



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

OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LA OLEORRESINA  
DE CHILE COBANERO (*Capsicum annum var cerasiforme*), PROCEDENTE  
DE TRES NIVELES ALTITUDINALES DE GUATEMALA Y EVALUACIÓN DEL  
RENDIMIENTO CON CUATRO DIFERENTES TÉCNICAS

**Vera Lucía Barrientos Mendoza**

Asesorada por la Inga. Telma Maricela Cano Morales

Coasesorada por el Ing. Mario José Merida Meré

Guatemala, octubre de 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LA OLEORRESINA DE CHILE COBANERO (*Capsicum annum var cerasiforme*), PROCEDENTE DE TRES NIVELES ALTITUDINALES DE GUATEMALA Y EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO CON CUATRO DIFERENTES TÉCNICAS

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**VERA LUCÍA BARRIENTOS MENDOZA**

ASESORADO POR LA INGA. TELMA MARICELA CANO MORALES  
COASESORADA POR EL ING. MARIO JOSÉ MERIDA MERÉ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERA QUÍMICA**

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
VOCAL V	Br. Sergio Alejandro Donis Soto
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADORA	Inga. Hilda Piedad Palma de Martini
EXAMINADOR	Ing. Federico Guillermo Salazar Rodríguez
EXAMINADOR	Ing. Otto Raúl De León De Paz
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

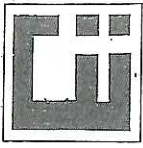
## HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

**OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LA OLEORRESINA DE CHILE COBANERO (*Capsicum annuum var cerasiforme*), PROCEDENTE DE TRES NIVELES ALTITUDINALES DE GUATEMALA Y EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO CON CUATRO DIFERENTES TÉCNICAS**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Química, con fecha 17 de febrero de 2011.

  
Vera Lucía Barrientos Mendoza



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



Guatemala, 27 de Julio de 2012

Ingeniero  
Victor Manuel Monzón Valdez  
Director Escuela de Ingeniería Química  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos de Guatemala  
Presente.

Ingeniero Monzón:

Por medio de la presente HACEMOS CONSTAR que hemos revisado y dado nuestra aprobación al informe final de graduación titulado "Obtención y caracterización fisicoquímica de la oleorresina de chile cobanero (*Capsicum annum var cerasiforme*), procedente de tres niveles altitudinales de Guatemala y evaluación del rendimiento con cuatro diferentes técnicas", de la estudiante de Ingeniería Química Vera Lucia Barrientos Mendoza quien se identifica con el carné número 2004-13730.

Sin otro particular nos suscribimos de usted.

Atentamente,

  
Ing. Qco. Mario José Mérida Meré  
Coordinador  
Laboratorio de Investigación  
de Extractos Vegetales -LIEVVE-  
Asesor



  
Inga. Qca. Telma Maricela Cano Morales  
Directora  
Centro de Investigaciones de Ingeniería / CII  
Asesora





UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

Guatemala, 20 de febrero de 2013  
Ref. EI.Q.TG.043.2013

Señores  
Área de Lingüística  
Facultad de Ingeniería  
Presente,

Estimados Señores

Como consta en el Acta TG-151-2011-IF le informo que reunidos los Miembros de la Terna nombrada por la Escuela de Ingeniería Química, se practicó la revisión del:

**INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADUACIÓN**

Solicitado por la estudiante universitaria: **Vera Lucía Barrientos Mendoza**

Identificada con número de carné: **2004-13730**

Previo a optar al título de INGENIERA QUÍMICA.

Siguiendo los procedimientos de revisión interna de la Escuela de Ingeniería Química, los Miembros de la Terna han procedido a **APROBARLO** con el siguiente título:

**OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LA OLEORRESINA DE CHILE COBANERO (Capsicum annum var cerasiforme), PROCEDENTE DE TRES NIVELES ALTITUDINALES DE GUATEMALA Y EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO CON CUATRO DIFERENTES TÉCNICAS**

El Trabajo de Graduación ha sido asesorado por la Ingeniera Química: **Telma Maricela Cano Morales**.

Habiendo encontrado el referido informe final del trabajo de graduación **SATISFACTORIO**, se autoriza al estudiante, proceder con los trámites requeridos de acuerdo a las normas y procedimientos establecidos por la Facultad para su autorización e impresión.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Ing. Víctor Manuel Monzón Valdez  
DIRECTOR  
Escuela de Ingeniería Química



C.c.: archivo





El Director de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor y de los Miembros del Tribunal nombrado por la Escuela de Ingeniería Química para revisar el Informe del Trabajo de Graduación de la estudiante, **VERA LUCÍA BARRIENTOS MENDOZA** titulado: "OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN FISIQUÍMICA DE LA OLEORRESINA DE CHILE COBANERO (*CAPSICUM ANNUUM VAR CERASIFORME*), PROCEDENTE DE TRES NIVELES ALTITUDINALES DE GUATEMALA Y EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO CON CUATRO DIFERENTES TÉCNICAS". Procede a la autorización del mismo, ya que reúne el rigor, la secuencia, la pertinencia y la coherencia metodológica requerida.

  
Ing. Víctor Manuel Monzón Valdez  
DIRECTOR  
Escuela de Ingeniería Química



Guatemala, octubre 2013

Cc: Archivo  
VMMV/ale



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: **OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LA OLEORRESINA DE CHILE COBANERO (*Capsicum annum var cerasiforme*), PROCEDENTE DE TRES NIVELES ALTITUDINALES DE GUATEMALA Y EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO CON CUATRO DIFERENTES TÉCNICAS**, presentado por la estudiante universitaria: Vera Lucía Barrientos Mendoza, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olimpo Paiz Rosinos  
Decano



Guatemala, octubre de 2013

/cc



## **ACTO QUE DEDICO A:**

- Dios** Por estar siempre a mí lado y darme perseverancia, sabiduría, valor e iluminar cada paso que he dado.
- Mi madre** Marina Mendoza Flores, por ser el pilar de mí fortaleza, por creer en mí, por apoyarme a lo largo de mí vida, brindarme amor y levantarme cuando he caído; este triunfo es tuyo.
- Mi padre** Luis Barrientos Suasnavar, por apoyarme a lo largo de mí carrera y creer en mí.
- Mis tíos** Glenda y Gustavo Mendoza por estar pendientes de mis metas y logros.
- Mis primos** Que este logro sirva de ejemplo en el desarrollo de sus vidas. Los quiero mucho.
- Mi abuela** María Obdulia Flores (q.e.p.d.) Por ser un ejemplo a seguir. Sé que desde el cielo celebras este triunfo.

## **Mis amigos**

Susana Arrechea, Erick Pinzón, Mariajose Ortiz Evelyn Figueroa, Cristian Torres, Doria Xitumul, Karin Arredondo, Antonio Santisteban, Kevin Marroquín, Carlos Martínez, Álvaro Orrellana, Edwin Sigui, Ricardo Rodas y Pamela Mejia por demostrarme que la amistad incondicional y sincera aún existe son irremplazables.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

- Dios** Por darme la vida y permitirme alcanzar esta meta que gracias a su luz ha sido posible.
- Mi madre** Por enseñarme a caminar, a leer, a perseverar, por ser una mujer de buenos valores morales que ha sido un ejemplo a lo largo de mí vida, gracias por apoyarme y por siempre estar allí.
- Mi padre** Luis Barrientos Suasnavar; por apoyarme a lo largo de mi formación académica.
- Mi tía** Glenda Mendoza por creer en mí.
- Mi abuela** María Obdulia Flores (q.e.p.d.) Gracias por enseñarme lo que es luchar hasta el final y por creer en mí siempre. Te llevo en mí corazón.
- Ricardo Rodas y Pamela Mejía** Por ser parte esencial en mí vida, la vida no sería la misma sin ustedes.
- Mis catedráticos** Gracias por el valioso conocimiento académico por la paciencia la dedicación y los consejos brindados.

**Mis asesores y  
revisores**

Telma Cano, Mario Mérida, Jorge Godínez, Cesar García, Lisely de León, Williams Álvarez, Víctor Monzón, por apoyarme en la realización de este estudio.

**Laboratorio de  
Investigación de  
Extractos Vegetales  
(LIEXVE)**

A todo el personal que forma del centro de investigación y darme la oportunidad de relizar mis experimentos, compartir experiencias y conocimientos dentro del laboratorio.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS.....	VII
GLOSARIO.....	IX
RESUMEN .....	XIII
OBJETIVOS/ HIPÓTESIS .....	XV
INTRODUCCIÓN.....	XIX
1. ANTECEDENTES.....	1
2. MARCO TEÓRICO .....	11
2.1. El chile.....	11
2.1.1. Historia .....	11
2.1.2. Generalidades .....	13
2.1.3. Clasificación Científica .....	14
2.1.4. Usos .....	14
2.1.5. Características nutricionales .....	15
2.1.5.1. Carbohidratos.....	15
2.1.5.2. Fibra .....	16
2.1.5.3. Otros componentes .....	16
2.1.6. Taxonomía y morfología de la planta .....	16
2.1.7. Fisiología de la planta .....	17
2.1.7.1. Germinación .....	17
2.1.7.2. Crecimiento vegetativo.....	17
2.1.7.3. Floración .....	17
2.1.7.4. Fructificación .....	18
2.1.7.5. Maduración .....	19

2.1.8.	Capsaicina .....	19
2.1.9.	Escala Scoville .....	22
2.2.	Chile cobanero.....	22
2.3.	Oleorresinas .....	25
2.3.1.	Extracción y composición de oleorresina .....	26
2.4.	Procesos de extracción sólido-líquido .....	28
2.4.1.	Proceso de lixiviación .....	28
2.4.1.1.	Definición .....	28
2.4.2.	Velocidad de lixiviación .....	29
2.4.3.	Preparación de los sólidos para la lixiviación.....	31
2.4.3.1.	Materiales inorgánicos y orgánicos.....	31
2.5.	Variables de proceso extractivo .....	33
2.5.1.	Relación materia prima-solvente.....	33
2.5.2.	Área de contacto sólido-líquido.....	34
2.5.3.	Agitación .....	34
2.5.4.	Temperatura .....	34
2.5.5.	pH .....	35
2.5.6.	Naturaleza del solvente .....	35
2.5.7.	Tiempo de extracción.....	36
2.6.	Procesos de extracción.....	36
2.6.1.	Maceración .....	37
2.6.2.	Maceración con reflujo .....	38
2.6.3.	Solventes .....	39
2.7.	Método de extracción de oleorresinas .....	39
2.7.1.	Preparación de la especia vegetal.....	40
2.7.2.	Secado.....	40
2.7.3.	Molienda .....	40
2.7.4.	Selección del solvente .....	42
2.7.5.	Caracterización de las oleorresinas .....	44

3.	DISEÑO METODOLÓGICO.....	45
3.1.	Definición las variables en el proceso .....	45
3.2.	Delimitación del campo de estudio.....	46
3.2.1.	Ubicación .....	46
3.3.	Recursos disponibles .....	47
3.4.	Técnica cuantitativa .....	49
3.4.1.	Cromatografía .....	49
3.5.	Procesamiento, tabulacion y ordenamiento de la información.....	50
3.5.1.	Preparación de la muestra .....	50
3.5.2.	Diseño de tratamientos .....	53
3.5.3.	Manejo experimental .....	53
3.6.	Análisis estadístico.....	54
3.6.1.	Técnicas y modelos de datos según variables .....	54
3.6.2.	Llevar a cabo una aleatorización.....	56
3.6.3.	Análisis de varianza .....	58
3.6.3.1.	Cuadro de ANDEVA.....	59
3.6.3.1.	Criterio de Tukey .....	62
3.6.3.1.	Programas a utilizar para análisis de datos.....	64
3.7.	Técnicas de extracción .....	66
3.7.1.	Extracción mediante maceración dinámica con reflujo a temperatura de ebullición .....	66
3.7.2.	Extracción mediante maceración estática con reflujo a temperatura de ebullición .....	66
4.	RESULTADOS.....	67
4.	INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS .....	77

CONCLUSIONES ..... 83  
RECOMENDACIONES ..... 85  
BIBLIOGRAFÍA ..... 87  
APÉNDICES ..... 89  
ANEXOS ..... 119



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Fórmula estructural de los capsacinoides R.NHCH <sub>2</sub> .....	21
2.	Molécula de Capsaicina (8-metil-N-vanillil-6-nonenamida).....	11
3.	Secado de chile cobanero .....	24
4.	Chile cobanero molido .....	25
5.	Regiones estadísticas para la maceración .....	64
6.	Regiones estadísticas para el reflujo .....	65
7.	Regiones estadísticas para la extracción.....	65
8.	Unidades Scoville para la oleorresina de chile cobanero procedente de tres diferentes regiones y cuatro métodos de extracción .....	76

### TABLAS

I.	Clasificación del tipo de polvo.....	42
II.	Variables en el proceso durante el experimento.....	45
III.	Control de los porcentajes de humedad para cada muestra de materia prima 3 corridas para cada región .....	52
IV.	Diseño para la recolección de datos antes y después de realizada la extracción de oleorresina de chile cobanero, para un método de extracción y una región de materia prima .....	52
V.	Número de tratamientos .....	57

VI.	Prueba de F de las hipótesis en el análisis de varianza para los rendimientos de oleorresina de chile cobanero proveniente de tres regiones diferentes de Guatemala usando cuatro diferentes técnicas de extracción.....	60
VII.	Tabla de decisión para elegir la mejor técnica de extracción de oleorresina de chile cobanero ( <i>Capsicum annuum</i> var. <i>cerasiforme</i> ) .....	63
VIII.	Tabla de decisión para elegir la región donde se obtiene mayor rendimiento de oleorresina de chile cobanero ( <i>Capsicum annuum</i> var. <i>cerasiforme</i> ).....	63
IX.	Porcentaje de rendimiento de la oleorresina de chile cobanero obtenida utilizando maceración dinámica a temperatura ambiente .....	67
X.	Porcentaje de rendimiento de la oleorresina de chile cobanero obtenida utilizando maceración estática a temperatura ambiente .....	68
XI.	Porcentaje de rendimiento de la oleorresina de chile cobanero obtenida utilizando maceración dinámica reflujo a temperatura de ebullición.....	69
XII.	Porcentaje de rendimiento de la oleorresina de chile cobanero obtenida utilizando maceración estática reflujo A temperatura ebullición.....	70
XIII.	Metabolitos secundarios detectados en la oleorresina de chile cobanero utilizando cromatografía en capa gaseosa acoplada en espectrofotometría de masas.....	71

## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
$\epsilon$	Constante dieléctrica
P	Densidad en g/mL o g/cm <sup>3</sup>
$\Sigma$	Desviación estándar
Eijk	Error experimental
Rt	Factor de retención
°C	Grados Celsius
G	Gramos
Hz	Hertz
Hi	Hipótesis alternativa
Ho	Hipótesis nula
M	Metros
msn	Metros sobre el nivel del mar
Mm	Milímetros
MI	Mililitros
Min	Minutos
PM	Peso molecular
%	Porcentaje

<b>Hp</b>	Potencia en horse-power
<b>M</b>	Promedio general de porcentaje de rendimiento de oleorresina
<b>Rf</b>	Recorrido de frente
<b>RPM</b>	Revoluciones por minuto
<b>F</b>	Significancia
<b>T</b>	Temperatura

## GLOSARIO

<b>Aceite esencial</b>	Es la fracción líquida volátil generalmente, destilable por arrastre con vapor de agua, que contiene las sustancias responsables del aroma de las plantas y que son importantes en la industria cosmética, de alimentos y farmacéutica.
<b>Biodiversidad</b>	Es el término por el que se hace referencia a la amplia variedad de seres vivos sobre la Tierra y los patrones naturales que conforma, resultado de miles de millones de años de evolución, según procesos naturales y también, de la influencia creciente de las actividades del ser humano.
<b>Calidad de oleoresina</b>	Parámetro de control del producto final obtenido, oleoresina. Entre las propiedades que determinan la calidad de esta se encuentran: propiedades fisicoquímicas como la densidad, viscosidad, índice de refracción, entre otras. Así como, la composición fitoquímica, presencia de metabolitos secundarios, que se encuentran presentes en la oleoresina.

## **Cromatografía**

Es una técnica de separación extraordinariamente versátil que presenta distintas variantes. En toda separación cromatográfica hay dos fases (sólida, líquida o gas) una móvil y otra estacionaria, que se mueven una con respecto de la otra manteniendo un contacto íntimo. La muestra se introduce en la fase estacionaria y la móvil. Los componentes de la mezcla a separar invierten un tiempo diferente en recorrer cada una de las fases, con lo que se produce la separación. Si un componente está la mayor parte del tiempo en la fase móvil, el producto se mueve rápidamente, mientras que si se encuentra la mayor parte en la fase estacionaria, el producto queda retenido y su salida es mucho más lenta.

## **Lixiviación**

Es la eliminación de una fracción soluble, en forma de solución, a partir de una fase sólida permeable e insoluble a la cual está asociada. La separación implica, normalmente, la disolución selectiva, con difusión o sin ella, pero en el caso extremo del lavado simple, consiste sólo en el desplazamiento (con alguna mezcla) de un líquido intersticial por otro, con el que es miscible.

El constituyente soluble puede ser sólido o líquido y estar incorporado, combinado químicamente o adsorbido, o bien mantenido mecánicamente, en la estructura porosa del material insoluble.

El sólido insoluble puede ser másico y poroso; con mayor frecuencia es de partículas y estas últimas pueden ser poros abiertos, de celdas, con paredes celulares selectivamente permeables o con superficies activadas.

### **Maceración**

El proceso de maceración consiste en poner en contacto la materia prima y el solvente, durante cierto tiempo.

### **Metabolitos secundarios**

Compuestos químicos sintetizados por las plantas que cumplen funciones no esenciales en ellas de forma que su ausencia no es fatal para la planta, ya que no intervienen en el metabolismo primario de las plantas. Los metabolitos secundarios de las plantas intervienen en las interacciones ecológicas entre la planta y su ambiente.

### **Oleorresina**

Las oleorresinas son líquidos naturales extraídos de especias o extractos herbales que contienen compuestos volátiles y no volátiles, los cuales caracterizan el sabor,

color y aroma de materias primas naturales. Las oleorresinas son exudados compuestos principalmente por constituyentes volátiles y resinosos. Los bálsamos son oleorresinas caracterizadas por su alto contenido en compuestos benzoicos o cinámicos. Las oleorresinas son extractos de naturaleza oleosa, obtenidos de especias o diferentes plantas que proporcionan a los productos color, sabor, según las necesidades del cliente. Son productos líquidos, o casi líquidos, formado por resinas disueltas en aceites y procedente de diversas plantas.

### **Percolación**

Consiste en hacer pasar el solvente a través de la materia prima, hasta su extracción exhaustiva completa. La percolación simple, comprende la extracción exhaustiva de la materia prima con el solvente siempre renovado. En pequeña escala, la percolación se realiza en aparatos.

### **Solvente**

Es una sustancia que permite la dispersión de otra en su seno. Es el medio dispersante de la disolución. Normalmente, el disolvente establece el estado físico de la disolución, por lo que se dice que el disolvente es el componente de una disolución que está en el mismo estado físico que la disolución.



## RESUMEN

Se evaluó el rendimiento de extracción de oleorresina del chile cobanero (*Capsicum annuum var cerasiforme*) proveniente de tres diferentes regiones de Guatemala donde se utilizaron las técnicas de lixiviación por maceración dinámica a temperatura ambiente, maceración estática a temperatura ambiente, maceración dinámica con reflujo y maceración estática con reflujo a escala laboratorio, filtración y posterior concentración del extracto mediante rotaevaporación.

