING. JOSÉ ANTONIO DEL CID PACHECO
SECRETARIA	INGA. GILDA MARÍNA CASTELLANOS BAIZA DE ILLESCAS



Guatemala, 2 de agosto de 1,999

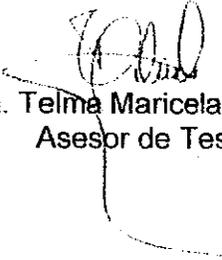
Ingeniero Químico.
Otto Raul de León de Paz
Director
Escuela de Ingeniería Química
Universidad de San Carlos de Guatemala
Presente

Apreciable Ingeniero de León:

Por medio de la presente le informo que he revisado el informe Final de Tesis del estudiante de la Carrera de Ingeniería Química Nelson Emilio Chanquin Jocol, carné 89 12125, titulado **"COMPARACIÓN DEL RENDIMIENTO DE ACEITE ESENCIAL DE LIPPIA ALBA EXTRAIDO EN LABORATORIO CON EL EXTRAIDO EN PLANTA PILOTO Y PROPUESTA DE ESCALONAMIENTO A NIVEL INDUSTRIAL"**.

He encontrado el trabajo satisfactorio por lo que lo remito a su consideración para proseguir con los trámites correspondientes.

Atentamente.


Inga. Qca. Telma Maricela Cano Morales
Asesor de Tesis



FACULTAD DE INGENIERIA

Ref. WGAM. 0044. 99

Guatemala, 09 de agosto de 1999

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

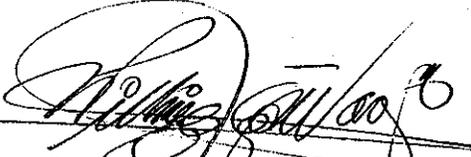
Estimado Ingeniero de León:

Atentamente me dirijo a usted para responder a su oficio Ref. EIQ. 182.99, mediante el cual se solicita revisar el informe final de tesis del estudiante universitario NELSON EMILIO CHANQUIN JOCOL, titulado "COMPARACION DEL RENDIMIENTO DE ACEITE ESENCIAL DE LIPPIA ALBA EXTRAIDO EN LABORATORIO CON EL EXTRAIDO EN PLANTA PILOTO Y PROPUESTA DE ESCALONAMIENTO A NIVEL INDUSTRIAL" el cual fue asesorado por la Ingeniera Telma Maricela Cano Morales.

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

Agradeciendo la atención a la presente, le saluda respetuosamente,

"DID Y ENSEÑAD A TODOS"


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



FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Química, Ing. Otto Raúl de León de Paz, después de conocer el dictamen del Asesor con el Visto Bueno del Jefe de Departamento, al trabajo de Tesis del estudiante Nelson Emilio Chanquin Jocol, titulado: **COMPARACION DEL RENDIMIENTO DE ACEITE ESENCIAL DE LIPPIA ALBA EXTRAIDO EN EL LABORATORIO CON EL EXTRAIDO EN LA PLANTA PILOTO Y PROPUESTA DE ESCALONAMIENTO A NIVEL INDUSTRIAL**, procede a la autorización del mismo.

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

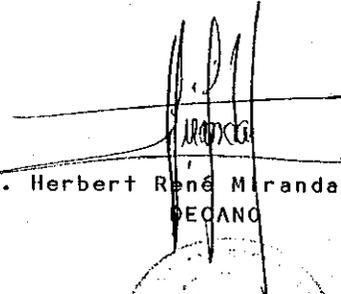
Guatemala, octubre de 1,999.



FACULTAD DE INGENIERIA

El Decano de la Facultad de Ingeniería, luego de conocer la autorización por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Química, Ing. Otto Raúl de León de Paz, al trabajo de Tesis titulado: **COMPARACION DEL RENDIMIENTO DE ACEITE ESENCIAL DE LIPPIA ALBA EXTRAIDO EN EL LABORATORIO CON EL EXTRAIDO EN LA PLANTA PILOTO Y PROPUESTA DE ESCALONAMIENTO A NIVEL INDUSTRIAL**, del estudiante Nelson Emilio Chanquin Jocol, procede a la autorización para la impresión de la misma.

IMPRIMASE:


Ing. Herbert René Miranda Barrios
DECANO

Guatemala, octubre de 1,999.

AGRADECIMIENTOS

A LA SANTISIMA TRINIDAD

Fuente de todo lo noble, bueno y santo que existe en el universo.

A MI ASESORA

Inga. Telma Maricela Cano Morales

Por compartir conmigo sus conocimientos, cariño y trabajo.

AL INGENIERO CESAR GARCÍA

Por su confianza y apoyo durante el desarrollo de mi proyecto de tesis y su amistad.

A MI REVISOR

M. en Ing. Williams Guillermo Álvarez Mejía

Por su atención en la revisión del presente trabajo y brindarme su amistad.

A LOS LICENCIADOS

Mynor Hernández

William Tally

Ingeborg Berger

Por compartir sus conocimientos y amistad de manera sincera y desinteresada.