El diseño experimental se realizó de forma aleatoria, en donde la variable respuesta fue el rendimiento de oleorresina obtenida, se aplicó un experimento trifactorial para tres regiones, cuatro técnicas y tres repeticiones; resultando un total de 36 extracciones. Realizado el análisis estadístico se determinó que el porcentaje de rendimiento de oleorresina varió solamente en función de la técnica de extracción, siendo la maceración dinámica con reflujo la técnica con mayor rendimiento de oleorresina y no presentó diferencias significativas para el estrato altitudinal ni para la interacción de dichos factores.

A las oleorresinas obtenidas se les realizó análisis cromatográficos, siendo estos: cromatografía gaseosa con acoplamiento de espectrometría de masas, donde se obtuvieron los metabolitos presentes de las muestras evaluadas siendo el hexadecanoato de metilo el que se encuentra más presente en las oleorresinas y cromatografía de alta resolución (HPLC), donde la cantidad de capsaicina recuperada en la oleorresina osciló entre las 10,53 y 4,92.

## OBJETIVOS

### General

Obtener y caracterizar fisicoquímicamente la oleorresina de chile cobanero procedente de tres niveles altitudinales de Guatemala y evaluar el rendimiento con cuatro diferentes técnicas de extracción.

### Específicos

1. Cuantificar y comparar el rendimiento de oleorresina obtenida de chile cobanero (*Capsicum annuum* var. *Cerasiforme*) para las técnicas, maceración estática, maceración dinámica, maceración dinámica con reflujo, maceración estática con reflujo.
2. Comparar el efecto del nivel altitudinal sobre el rendimiento de la oleorresina de chile cobanero.
3. Determinar las propiedades de la oleorresina de chile cobanero: pH, índice de refracción.
4. Caracterizar la composición de la oleorresina mediante las pruebas de cromatografía gaseosa con acoplamiento en espectrometría de masas y cromatografía de alta resolución (HPLC).

# HIPÓTESIS

## Hipótesis nula (H<sub>0</sub>)

- No existe diferencia significativa en el rendimiento de oleorresina de chile cobanero (*Capsicum annuum var cerasiforme*), al utilizar maceración dinámica o estática en la extracción.
- No existe diferencia significativa en el rendimiento de oleorresina de chile cobanero (*Capsicum annuum var cerasiforme*), al utilizar o no reflujo en el proceso de extracción.
- No existe diferencia significativa en el rendimiento de oleorresina de chile cobanero (*Capsicum annuum var cerasiforme*), de acuerdo a si procede de La Tinta, Lanquin, o Tucurú, Alta Verapaz.

## Hipótesis alterna (H<sub>1</sub>)

- El método de maceración: dinámica o estática, usado en la extracción de oleorresina de chile cobanero (*Capsicum annuum var cerasiforme*), produce diferencias significativas en el rendimiento.
- Existe diferencia significativa en el rendimiento de oleorresina de chile cobanero (*Capsicum annuum var cerasiforme*), al utilizar o no reflujo en el proceso de extracción.

- Existe diferencia significativa en el rendimiento de oleorresina de chile cobanero (*Capsicum annuum var cerasiforme*), según proceda de: La Tinta, Lanquin o Tucurú, Alta Verapaz.

## INTRODUCCIÓN

Guatemala es un país que tiene una gran riqueza agrícola debido a su posición geográfica esto permite que existan condiciones óptimas para la cosecha de diversas especies agrícolas.

Con el auge que se ha tenido en los últimos años sobre la búsqueda de cultivos de productos no tradicionales como alternativa para el manejo sustentable de los recursos naturales, se plantea la necesidad de buscar nuevos productos que sustituyan a los ya tradicionales en la agricultura guatemalteca; tal es el caso del chile (*Capsicum annuum*) que durante años ha formado parte de la dieta del guatemalteco y ha sido cosechado en pequeñas plantaciones. En los últimos años se han realizado investigaciones que han descubierto la amplia aplicación en medicinas y productos agroquímicos orgánicos tanto del chile procesado como del principio activo, capsaicina.

Se ha encontrado que la oleorresina de *Capsicum* es de gran importancia por su principio activo, la capsaicina que tiene efecto sobre distintas enfermedades, además de usos a nivel industrial en alimentos.

En el presente trabajo de investigación se evaluó el rendimiento de oleorresina de chile cobanero (*Capsicum annuum var Cerasiforme*). La materia prima utilizada fue de tres niveles altitudinales diferentes y la extracción se realizó utilizando las técnicas de maceración dinámica, maceración estática, maceración estática con reflujo y maceración dinámica con reflujo posteriormente, se realizó la filtración y concentración del extracto utilizando un rotaevaporador.

Los análisis de cromatografía gaseosa con acoplamiento en espectrometría de masas para las oleorresinas, se llevaron a cabo en el Laboratorio de Toxicología ubicado en la antigua Facultad de Ciencias Químicas y Farmacias, los análisis HPLC se llevaron a cabo en el Laboratorio de Investigación de Productos Naturales LIPRONAT de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacias, ambos laboratorios de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Los resultados obtenidos fueron tratados por medio del análisis de varianza, utilizando el paquete SAS y se comprobaron los resultados bajo la prueba de medias de Tukey.

## 1. ANTECEDENTES

En el centro de investigación de la Universidad de San Carlos de Guatemala se han llevado a cabo proyectos de investigación en extractos vegetales. Cabe mencionar la extracción de aceites esenciales de ajo (*Allium sativum*), jengibre (*Zingiber officinale*), eucalipto (*Eucalyptus*), cardamomo (*Elettaria cardamomum*), romero (*Rosmarinus officinalis*) y varios cítricos, entre los proyectos realizados en oleorresinas se mencionan:

En 1998 Telma Cano, Ingrid Benitez, Blanca Chávez y Byron Aguilar realizaron el proyecto 28-97 CONCYT "Obtención y caracterización de capsaicina, ingrediente activo de productos fitofarmacéuticos y agroindustriales de 3 especies de *Capsicum* (*Capsicum chinense*, *Capsicum annuum* L.V. y *Capsicum annuum*)".

Se realizó un experimento bifactorial en el que se utilizaron dos concentraciones de alcohol etílico al 70 % y al 95 % y deshidratación, en fresco y en seco, utilizando tres especies de *capsicum*, se concluyó que de las tres especies de *Capsicum*, la especie que obtuvo mayor porcentaje de capsaicina en la oleorresina fue el *Capsicum Chinense*, con un valor de 10,28 %, que está dentro del rango del valor teórico esperado que es entre 10-12 %.

El mayor porcentaje de rendimiento de oleorresina fue de 14,6221 %, para la especie chile habanero seco y utilizando alcohol etílico al 70 %. El mayor porcentaje de rendimiento de capsaicina, en función del solvente utilizado fue de 0,002 % para el chile habanero seco, utilizando alcohol etílico al 95%

El nivel de deshidratación del *Capsicum* (fresco y seco con humedad al 10 %) y la concentración del solvente no influye en el porcentaje de rendimiento de la oleoresina. Para obtener el más alto porcentaje de capsaicina en la oleoresina, la variable que produce un efecto más marcado es el nivel de deshidratación, seguido de la especie y concentración del solvente.

En 2002 Telma Cano, Blanca Chávez, Jorge Gódinez y David Monzón ejecutaron el proyecto 6-25, PUIDI-DIGI, denominado "Obtención y caracterización del aceite esencial y oleoresina de la pimienta negra (*Piper nigrum* L.) cultivada en Guatemala, Evaluando tres distintos tamaños de lote para la extracción del aceite esencial basado en el rango de operación de la planta piloto de extracción del Centro de Investigaciones de Ingeniería (CII/USAC)". La extracción de aceite esencial, se realizó en triplicado con un tiempo de extracción de 4 horas, un tamaño de partícula entre 1 190 y 841 micrones y 15 % de humedad.

Para la extracción de oleoresina se evaluaron dos factores: 3 tamaños de lote (15, 10, 9 libras) y dos concentraciones de solvente (etanol ( $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ ) la 95 % y 70 %). Se realizaron extracciones sucesivas a diferentes tiempos de maceración de la materia prima (36, 48 y 72 horas), hasta llegar a agotamiento de la materia prima. En el estudio también se evaluó las propiedades fisicoquímicas del aceite esencial y oleoresina. La conclusión fue que el valor más alto de porcentaje de rendimiento de aceite esencial de la pimienta negra cultivada en Guatemala fue de 0,96 % para un lote de 15 libras, valor cercano al límite inferior que reporta la literatura que está en el rango entre 1-2,3 %.



El valor más alto de porcentaje de rendimiento total de oleorresina, efectuando la sumatoria de los rendimientos de las diferentes maceraciones para un tamaño fijo de lote fue de 6,3249 %, para un lote de 10 libras, utilizando como solvente alcohol etílico al 70 %. Este valor obtenido es mayor que el reportado en la literatura que es de 6 %.

Además, se obtuvo que los valores de porcentaje de rendimiento total de oleorresina obtenidos utilizando alcohol etílico al 95 % son menores que los obtenidos utilizando alcohol etílico al 70 %. El valor medio de porcentaje de rendimiento total de oleorresina utilizando alcohol etílico al 95 % fue de 4,122. El valor medio de porcentaje de rendimiento total de oleorresina utilizando alcohol etílico al 70% fue de 7, 0204 %, valor mayor al reportado en la literatura que es de 6 %.

Los valores promedio obtenidos del principio activo, piperina, en la oleorresina de pimienta negra son de 54,29 % utilizando alcohol etílico al 95 % y 58,65 % utilizando alcohol etílico al 70 %, valores cercanos al reportado en la literatura que está en el rango de 53-57 %.

Se concluyó que no existe diferencia significativa en los valores obtenidos de porcentaje de piperina en la oleorresina en función del tamaño de lote, tiempo de maceración y solvente utilizado.

En 2002 César García, Blanca Chávez, Ingrid Benítez y Otto Cerezo ejecutaron el proyecto DIGI: “Alternativa de desarrollo tecnológico para la recuperación de las fracciones extractables y caracterización de los componentes claves curcumina y cariofileno contenidos en el rizoma de la cúrcuma (*Cúrcuma longa*) para su agroindustrialización en Guatemala”

Concluyeron que el rendimiento general promedio extraído de aceite esencial de rizoma de cúrcuma fresca (*Curcuma longa L.*) a nivel de laboratorio fue de 0,39 %, mientras que a nivel de planta piloto fue de 0,29 %, lo que refleja una eficiencia de extracción de 0,74 % para propósito de un escalamiento preliminar. Además, el rendimiento general promedio de oleorresina extraída de rizoma de cúrcuma fresca a nivel de planta piloto con tiempos de extracción de 48 horas para la primera maceración estática fue de 11,63 % y para la segunda maceración fue de 10,10 %.

Se concluyó que no es recomendable la utilización del cariofileno como método de trazabilidad para monitorear la extracción de aceite esencial a nivel de planta piloto, debido a que no se detectó este metabolito secundario por el análisis de cromatografía de gases (GC).

También se establece que es recomendable la utilización de curcuminoides como método de trazabilidad para monitorear la extracción de oleorresina a nivel de planta piloto debido a que se detectó las variaciones en la concentración de estos metabolitos secundarios, tanto por métodos espectrofotométricos, como para detectar la presencia de la mezcla por cromatografía de capa fina (TLC).

Encontraron que las propiedades fisicoquímicas del aceite esencial extraído a nivel de planta piloto, coinciden en sus magnitudes a las referidas en la bibliografía consultada

Las propiedades fisicoquímicas de la oleorresina extraída a nivel de planta piloto constituyen una referencia preliminar en sus magnitudes en vista de que la bibliografía consultada refiere sólo para aceite esencial.

En 2009 Adrian Antonio Soberanis Ibáñez elaboro la tesis “Evaluación de propiedades fisicoquímicas de la Oleorresina de cardamomo (*Elletteria cardamomum*, L. Matton) obtenida a nivel laboratorio utilizando dos métodos de lixiviación a tres diferentes temperaturas”. Concluyó que el método con mayor rendimiento de oleorresina de cardamomo es la maceración dinámica a 25 grados Celsius, existe diferencia significativa en el rendimiento porcentual de la oleorresina de cardamomo obtenida en cada uno de los métodos de extracción en función de la temperatura. Los metabolitos secundarios que se encuentran tanto en las oleorresinas extraídas como en la metodología de referencia, son el acetato de  $\alpha$ -terpinilo, limoneno, linalool y nerolidol, el metabolito secundario que se encuentra en mayor presencia en la oleorresina de cardamomo es el acetato de  $\alpha$ -terpinilo.

En 2009 Telma Cano, Marino Barrientos, José Saravia, Ericka Cano, Mario Mérida ejecutaron el proyecto 111-2006 FODECYT denominado “Determinación de la calidad del aceite esencial y oleorresina obtenido de 3 especies vegetales nativas a nivel planta piloto”. El objetivo principal del proyecto fue la obtención y caracterización de aceite esencial y oleorresina de orégano (*Lippia graveolens* HBK) y dos especies de laurel (*Litsea guatemalensis* Mez., *Litsea glaucescens* HBK), plantas medicinales y aromáticas cultivadas en Guatemala para obtener productos utilizables en diversas industrias.

Se determinó que el rendimiento del aceite esencial de las dos especies de laurel (*Litsea guatemalensis* Mez., *Litsea glaucescens* HBK) son similares 0,85 %, 0,87 % a nivel laboratorio; el rendimiento del aceite esencial de orégano (*Lippia graveolens* HBK) es de 3,99 % a nivel laboratorio, hace que el orégano (*Lippia graveolens* HBK) sea una especie vegetal promisorio para industrialización de su aceite esencial.

De los componentes mayoritarios del aceite esencial de laurel (*Litsea guatemalensis* Mez.), únicamente está presente en la oleorresina el nerolidol en un 21,12 % en materia prima no exhausta y en un 7,22 % en materia prima exhausta. De los compuestos mayoritarios del aceite esencial de laurel (*Litsea glaucescens* HBK), solo el nerolidol está presente en la oleorresina obtenida, en un 6,05% en oleorresina de materia prima no exhausta y en un 38,42 % en materia prima exhausta. De los componentes mayoritarios del aceite esencial de orégano (*Lippia graveolens* HBK), únicamente el timol está presente en la oleorresina de materia prima no exhausta, en un 8,37 %.

Históricamente el chile ha sido reportado como un elemento importante en la producción agrícola ya que se conoce por medio de los relatos de los historiadores como Fuentes y Guzman, Tomas Gage y Fray Francisco Ximenez de la importancia de su cultivo y de cómo ejercía influencia en el desarrollo de determinadas regiones. (Tactic en las Verapaces y Petapa en el área central).

En otro sentido se reporta al chile como un factor determinante en la subsistencia de algunos sectores de la población guatemalteca, como se relata en las Relaciones Geográficas del siglo XVI del Reino de Guatemala, cuando describe las condiciones de pobreza en que se encontraban los pobladores de Santa María Cahabon y San Agustín en Alta Verapaz (hoy San Agustín Lanquin) descrito además, como el único artículo de consumo que acompañaba a las tortillas de maíz.

En la actualidad se puede mencionar algunas referencias que permiten inferir lo ligado que se encuentra en los pueblos este fruto, por medio de la interpretación de algunas actividades cotidianas y ceremoniales en algunas comunidades.

Sin embargo, la producción de estos chiles no ha sido considerada como un elemento importante en la economía del país por las entidades de gobierno, tanto de economía como de agricultura, ya que la información estadística de la producción de los mismos no es reportada en los censos agropecuarios del país y solo aparece en algunos casos reportados los chiles pimientos, lo que no permite diferenciar entre las diferentes producciones que tienen distintos fines y sistemas de producción, información consignada en el Censo Agropecuario de 1979.

En el presente trabajo se realizó la extracción y caracterización de oleorresina de chile cobanero (*Capsicum annuum var cerasiforme.*) proveniente de tres diferentes regiones de Guatemala, evaluando el rendimiento de la misma en función de los métodos de extracción utilizados, para realizar la obtención de dicha oleorresina se llevó a cabo el método de maceración dinámica, maceración estática a temperatura ambiente, maceración dinámica con reflujo y maceración estática con reflujo.

El estudio de la extracción de oleorresina de chile cobanero es importante, debido a que al realizar estudios de industrialización de especies vegetales de la flora nativa de Guatemala, se está propiciando que estos productos tengan un valor agregado, lo que conlleva la participación de comunidades, cooperativas, organizaciones no gubernamentales, organizaciones gubernamentales con el consiguiente beneficio socioeconómico.

Las oleorresinas de especies vegetales permiten el manejo simultáneo de componentes pigmentantes y aromatizantes, la industria alimenticia demanda permanentemente el desarrollo de nuevos ingredientes y el mejoramiento de los procesos con los que se obtienen los ya existentes.

Las tendencias actuales de la industria agroalimentaria incluyen la sustitución de los aditivos sintéticos por productos naturales, esto ha provocado que los saborizantes naturales reemplacen a los artificiales existiendo amplias perspectivas para los cultivos de especies regionales.

Los chiles (*capsicum sp*) son fuente de moléculas de gran interés, tal es el caso de los capsaicinoides, componente activo de la pungencia del chile al aumentar el consumo con los diferentes usos a nivel regional, se hace manifiesto el gran potencial de este cultivo. Por esta razón la importancia del estudio es aprovechar las especies cultivadas que predominan en las regiones ya mencionadas, para dar valor agregado al mismo mediante la aplicación de extracciones selectivas y eficientes para la obtención de oleorresinas.

- Determinación del problema

En el presente trabajo de investigación se llevó a cabo la extracción de oleorresina de chile cobanero (*Capsicum annuum var cerasiforme*) de tres diferentes regiones variedad originaria de las Verapaces, diseminada actualmente en el sur y centro de Petén, así como, al noreste del departamento de Izabal.

- Definición

El típico chile cobanero, se caracteriza por ser globoso y de color rojo claro, tomando un color rojo oscuro después de haber sido tostado en el horno de secamiento previo a ser sometido a molendera para reducirlo a polvo, forma esta que tanto demanda tiene entre la población guatemalteca.

Por sus requerimientos de lumíneas puede desarrollarse fácilmente a nivel de huerto familiar, aunque es muy frecuente observarlo cultivado en monocultivo, dado la gran demanda que tiene.

Con este estudio se espera contribuir al fortalecimiento de la investigación en la caracterización y aplicación de extractos viscosos (oleorresinas) obtenidos de plantas cultivadas en Guatemala, en productos de la industria alimenticia; así mismo con investigaciones como esta se espera ofrecer a las comunidades rurales una alternativa de industrialización de sus productos agrícolas sin procesar, con el fin de incrementar el valor agregado a los mismos.

## **2. MARCO TEÓRICO**

Se debe conocer la historia del chile y cada uno de los procesos con los que se trata la materia prima, hasta obtener el producto final.

### **2.1. El chile**

El chile, a diferencia de otras plantas comestibles provenientes de América, que tardaron décadas en ser aceptadas por los europeos, conoció una rápida difusión mundial luego de su llegada a España. Las plantas de *capsicum* americanas se conocieron en la Península Ibérica al retorno del primer viaje de Colón, en 1493.

#### **2.1.1. Historia**

La historia del chile está ligada a la historia de América. Las expectativas de Colón y sus patrocinadores se vieron en alguna medida frustradas ya que el nuevo continente no resultó rico en especias; si no en vainilla y el chile al que el propio Almirante que iba en busca de la pimienta bautizó con el nombre de pimienta. La tierra que luego se llamaría América no producía aquellas sustancias que a los europeos se les habían vuelto indispensables.



La nueva especia se aclimató con rapidez y pronto se difundió por toda Europa y el Oriente. Durante los siguientes doscientos años el pimiento, pepper, pipeti, paprika, peperone o piment revolucionaría profundamente la gastronomía de los pueblos mediterráneos. Las cocinas del sur de Italia y Francia, Grecia, Yugoslavia, Marruecos, Túnez, Argelia y otras regiones han incorporado de manera definitiva a muchas de sus preparaciones culinarias el uso del chile si bien fundamentalmente en su variante dulce o pimentón.