A MIS HERMANAS

Lilian, Gretel, Rosana, Layla y Claudia

Por su cariño, comprensión y tolerancia en nuestro diario vivir.

A MI FAMILIA

En especial a: mi tía Margarita Jocol García,
mi tía Francisca Chanquin
mi tío Efrain Jocol García,

Por su cariño sincero y apoyo prestado cuando se ha solicitado.

A LA FAMILIA MATEO CAJAS

Por el cariño sincero y confianza que me han brindado

A MIS COMPAÑEROS DE ESTUDIOS

Aldrin Cortéz, Miguel Angel Valencia, Carlos Cuque, Hugo Vásquez, Sandra Torres, Paola Herrera, Fausto Aguilar, Edgar de León, y todos aquellos con los cuales sacrificamos horas de sueño en busca del anhelo trazado; compartiendo amistad eterna.

A MIS AMIGOS

Maco, Carmina, Leonardo, Byron, Manolo, José, Juan Antonio, Álvaro, Luisa Fernanda, Ing. Otto de León y todos los demás con quienes compartimos nuestro diario trabajo y amistad en el área de química, en el año 1999.

A los que de alguna manera colaboraron en el desarrollo del presente trabajo

En especial a: Br. Jorge Rodríguez
Lic. Armando Cáceres
Ing. A. Pedro Armira
Centro de Investigaciones de Ingeniería
Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola, y

A todas las personas que con su presencia enaltecen el presente acto.

DEDICO ESTE ACTO

A SU SANTIDAD EL PAPA JUAN PABLO II

Por su lucha ineludible en busca de la paz mundial

A MIS PADRES

Emilio Chanquin Palacios y

María Agripina Jocol García de Chanquin

Por su apoyo incondicional en el desarrollo de mi vida

A MI NOVIA

Mayra Leticia Mateo Cajas

Por la inspiración proporcionada para el desarrollo del presente
trabajo

ÍNDICE GENERAL

	Página
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	iv
LISTA DE SÍMBOLOS	vi
GLOSARIO	viii
RESUMEN	xi
INTRODUCCIÓN	xii
ANTECEDENTES	xiv
JUSTIFICACIONES	xvi
OBJETIVOS	xvii
Hipótesis	xviii
1. MARCO TEÓRICO	1
1.1 Los aceites esenciales	1
1.2 Agricultura de la <i>Lippia alba</i>	3
1.3 Descripción botánica de la <i>Lippia alba</i>	3
1.4 Usos tradicionales de la <i>Lippia alba</i>	4
1.5 Preparación del material vegetal	5
1.5 Extracción de aceites esenciales	6
1.5.1 La destilación	6
1.5.1.1 Destilación por arrastre de vapor	6
1.5.1.2 Hidrodestilación	7
1.5.1.3 Destilación mixta	7
1.5.2 Lixiviación	7
1.5.3 Expresión	8

	PÁGINA
1.5.4 Enfloración	8
1.5.5 Maceración	8
1.6 Composición del aceite esencial de <i>Lippia alba</i>	9
1.7 Análisis de los aceites esenciales	9
1.8 Usos del aceite esencial de <i>Lippia alba</i>	10
1.9 Escalonamiento a nivel industrial	10
2. MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN	12
2.1 Localización	12
2.2 Recursos humanos	13
2.3 Recursos materiales	13
2.4 Cristalería y equipo	14
2.5 Metodología	15
2.5.1 Diseño del estudio	15
2.5.2 Diseño de tratamiento	15
2.5.3 Unidad de tratamiento y variable respuesta	16
2.6 Procedimiento en laboratorio	16
2.7 Procedimiento en planta piloto	18
2.8 Análisis del aceite esencial obtenido	19
2.8.1 Cromatografía de gases	19
2.8.2 Densidad relativa	20
2.8.3 Índice de refracción	20
2.9 Análisis de la información	21
2.9.1 Modelo estadístico	21
2.9.2 Análisis estadístico	21

	PÁGINA
3. RESULTADOS	22
4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	25
CONCLUSIONES	31
RECOMENDACIONES	32
REFERENCIAS	33
BIBLIOGRAFÍA	35
Apéndices	36

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

No.	TÍTULO	PÁGINA
1	Diagrama del equipo utilizado para la extracción en laboratorio	37
2	Diagrama del rota evaporador	38
3	Presentación del equipo utilizado en laboratorio para la extracción en laboratorio	38
4	Presentación del rota evaporador	38
5	Diagrama del equipo utilizado para la extracción en planta piloto	39
6	Diagrama del sistema de reflujo para el agua de enfriamiento	40
7	Presentación de la unidad utilizada en la extracción en planta piloto	41
8	Presentación del sistema de reflujo para el agua de enfriamiento de la planta piloto.	42

TABLAS

No.	TÍTULO	PÁGINA
I	Datos de masa de aceite esencial obtenidos en laboratorio para una masa de 50 g de material vegetal	43
II	Datos de masa de aceite esencial obtenidos en planta piloto para una masa de 3 Kg de material vegetal	43
III	Densidad del aceite esencial determinada con picnómetro a 26.5/26.5°C	44
IV	Índice de refracción del aceite esencial, determinado con refractómetro	44
V	Porcentaje de aceite esencial extraído	48
VI	Densidad promedio e índice de refracción promedio para el aceite esencial extraído	48

LISTA DE SÍMBOLOS

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
p, Q, R...Z	Números adimensionales
f	Función, relación indicada entre variables
x, y, z	Coordenadas tridimensionales
t	Tiempo
mm	Milímetros
Hg	Mercurio
ml	Mililitros
min	Minutos
°C	Grados Celcius
P1	Masa del picnómetro vacío
P2	Masa del picnómetro aforado con agua
P3	Masa del picnómetro aforado con aceite esencial
Z(i,j)	Variable respuesta de i,jésima unidad de tratamiento
X _i	Efecto del i-ésimo tratamiento
ε _{i,j,k}	Efecto del error experimental
μ _{lab} , μ _{pla}	Rendimiento del aceite esencial respecto a la cantidad de material vegetal utilizado en laboratorio y planta piloto respectivamente

V	Volumen del tanque de maceración
m	Masa de material vegetal a utilizar
A	Área de transferencia de calor en el macerador
A'	Área de transferencia de calor en el condensador
m	Metros
L	Litros
Kg	Kilogramos
m ²	Metros cuadrados
g	Gramos
°	Grados
%	Porcentaje
Ho	Hipótesis nula
Ha	Hipótesis alternativa

GLOSARIO

Acuminadas	Indica una terminación en punta.
Bracteas	Hoja pequeña que nace en el pedúnculo de una flor.
<i>Candida albicans</i>	Hongo patógeno, se reproduce en humanos por falta de higiene, en lugares húmedos.
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.
Densidad relativa	Razón entre la densidad de un líquido a una temperatura, y la densidad del agua a una temperatura, dichas temperatura pueden ser iguales o no.
Festonadas	Las flores forman cadenetas puntiagudas
Humedad relativa	Razón entre la cantidad de agua que posee una masa y la masa seca.

Inundar	Verter líquido en un recipiente, hasta un volumen deseado.
Macerador	Recipiente cilíndrico, en donde se coloca el material vegetal a procesar en la planta piloto.
Mantenimiento	Limpieza y aplicación de abono que requiere el cultivo.
Mucronadas	Que termina en punta.
Números adimensionales	Valor que al obtenerlo por operaciones de valores de propiedades físicas, sus dimensionales se cancelan.
Oblongada	Más largo que ancho.
Proceso metabólico	Cambios físicos y químicos que realiza un ser vivo para generar energía.
Pico	Punto de un cromatograma, donde se indica el tiempo de retención de un compuesto determinado
Prueba t	Prueba estadística, que establece la relación entre dos series de números.
Reflujo	Circulación de un fluido en un circuito cerrado.

Trichophyton

Mentagrophytes

Hongo patógeno que parásita en humanos, por falta de higiene en lugares húmedos.

Volatilidad

Facilidad de los compuesto a evaporarse.

RESUMEN

Se comparó el rendimiento de aceite esencial de *Lippia alba* extraído en el laboratorio con aceite esencial de *Lippia alba* extraído en la planta piloto, para lo cual se extrajo aceite esencial de *Lippia alba*, en laboratorio como en planta piloto, por el método de hidrodestilación; manteniendo constante las variables de mayor incidencia en el proceso: tamíz de la partícula del material vegetal, temperatura del condensado a obtener y tiempo de operación del proceso.

Se determinó que el rendimiento de aceite esencial de *Lippia alba*, extraído en la planta piloto es un 87.10 % del rendimiento del aceite extraído en el laboratorio, con composición y propiedades físicas semejantes.

Las extracciones se realizaron a una temperatura ambiente de 26.5°C y una presión manométrica de 640 mm Hg.

INTRODUCCIÓN

La investigación de las plantas medicinales, como medicina alternativa se ve truncada en muchas oportunidades porque la cantidad de extractos de las diversas plantas, obtenidos a nivel de laboratorio es muy pequeña. Se necesita que se realicen extracciones a una mayor cantidad de material vegetal, para obtener una mayor cantidad de extracto, teniendo que realizar estos extractos en una planta piloto. Se ha determinado que el aceite esencial de *Lippia alba* es un activo contra los hongos *Trichophyton metagrophytes* y *Candida Albicans*

Se obtuvo aceite esencial de *Lippia alba*, en la planta piloto, con propiedades y calidad semejante a la del laboratorio. El propósito es proporcionar cantidades suficientes de extracto que permita continuar con investigaciones que den como resultado un producto medicinal alternativo. En la planta piloto se utilizaron condiciones semejantes a las del laboratorio, como son: el método de extracción, el tamiz del material vegetal, la temperatura del condensado a obtener y tiempo de operación en el proceso.

Para la extracción de aceite esencial de *Lippia alba*, se utiliza el método de hidrodestilación, temperatura de condensado de 10°C y un tiempo de operación de dos horas, en el laboratorio como en la planta piloto.