El *Capsicum* americano transformó las cocinas de China, la India e Indonesia. Aunque no existen datos específicos de la introducción del chile en China sino hasta el siglo pasado, cuando se incorpora definitivamente a las cocinas de Hunán y Szechuán, se cree que al igual que otros productos del Nuevo Mundo, como el maíz, el camote y el cacahuate, el chile llegó a esas regiones siguiendo la ruta de las Filipinas.

El chile regresó al continente americano, del que nunca se había alejado en el siglo XVII, cuando los primeros colonizadores ingleses arribaron a las costas de la Nueva Inglaterra con grandes baúles conteniendo plantas y frutos, entre los que venían algunos chiles. Con el tiempo la especia viajera dulcificada, se adaptó también a las tierras americanas del norte y ha llegado a formar parte de la cultura culinaria de algunas regiones estadounidenses, donde se llama chili a una preparación generalmente poco picante, como el "chili con carne" o el "Cincinatti chili", inventado como lo recuerda Fernando del Paso por un refugiado búlgaro nativo de Macedonia.

Sin embargo, el uso de chiles picantes perdura en los platillos de la cocina criolla, implantada por los inmigrantes franceses en Louisiana, en los siglos XVII y XVIII y que continúa siendo muy popular o en algunas especialidades culinarias de Texas, California y Nuevo México, sitios donde, además, la cocina de origen mexicano, devota del chile, conoce una rápida expansión.

Las cocinas europeas, sobre todo las del norte, no han terminado de aceptar la presencia del *Capsicum* entre los ingredientes de su preferencia y continúan considerándolo con recelo. Pero fuera de ellas, el chile enriquece las cocinas de una parte muy considerable del mundo. En ambas Américas, del norte y del sur, en el Caribe, en Asia, en África, los distintos pueblos y culturas consumen diferentes especies de chiles con una asiduidad y un gusto que nada tienen que envidiarle a los mexicanos.

No existe un consenso sobre las variedades cultivadas actualmente en Guatemala, excepto sobre los que se cultivan comercialmente, pero se creó que la mayor parte del *Capsicum annuum*, con excepción del chile habanero (*Capsicum chinense*) o cinense incorrectamente, ya que no se originó en China sino probablemente en Sudamérica) y el chile manzano o perón (*Capsicum pubescens*, que se creó fue introducido en México de Sudamérica a principios de siglo) es originario de Mesoamérica.

### **2.1.2. Generalidades**

El chile es el fruto de la planta del mismo nombre. Pertenece a la clase embriofita Siphonagema, su género *Capsicum*. Es necesario destacar que existen otras especies del género cuyo fruto o producto también es denominado ají.

Estas especies de interés más puntual son *Capsicum chinense*, cuyo cultivar "Habanero" produce el ají más picante que se conoce, *Capsicum frutescens*, cuyo cultivar "Tabasco" es muy usado para la elaboración de salsa picante y pickles, *Capsicum baccatum*, cuyo producto es conocido como ají andino y es ampliamente cultivado en las zonas altiplánicas, y *Capsicum pubescens*, cuyo cultivar "Rocoto" (Manzano y Siete Caldos son sinónimos) es muy apreciado por su sabor y picantes en diversas regiones de América, principalmente *Capsicum annum*, han sido llevadas a distintas regiones del mundo y rápidamente han pasado a ser la principal "especia" o condimento de comidas típicas de muchos países.

### **2.1.3. Clasificación científica**

Los chiles son especies y variedades del género *Capsicum*, de la familia *Solanaceae* donde el chile rojo común es *Capsicum annum*; la variedad roja de fruto alargado y curvo es *Capsicum annum longum*; el chile morrón rojo o verde corresponde a la variedad *Capsicum annum grossum* y el chile a partir del cual se elabora la salsa de Tabasco es *Capsicum frutescens*.

### **2.1.4. Usos**

Los usos de los frutos naturales o procesados de *Capsicum annum* son múltiples. Aparte del consumo en fresco, cocido o como un condimento o "especia" en comidas típicas de diversos países, existe una gran gama de productos industriales que se usan en la alimentación humana: congelados, deshidratados, encurtidos, enlatados, pastas y salsas. Además, un uso de significación en Chile, es como materia prima para la obtención de colorantes y de oleorresinas para fines industriales.

En la medicina: entran en la composición de algunos medicamentos utilizados para combatir la atonía gastro-intestinal y algunos casos de diarrea. Como especies: es utilizado en la elaboración de gran número de comidas, entre algunas, entra en la composición del curry Indio asociado al coriandro, usado también en la confección de los pickles y de los picalili, para confeccionar queso de pimiento.

### **2.1.5. Características nutricionales**

Destaca su alto contenido de ácido ascórbico, valor que incluso es superior al de los cítricos. En la placenta y septas de los ajíes principalmente, se ubican unas glándulas o receptáculos ricos en alcaloides (capsacinoides), entre los que prevalece la capsaicina, que determinan el grado de pungencia del fruto.

Posee gran variedad de elementos nutritivos como por ejemplo: agua, carbohidratos, proteínas, grasas, fibra, vitamina A, B1 (tiamina), B2 (riboflavina), B6, B12, vitamina C, azufre, calcio, cloro, cobre, fósforo, hierro, magnesio, manganeso, niacina, potasio, sodio y yodo.

#### **2.1.5.1. Carbohidratos**

En el Chile la mayor parte de los azúcares sencillos están representados por la glucosa (90-98 %), el resto es sacarosa. La pectina también es un carbohidrato importante y está presente en un 3 a 7 %.

### **2.1.5.2. Fibra**

El chile cuenta con estructuras de fibra natural, en todo su composición aunque es un pequeño porcentaje. El contenido en fibra del chile es da aproximadamente 20-24 % de la materia seca.

### **2.1.5.3. Otros componentes**

Se encuentran aceites volátiles, lípidos, aminoácidos, proteínas (de alto valor biológico), ácidos orgánicos y sustancias minerales, agua alrededor de 70 %.<sup>1</sup>

### **2.1.6. Taxonomía y morfología de la planta**

Nombre: Chile Cobanero

Orden: Solanales

Familia: Solanaceae

Nombre científico: *Capsicum annuum var ceraciforme*

Categoría: Hortaliza

Nombre común: Chile cobanero, Tolito

Es una planta herbácea perenne, con ciclo de cultivo anual de porte variable entre los 0,5 metros (en determinadas variedades de cultivo al aire libre) y más de 2 metros (gran parte de los híbridos cultivados en invernadero).

---

<sup>1</sup> USMP. Facultad De Ciencias Administrativas, Investigación Empresarial aplicada, Perú 20 de junio 2010.

## **2.1.7. Fisiología de la planta**

En el ciclo del cultivo se diferencian cinco principales fases, estas fases están marcadas en la vida y crecimiento de la planta. Son la germinación, crecimiento vegetativo, floración, fructificación y maduración.

### **2.1.7.1. Germinación**

Es un proceso complejo en el que se distinguen tres fases, la fase de hidratación, la de germinación estricta y la de crecimiento. Los cultivares de *C. annuum* no presentan latencia seminal, si las semillas están inmaduras se retrasa la germinación, sobre la germinación inciden diversos factores, destacando la necesidad de humedad y aireación, así como, un rango térmico de 20-30 grados celsius. A temperaturas próximas a 30 grados Celsius la germinación es más rápida que con temperaturas más bajas. A 35 grados Celsius no se produce germinación.

### **2.1.7.2. Crecimiento vegetativo**

El crecimiento vegetativo o natural es importante para que la planta adquiera nutrientes necesarios para su buen desarrollo futuro. El crecimiento dura durante todo el cultivo, el crecimiento es simpodial (de cada nudo salen 2 o 3 tallos).

### **2.1.7.3. Floración**

Para que se produzca la floración, se materializa con la presencia mínima de 12-14 hojas, es una planta re floreciente y flores solitarias. En esta etapa se debe cuidar a la planta de los insectos y hongos.

#### 2.1.7.4. Fructificación

No todas las flores se desarrollan a frutos. Los frutos de los *Capsicum* varían en forma y tamaño y por lo general estos caracteres están determinados por la especie y el cultivar, aunque existen algunas condiciones ambientales que pueden modificar este patrón de comportamiento, siendo las más importantes la temperatura, humedad, luz, nutrientes presentes en el suelo, concluyendo su formación después de 60 a 75 días de la antesis. Aunque existen autores que mencionan entre 75 y 140 días para encontrar fruto maduro en la planta, esto generalmente, se presenta en aquellos cultivares mejorados particularmente en los tipos pimientos.

Teniendo rangos más amplios en aquellos cultivares tradicionales que no han sufrido manejo de sus poblaciones, es decir, no han sido objeto de selección u otro tipo de actividad de mejoramiento genético. Los cultivares tradicionales de Guatemala varían entre 65 días hasta 90 días para iniciar su fructificación. Por ejemplo, el cultivar Cobanero presenta un rango entre 80 y 90 días para el inicio de la fructificación, presentando además un período superior a los 40 días desde el inicio de la floración, para llegar a formar el fruto. Otros cultivares como chile de huerta y chile guaque, presentan en su orden períodos de fructificación de 70 y 90 días respectivamente.

Comúnmente los chiles se identifican por su sabor picante en su mayoría aunque algunos carezcan de esta característica, sin embargo aparece en menor o mayor grado dependiendo del cultivar y otros factores. Pungencia es el nombre con el que se refiere técnicamente a la sensación de picante que producen y su intensidad o nivel de pungencia puede ser medido por varias formas por métodos analíticos y por medios organolépticos, la más común de es el método organoléptico de unidades Scoville.

#### **2.1.7.5. Maduración**

“La madurez fisiológica se alcanza cuando está verde y vira a rojo o amarillo. Durante la maduración del fruto se producen cambios cuantitativos en su composición asociados a cambios cualitativos de color, sabor, textura y olor. Un factor decisivo en la maduración es la temperatura, siendo por lo común temperaturas necesarias entre 15-35 grados Celsius para una adecuada maduración”.<sup>2</sup>

#### **2.1.8. Capsaicina**

La capsaicina es el componente responsable del comportamiento picante, en mayor o menor grado, de los frutos de la familia *Capsicum*, localizándose, fundamentalmente, en sus semillas y membranas. Es un compuesto orgánico de nitrógeno de naturaleza lipídica, encontrándose se trata de un protoalcaloide. El nombre fue aplicado, en 1876, a un compuesto incoloro aislado de la oleoresina del *Capsicum*. En los años 60 el compuesto natural fue adecuadamente caracterizado. La capsaicina es el principio picante de la especie, cuya fórmula empírica es  $C_{18}H_{27}O_3N$ , siendo un producto de condensación del ácido decilénico y de la 3-hidroxi-4metoxi benzilamida.

En la actualidad, se sabe que la capsaicina no es un compuesto simple, sino que se trata de una mezcla de varias amidas, que son comúnmente conocidas con el nombre de capsacinoides (figura 1), siendo la capsaicina el más importante entre ellas.

---

<sup>2</sup> Repositorio.com. <http://repositorio.bib.upct.es/dspace/bitstream/10317/255/1/pfc2156.pdf>. Consultado el 17 de octubre 2010



El contenido en capsaicina es mayor en la placenta y en el septo, en donde representa un 2,5 % de la materia seca, mientras que el contenido medio del fruto es del 0,6 %, el de las semillas del 0,7 % y el del pericarpio del 0,03 %.

El contenido en capsaicina depende de la variedad y de los cambios de los factores ambientales básicos. La formación de capsaicina es mayor a temperaturas elevadas (en torno a los 30 grados Celsius) que a temperaturas suaves (21-24 grados Celsius). La capsaicina purificada, diluida cien mil veces, sigue siendo tan activa que aún es capaz de producir ampollas en la lengua.

La capsaicina es la responsable de la sensación de ardor, e incluso dolor, en la mucosa oral. Estimula las secreciones gástricas y si se usa en demasía ocasiona inflamación. Se sabe que esta molécula es capaz de actuar sobre fibras no mielinizadas delgadas, activando a ciertas poblaciones de neuronas sensoriales, también posee cualidades descongestivas y a concentraciones adecuadas, favorece en el cerebro la producción de endorfinas, que son moléculas que promueven la sensación de bienestar.

Debido a sus acciones específicas la capsaicina es utilizada en los laboratorios de investigación neuronal ya que, dependiendo de su dosis puede provocar efectos analgésicos, antiinflamatorios o, por el contrario, favorecer la muerte neuronal. Asimismo, ha permitido definir las funciones de las neuronas sensoriales peptidérgicas.

También el estudio de las acciones selectivas neuronales de la capsaicina está ayudando al progreso del conocimiento de ciertas funciones neuronales. Aunque ello parezca extraño, la capsaicina por sí misma es una molécula sin sabor ni olor. Sus acciones se ejecutan a través de su reconocimiento por parte de una proteína receptora, que no es específica para ella, sino que efectúa otras funciones de reconocimiento.

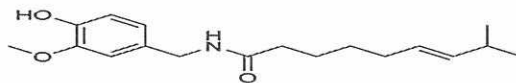
“Al estimularse el receptor de la capsaicina se facilita la entrada de iones calcio a las células, a través de canales específicos (fenómeno de despolarización de las membranas celulares). Ello significa una especie de mensaje, que es transportado hasta el cerebro donde es traducido en forma de sensación de quemazón o ardor”.<sup>3</sup>

Figura 1. **Fórmula estructural de los capsacinoideos R.NHCH2**



Fuente: <http://www.etsimo.uniovi.es>. Consultado el 20 de septiembre de 2011.

Figura 2. **Molécula de Capsaicina (8-metil-N-vanillil-6-nonenamida)**



Fuente: <http://www.etsimo.uniovi.es>. Consulta: 20 de septiembre de 2011.

<sup>3</sup> El repositorio.com. <http://repositorio.bib.upct.es/dspace/bitstream/10317/255/1/pfc2156.pdf>. Consulta: el 17 de octubre 2010

### **2.1.9. Escala Scoville**

La escala Scoville es una medida de pungencia en los como chiles, morrones o pimientos. Estas frutas del genero *Capsicum* contienen capsaicina, la cual estimula el receptor térmico en la piel, especialmente las membranas mucosas. El número de unidades Scoville (SHU, del inglés *Scoville Heat Units*) indica la cantidad presente de capsaicina. Muchas salsas picantes usan la escala Scoville para publicitarse en los centros comerciales.

Esta escala fue nombrada por Wilbur Scoville, quien desarrolló *El Examen Organoléptico Scoville* en 1912. Este consiste en una solución con extracto del chile, que es diluida en agua azucarada hasta que el picante ya no puede ser detectado por un comité de normalmente cinco examinadores; el grado de disolución del extracto da su medida en la escala. Así un chile dulce que no contiene capsaicina, tiene cero en la escala de Scoville.

Entre los chiles más picantes como el habanero, se encuentra un grado de 300, 000 o más. Esto indica que el extracto fue diluido 300, 000 veces antes que la capsaicina fuese indetectable. La debilidad de este método recae en su imprecisión, pues la prueba está sujeta a la subjetividad.

### **2.2. Chile cobanero**

Este es un grupo de chiles que es cultivado originalmente en la región cálida de Alta Verapaz, específicamente en los municipios de Lanquín, Cahabón y Senahú, algunas comunidades quechies de Izabal y en el sur del Petén, sin embargo, en la actualidad existe gran expansión del cultivo habiéndose incorporado en áreas de la Franja Transversal del Norte debido a que la demanda y el precio en el mercado nacional van en aumento.

Con relación a su producción pueden diferenciarse dos sistemas de cultivo dependiendo la zona de que se trate.

En el área de Lanquín y Cahabón su producción se realiza de forma tradicional intercalando la siembra de chile a la cosecha del maíz, en los meses de noviembre a diciembre, durando en el campo alrededor de 5 a 6 meses aunque su producción se puede prolongar hasta el octavo mes, los rendimientos son bastante variables ya que estos se producen en la época en que las lluvias van descendiendo y los materiales sembrados son altamente variables, pues en ellos es posible encontrar materiales de diferentes formas como redondos, cónicos y alargados.

El consumo local de este chile es característico de la zona y es el ingrediente específico de la comida tradicional cobanera que se llama Kac-ik (rojo de chile), así como, otros platillos típicos del lugar, en el área de Lanquin existen los conocidos en la región de Alta Verapaz como tamalitos lanquineros o *tzupinbil* cuyo ingrediente específico o particular es el chile.

En su preparación el chile no sólo adquiere característica de saborizante, sino además, de conservador de la carne, ya que la carne es preparada con anterioridad en un recipiente en una amalgama de chile, dicha amalgama puede durar varios meses y ser utilizada en diferentes oportunidades para elaborar tamales. En el área de Cahabon y Lanquin este chile se utiliza para elaborar una especie de pasta de chile la cual se comercializa envuelta en tuza (*brácteas* que cubren la mazorca de maíz) al que llaman *Mucul* (palabra utilizada en queqkchi para referirse a la tuza).

La comercialización de grandes volúmenes de este producto se efectúa a granel de chile seco, el cual lleva un proceso después de la cosecha de secado y/o ahumado, volúmenes importantes.

Una forma de comercialización menos generalizada, con la cual se ha ingresado a los mercados capitalinos, es la que se presenta en la fotografía, que muestra como una empresa multinacional de especias, promueve este producto con el nombre Chile Cobán.

“Los procesos efectuados previo a su comercialización por los campesinos no son muy variados, pues generalmente este sólo incluye el secado y almacenado, pero en la mayoría de ocasiones este secado incluye un ahumado. Existe evidencia de que es comercializado en México y ya sea que pase por la frontera cercana al norte del departamento o vía la ciudad capital donde se comercializan”.<sup>4</sup>

Figura 3. **Secado de chile cobanero**



Fuente: Ayala Vargas, Helmer Dagoberto. *Le Ik Los Chiles en Guatemala*. p 45.

---

<sup>4</sup> AYALA VARGAS, Helmer Dagoberto. *Le Ik Los Chiles en Guatemala*. p.65-68.

Figura 4. Chile cobanero molido



Fuente: Laboratorio LIEXVE, USAC.

### 2.3. Oleorresinas

Son extractos de naturaleza oleosa, obtenidos de especias o diferentes plantas que proporcionan a los productos color. Presentan múltiples ventajas de manejo, dosificación, estandarización almacenamientos y control microbiológico contra el producto en polvo. De acuerdo con la comunidad Económica Europea (CCE) son extractos de especias de los que se ha evaporado el disolvente de extracción, dejando una mezcla de aceite volátil y el material resinoso de la especia.

En general, las oleorresinas se aplican en el mundo como ingrediente para aportar sabor y aroma. Variando la solubilidad, se aumenta la posibilidad de diversificar las aplicaciones y se usan también en la industria cosmética, farmacéutica, alimentación animal y en aplicaciones agrícolas.

Las oleorresinas presentan ciertas ventajas con respecto a otras presentaciones de aditivos que hay en el mercado tales como:

- Economía: puede darse una tasa de reemplazo de hasta 100 kilogramos del producto en polvo, por uno o dos kilogramos de oleorresina dependiendo de la concentración de esta última.
- Uniformidad: los ingredientes activos color, sabor y propiedades físicas son estandarizadas.
- Natural: es un producto totalmente natural libre de residuos de solvente y pesticida.
- Pureza: son productos libres de impureza y materia extraña.
- Esterilidad: no presentan contaminación microbiana.

Cumplimiento de las especificaciones: de la FDA y están clasificadas como GRAS (Generally Recognise as Safe), lo que permite su libre adición dentro de las formulaciones.