Para extraer el aceite esencial de *Lippia alba* en el laboratorio, se realizó un enfriamiento del agua de enfriamiento del condensador con hielo; para mantener constante en 10°C la temperatura del condensado. En la planta piloto de la Sección de Química Industrial, del Centro de Investigaciones de Ingeniería, fue necesario instalar un sistema de reflujo para el agua de enfriamiento del condensador. Este partía de un tanque de enfriamiento con una bomba se hacía fluir el agua hasta el condensador, retornando posteriormente el agua al tanque de enfriamiento nuevamente, de ésta manera se logró que la temperatura del condensado fuera de 10°C.

Con este ajuste se logra un proceso en la planta piloto con las mismas características del proceso de el laboratorio, aunque el rendimiento del aceite esencial extraído es menor que en el laboratorio, la composición del aceite esencial y las propiedades físicas (índice de refracción y densidad relativa), son semejante en ambos procesos.

ANTECEDENTES

La comparación de aceites esenciales extraídos en laboratorio con el extraído en planta piloto no se ha estudiado ampliamente. La mayor cantidad de estudios de aceites esenciales en Guatemala, se han realizado de manera separada unos en el laboratorio y otros en la planta piloto.

En 1,970, Raúl Hernando Castillo Enríquez estudió los aceites esenciales de la cáscara de la naranja, dando lineamientos generales acerca de su producción a nivel de laboratorio.

En 1,972, Rodolfo Castillo, estudió la factibilidad para producir mentol y aceite de menta en Guatemala. Determinó que era factible su producción.

En 1,988, Ricardo Cisneros Ortiz estudia la destilación industrial del aceite de citronela, exponiendo el manejo de la producción de aceite de citronela desde su cultivo hasta el control de calidad.

En 1,993, Juan José Rodríguez Coronado hizo estudios en laboratorio y en planta piloto para la extracción de aceite esencial de hoja de eucalipto. Llegó a determinar que el método mejor para la extracción de aceite esencial del eucalipto es el arrastre con vapor.

En el mismo año, Miguel Arnoldo Lemus Gudiel, estudió el escalonamiento a nivel industrial de la obtención de aceite esencial de la cáscara de la naranja a partir de la optimización de la planta piloto. Llegó a obtener una propuesta de escalonamiento y una predicción de una rentabilidad sobre la inversión realizada.

En 1,997, Benjamin Piedrasanta, estudio la extracción de aceite de Romero. Obtuvo como resultado secundario que el rendimiento de aceite esencial estaba influenciado por el tamaño de la muestra utilizada.

En 1,998 Ronald Giovani Monzón Castellanos, realiza el estudio sobre la determinación del rendimiento del aceite esencial de hoja de naranja agria, en función del tamaño de la partícula y el tamaño de muestra obtenido por medio del proceso de arrastre con vapor. Llegó a determinar ecuaciones que predicen el rendimiento de los procesos en función del tamaño de la partícula y del tamaño de la muestra, en laboratorio.

En las investigaciones anteriores los estudios se realizaron a nivel de el laboratorio, o a nivel de la planta piloto, con la excepción de Juan José Rodriguez Corado. El no comparó composición ni propiedades físicas de sus extractos solo rendimiento. Benjamin Piedrasanta comparó rendimiento, composición y propiedades físicas pero utilizó diferente método al cambiar de el laboratorio a la planta piloto.

No se ha realizado ningún estudio para determinar la posibilidad de obtener semejanza de los aceites esenciales extraídos en el laboratorio con los extraídos en la planta piloto.

JUSTIFICACIÓN

Obtener el aceite esencial de *Lippia alba* en la planta piloto, en cantidad mayor, que el obtenido en el laboratorio, permitirá concluir estudios Farmacológicos. La cantidad de aceite obtenido en el laboratorio es insuficiente para poder realizarlos.

Los beneficios que proporciona obtener el aceite esencial en la planta piloto, son amplios. Si conserva su actividad contra el *Trichophyton Mentagrophytes* y la *Candida Albicans*, in vivo como lo presenta in vitro, proporcionaría, tratamientos terapéuticos para varias afecciones en nuestro medio.

OBJETIVOS

- 3.1 Determinar la similitud del rendimiento de aceite esencial extraído de *Lippia alba* en laboratorio con el extraído en planta piloto con relación al material vegetal utilizado. Utilizando el método de hidrodestilación, y manteniendo constantes las variables de tamaño de partícula del material vegetal, y el tiempo de operación.
- 3.2 Determinar la similitud de las propiedades físicas: densidad, índice de refracción del aceite esencial de la *Lippia alba*; extraído en laboratorio con el extraído en planta piloto. Utilizando el método de hidrodestilación, y manteniendo constantes las variables de tamaño de partícula del material vegetal y el tiempo de operación.
- 3.3 Determinar la similitud de los componentes presentes en el aceite esencial de *Lippia alba* extraído en laboratorio con el extraído en la planta piloto, mediante cromatografía de capa fina y cromatografía de gases. Utilizando el método de hidrodestilación y manteniendo constantes las variables de tamaño de partícula del material vegetal, la temperatura del condensado y el tiempo de operación.
- 3.4 Proponer un escalonamiento para nivel industrial, a partir de los datos obtenidos en las extracciones en laboratorio y en planta piloto.

Hipótesis

No existe diferencia significativa en el rendimiento del aceite esencial de *Lippia alba* extraído en el laboratorio, con el extraído en la planta piloto. Utilizando en los dos procedimientos el método de hidrodestilación y manteniendo constantes las variables de: temperatura del condensado, tamaño de partícula del material vegetal, y tiempo de operación.

Hipótesis estadística

5.1 Hipótesis nula

Ho: no existe diferencia significativa, entre el rendimiento de aceite esencial de *Lippia alba* extraído en laboratorio con el extraído en planta piloto, utilizando para la extracción, el mismo método de hidrodestilación, la misma temperatura del condensado, el mismo tamaño de partícula del material vegetal y mismo tiempo de operación.

$$\mu_{lab} = \mu_{pla}$$

Donde: μ_{lab} es el rendimiento de aceite esencial de *Lippia alba*, extraído en laboratorio y μ_{pla} es el rendimiento de aceite esencial de *Lippia alba*, extraído en la planta piloto.

5.2 Hipótesis alterna

Ha: existe diferencia significativa, entre el rendimiento de aceite esencial de *Lippia alba*, extraído en laboratorio con el extraído en planta piloto, utilizando para la extracción, el mismo método de hidrodestilación, la misma temperatura del condensado, el mismo tamaño de partícula del material vegetal y mismo tiempo de operación.

$$\mu_{lab} \neq \mu_{pla}$$

Donde: μ_{lab} es el rendimiento de aceite esencial de *Lippia alba*, extraído en laboratorio y μ_{pla} : es el rendimiento de aceite esencial de *Lippia alba*, extraído en planta piloto.

1. MARCO TEÓRICO.

1.1 Los aceites esenciales

El término "aceite esencial" es utilizado en general para designar sustancias volátiles obtenidas por destilación, a base de vapor de las plantas, o por otros métodos de extracción. Con esta definición, se quiere hacer una distinción entre los aceites grasos y los que son fácilmente volátiles. Su volatilidad y origen vegetal son las propiedades básicas que caracterizan a estos aceites. El término popular más común con el que se conocen estas sustancias es el de "esencias"; también se conocen por el nombre de "aceites volátiles o etéreos". (9)

Los aceites esenciales de las plantas, son las sustancias responsables del olor característico de cada planta, debido a su propiedad odorífera. Estos compuestos son formados en la planta, durante sus procesos vitales; tomando materiales exteriores, absorbiéndolos y transformándolos en fragmentos del sistema de la planta, como parte de la estructura celular, con una consistencia rígida. Aun no se conoce la utilidad que obtiene la planta de estos compuestos, pero se le atribuyen algunos de los siguientes beneficios: para regular su temperatura, liberándolos como vapores, como atractivo para los insectos, colaboradores de la polinización, o como repelente para que los insectos dañinos no se aproximen. Otra opinión indica que los aceites esenciales son desechos del proceso metabólico de las plantas, los cuales ésta no puede desechar al exterior. (5)

El aceite esencial dentro de la planta se encuentra confinado en un tejido al cual se le denomina micela (11). De lo contrario, podría tener influencia en la transpiración de la planta, e inhibir la formación de clorofila, esto es perjudicial o beneficioso, dependiendo del tipo de planta; si es clorófila o no (5). De lo anterior se puede concluir que los aceites esenciales generados por la planta, son de diferentes utilidades, según su género, especie o variedad.

Lo más importante de estos aceites, para el ser humano, es la utilidad y beneficio que le brinda. Siendo utilizados como materia prima de diferentes artículos como los son: perfumes, medicinas, condimentos, pesticidas, etc.

Estos productos se surgieron tiempo atrás pero se conocen datos bibliográficos en una fórmula para agua de colonia a partir del siglo XVIII. Actualmente la extracción ha sido ampliamente estudiada para obtener mejores rendimientos y calidad de extractos. (5 & 11).

La composición química de los aceites esenciales es variada, en una misma especie la composición cambia. Se pueden encontrar más de cincuenta compuestos químicos en una planta en proporciones considerables, para ser tomados en cuenta como componentes importantes del aceite. Hay componentes químicos, cuya cantidad presente en el aceite esencial no es considerable cuantitativamente, pero influyen cualitativamente. (11)

1.2 Agricultura de la *Lippia alba*

La *Lippia alba* crece en forma silvestre en los campos de Alta Verapaz, Chiquimula, Escuintla, Huehuetenango, Sacatepéquez, Sololá, Guatemala, Chimaltenango y Suchitepéquez. Para ser utilizada como material de extracción de aceite esencial, es necesario que la siembra y mantenimiento de la *Lippia alba* sea controlada, como lo es en la Finca Alameda de Chimaltenango, del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola y en la comunidad de Nentón, Huehuetenango.