- Mayor vida de anaquel: la alta concentración de oleorresinas y el estar prácticamente libres de agua, asegura esta condición debido a la baja degradación por oxidación o pérdida de sabor y se elimina el deterioro debido a plagas y microbios.
- Posibilidad de dilución: el extracto concentrado puede ser diluido para obtener diferentes concentraciones con el fin de adecuar el producto a las necesidades de cada producto.

### **2.3.1. Extracción y composición de oleorresina**

Las oleorresinas son líquidos naturales extraídos de especias o extractos herbales que contienen compuestos volátiles y no volátiles los cuales caracterizan el sabor, color y aroma de materias primas naturales. Las oleorresinas son muy viscosas y coloreadas y se usan en concentraciones muy bajas, normalmente de 5 a 10% con respecto a la especie de donde se extraen.

Se componen principalmente de aceite esencial, resinas orgánicas solubles y otros materiales relacionados con la especie original como ácidos grasos no volátiles. La cantidad de aceite graso presente depende de la materia prima, así como del tipo de solvente utilizado. Las semillas de especies producen más aceites grasos que las demás partes de la planta. Los compuestos no volátiles, como los que contribuyen al olor fuerte y picante de la pimienta negra, son iguales de importantes que los aceites esenciales volátiles, si lo que se desea es un sabor completo a pimienta negra.

Los compuestos deben estar en la misma proporción en la que están en la especie original. Las resinas y los aceites grasos actúan como conectores naturales de los compuestos más volátiles del aceite esencial. Las oleorresinas están formadas por los siguientes compuestos:

- Esteres: principalmente de ácido benzoico, acético, salicílico y cinámico.
- Alcoholes: linalol, geraniol, citronelol, terpinol mentol, borneol.
- Aldehídos: citral, citronela, bezaldehído, cinamaldehído, aldehído cumínico, vainilla.
- Ácidos: benzoico, cinámico, mirístico, isovalérico todos en estado libre.
- Fenoles: eugenol, timol, carvacrol.
- Cetonas: carvona, mentona, pulegona, irona, fenchona, tujona, alcanfor, metilnonil cetona, metil heptenona.
- Éteres: cíñelo, éter interno (eucaliptol), acetol, safrol.
- Lactosas: cumarina.
- Terpenos: canfeno, pineno, limoneno, felandreno, cedreno.
- Hidrocarburos: cimeno, estireno (feniletileno).



## **2.4. Procesos de extracción sólido-líquido**

Entre los que se encuentran en la ingeniería química están la extracción, la extracción de sólido-líquido, la percolación, la infusión, el lavado y la decantación por sedimentación.

### **2.4.1. Proceso de lixiviación**

Es un proceso por el cual se extrae uno o varios solutos de un sólido, mediante la utilización de un disolvente líquido. Ambas fases entran en contacto íntimo y el soluto o los solutos pueden difundirse desde el sólido a la fase líquida, lo que produce una separación de los componentes originales del sólido.

#### **2.4.1.1. Definición**

La lixiviación es la eliminación de una fracción soluble, en forma de solución, a partir de una fase sólida permeable e insoluble a la cual está asociada. La separación implica normalmente la disolución selectiva con difusión o sin ella, pero en el caso extremo del lavado simple, consiste sólo en el desplazamiento (con alguna mezcla) de un líquido intersticial por otro, con el que es miscible. El constituyente soluble puede ser sólido o líquido y estar incorporado, combinado químicamente o adsorbido, o bien, mantenido mecánicamente, en la estructura porosa del material insoluble.

El sólido insoluble puede ser másico y poroso; con mayor frecuencia es de partículas y estas últimas pueden ser poros abiertos, de celdas, con paredes celulares selectivamente permeables o con superficies activadas.

La corriente de sólidos lixiviados y el líquido que la acompaña se denominan lodos; en hidrometalurgia también se conoce como pulpa.

El contenido en sólidos de las corrientes es denominado, en algunas ocasiones, como marc (en particular en los procesos de separación de aceites).

La corriente de líquido contenido en la solución lixiviada es el clarificado. Como abandonada el proceso de lixiviación, tiene otros nombre opcionales: extracto, solución, lixiviado o miscelado.

El mecanismo de la lixiviación puede incluir una solución física simple o la disolución facilitada por una reacción química. La velocidad de transporte de disolvente en la masa que se va a lixiviar o de la fracción soluble en el disolvente o de la solución de extracto del material insoluble, o alguna combinación de esas velocidades, pueden ser importantes. Es posible que exista una resistencia externa, como la posible existencia de una resistencia externa o como el que una reacción química puede afectar a la velocidad de la lixiviación.

#### **2.4.2. Velocidad de lixiviación**

En la lixiviación de materiales solubles del interior de una partícula por acción de un disolvente, el proceso general consiste en los siguientes pasos: el disolvente se transfiere del volumen de solución a la superficie del sólido. Después, dicho disolvente penetra o se difunde en el sólido.

El soluto se disuelve en el disolvente. Entonces, el soluto se difunde a través de la mezcla de sólido y disolvente hasta la superficie de la partícula. Finalmente, el soluto se transfiere a la solución general. Los numerosos fenómenos que se presentan en este proceso hacen poco práctico y casi imposible aplicar una teoría definida a la acción de lixiviación.

En general, la velocidad de transferencia del disolvente de la solución general hasta la superficie del sólido es bastante rápida, y la velocidad hacia el interior del sólido puede ser rápida o lenta. Sin embargo, en la mayoría de los casos estas no son las etapas que limitan la velocidad del proceso total en contacto con el disolvente; aun así, la disolución del soluto en el disolvente en el interior del sólido puede ser un simple proceso físico de disolución o una verdadera reacción química que libera al soluto para la disolución. El conocimiento del proceso de disolución es bastante limitado y el mecanismo puede ser diferente en cada caso (K1).

La velocidad de difusión del soluto a través del sólido y la del disolvente hasta la superficie del sólido suelen ser la resistencia que controla el proceso global de lixiviación y dependen de diversos factores.

Si el sólido está constituido por una estructura inerte porosa, con el soluto y el disolvente localizados en los poros del sólido, la difusión a través del sólido poroso se puede describir como una difusividad efectiva. Se requieren entonces, la fracción de espacios huecos y la sinuosidad, según se estudió en la sección 6.5C para la difusión en sólidos porosos.

En sustancias biológicas o naturales hay complejidades adicionales debido a la presencia de células. En la lixiviación de rebanadas delgadas de remolacha de azúcar el proceso mecánico previo rompe, más o menos, una quinta parte de las células. Entonces la lixiviación del azúcar es similar a un proceso de lavado (Y1). En las células restantes, el azúcar se difunde al exterior a través de las paredes celulares. El resultado neto de ambos procesos de transferencia no sigue una ley de difusión simple con difusividad efectiva constante.

En el caso de la soya, los granos enteros no se pueden lixiviar con eficacia. La trituración con rodillos para obtener escamas pequeñas de los granos rompe las paredes celulares, por lo que el disolvente penetra con mayor facilidad por acción capilar. La velocidad de difusión del soluto de aceite de soya desde las escamas de soya, impide una interpretación simple. Cierta método (O2) para diseñar extractores a gran escala se basa en experimentos de laboratorio con escamas.

La resistencia a la transferencia de masa del soluto desde la superficie sólida hasta el disolvente general, suele ser bastante pequeña en comparación con la resistencia a la difusión dentro del propol externo no produce efectos apreciables sobre la velocidad de extracción (O3, Y1).<sup>5</sup>

### **2.4.3. Preparación de los sólidos para la lixiviación**

El método de preparación del sólido depende en alto grado de la proporción del constituyente soluble presente, de su distribución en el material sólido original, de la naturaleza del sólido, que puede estar constituido por células vegetales o el material soluble estar totalmente rodeado por una matriz de materia insoluble y del tamaño de partícula original.

#### **2.4.3.1. Materiales inorgánicos y orgánicos**

Si la materia soluble está rodeada de una matriz de materia insoluble, el disolvente se debe difundir hacia el interior para ponerse en contacto y disolver el material soluble, y después difundirse hacia afuera. Esto ocurre en muchos proceso hidrometalúrgicos, en los porque se lixivian sales metálicas de minerales metálicos.

---

<sup>5</sup> GEANKOPLIS, Christie. Procesos de transporte y operaciones unitarias. p.802

En estos casos se procede a una trituración y molienda previa de los materiales para aumentar la velocidad de lixiviación, pues de esta manera las porciones solubles quedan más accesibles a la acción del disolvente.

Si la sustancia soluble está en solución sólida o ampliamente distribuida en la totalidad del sólido, la acción de lixiviación del disolvente forma canales pequeños. Esto hace que el paso de disolvente adicional resulte más fácil, por lo cual se puede prescindir de la molienda a tamaños muy pequeños.

En cuanto a la molienda de las partículas es innecesaria cuando el material soluble está disuelto en una solución adherida al sólido.

Se puede emplear un simple lavado similar al de precipitados químicos. Los materiales biológicos tienen estructura celular y los constituyentes solubles suelen estar dentro de las células. En ocasiones, la velocidad de lixiviación es bastante baja, debido a que las paredes celulares constituyen una resistencia adicional a la difusión.

No obstante, es poco práctico moler los materiales biológicos a tamaño suficientemente pequeño para exponer el contenido de las células individuales. Las remolachas azúcar se cortan en rebanadas delgadas cuneiformes para que durante la lixiviación sea más pequeña la distancia necesaria para que el disolvente acuoso se difunda y llegue a las células individuales. Las células de las paredes celulares semipermeables, mientras los componentes albuminosos y coloidales indeseables no pueden pasar a través de ellas.

“Para lixiviar productos farmacéuticos de hojas, tallos y raíces, el secado del material antes de la extracción ayuda a romper las paredes celulares. De esta manera, el disolvente ataca directamente al soluto.

Las paredes celulares de las semillas de soya y de otros vegetales sufren bastantes rupturas cuando la materia se reduce a un tamaño de aproximadamente 0,1 a 0,5 milímetros, por medio de un proceso de laminación para formar pequeñas escamas. Las células son de tamaño más pequeño, pero sus paredes se rompen y el aceite vegetal queda más accesible a la acción del disolvente”.<sup>6</sup>

## **2.5. Variables de proceso extractivo**

Las variables que interfieren en el proceso de extracción, independiente de la escala de producción o del tipo de producto final, son: el estado de división de la materia prima, la agitación, la temperatura, el pH, la naturaleza del solvente y el tiempo de extracción.

### **2.5.1. Relación materia prima-solvente**

“Está determinada por el equilibrio sólido-líquido del sistema ternario capsanoides-chile-etanol. Debido a que se desconoce este equilibrio, no es posible determinar una relación óptima chile-solvente de materia teórica, y solo existe información empírica al respecto, como la reportada por varios investigadores o estándares como AOAC”.<sup>7</sup>

---

<sup>6</sup> SOBERANIS, Adrián. Evaluación de propiedades fisicoquímicas de la oleorresina de cardamomo (*elletteria cardamomum*, l.matton) obtenida a nivel laboratorio utilizando dos métodos de lixiviación a tres diferentes temperaturas. p.35 y 36.

<sup>7</sup> Universidad de la Américas.

[http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lpro/martinez\\_g\\_aa/capitulo6.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lpro/martinez_g_aa/capitulo6.pdf). Consulta el 16 de febrero de 2011.

### **2.5.2. Área de contacto sólido-líquido**

Para conseguir una extracción lo más rápida y completa posible de la sustancia sólida, se tiene que ofrecer al disolvente superficies de intercambio grandes y recorridos de difusión cortos. Esto se puede lograr triturando la sustancia sólida a extraer. Un tamaño de grano demasiado pequeño puede causar por el contrario, apelmazamiento que dificulta el paso del disolvente.

### **2.5.3. Agitación**

La eficiencia del proceso extractivo es función del equilibrio de saturación del solvente. La agitación hace que nuevas cantidades de solvente, pobre en las sustancias extraíbles, entren en contacto con el sólido y un nuevo punto de equilibrio de saturación sea alcanzado. El movimiento del líquido, con ayuda de bombas para la recirculación del solvente o agitadores mecánicos, desplaza el equilibrio en el sentido de la saturación del solvente, aumentando la eficiencia del proceso.

### **2.5.4. Temperatura**

La disolución de las sustancias extraíbles es facilitada por el aumento de la temperatura; de la misma manera que la agitación, la temperatura contribuye al desplazamiento de la constante de equilibrio de saturación y aumenta la eficiencia del proceso. Sin embargo, muchos principios activos son termolábiles y pueden ser destruidos, total o parcialmente, a temperaturas elevadas. El aumento de la temperatura también puede causar la pérdida de sustancias volátiles, como por ejemplo, los componentes de aceites esenciales.

### 2.5.5. pH

El pH influye en la solubilidad de diversos compuestos ya que permite la posibilidad de formación de sales. La obtención de alcaloides constituye un ejemplo clásico de la influencia del pH en el proceso de extracción. La extracción de alcaloides con solventes orgánicos de baja polaridad exige un pretratamiento con soluciones alcalinas, buscando con esto liberar los alcaloides de sus sales y así, volverlos solubles en el solvente orgánico. En el caso de extracción de alcaloides con soluciones acuosas es necesario un pH ácido, buscando con esto la conversión de los alcaloides en sus respectivas sales, solubles en agua.<sup>8</sup>

### 2.5.6. Naturaleza del solvente

Dependiendo de la finalidad deseada, el solvente utilizado extrae, selectivamente o no, cierta clase de compuestos. Entre los solventes generales, los más utilizados son los alcoholes alifáticos de hasta 3 carbonos o mezclas de estos con el agua. Estos solventes logran extraer la gran mayoría de las sustancias naturales de interés como los alcaloides, los flavonoides, los glicósidos cardiotónicos y los terpenos.

Debido a su poder extractivo, estos solventes son los indicados para los casos en que los constituyentes activos de las plantas no son bien conocidos, siendo necesario agotar completamente la materia prima.

El alcohol etílico y sus mezclas con agua es el solvente por excelencia para la obtención de extractos y tinturas.

---

<sup>8</sup> SOBERANIS, Adrián. Evaluación de propiedades fisicoquímicas de la oleoresina de cardamomo (*elletteria cardamomum*, l.matton) obtenida a nivel laboratorio utilizando dos métodos de lixiviación a tres diferentes temperaturas. p.43-45.



Cuando no existen estudios específicos, se recomienda utilizar la mezcla de alcohol: agua 7:3 u 8:2 para la extracción de las partes leñosas de la planta, raíces y semillas, mientras la proporción de 1:1 es recomendada para extraer las hojas o las partes aéreas verdes, ya que en esta concentración se evita la extracción de la clorofila y de las sustancias polimerizadas o resinoides que, generalmente, no presentan actividad terapéutica, pero complican las etapas siguientes de purificación, por el hecho de presentar precipitados viscosos.

### **2.5.7. Tiempo de extracción**

El tiempo de extracción se determina experimentalmente en función del solvente y del equipo seleccionado. Esta variable es resultante de todos los factores mencionados previamente. El tiempo de extracción debe ser suficiente para permitir la separación de los compuestos de interés, aunque se debe prestar cuidado para que no sea excesivo. Prolongar el tiempo de extracción más allá del estrictamente necesario, no influye en el proceso negativamente, pero sí influye en los costos del consumo de energía y de mano de obra no necesaria, lo que acarrea un encarecimiento del proceso industrial.

### **2.6. Procesos de extracción**

Los procesos de extracción varían en función de la escala de producción, de la naturaleza y calidad de la materia prima y de la naturaleza del solvente. Los procesos de extracción pueden ser divididos en dos grupos:

- Procesos que dan como resultado un equilibrio de la concentración entre el soluto y el residuo.
- Procesos que agotan completamente la materia prima.

Los procesos que dan como resultado un equilibrio de la concentración son la maceración y la maceración dinámica. Los procesos que agotan completamente la materia prima son: la percolación, la repercolación y la extracción en contra corriente. Los procesos de maceración y de percolación están descritos en la mayoría de las farmacopeas. La primera edición de la Farmacopea Brasileña describe cuatro procesos generales de preparación de extractos.

Todas las farmacopeas especifican el solvente, la relación entre la materia prima y el solvente, y la técnica a ser utilizada. Las descripciones precisas de la técnica eran la garantía de la calidad del extracto en una época en que pocos constituyentes activos de las materias primas eran conocidos y las técnicas analíticas eran menos sofisticadas. Modernamente, los extractos se caracterizan por el contenido de sus constituyentes activos, determinación del residuo seco y del contenido alcohólico, no detallándose el proceso de su obtención.

### **2.6.1. Maceración**

La maceración consiste en la transferencia selectiva de uno o varios componentes de un sólido hacia un líquido soluble. Este líquido, llamado solvente, debe tener una gran afinidad química con el componente que se desea extraer. Además, es deseable que su volatilidad sea moderada (punto de ebullición entre 0 y 200 grados Celsius) y su toxicidad baja.

En la maceración, la recuperación aumenta con la temperatura debido a que la solubilidad de los sólidos es directamente proporcional y particularmente sensible a esta variable. Sucede lo mismo con la presión, aunque el efecto no es tan significativo como la temperatura y por otro lado, operar a presiones altas resulta más costoso que trabajar a temperaturas elevadas.

Podría decirse que el beneficio de trabajar a presiones elevadas radica en el hecho de que muchos de los mejores solventes son tan volátiles que su uso en lixiviaciones a presión atmosférica se dificultaría.

Es evidente que la máxima temperatura operable en maceración es la de vaporización del solvente, pues un contacto gas-líquido resulta mucho menos eficiente que uno líquido-sólido. Por este motivo, por lo general, las lixiviaciones, se realizan en condiciones de burbuja.

En cuanto a presión, prácticamente no existe un límite técnico, pero el aspecto económico con frecuencia obliga a trabajar a presiones atmosféricas.

### **2.6.2. Maceración con reflujo**

La maceración con reflujo es una modificación de la técnica tradicional de maceración en la que se busca la recuperación del solvente por condensación directa y así reducir los costos de operación.

“Por ende esta técnica se lleva a cabo estrictamente en condiciones de burbuja del solvente. Al equipo de maceración se le coloca un enfriador, acoplado en la parte superior, que condensa y restaura el solvente que por calentamiento escapa en forma de vapor. La temperatura del medio de enfriamiento debe ser lo suficientemente baja y la longitud del condensador lo suficientemente grande para minimizar las pérdidas de solvente”.<sup>9</sup>

---

<sup>9</sup> Embedit.com. <http://files.embedit.in/embeditin/files/twholcZBFE/1/file.pdf.44.swf>. Consultado el 16 de febrero de 2011

### **2.6.3. Solventes**

Debido a que la naturaleza de la oleorresina es determinada por el solvente utilizado para su extracción, es necesario realizar una revisión de los solventes utilizados para este fin.

Los capsanoides son compuestos predominantemente no polares, al contener una larga cadena alifática y un anillo bencénico en su estructura. No obstante, la presencia de grupos polares como son un grupo amino, un grupo carboxilo, un grupo hidroxilo y un grupo éster, le quitan a los capsanoides el carácter de “extremadamente no polar” convirtiéndolos en moléculas con características de solubilidad interesantes.

Por ejemplo, los capsanoides son prácticamente insolubles en agua, pero bastante solubles en solventes orgánicos de relativamente baja volatilidad, como los alcoholes y alcanos de alto peso molecular, ésteres y muchos otros compuestos.

Como regla general, puede decirse que un buen solvente de extracción de capsanoides será aquel que posea los mismos grupos funcionales que estos y además tenga una polaridad similar, es decir el mismo balance entre grupos polares y no polares en su estructura.

### **2.7. Método de extracción de oleorresinas**

Las oleorresinas de especias se obtienen de especias deshidratadas por extracción con un solvente volátil no acuoso, los solventes empleados son eliminados casi completamente por procesos de destilación al vacío, destilación azeotrópica o ambas.

### **2.7.1. Preparación de la especia vegetal**

Para llevar a cabo una extracción de oleorresina, se llevan a cabo una serie de pasos preliminares, estos son el secado, molienda, selección del solvente y la caracterización de la oleorresina.

### **2.7.2. Secado**

Para operaciones de maceración y extracción sólido-líquido de materiales orgánicos, algunos autores aconsejan el secado previo de la materia prima, ya que este rompe la pared celular, facilitando el acceso del solvente en el interior de la estructura del sólido.

Por otro lado, el secado favorece un contacto más efectivo entre el solvente y el material orgánico, pues al romperse la pared celular se maximiza el área de transferencia de masa que propicia mejor el flujo interfacial.

Sin embargo, el secado puede ser contraproducente si no se lleva a cabo de forma controlada. Esto debido a que exige un tratamiento térmico adicional de la materia prima, independiente a la maceración, que puede generar una degradación térmica adicional.

### **2.7.3. Molienda**

La molienda tiene como objetivo la disminución del tamaño de las partículas de la materia prima vegetal para adecuarla a la etapa siguiente del proceso de extracción.

La extracción de una materia prima entera o dividida en fragmentos gruesos sería incompleta, debido a la pobre penetración del solvente en el tejido vegetal, y sería igualmente muy lenta, una vez que las membranas celulares actúan como verdaderas barreras que dificultan el proceso de extracción.

En el caso de la materia prima previamente dividida, tales membranas se encuentran parcialmente destruidas, lo que facilita la disolución de los constituyentes celulares en el líquido externo.

Sin embargo, la división excesiva, con formación de polvos muy finos, puede causar problemas en el transcurso de la extracción.

Para aumentar la superficie de contacto y obtener la forma más apta de extracción, la operación preliminar a la misma es generalmente la trituración. La trituración expone más glándulas de aceite esencial crudo y reduce el grueso del material; esto permite una extracción más rápida, mayor rendimiento y mejor calidad del aceite esencial crudo, al mismo tiempo que menor consumo de solvente. El grado de trituración para cada planta se debe aprender por experiencia. El material desmenuzado debe ser extraído lo más pronto posible para reducir al mínimo la pérdida de aceite esencial crudo por evaporación.

“El tamaño de partícula se establece experimentalmente para cada especie procesada, teniendo en cuenta la naturaleza del solvente y el equipo empleado para la extracción. La molienda da como resultado cierta cantidad de partículas muy finas, las cuales se separan utilizando tamices”.<sup>10</sup>

---

<sup>10</sup> SOBERANIS, Adrian. Evaluación de propiedades fisicoquímicas de la oleoresina de cardamomo (*ellettaria cardamomum*, L.matton) obtenida a nivel laboratorio utilizando dos métodos de lixiviación a tres diferentes temperaturas. p.69.

Tabla I. **Clasificación del tipo de polvo**

<b>Tipo de polvo</b>	<b>Pasa en totalidad</b>	<b>Máximo</b>
Grueso	por el tamiz No. 10	un 40 % por tamiz No. 44
Moderadamente grueso	por el tamiz No. 22	un 40 % por tamiz No. 60
Semifino	por el tamiz No. 44	un 40 % por el tamiz No.85
Fino	por el tamiz No. 85	No aplica
Finísimo	por el tamiz No. 120	No aplica

Fuente: SHARAPIN, Nikolai. Fundamentos de tecnología de productos fitoterapéuticos.

#### **2.7.4. Selección del solvente**

Antes de empezar el proceso extractivo en una escala piloto o industrial, se debe definir la selectividad del solvente a ser usado en el proceso. Cuando se desea que estén presentes la mayor parte de los constituyentes químicos de la planta, normalmente se utiliza un solvente de naturaleza general, de alta polaridad, como alcohol metílico o metanol.

La elección del solvente de extracción, así como, la permanencia en la composición química de la materia vegetal, representan dos aspectos de suma importancia. Como la especia seca molida se pone en contacto con el solvente se inicia un proceso opuesto al proceso de secado que tiende a reconstruir el estado original de la célula.

Inicialmente el solvente penetra en la célula vegetal y expelle el aire contenido en el citoplasma, dándose inicio de esta forma un proceso extractivo.

La penetración del solvente en la célula induce un momento dipolar en las moléculas de los compuestos que van a ser extraídos. De esta manera las sustancias extraíbles se adhieren a las moléculas del solvente.

La capacidad de asociación puede expresarse en términos de la constante dieléctrica. Cuanto más polar sea un solvente mayor será su respectiva constante dieléctrica. Compuestos ionizables y/o altamente polares se disuelven en solventes de elevada constante dieléctrica; al igual que compuestos apolares se disolverán en solventes de baja constante dieléctrica.

En el proceso de selección de un solvente determinado es necesario considerar aspectos relacionados con la selectividad, la facilidad de manipulación, el precio, la seguridad y los riesgos en cuanto a una posible contaminación ambiental, siendo el aspecto más importante el grado de toxicidad del solvente.

Con las oleorresinas se pueden utilizar solventes orgánicos, incluso mezclas azeotrópicas, ya que estas mezclas mantienen la misma concentración relativa de sus componentes cuando alcanzan su punto de ebullición, y el punto de ebullición de la mezcla es inferior al del componente cuyo punto de ebullición más alto, por lo cual pueden ser usados en procesos extractivos.

Durante el proceso de extracción ocurren dos fenómenos paralelos: la lixiviación de las sustancias solubles de células rotas y la disolución y difusión de las sustancias solubles de células intactas.

Mientras la lixiviación de las sustancias de las células rotas es rápida, la difusión de las sustancias a través de la membrana de células intactas es lenta y requiere etapas de humedecimiento y ablandamiento para aumentar la permeabilidad de la membrana. Este proceso comprende tres etapas: la penetración del solvente en la célula, la disolución de las sustancias extraíbles y la difusión de la solución fuera de la célula vegetal.



### **2.7.5. Caracterización de las oleorresinas**

El análisis químico de los extractos de plantas es muy importante en el control de la calidad. Después de que la identidad del material ha sido establecida, la investigación cuantitativa y cualitativa puede empezarse. Este análisis debe envolver preferiblemente alguna clase de método cromatográfico.

La calidad del extracto de la planta puede ser dada como una huella digital en el cromatograma (aceites esenciales crudos) en el caso de que los componentes principales no sean conocidos o demasiado complejos.

### 3. DISEÑO METODOLÓGICO

Se describen los parámetros o variables, siendo estos diez; pues son los más notorios e influenciados dentro del experimento, los recursos materiales, humanos y análisis estadísticos para obtener resultados, entre otros.

#### 3.1. Definición las variables en el proceso

Se presentan las variables constantes, no constantes, controlables, independientes y dependientes, según su caso, involucradas en el proceso de extracción durante el experimento realizado.

Tabla II. Variables en el proceso durante el experimento

Parámetro	Constante	Variable	Controlable	Independiente	Dependiente
Rendimiento de Oleoresina		X	X		
Tamaño de partícula	X		X	X	
Temperatura	X		X	X	
Tiempo de extracción	X		X		X
Técnica de extracción		X	X	X	
pH		X	X		X
Aitación	X		X	X	
Relación materia prima solvente	X		X	X	
Índice de refracción		X	X		X
Densidad		X	X		X

Fuente: elaboración propia.

### **3.2. Delimitación del campo de estudio**

La obtención de oleorresinas se limitó a la variedad chile cobanero cosechada en tres regiones específicas de Guatemala, cada una de ellas a diferente nivel altitudinal La Tinta 195 metros sobre el nivel del mar, Lanquín 380 msnm, Tukurú 476 metros sobre el nivel del mar.

#### **3.2.1. Ubicación**

La parte experimental se llevó a cabo en las siguientes instalaciones:

- Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales –LIEXVE-, sección Química Industrial del Centro de Investigaciones de Ingeniería, edificio T5, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala; para la obtención y caracterización fisicoquímica de las oleorresinas.
- Los análisis de cromatografía gaseosa con acoplamiento en espectrometría de masas para las oleorresinas se realizaron en el laboratorio de Toxicología ubicado en la antigua Facultad de Ciencias Químicas y Farmacias y los análisis HPLC, se llevaron a cabo en el laboratorio de Investigación de Productos Naturales LIPRONAT de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacias, ambos laboratorios de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

### 3.3. Recursos disponibles

- Recursos humanos
  - Investigadora: Vera Lucía Barrientos Mendoza
  - Asesora: Inga. Qca. Telma Maricela Cano Morales.
  - Coasesor: Ing. Qco. Mario José Mérida Meré.
  
- Materia prima
  - Chile cobanero proveniente de tres regiones de Guatemala a diferente nivel altitudinal, Lanquín, La Tinta, Tukurú molido con porcentaje de humedad menor de 10%.
  - Alcohol etílico 70 % (v/v).
  - Agua desmineralizada.
  - Estándar de oleorresina de *Capsicum USP*.
  
- Equipos
  - Recirculador de agua en circuito cerrado marca VWR modelo 1112 A 120 voltios, 50-60 hertz 1 fase.
  - Rotaevaporador marca Büchi R-200 120 voltios, 50-60 hertz.
  - Plancha de calentamiento con agitación, marca VWR, cat No. 12365-382 120 voltios AC, 900 watts, 50-60 Hertz 1 fase.
  - Bomba de vacío, marca General Electric Comercial Motors ¼ Hp, 100-115 voltios, 50-60 hertz, 1725-1425 RPM.
  - Balanza de humedad, marca Boeco Germany 100-120 voltios 60 hertz.

- Balanza digital, marca Adventur serie: G1231202040133 voltaje 8-14,5V, frecuencia 50/60 Hz. máxima capacidad 150 g, lectura mínima 0,001g. hecha en USA.
  - Lámpara estroboscópica, marca AMETEK Mansfield & Green Division, corriente AC 110V; rango de flash por minuto 2 a 60 (X 100) (200rpm-6000rpm); rango de trabajo intermitente 10 minutos para ambiente arriba de los 300 grados Celsius.
- Cristalería
    - Balones Earlenmeyer de 500 mililitros.
    - Balones esmerilados de 500 mililitros.
    - Balones de 1 000 mililitros.
    - Termómetro de mercurio 0-100 grados Celsius.
    - Embudos de vidrio marca Pyrex.
    - Probeta de 100, 500 y 1 000 mililitros
    - Condensador de bolas boquilla 24/40, marca Cornin-Pyrex.
    - Varillas de agitación.
    - Vidrio de reloj.
    - Beakers 100, 250 y 600 mililitros marca Pyrex.
    - Frascos color ámbar con rosquilla para almacenar la oleorresina de Chile.
    - Picnómetro.

- **Materiales auxiliares**
  - Guantes
  - Papel parafilm
  - Grasa de silicona
  - Bolsas plásticas
  - Papel mayordomo
  - Algodón
  - Mangueras de hule
  - Mascarillas
  - Sondas
  - Jeringa
  - Agitadores mecánicos

### **3.4. Técnica cuantitativa**

En esta sección se presentan la descripción básica de cada etapa de los experimentos correspondientes a las 3 técnicas utilizadas y los 3 diferentes niveles altitudinales.

#### **3.4.1. Cromatografía**

La cromatografía es una técnica de separación extraordinariamente versátil que presenta distintas variantes. En toda separación cromatográfica hay dos fases (sólida, líquida o gas) una móvil y otra estacionaria, que se mueven una con respecto de la otra manteniendo un contacto íntimo. La muestra se introduce en la fase estacionaria y la móvil. Los componentes de la mezcla a separar invierten un tiempo diferente en recorrer cada una de las fases, con lo que se produce la separación.

Si un componente está la mayor parte del tiempo en la fase móvil el producto se mueve rápidamente, mientras que si se encuentra la mayor parte en la fase estacionaria, el producto queda retenido y su salida es más lenta.

### **3.5. Procesamiento, tabulación y ordenamiento de la información**

Los datos obtenidos en cada experimento de las 3 técnicas de extracción y los 3 diferentes niveles altitudinales, se analizaron y ordenaron como se muestra a continuación.

#### **3.5.1. Preparación de la muestra**

- La materia prima ya se encontró previamente seca y se midió el porcentaje de humedad, que fue menor del 10 %.
- Se realizó la molienda de la materia prima, esto con el fin de tener una mayor área de transferencia de masa.
- Se tamizó la materia prima, con el objetivo de tener un tamaño de partícula ideal para la extracción evitando tener la presencia de partículas finas. Se definió el tamaño de partículas a las que pasen el tamiz No. 8 y las retenga el tamiz No. 12.
- Para la extracción se utilizó etanol al 70 % tomando en cuenta el factor económico y la facilidad con la que se puede encontrar este solvente conocido como grado industrial y ya que no existen estudios específicos, se recomienda utilizar la mezcla de alcohol: agua 7:3 u 8:2 para la extracción de las partes leñosas de la planta, raíces y semillas.

La proporción de 1:1 es recomendada para extraer las hojas o las partes aéreas verdes, ya que en esta concentración se evita la extracción de la clorofila y de las sustancias polimerizadas o resinoides que, generalmente, no presentan actividad terapéutica, pero complican las etapas siguientes de purificación, por el hecho de presentar precipitados viscosos.

- Se utilizó la relación 1:10 materia prima solvente.
- El proceso extractivo fue de tres horas, para todos los métodos debido a que en las el índice de refracción se mantuvo constante.
- Para la técnica de maceración dinámica se utilizó una agitación de 500 revoluciones por minuto con una plancha de calentamiento y agitación previamente calibrada.
- La muestra fue filtrada, con un quitasato al vacío utilizando una manta.
- Se midió el pH con un potenciómetro, la densidad con un picnómetro de 10ml y el índice de refracción con un espectrofotómetro.
- Se concentró la muestra en un rotaevaporador a una temperatura de 68 grados celsius que es la temperatura de ebullición de la mezcla de etanol 70 %.
- Se guardó la muestra en frascos ámbar etiquetados para realizarle los análisis cromatográficos.



El diseño experimental se planteó de manera aleatorizada, con un experimento unifactorial para 3 niveles altitudinales, 4 métodos de extracción y 3 repeticiones; resultando un total de 36 unidades experimentales.

Tabla III. **Control de los porcentajes de humedad para cada muestra de materia prima 3 corridas para cada región.**

Corrida	Masa	Tiempo	%Humedad

Fuente: elaboración propia.

Tabla IV. **Diseño para la recolección de datos antes y después de realizada la extracción de oleoresina de chile cobanero, para un método de extracción y una región de materia prima**

Corrida	Tiempo de extracción	Peso de materia prima utilizada	Peso inicial balón	Peso final balón	%Rendimiento
1					
2					
3					
1					
2					
3					
1					
2					
3					

Fuente: elaboración propia.

### **3.5.2. Diseño de tratamientos**

La materia prima que se trabajó es proveniente de 3 diferentes regiones de Guatemala con diferentes niveles altitudinales, La Tinta 195 metros sobre el nivel del mar, Tukurú 476 metros sobre el nivel del mar y Lanquín 380 metros sobre el nivel del mar. Se plantearon 4 técnicas, estática reflujo, dinámica reflujo, estática y dinámica a temperatura ambiente, se realizaron 3 tratamientos para cada metodología, obteniendo un total de 36 tratamientos.

### **3.5.3. Manejo experimental**

Debido a que es necesario comparar la eficiencia de cada uno de los métodos, se utilizaron los mismos parámetros de control. Se realizaron lixiviaciones utilizando como una metodología testigo la extracción sólido-líquido con la técnica de maceración estática a temperatura ambiente utilizando como solvente extractor, alcohol etílico ( $\text{CH}_2\text{CH}_3\text{OH}$ ) al 70%. Este equipo definió variables como el tiempo de extracción y la relación soluto-solvente. En la técnica maceración dinámica se procedió bajo el mismo procedimiento con la diferencia que ambas fases materia prima solvente, se sometió a un proceso de agitación durante todo el tiempo de extracción.

La técnica de maceración estática a reflujo utilizando como solvente extractor, alcohol etílico ( $\text{CH}_2\text{CH}_3\text{OH}$ ) al 70% se realizó extracciones a temperatura de ebullición, la temperatura se obtendrá con un termómetro directamente de la solución. Se procedió bajo el mismo procedimiento con la diferencia que ambas fases materia prima solvente sometió a un proceso de agitación durante todo el tiempo extractivo para la técnica maceración dinámica a reflujo

### **3.6. Análisis estadístico**

El análisis estadístico realizado se utilizó para tomar decisiones y explicar las condiciones de extracción y de las oleorresinas obtenidas, es decir, confirmar o no las hipótesis planteadas en este trabajo.

#### **3.6.1. Técnicas y modelos de los datos según tipo de variables**

Se plantean los modelos matemáticos utilizados para el análisis, son ecuaciones y variables que representan características del proceso y de la oleorresina.

- Variables independientes o factores
  - Técnica de extracción, representado aquí por la letra A
  - El uso o no de reflujo, representado aquí por la letra B
  - La región de procedencia de la materia prima, representada aquí por la letra C.
  
- Fijar las variables dependientes o variables respuesta
  - Porcentaje de rendimiento de la oleorresina representada por %R.

- Determinar el número de tratamientos o combinaciones

$$t = a * b * c \quad (\text{Ecuación 1})$$

Donde:

t = número de tratamientos

a = número de niveles del factor A: técnica de extracción.

b = número de niveles del factor B: uso o no de reflujo

c = número de niveles del factor C: lugar de procedencia de la materia prima

- Determinación del número de unidades experimentales

Para la obtención del número de unidades experimentales se hace uso de la ecuación siguiente:

$$n = t * r \quad (\text{Ecuación 2})$$

Donde:

n = unidades experimentales

t = tratamientos

r = repeticiones

### 3.6.2. Llevar a cabo una aleatorización

Llevar a cabo una aleatorización para evitar errores sistemáticos que puedan surgir si se llevara a cabo la experimentación de forma completamente al azar. Pudiendo escoger entre dos formas de aleatorización:

- Bloques al azar.
  - Sorteo de las unidades experimentales

Según el diseño del experimento debe escogerse una técnica de aleatorización para garantizar la independencia entre los errores y de esta manera satisfacer el requisito del análisis estadístico. Para la investigación presente, en la que se evaluó el porcentaje de rendimiento de oleorresina de chile cobanero, la técnica adecuada es: bloques al azar. A continuación se presenta el procedimiento seguido para llevar a cabo dicha técnica.

Factores:

- Técnicas de extracción maceración dinámica a temperatura ambiente y maceración estática a temperatura ambiente.
  - Técnica de extracción maceración dinámica =  $A_1$
  - Técnica de extracción maceración estática =  $A_2$
- Uso de reflujo en ambas técnicas de maceración con y sin reflujo.
  - Con reflujo =  $B_1$
  - Sin reflujo =  $B_2$

- Región de obtención de materia prima
  - Región 1 = B<sub>1</sub>
  - Región 2 = B<sub>2</sub>
  - Región 3 = B<sub>3</sub>

Número de tratamientos:

Aplicando la ecuación No.2 se obtiene un número de tratamientos igual a:

$$T = A * B * C = 2 * 2 * 3 = 12$$

Siendo dichos tratamientos:

Tabla V. **Número de tratamientos**

A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> C <sub>1</sub>
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> C <sub>2</sub>
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> C <sub>3</sub>
A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> C <sub>1</sub>
A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> C <sub>2</sub>
A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> C <sub>3</sub>
A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> C <sub>1</sub>
A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> C <sub>2</sub>
A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> C <sub>3</sub>
A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> C <sub>1</sub>
A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> C <sub>2</sub>
A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> C <sub>3</sub>

Fuente: elaboración propia.