La propagación de la planta se realiza por medio de estacas y el mantenimiento consiste en eliminar la maleza que crece en torno a ella, y aplicar abono en el suelo donde se encuentra la planta, superficialmente. (1 & experiencia directa)

1.3 Descripción botánica de la *Lippia alba*

Reino	Vegetal
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Sub-Clase	Asteride
Orden	Lamiales
Familia	Verbenaceae
Género	<i>Lippia</i>
Especie	<i>Lippia alba</i>
Nombre común	Salvia Sija, Salvia Santa, Santa María, Mastranto, Juanilama

Arbusto aromático, 1-2 metros de alto, ramas largas cayentes, en ocasiones rastreras, densamente puberulentas o estringosas. Hojas opuestas, oblongadas, 2-8 cm de largo, peciolo de 2-14 mm de largo, arrugadas, festonadas, cubiertas con pelillos cortos; venas prominentes en la cara externa, pedúnculos solitarios. Flores tubulares, 4-5mm de largo, bracteos puberulentas, ovadas, acuminadas, las inferiores mucronadas; cabezas florales redondas u oblongas, 8-12 mm de largo, en pares en pequeños tallitos en las hojas acilares, cáliz viloso, corola lila, purpura o blanca.

Autoridad: (MILL) N.E. Browne ex Britton et Wilson (7)

1.4 Usos tradicionales de la *Lippia alba*

En las regiones donde se encuentra, es utilizada de manera tradicional para curar enfermedades. El té de hojas y flores se usa para el tratamiento de afecciones hepáticas, gastrointestinales, (cólico, colitis, diarrea, dispepsia, estomatitis, indigestión, flatulencia, náusea, vómito), respiratorias (asma, catarro, laringitis, resfrío, tos), diabetes, fiebre, insomnio, enfermedades venéreas, goma, artritis, dolores musculares y de muelas, hipertensión, y atención del parto.

Las hojas machacadas se inhalan para inducir sueño, la infusión se aplica en afecciones dermatomucosas y flujo vaginal. El extracto alcohólico se usa en fricciones contra resfriado y congestión de las vías respiratorias y reumatismo.

Se le atribuye actividad antiséptica, astringente, diaforética, emenagoga, espasmolítica, estomáquica, expectorante, febrífuga, pectoral, sudorífica. (1)

1.5 Preparación del material vegetal

La preparación se inicia con la recolección, la cual debe ser 3 meses después de haber podado la planta para obtener retoños nuevos. Esta se encuentra en plena floración y con una cantidad considerable de frutos. La recolección se realiza mediante poda cortando las ramas desde su base en el suelo. (experiencia directa)

Cortado el material vegetal se seca lo antes posible a la sombra, para evitar deterioro al permanecer expuesta al sol, preferiblemente en un secador solar a una temperatura no mayor de 40°C. El secado se realiza hasta obtener una humedad relativo del 10%, lo cual se puede verificar de manera aproximada cuando las hojas se vuelven quebradizas al comprimirlas con la mano. (1)

Con las ramas secas de la planta se procede a desvarar para eliminar los tallos, que por ser leñosos no poseen cantidades considerables de aceite, obteniéndose únicamente hojas, flores y frutos, mediante aporreo. Las hojas, flores y frutos, se almacenan en bolsas negras que no permiten el paso de la luz solar y en un ambiente fresco y seco, de lo contrario se deterioran. En un ambiente húmedo, pueden adquirir un hongo que destruye los componentes activos del aceite esencial de la planta, y en ambiente cálido, se pierde el aceite por evaporación. (11)

Seco el material vegetal se procede a la reducción de tamaño, mediante molienda, para exponer las micelas que contienen el aceite esencial, de esta manera es más fácil extraer dicho aceite. El tamaño de las partículas del material vegetal, debe ser tal que el vapor no las arrastre hacia el condensador, para evitar contaminación en el extracto.

1.5 Extracción de aceites esenciales

Los aceites esenciales se pueden extraer del material vegetal, a través de cinco métodos: destilación, lixiviación, enfloración, maceración y expresión. Las variaciones de estos métodos son considerados algunas veces independientes, pero solo son modificaciones, como: condiciones del extracto, combinación de dos de ellos, como extracción con lixiviación, etc. La destilación posee variaciones, entre ellas se tiene: el arrastre de vapor, la hidrodestilación, la combinación entre ambas, etc.

1.5.1 La destilación

La destilación consiste en extraer los aceites esenciales mediante el vapor de agua, el cual pasa a través del material vegetal arrastrando las partículas de aceite esencial. El vapor es condensado, se separa la fase de agua y la fase de aceite por diferencia de densidad, procediéndose a separar dichas fases por decantación. Las variaciones de este método son:

1.5.1.1 Destilación por arrastre de vapor

Consiste en pasar vapor, generado en una caldera, al material vegetal preparado, luego se condensa el vapor. Este método ofrece la ventaja que el vapor de agua se introduce en el material vegetal a una mayor presión, pudiendo, de ésta manera, romper con facilidad las micelas donde se encuentra confinado el aceite esencial. Tiene la desventaja de no poder reducir de tamaño las partículas a tamices muy pequeños, ya que el vapor arrastraría el material vegetal contaminando el condensado.

1.5.1.2 Hidrodestilación

Consiste en colocar el material vegetal en un recipiente e inundarlo con agua. Se suministra calor, para generar vapor, el cual está en íntimo contacto con el material vegetal, conduciéndolo después al condensador. En este método el tamaño de la partícula puede ser de un tamiz muy pequeño sin que exista riesgo de que el vapor lo arrastre, ya que al ser generado el vapor en el mismo recipiente su presión es menor que la del vapor generado en una caldera. La desventaja de baja presión se compensa al reducir el tamaño de las partículas del material vegetal a un tamiz menor que el utilizado en el método anterior. exponiendo de ésta manera una mayor cantidad de micelas que contiene el aceite esencial.

1.5.1.3 Destilación Mixta

Es la combinación de los dos métodos anteriores, en el cual se suministra vapor a un recipiente, el cual contiene material vegetal inundado con agua y al mismo tiempo se le suministra calor para producir ahí vapor, conduciendo posteriormente el vapor al condensador.

1.5.2 Lixiviación

Consiste en la extracción del aceite esencial, mediante solvente, se coloca el material vegetal en un recipiente y se inunda con el solvente produciéndose la difusión del aceite hacia el solvente, luego de un tiempo se separa el solvente del material vegetal, por medio de una filtración. Después el aceite esencial se separa del solvente mediante destilación al vacío. Este método se basa en la afinidad que poseen los componentes del aceite esencial, hacia los solvente apolares.

1.5.3 Expresión

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

1.5.4 Enfloración

La enfloración es similar a la lixiviación, se diferencia en que utiliza grasa fría. Con este método se obtiene el aceite de los pétalos de las flores, utilizado para la elaboración de perfumería. En la enfloración el perfume se adhiere a una capa delgada de grasa, después de un tiempo determinado para cada especie, se recolecta la grasa y se separa del perfume mediante alcohol, el cual es eliminado posteriormente con destilación al vacío.

1.5.5 Maceración

La maceración y la enfloración se diferencian en que, los pétalos de la flor se sumergen en grasa caliente, en lugar de ponerlos en contacto con una delgada capa de grasa. Es un procedimiento, breve que produce pomadas, extractos y absolutos de pomada. Los productos de enfloración y maceración son de menor calidad que los extraídos con solventes en Lixiviación. Además, requieren experiencia y tiempo, por lo complejo de su proceso de obtención. Los métodos de enfloración y maceración se utilizan solamente en algunos países Europeos.

1.6 Composición del aceite esencial de la *Lippia alba*

Fue estudiada por los Licenciados A. Cáceres y B. Samayoa, trabajo publicado en 1989, en el cual indican que el aceite esencial de la *Lippia alba* posee un rendimiento de 1.2% a partir de material vegetal seco, incluyendo hojas, flores y frutos.

Siendo su composición la siguiente: geraniol 34%, neral 23%, β -cariofileno 6%, metilheptenona 5.8%, citronelal 5.2%, geraniol 4.1%, borneol 2.6%, oxido de ceriofileno 2.5%, allo aromadendreno 2.4%, cis- α -bisaboleno 2.1%, germacreno D 2%, nerol 1.6%, linalool 1.1%, citronelal 0.7%, limoneno 0.4%, isobutirato de geranilo 0.4%, cubenol 0.3%, trans-ocimeno 0.2%, butirato de geranilo 0.2%, eugenol, 0.2%, 1-octen-3-ol 0.2% y copaeno 0.1%. (1)

1.7 Análisis de los aceites esenciales

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

Se hace un examen preliminar y organoléptico, en el cual se coloca una muestra del aceite en un frasco o probeta graduada. Se observan el color, la claridad, la viscosidad, la presencia o ausencia de sedimento, las ceras separadas y el agua. A continuación se caracteriza la muestra por medio de cromatografía gaseosa, para identificar los principales componentes, y de ser posible cuantificarlos. Finalmente se evalúan sus propiedades fisicoquímicas como densidad, solubilidad e índice de refracción.

También se ejecutan pruebas especiales según el aceite que se está ensayando (contenido de ésteres, contenido total de alcoholes, punto de congelación, residuo de evaporación, contenido de aldehídos, etc.) El análisis para determinar componentes se realiza a través de comparación con estándares, en cromatografía de gases o en cromatografía de capa fina, lo cual indica que componentes posee un aceite esencial. (9)

1.8 Usos del aceite esencial de *Lippia alba*

Estudios realizados por Fun CE, Svendsen AB, publicados en 1990, bajo el nombre de *The essential oil of Lippia Alba*, determinaron que el aceite esencial es activo contra la *Candida Albicans* y el *Trichophyton Mentagrophytes*. (1)

El *Trichophyton Mentagrophytes* (hongo), es dañino para el ser humano ya que produce la Dermatofitosis del tronco ó Tiña corporal. Y la *Candida Albicans*, (hongo), es responsable de un mayor número de afecciones como: uretritis por candida, infección de vías urinarias en diabéticos, absceso cerebral, endocarditis y endoftalmitis metastásica. (6)

1.9 Escalonamiento a nivel industrial

Es la técnica que permite predecir el comportamiento que presentará un fenómeno al aumentar las dimensiones de la unidad de proceso.