Número de unidades experimentales:

Dado que se realizaron cuatro repeticiones para cada tratamiento se tiene según la ecuación No. 3:

$$UE = T * R = 12 * 3 = 36$$

Bloques al azar:

Sabiendo que son 12 tratamientos y que deben realizarse 3 repeticiones para cada uno de ellos se procede a realizar cuatro bloques, cada uno de ellos con doce partes que representan cada tratamiento. El orden de los bloques se determina realizando un sorteo entre los 12 tratamientos para determinar con cual debe empezarse la experimentación.

### 3.6.3. Análisis de varianza

El diseño experimental se planteó de manera aleatorizada, con un experimento trifactorial para 3 regiones de origen de la materia prima, 2 métodos de maceración, 2 técnicas de extracción y 3 repeticiones; resultando un total de 36 unidades experimentales. Se utilizó el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ij} = \beta_k + \alpha_i + \theta_j + \gamma_l + (\alpha\theta)_{ij} + (\alpha\gamma)_{il} + (\theta\gamma)_{lj} + (\alpha\theta\gamma)_{ijl} + \varepsilon_{ijk}$$

(Ecuación 3).

Donde:

$Y_{ij}$  = varianza total de la variable respuesta que es el porcentaje de rendimiento de oleorresina de chile cobanero.

$\beta_k$  = efecto de la k-ésima repetición.

$\alpha_i$  = efecto del i-ésima procedencia de la materia prima.

$\theta_j$  = efecto del j-ésimo método de extracción.

$(\alpha\theta)_{ij}$  = efecto de la interacción entre la procedencia de la materia prima y el método de extracción.

$(\alpha\gamma)_{il}$  = efecto de la interacción entre la procedencia de la materia prima y la técnica de extracción.

$(\theta\gamma)_{jl}$  = efecto de la interacción entre el método y la técnica de extracción.

$(\alpha\theta\gamma)_{ijl}$  = efecto de la interacción entre la procedencia de la materia prima y el método de extracción.

$\varepsilon_{ijk}$  = efecto aleatorio asociado a todos los posibles errores experimentales o variabilidades no controladas.

### 3.6.3.1. Cuadro de ANDEVA

El ANDEVA permite conocer o estudiar la variabilidad (en términos de la varianza) de las variables involucradas en los estudios (dependientes e independientes), es decir las fuentes de variación y la variable de respuesta.

Las fuentes de variación son variables que pueden modificar la respuesta, es decir que pueden influir, sobre la/las variable dependiente.



Tabla VI. Prueba de F de las hipótesis en el análisis de varianza para los rendimientos de oleorresina de chile cobanero proveniente de tres regiones diferentes de Guatemala usando cuatro diferentes técnicas de extracción

Fuentes de Variación (FV)	Grados de Libertad (GL)	Suma de Cuadrados (SC)	Cuadrados Medios (CM)	F	Probabilidad (P)
Repetición	2	1,996	0,998		
Maceración	1	416,568	416,568	666,16	0,0000
Reflujo	1	466,992	466,992	746,79	0,0000
Región	2	5,759	2,879	4,6	0,0214
Maceración*Reflujo	1	227,105	227,105	363,18	0,0000
Maceración*Región	2	7,579	3,79	6,06	0,0080
Maceración*Reflujo*Región	2	2,287	1,143	1,83	0,1843
Reflujo*Región	2	3,114	1,557	2,49	0,1060
Error	22	13,757	0,625		
Total	35				

Fuente: elaboración propia.

La hipótesis nula se rechaza en base al siguiente criterio:

Rechazar  $H_0$  si  $(Pr > F) \leq \alpha$

Por lo tanto, con base en los datos de la tabla VI se puede tomar la decisión de aceptar o rechazar la hipótesis nula  $H_0$ , en base a dos criterios en función de la siguiente ecuación:

$$F = \frac{CM_{\theta, \alpha}}{CM_{\epsilon}} \quad (\text{Ecuación 4})$$

Donde:

$CM_{\theta,\alpha}$  = cuadrados medios para la técnica de extracción ó bien para la región de origen de la materia prima.

$CM_{\varepsilon}$  = cuadrados medios para el error.

Por lo cual los dos criterios son:

- $H_0$  es verdadera si  $F$  tiende a cero.
- Si  $F$  es numéricamente grande, la suma de cuadrados para el tiempo de extracción o para la región de origen de materia prima es grande en comparación con la suma de cuadrados del error. Lo que significa que las medias obtenidas del rendimiento con base al tiempo de extracción o con base a la región de origen son muy diferentes, por lo cual se rechaza la hipótesis nula  $H_0$ .

Si la probabilidad es grande ( $P > 0,05$ ), entonces no se rechaza la hipótesis nula, pero si la probabilidad es pequeña ( $P \leq 0,05$ ), entonces si se rechaza  $H_0$ . Entonces de acuerdo con los datos de la tabla VII se tiene:

Para la región de origen de la materia prima:

$$P(F \geq 4,6) = 0,0214 \leq 0,05 = \alpha$$

De acuerdo con los criterios establecidos anteriormente se acepta la hipótesis nula  $H_0$ , lo que indica que no existe diferencia significativa en el rendimiento de oleoresina de chile cobanero (*Capsicum annum var ceraciforme*) según la procedencia.

Para la técnica de extracción:

$$P(F \geq 6,06) = 0,0080 \leq 0,05 = \alpha$$

De acuerdo a los criterios establecidos anteriormente se rechaza la hipótesis nula  $H_0$ , lo que indica que existe diferencia significativa en el rendimiento de oleorresina de chile cobanero (*Capsicum annuum var cerasiforme*) al utilizar maceración dinámica o estática en la extracción.

$$P(F \geq 2,49) = 0,1060 \geq 0,05 = \alpha$$

De acuerdo con los criterios establecidos anteriormente no se rechaza la hipótesis nula  $H_0$ , lo que indica que no existe diferencia significativa en el rendimiento de oleorresina de chile cobanero (*Capsicum annuum var cerasiforme*) al utilizar o no reflujo en el proceso de extracción.

#### **3.6.3.2. Criterio de Tukey**

Puede decirse que estadísticamente existe diferencia en los rendimientos de oleorresina de chile cobanero utilizando maceración estática y maceración dinámica, se puede observar que para las técnicas maceración dinámica y maceración estática con reflujo no existe mayor diferencia.

Tabla VII. **Tabla de decisión para elegir la mejor técnica de extracción de oleorresina de chile cobanero (*Capsicum annuum* var. *cerasiforme*)**

<b>Técnica</b>	<b>Media</b>	<b>Grupos homogéneos</b>
Maceración estática	11,511	C
Maceración dinámica	23,338	B
Maceración estática con reflujo	23,738	B
Maceración dinámica con reflujo	25,518	A

Fuente: elaboración propia.

Puede decirse que estadísticamente no hay diferencia en los rendimientos de Oleorresina obtenida de las tres diferentes regiones de Guatemala.

Tabla VIII. **Tabla de decisión para elegir la región donde se obtiene mayor rendimiento de oleorresina de chile cobanero (*Capsicum annuum* var. *cerasiforme*)**

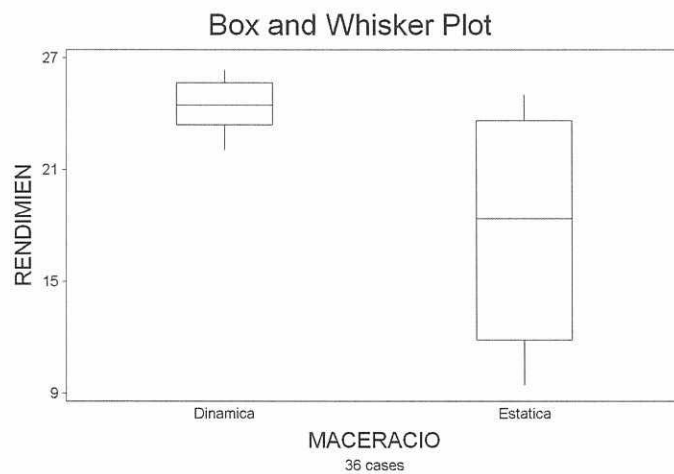
<b>Región</b>	<b>Media</b>	<b>Grupos homogéneos</b>
Lanquín	24,56	A
Tucurú	24,422	A
La Tinta	24,302	A

Fuente: elaboración propia.

### 3.6.3.3. Programas a utilizar para análisis de datos

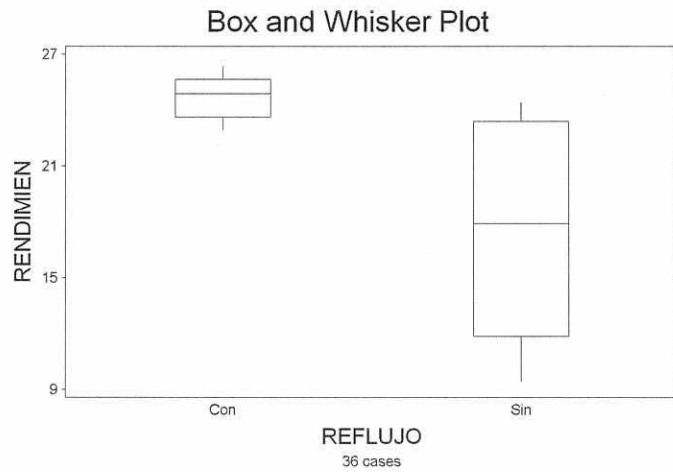
- Microsoft Office Excel: esta hoja de cálculo se utilizó para llevar a cabo diversas operaciones matemáticas.
- Microsoft Visio: para la elaboración de diagramas, entre ellos los diagramas de flujo de procedimientos.
- *Statistical Package for the Social Science* (SPSS): para la realización del análisis de varianza y comparación de las medias mediante el criterio HDS (*Honestly Significant Difference*) de Tukey.

Figura 5. **Regiones estadísticas para la maceración**



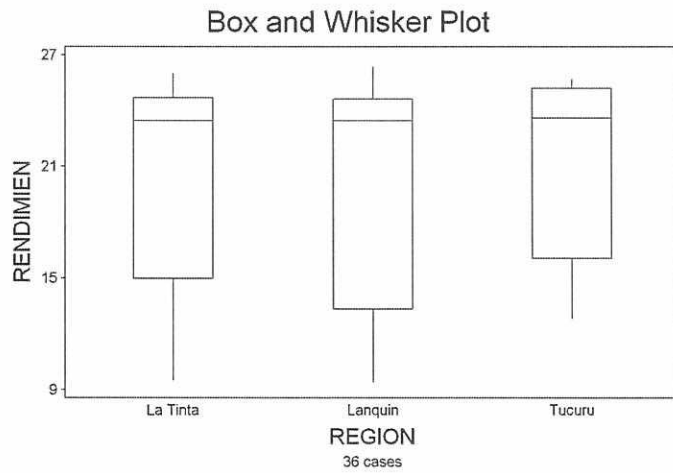
Fuente: elaboración propia con programa (SPSS)

Figura 6. **Regiones estadísticas para el reflujo**



Fuente: elaboración propia con programa (SPSS)

Figura 7. **Regiones estadísticas para la extracción**



Fuente: elaboración con programa (SPSS)

### **3.7. Técnicas de extracción**

A continuación se describen brevemente técnicas de extracción realizadas durante en el experimento. Son dos y varían en que una es dinámica y otra es estática, ambas a temperatura de ebullición.

#### **3.7.1. Extracción mediante maceración dinámica con reflujo a temperatura de ebullición**

En este método de extracción las dos fases son móviles. Se colocó la muestra en un balón y se puso en contacto directo con el solvente, debido a que la temperatura de ebullición del solvente es baja y su presión de vapor es alta, al sistema se acopló un condensador de Allihn, se llevaron a temperatura de ebullición del solvente en donde ambas fases fueron sometidas a un proceso de agitación durante todo el tiempo de extracción.

#### **3.7.2. Extracción mediante maceración estática con reflujo a temperatura de ebullición**

Este proceso se realizó de la misma manera que los descritos anteriormente, la única diferencia que hay con respecto a estos, es que el proceso se llevó a cabo sin ningún tipo de agitación más que la que se pueda producir por las corrientes convectivas que se presentan debido al aumento en la temperatura del sistema.

## 4. RESULTADOS

Tabla IX. **Porcentaje de rendimiento de la oleoresina de chile cobanero obtenida utilizando maceración dinámica a temperatura ambiente**

Técnica de extracción	Región	Repetición	% Rendimiento
Maceración dinámica temperatura ambiente 26 °C	Lanquín 380 metros sobre el nivel del mar	1	23,512
		2	23,42
		3	23,614
		Promedio	23,515
		Desviación estándar	0,097
	Tucurú 476 metros sobre el nivel del mar	1	23,896
		2	23,166
		3	22,775
		Promedio	23,279
		Desviación estándar	0,569
	La Tinta 195 metros sobre el nivel del mar	1	22,065
		2	23,19
		3	24,448
		Promedio	23,234
		Desviación estándar	1,193

Fuente: elaboración propia.



Tabla X. **Porcentaje de rendimiento de la oleoresina de chile cobanero obtenida utilizando maceración estática a temperatura ambiente**

<b>Técnica de extracción</b>	<b>Región</b>	<b>Repetición</b>	<b>% Rendimiento</b>
Maceración estática temperatura ambiente 26°C	Lanquín 380 metros sobre el nivel del mar	1	9,425
		2	10,103
		3	9,878
		Promedio	9,802
		Desviación estándar	0,345
	Tucurú 476 metros sobre el nivel del mar	1	13,78
		2	12,839
		3	13,089
		Promedio	13,236
		Desviación estándar	0,488
	La Tinta 195 metros sobre el nivel del mar	1	9,521
		2	12,427
		3	12,561
		Promedio	11,503
		Desviación estándar	1,718

Fuente: elaboración propia.

Tabla XI. **Porcentaje de rendimiento de la oleorresina de Chile cobanero obtenida utilizando maceración dinámica reflujo a temperatura de ebullición**

Técnica de extracción	Región	Repetición	% Rendimiento
Maceración dinámica reflujo temperatura ebullición 68°C	Lanquín 380 metros sobre el nivel del mar	1	25,500
		2	26,339
		3	24,979
		Promedio	25,606
		Desviación estándar	0,686
	Tucurú 476 metros sobre el nivel del mar	1	25,705
		2	25,323
		3	25,698
		Promedio	25,575
		Desviación estándar	0,219
	La Tinta 195 metros sobre el nivel del mar	1	24,479
		2	25,986
		3	25,683
		Promedio	25,383
		Desviación estándar	0,797

Fuente: elaboración propia.

Tabla XII. **Porcentaje de rendimiento de la oleorresina de chile cobanero obtenida utilizando maceración estática reflujo a temperatura de ebullición**

<b>Técnica de extracción</b>	<b>Región</b>	<b>Repetición</b>	<b>% Rendimiento</b>
Maceración estática reflujo temperatura ebullición 68°C	Lanquín 380 metros sobre el nivel del mar	1	22,990
		2	23,320
		3	23,638
		Promedio	23,316
		Desviación estándar	0,324
	Tucurú 476 metros sobre el nivel del mar	1	23,776
		2	25,012
		3	23,443
		Promedio	24,077
		Desviación estándar	0,827
	La Tinta 195 metros sobre el nivel del mar	1	23,718
		2	22,955
		3	24,816
		Promedio	23,829
		Desviación estándar	0,935

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIII. **Metabolitos secundarios detectados en la oleorresina de chile cobanero utilizando cromatografía en capa gaseosa acoplada en espectrofotometría de masas**

Técnica	Región	Metabolito Secundario	Tiempo de Retención	Área (%)
Maceración dinámica reflujo	La Tinta 195 metros sobre el nivel del mar	Metil 9- metiltetradecanoato	14,19	3,64
		Ácido pentadecanoico metil ester	14,19	3,64
		Ácido hexadecanoico metil ester	15	19,46
		Ácido hexadecanoico etil ester	15,4	1,53
		9,12- Acido octadecadienoico	16,11	50,81
		Ácido octadecanoico metil ester	16,25	3,17
Maceración dinámica	La Tinta 195 metros sobre el nivel del mar	2-Metoxi-5-vinilfenol	11,11	7,11
		Ácido Hexadecanoico metil ester	15	7,31
		Ácido hexadecanoico etil ester	15,39	8,04
		10,13- Acido octadecadienoico metil	16,1	24,9
Maceración estática reflujo	La Tinta 195 metros sobre el nivel del mar	2-Metoxi-5-vinilfenol	11,1	2,97
		Fenol 2,6-dimetoxi	11,36	4,24
		5-Acetil-2- metiltiopirimidina	12,07	5,76
		3-(2-naftilo)-1-buteno Nafta	12,63	1,8
		2,6-Dimetil-3-(metoximetil)	12,93	1,24
		Ácido Hexadecanoico metil ester	14,99	1,87
		Ácido Hexadecanoico	15,21	2,12
Maceración dinámica	Lanquín 380 metros sobre el nivel del mar	Ácido Hexadecanoico	7,8	2,73
		4-Vinil-2-metoxifenol	11,11	1,31
		Fenol, 2,6-dimetoxi	11,38	1,9
		Alfa cubeneno	11,66	1,67
		Benceno, 1-(1,5-dimetil-4-hexenilo)	12,34	2,55
		Fenol, 2,6-bi(1,1-dimetiletil)	12,56	2,83
		Ácido hexadecanoico etil ester	15,38	11,81
		Ácido octadecanoico etil ester	16,69	5,46

Continuación de tabla XIII.

Maceración estática reflujo	Lanquín 380 metros sobre el nivel del mar	Alcohol furfúlico	6,23	0,86
		Hidroximetilfurfural	10,34	3,65
		1,2-Bencenediol , 3-metil- (CAS)	10,64	0,68
		1,2-Bencenediol, 3-metoxi- (CAS)	10,71	1,23
		4-vinil-2-metoxi-fenol	11,08	1,74
		Fenol, 2,6-dimetoxi- (CAS)	11,36	2,41
		2,4-Dimetil-3-(metoxicarbonil)-5	12,63	1,94
		3-(2-naftilo)-1-buteno Nafta	12,63	1,94
		Ácido tetradecanoico (CAS)	14,01	0,2
		Ácido pentadecanoico (CAS)	14,4	1,34
		Ácido hexadecanoico metil ester	14,99	0,52
		Acido-9-hexadecanoico	15,13	1
		9,12- Acido octadecadienoico	16,1	1,03
Ácido linoleico	16,41	1,37		
Maceración estática	Lanquín 380 metros sobre el nivel del mar	Alfa cubeneno	11,66	3,31
		Fenol, 2,6-bi(1,1-dimetiletil)	12,56	5,6
		Ácido hexadecanoico metil ester	14,99	6,48
Maceración dinámica reflujo	Lanquín 380 metros sobre el nivel del mar	4-vinil-2-metoxi-fenol	11,09	2,84
		Fenol, 2,6-dimetoxi- (CAS)	11,36	2,66
		Fenol, 2,6-dimetoxi-4-(2-propeny	13,8	0,91
		Ácido pentadecanoico (CAS)	14,4	1,43
		Ácido hexadecanoico metil ester	14,99	0,57
		Ácido hexadecanoico (CAS)	15,23	3,22
		Pelargónico ácido vanillilamida	19,73	1,81
Maceración dinámica	Tucurú 476 metros sobre el nivel del mar	Ácido pelargónico vanillilamida	11,09	1,96
		Fenol, 2,6-dimetoxi- (CAS)	11,35	1,97
		2H-Piran-2,4(3H)-diona, 3-acetil-6	12,06	1,15
		2,4-Dimetil-3-(metoxicarbonil)-5	12,63	2,43
		Ácido pentadecanoico (CAS)	14,38	0,83
		Ácido hexadecanoico metil ester	14,99	1,06
		Ciclotetradecano (CAS)	15,13	0,53
		Ácido hexadecanoico (CAS)	15,24	6,99
		9,12- Acido octadecadienoico	16,09	3,67
9,17-Octadecadienal, (Z)- (CAS)	16,43	5,02		

Continuación de tabla XIII.