El escalonamiento de equipo de laboratorio y planta piloto a nivel industria se denomina scale-up. Es una técnica en ingeniería química que permite predecir el comportamiento que presentará un fenómeno al cambiar las dimensiones de la unidad de proceso.

Para realizar los escalonamientos a nivel industrial existen herramientas que se pueden utilizar, dependiendo del tipo de comportamiento que presente el fenómeno a tratar, las cuales se describen a continuación:

- a. Similitud y cambio de escala: basado en el principio de similitud de Newton, el cual indica que un fenómeno puede ser descrito por una función de números adimensionales, de la siguiente forma:

$$p = f(Q,R...Z).....(1)$$

en donde P, Q...Z son números adimensionales. Y considerando las similitudes de mecánica de fluidos: geometría, cinemática y dinámica y para un reactor químico se consideran además la similitud térmica y la similitud química.

- b. Similitud desde el punto de vista matemático: indica que dos sistemas son similares si las partículas homólogas están en puntos homólogos en tiempos homólogos. En general se puede definir por dos funciones escalares $f(x,y,z,t)$ y $f'(x',y',z',t')$, en donde f describe la conducta de una partícula en función de las coordenadas, x , y & z , y en un tiempo t , y la relación $f'/f = k$, se denomina factor de escala de la función f .
- c. Similitud natural: muchas veces el estudio de la similitud no revela ninguna condición. En tales casos la similitud se obtiene independientemente de la variación de parámetros característicos. (3)

2. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

2.1 Localización

- **Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola**

En La Finca Alameda, Chimaltenango, se recolectó el material vegetal, y se procedió a secarlo y desvararlo.

- **Laboratorio Fitofarmacéutico Farmaya**

En sus instalaciones se adquirió material vegetal *Lippia alba*, procedente de Nentón, Huehuetenango.

- **Laboratorio de Química Industrial, Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC**

En este laboratorio se realizó el tratamiento previo de la materia prima; molienda, y se determinó la densidad del aceite esencial obtenido

- **Laboratorio de Investigación de Química de productos naturales, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC.**

En este laboratorio se realizó la extracción de aceite esencial a nivel laboratorio.

- **Planta Piloto de Extracciones Industriales, Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.**

En este lugar se realizó la extracción de aceite esencial a nivel de planta piloto.

- **Unidad de Análisis Instrumental, Facultad De Ciencias Químicas Y Farmacia, USAC.**

En esta unidad se realizó el análisis de cromatografía de gases.

- **Laboratorio de Análisis Instrumental Aplicado, Facultad de Ciencias Química y Farmacia, USAC.**

En este laboratorio se determinó el índice de refracción de los aceites esenciales obtenidos

2.2 Recursos humanos

- Autor de la tesis Nelson Emilio Chanquin Jocol
- Asesora Ing. Q. Telma Maricela Cano Morales
- Coasesor Lic. Mynor Hernández

2.3 Recursos materiales

Para cada unidad experimental a nivel de laboratorio se requiere:

- 50 gramos de *Lippia alba* preparada
- 600 mililitros de agua desmineralizada
- 30 gramos de cloruro de sodio
- Diez mililitros de hexano
- Un gramos de sulfato de sodio
- Refrigerante para el agua del condensador.
- 100 mililitros de acetona
- Agua de circulación y baño maría.

Para cada unidad experimental a nivel de planta piloto se requiere:

- Tres kilogramos de *Lippia alba*, preparada
- 45 litros de agua
- Cinco gramos de sulfato de sodio
- 135 kilogramos de hielo
- 10 litros de diesel

2.4 Cristalería y equipo

- Planta piloto
- Equipo para extracción de aceites esenciales en laboratorio. (figura 1)
- Rota evaporador (figura 2)
- Balanza analítica
- Plancha de calentamiento
- Bomba hidráulica.
- Centrífuga
- Balón de 1000 mililitros para el equipo del inciso (6.4.2)
- Balón de 100 mililitros para el rota evaporador
- Probeta de 100 mililitros
- Balón de 1000 mililitros
- Erlenmeayer de 50 mililitros
- Un embudo
- Dos tubos de ensayo
- Varilla de agitación perlas, núcleos de ebullición ó agitador magnético
- Dos metros de manguera de caucho.

- Dos soportes de 50 centímetros
- Tres pinzas (adaptables a los soportes y el equipo de vidrio)
- Pizeta
- Cronómetro
- Recipiente para agua de destilación.
- Tres viales de 1 mililitro
- Dos micro pipetas, con bulbo
- Beaker de 50 mililitros
- Ampolla de decantación
- Tres frascos oscuros de 50 mililitros, con tapa

2.5 Metodología

2.5.1 Diseño del estudio

El rendimiento del aceite esencial de *Lippia alba*, se evaluó a través de la hidrodestilación, tanto en el laboratorio como en la planta piloto, obteniéndose dos tratamientos con cinco repeticiones cada uno, sumando un total de diez datos.

2.5.2 Diseño de tratamientos:

Se aplicó un estudio factorial con dos tratamientos para el único factor y cinco repeticiones de cada tratamiento, obteniendo un total de diez datos, los cuales fueron interpretados por medio de la prueba t.