Maceración estática	Tucurú 476 metros sobre el nivel del mar	2,4,6-Trimetil-1,3-bencenodiamina	11,39	1,32
		Fenol, 2,6-dimetoxi- (CAS)	11,35	1,55
		2H-Piran-2,4(3H)-diona, 3-acetil-6	12,07	0,95
		2,4-Dimetil-3-(metoxicarbonil)-5	12,63	1,9
		Ácido tetradecanoico (CAS)	14	0,4
		Ácido pentadecanoico (CAS)	14,4	1,4
		11-Hexadecenoic acid, metil ester	14,9	0,43
		Oxacicloheptadecano-2-one (CAS)	15,14	1,33
		Ácido hexadecanoico (CAS)	15,25	14,8
		10,13-Acido octadecadienoico, metil	16,11	3,35
		Ácido hexadecanoico (CAS)	16,24	0,2
		Ácido linoleico	16,45	10,32
		Maceración estática reflujo	Tucurú 476 metros sobre el nivel del mar	Hidroximetilfurfural
1,2-Benzenediol, 3-metoxi- (CAS)	10,7			0,83
4-vinil-2-metoxi-fenol	11,08			1,62
Fenol, 2,6-dimetoxi- (CAS)	11,35			1,88
2,4-Dimetil-3-(metoxicarbonil)	12,63			1,91
Ácido hexadecanoico metil ester	14,98			0,71
Ciclotetradecano (CAS)	15,14			0,85
Ácido hexadecanoico (CAS)	15,22			3,92
Ácido hexadecanoico etil ester	15,39			8,17
9,12- Acido octadecadienoico	16,09			1,54
Maceración dinámica reflujo	Tucurú 476 metros sobre el nivel del mar	Benzene, (methylsulfinyl)- (CAS)	10,72	0,81
		4-vinil-2-metoxi-fenol	11,09	2,77
		Fenol, 2,6-dimetoxi- (CAS)	11,35	3,08
		9-Acido Hexadecanoico, metil ester	14,89	0,48
		Ácido hexadecanoico (CAS)	15,22	1,21
		9,12- Acido octadecadienoico	16,09	2,94
		Ácido pelargónico vanillilamida	19,71	2,32

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIV. **Cuantificación en ppm de capsaicina en la oleoresina de chile cobanero por medio de cromatografía líquida de alta eficiencia (HPLC)**

<b>Región</b>	<b>Técnica de extracción</b>	<b>ppm</b>
Lanquín 380 metros sobre el nivel del mar	Maceración estática	4,92
	Maceración dinámica	10,53
	Maceración estática reflujo	9,47
	Maceración dinámica reflujo	7,4
Tucurú 476 metros sobre el nivel del mar	Maceración estática	5,81
	Maceración dinámica	7,96
	Maceración estática reflujo	9,39
	Maceración dinámica reflujo	7,14
La Tinta 195 metros sobre el nivel del mar	Maceración estática	6,69
	Maceración dinámica	8,24
	Maceración estática reflujo	7,3
	Maceración dinámica reflujo	8,75

Fuente: elaboración propia.

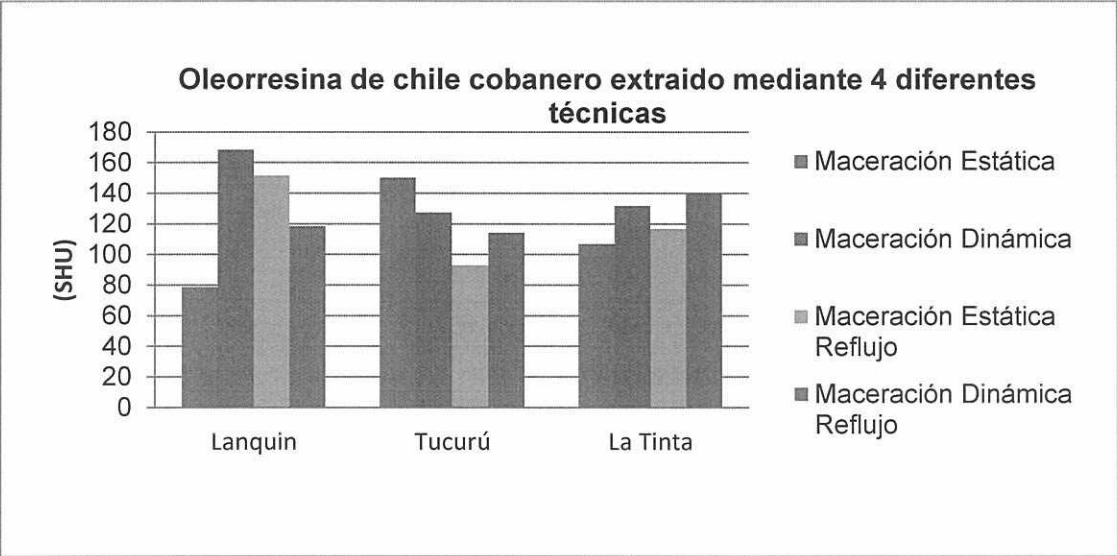
Tabla XV. **Unidades de calor Scoville (SHU) de la oleorresina de chile cobanero en función de la cantidad de capsaicina presente**

<b>Región</b>	<b>Técnica de extracción</b>	<b>(SHU)</b>
Lanquín 380 metros sobre el nivel del mar	Maceración estática	78,72
	Maceración dinámica	168,48
	Maceración estática reflujo	151,52
	Maceración dinámica reflujo	118,4
Tucurú 476 metros sobre el nivel del mar	Maceración estática	150,24
	Maceración dinámica	127,36
	Maceración estática reflujo	92,96
	Maceración dinámica reflujo	114,24
La Tinta 195 metros sobre el nivel del mar	Maceración estática	107,04
	Maceración dinámica	131,84
	Maceración estática reflujo	116,8
	Maceración dinámica reflujo	140

Fuente: elaboración propia.



Figura 8. **Unidades Scoville para la oleorresina de chile cobanero procedente de tres diferentes regiones y cuatro métodos de extracción**



Fuente: elaboración propia.

## 5. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

En el presente trabajo de graduación se llevó a cabo una separación sólido-líquido con el fin de obtener un extracto etanólico de chile cobanero evaluando los posibles efectos de cuatro diferentes técnicas de extracción (maceración dinámica a temperatura ambiente, maceración estática a temperatura ambiente, maceración dinámica con reflujo a 68 grados Celsius y maceración estática con reflujo) utilizando un mismo solvente, alcohol etílico al 70 %.

La materia prima se obtuvo de plantaciones agrícolas localizadas en tres regiones del departamento de Alta Verapaz, las cuales fueron Santa Catalina La Tinta 195 metros sobre el nivel del mar, Lanquín 380 metros sobre el nivel del mar y Tukurú 476 metros sobre el nivel del mar.

Al tener la materia prima procedente de las tres regiones a estudiar se realizó la molienda de la misma en una licuadora industrial; posterior a la molienda, se procedió a hacer un análisis granulométrico en donde se utilizó el tamaño de partícula de tamiz 12 y se procedió a comprobar que la humedad de la misma se mantuvo en un rango menor al 10 % como se puede observar en las tablas de la sección de resultados. Se realizaron pruebas preliminares para determinar las variables de proceso a la maceración dinámica con y sin reflujo, así como, la estática con y sin reflujo.

Se calibraron los equipos de calentamiento y agitación para normalizar los procedimientos a evaluar, de estos procesos de calibración se determinó que la agitación se realizaría a 500 revoluciones por minuto. La relación soluto-solvente fue 1:10, siendo para las cuatro técnicas 20 gramos de materia prima y 200 mililitros de solución de etanol 70 %v/v, el tiempo de extracción se definió mediante el monitoreo de índice de refracción del extracto etanólico con pruebas preliminares hasta que el valor fuese constante que se dio al cabo de 3 horas, se le aplicó el mismo procedimiento al estudio en donde la materia prima obtenida en tres diferentes regiones fue sometida a las cuatro técnicas en tres repeticiones; teniendo treinta y seis extracciones en total.

Finalizada cada extracción se reportó la densidad, índice de refracción del extracto etanólico y pH como se observa en las tablas XVIII a la XXIII.

Al finalizar el proceso de extracción se realizó la rotaevaporación, en donde se eliminó el solvente para obtener el extracto oleoso. Posteriormente se evaluó el porcentaje de rendimiento como se puede observar en las tablas IX a la XII.

Para determinar cuál estrato altitudinal y que técnica de extracción reportó el mayor rendimiento de oleorresina se realizó un análisis estadístico prueba de F de las hipótesis en el análisis de varianza para los rendimientos de oleorresina de chile cobanero de las tres diferentes regiones de Guatemala, así como, para las cuatro diferentes técnicas de extracción de acuerdo a los criterios establecidos anteriormente para las regiones evaluadas se rechaza la hipótesis nula  $H_0$ , lo que indica que existe diferencia significativa en el rendimiento de la oleorresina de chile cobanero (*Capsicum annum var ceraciforme*.) Entre las procedencias evaluadas se determinó cuáles de ellas son afines entre sí por medio del método de Tukey.

Para la técnica de extracción se llevó a cabo el mismo procedimiento análisis estadístico para la técnica de extracción maceración sin reflujo P reportó un valor de 0,0080 que de acuerdo a los criterios establecidos anteriormente se rechaza la hipótesis nula  $H_0$ , lo que indica que existe diferencia significativa en el rendimiento de oleorresina de chile cobanero al utilizar maceración dinámica o estática en la extracción.

Para la técnica de extracción maceración sin reflujo P reportó un valor de 0,1060 que de acuerdo a los criterios establecidos anteriormente se acepta la hipótesis nula  $H_0$ , lo que indica que no existe diferencia significativa en el rendimiento de oleorresina de chile cobanero al utilizar o no reflujo en el proceso de extracción, ver tabla VI.

Sin embargo, debido a que se rechazó la igualdad de las técnicas de extracción, se averiguó cuáles de ellas son diferentes y afines entre sí por medio del método de Tukey, ver tabla VII.

De acuerdo con los valores reportados puede decirse que estadísticamente existe diferencia en los rendimientos de oleorresina de chile cobanero utilizando maceración estática con una  $m=11,511$ ; maceración dinámica  $m=23,338$ ; maceración estática con reflujo  $m=23,73$ ; maceración dinámica con reflujo  $=25,518$  se puede observar que para las técnicas maceración dinámica si existe diferencia significativa estadísticamente; y siendo maceración dinámica con reflujo la técnica con la que se obtiene el mejor resultado.

Esto se debe a la influencia de la agitación y calor agregado al proceso de extracción. Cabe mencionar que aunque estadísticamente la maceración dinámica con reflujo es diferente a la maceración dinámica a 26 Celsius, la diferencia en porcentaje no es alta por lo que por un ahorro económico es conveniente trabajar con la maceración dinámica a 26 grados Celsius.

Se realizó la prueba cromatografía gaseosa con acoplamientos en espectrometría de masas para determinar cuáles son los metabolitos secundarios presentes y si estos varían según las técnicas utilizadas, se puede observar que el metabolito presente en las regiones evaluadas y en las técnicas realizadas es el ácido hexadecanoato de metilo, como se puede observar en la tabla XIII.

Las diluciones que se utilizaron para todas las muestras fue 0,5 microlitros disuelto en 1 mililitro de metanol se centrifugó y se separó la parte sobrenadante y se inyectó un microlitro para realizar la cromatografía de gases acoplado a espectrometría de masas.

De esta prueba se obtuvieron cromatogramas para cada una de las muestras seleccionadas al azar, confirmando los resultados obtenidos en la cromatografía de capa fina. Los resultados se pueden observar en las figura 29 a la 40. La presencia de otros metabolitos en las oleorresinas con métodos a temperatura ambiente es el reflejo de la degradación orgánica que se da de manera natural.

Se procedió a la cuantificación de capsaicina, esta se realizó mediante una comparación con un estándar de capsaicina USP por medio de un análisis de cromatografía líquida de alta eficiencia (HPLC) donde se tomó una muestra al azar de cada técnica y región las cuales fueron analizadas por este método, los resultados se muestran en la tabla XIV, se puede observar que la cantidad de capsaicina recuperada en la oleorresina oscilo entre las 10,53 y 4,92.

Se observa que existen diferencias significativas entre los factores analizados de las técnicas de extracción, los estratos altitudinales y la interacción entre ellos, la oleorresina de chile cobanero no es una fuente significativa de capsaicina comparada con la capsaicina pura que registra la literatura con un valor de 1 000 000 partes por millón.

Por último se procedió a calcular las unidades de calor Scoville (SHU) de la oleorresina de chile cobanero con base en la cantidad de capsaicina presente como se puede observar en la figura 8. Se determinó que la oleorresina de chile cobanero con el mayor número de unidades de calor Scoville fue de 168,48 SHU; sin embargo, no es una oleorresina de alta pungencia debido a su poca cantidad de capsaicina presente.



## CONCLUSIONES

1. Sí existe diferencia significativa entre las cuatro diferentes técnicas de extracción evaluadas en el rendimiento de la oleorresina de chile cobanero.
2. Los valores de capsaicina reportados varían entre 4,93 y 10,53 ppm, por lo que la oleorresina de chile cobanero no es una fuente significativa de capsaicina comparada con la capsaicina pura que se registra en la literatura con un valor de 1 000 000 ppm.
3. El estrato altitudinal de procedencia de la materia prima y su interacción con las técnicas de extracción, según el análisis estadístico presentaron diferencias significativas en el porcentaje de rendimiento de oleorresina de chile cobanero.
4. La técnica que produce mayor rendimiento de extracción de la oleorresina de chile cobanero es la maceración dinámica con reflujo.
5. El metabolito secundario que se encuentra en mayor presencia en la oleorresina de chile cobanero es el hexadecanoato de metilo.
6. En función de obtención de *capsicum* fue la maceración dinámica la técnica donde se obtuvo la mayor cantidad.





## RECOMENDACIONES

1. Realizar otros estudios sobre oleorresinas de *capsicum* con base a especies de chiles que posean registros con altos índices de capsaicina.
2. Realizar estudios sobre las propiedades colorantes de la oleorresina de chile cobanero el cual se utiliza en las industrias alimenticia y textil.
3. Evaluar la eficiencia de las metodologías con diferentes solventes extractores.
4. Evaluar las diferencias significativas de rendimientos de extracción y porcentaje de capsaicina según temperatura y presión de la región del cultivo.



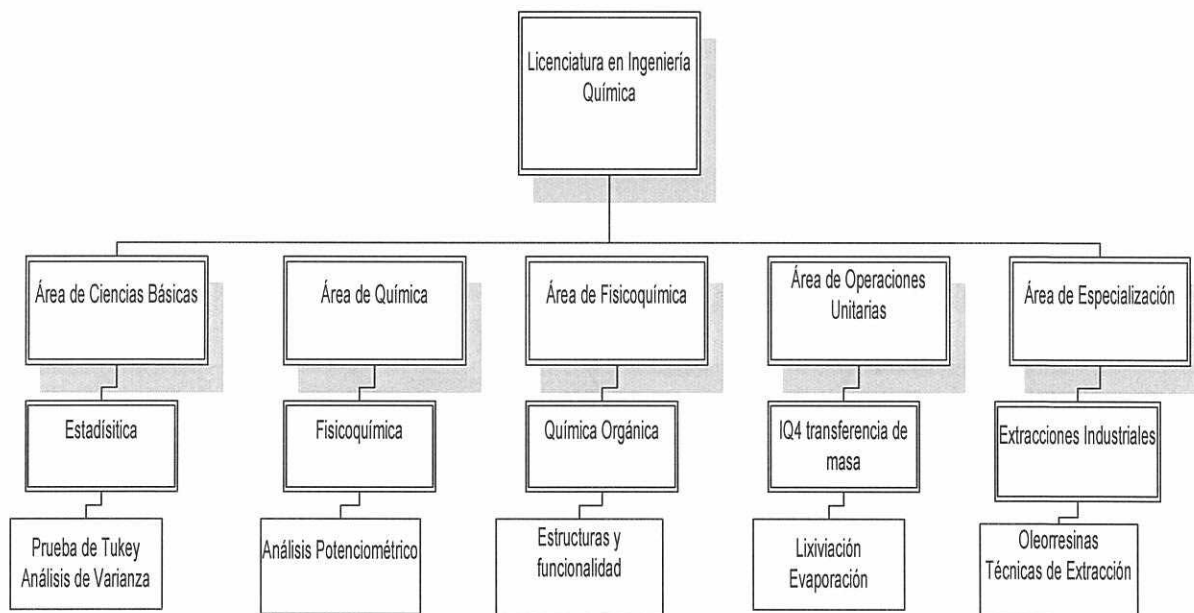
## BIBLIOGRAFÍA

1. AYALA VARGAS, Helmer Dagoberto. *Le IK, los chiles de Guatemala*. Trabajo de graduación de Ing. Agrónomo, Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Agronomía, 1996. 60 p.
2. CANO, Enio B. *Biodiversidad de Guatemala*. Publicación de revista Universidad del Valle. Guatemala 2006, 10-13 p. vol I
3. GEANKOPLIS, Chirstie J. *Procesos de transporte y operaciones unitarias*. 7a ed. México: Continental, 2005, 1007 p.
4. MORALES CANSINO, Ramón Francisco. *Caracterización agromorfológica y bromatológica de 16 cultivares de chile (*Capsicum spp*) de chile (*Capsicum spp*) colectados en el departamento de Petén bajo condiciones del municipio de Flores Petén, Guatemala*. Trabajo de graduación de Ing. Agrónomo, Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Agronomía, 1991. 94 p.
5. PERRY, Robert H. *Manual del ingeniero químico*. 7a ed. Estados Unidos: McGraw-Hill, 2001. 2240 p.
6. SHARAPIN, Nicolau. *Fundamentos de tecnología de productos fitoterapéuticos*. Bogotá: CYTED, 2000. 120 p.

7. SOBERANIS IBAÑEZ. Adrián, *Evaluación de propiedades fisicoquímicas de la oleorresina de cardamomo (Elletteria cardamomum, L. Matton) obtenida a nivel laboratorio utilizando dos métodos de lixiviación a tres diferentes temperaturas*. Trabajo de graduación de Ing. Químico, Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería 2009. 166 p.

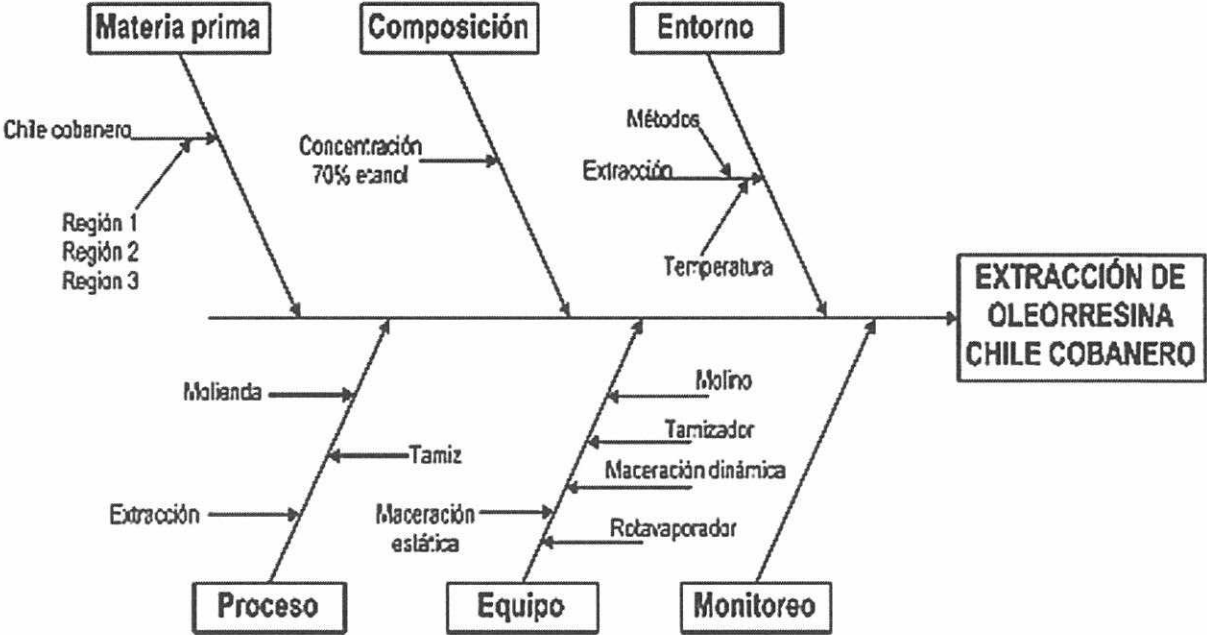
# APÉNDICE

## Apendice 1. Tabla de requisitos académicos



Fuente: elaboración propia.

Apendice 2. Diagrama de Causa y Efecto para obtención de las variables del proceso



Fuente: elaboración propia.

Apendice 3. **Datos preliminares**

Tabla XVI. **Porcentajes de humedad relativa de chile cobanero (*Capsicumannuum var cerasiforme*) previo al proceso extractivo**

Región	Muestra	Masa(g)	Tiempo(min)	%Humedad
Lanquín	1	2,01	15	8,5
	2	1,91	12	7,6
	3	1,93	13	7,43
Tucurú	1	1,021	10	7,67
	2	1,51	6	7,43
	3	1,45	8	7,23
La Tinta	1	1,03	13	7,98
	2	1,151	12	7,5
	3	1,9	11	7,25

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVII. **Datos para obtener el tamaño de partícula a utilizar previo la extracción de oleoresina**

Región	No de Tamiz	Cantidad de chile retenido (g)
Lanquín	5	181
	8	625
	12	884,6
	20	115,54
	30	38,6
	40	20,2
	50	4,08

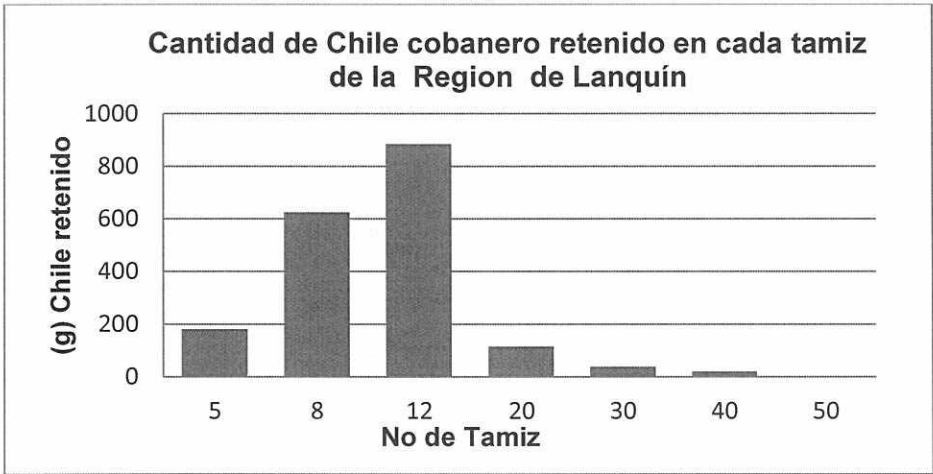


Continuación de tabla XVII.

Tucurú	5	220,7
	8	665
	12	816,46
	20	113,39
	30	25,56
	40	9,98
	50	3,89
La Tinta	5	174,6
	8	558
	12	855,7
	20	126,87
	30	34,5
	40	18,3
	50	4

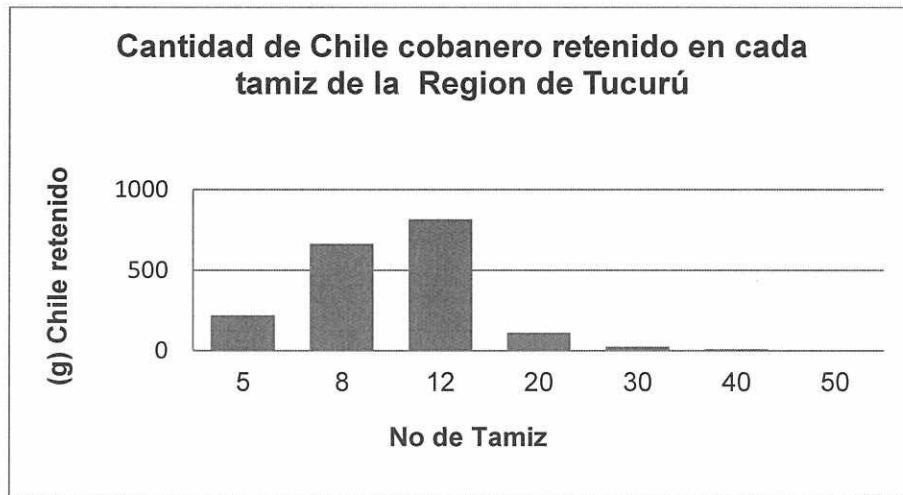
Fuente: elaboración propia

Figura 9. **Porcentaje retenido de chile cobanero (*Capsicum annum var cerasiforme*) en cada tamiz**



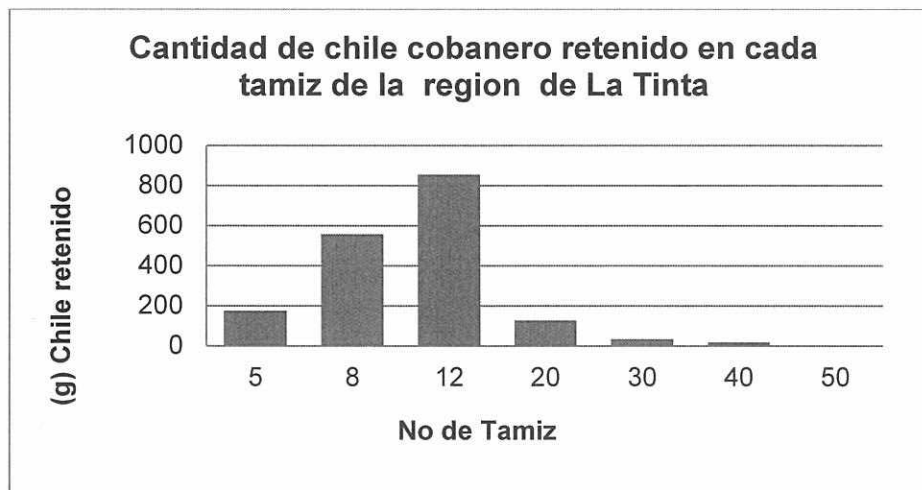
Fuente: elaboración propia.

Figura 10. **Porcentaje retenido de chile cobanero (*Capsicum annum* var *cerasiforme*) en cada tamiz**



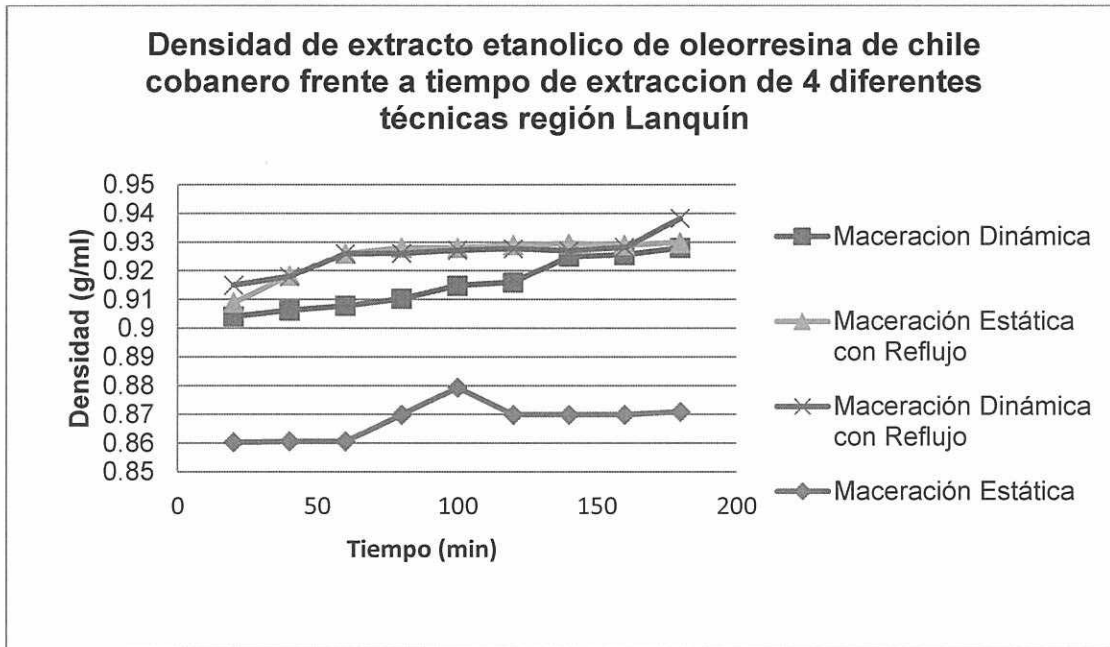
Fuente: elaboración propia.

Figura 11. **Porcentaje retenido de chile cobanero (*Capsicum annum* var *cerasiforme*) en cada tamiz**



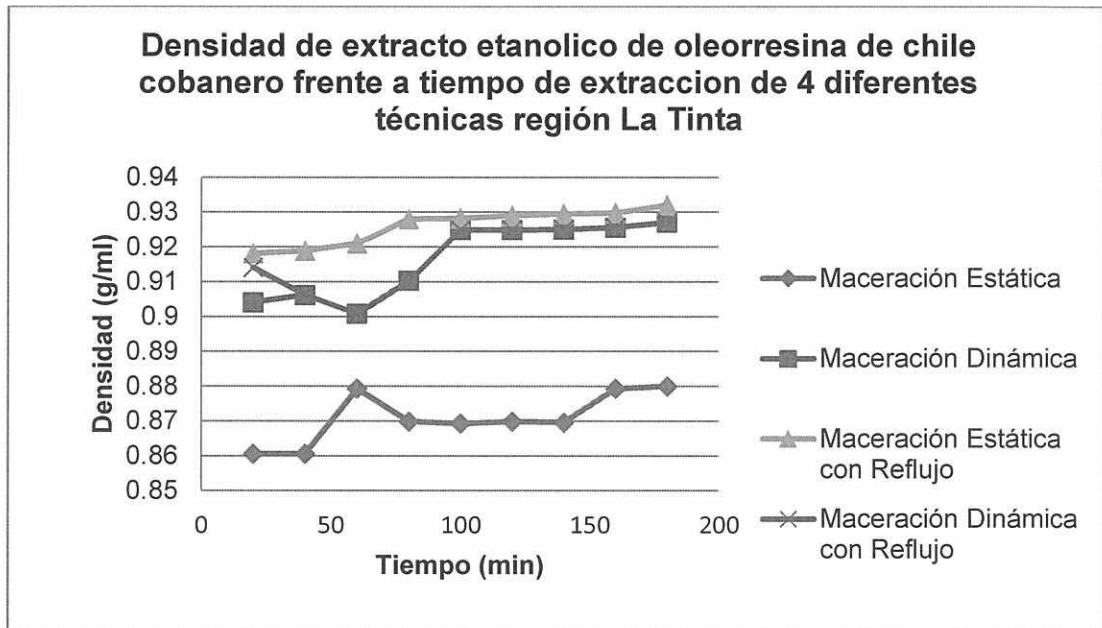
Fuente: elaboración propia.

Figura 12. Comportamiento de la densidad en el extracto etanólico durante el proceso extractivo de la oleorresina de chile cobanero (*Capsicum annum var cerasiforme*) para la región de Lanquín



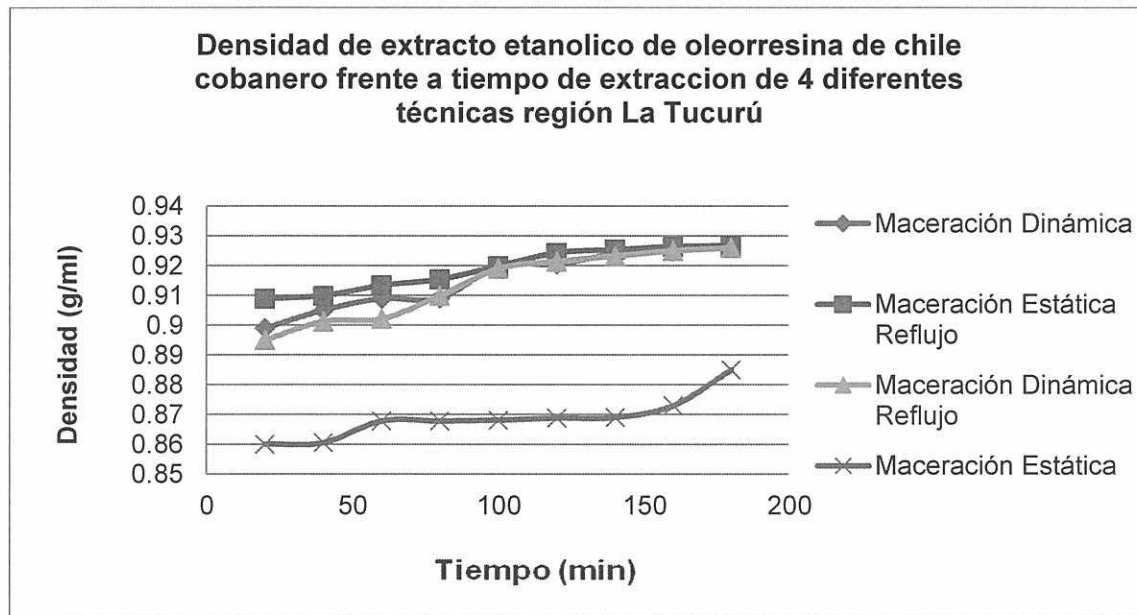
Fuente: elaboración propia.

Figura 13. Comportamiento de la densidad en el extracto etanólico durante el proceso extractivo de la oleorresina de chile cobanero (*Capsicum annuum var cerasiforme*) para la región de La Tinta



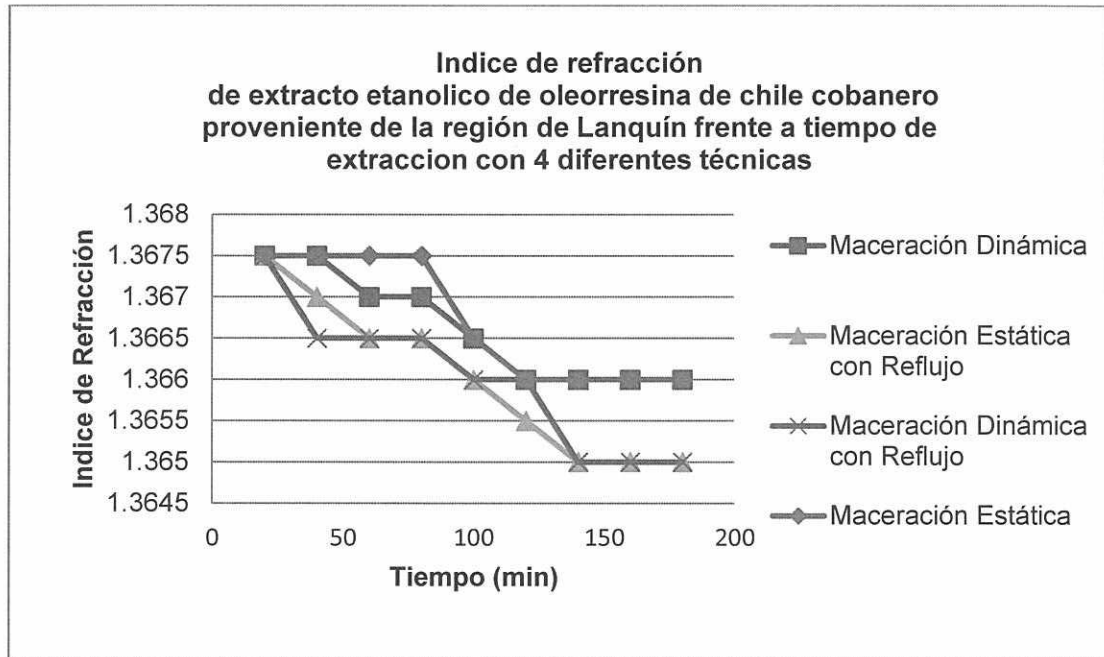
Fuente: elaboración propia.

Figura 14. Comportamiento de la densidad en el extracto etanólico durante el proceso extractivo de la oleorresina de chile cobanero (*Capsicum annum var cerasiforme*) para la región de Tukurú)



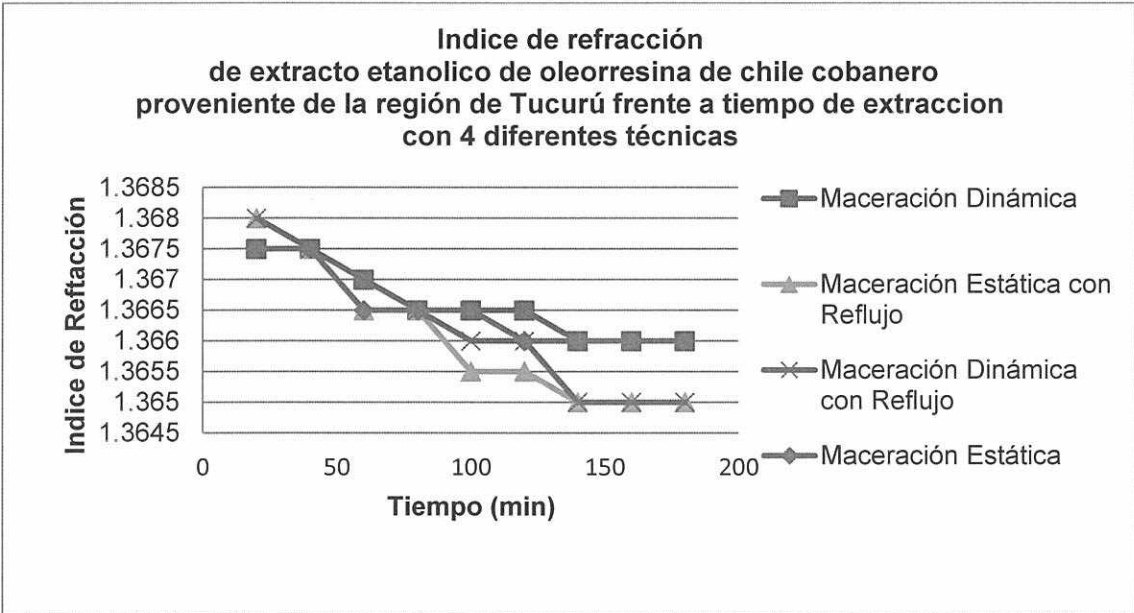
Fuente: elaboración propia.

Figura 15. Comportamiento del índice de refracción en el extracto etanólico durante el proceso extractivo de la oleoresina de chile cobanero (*Capsicum annum var cerasiforme*) para la región de Lanquín



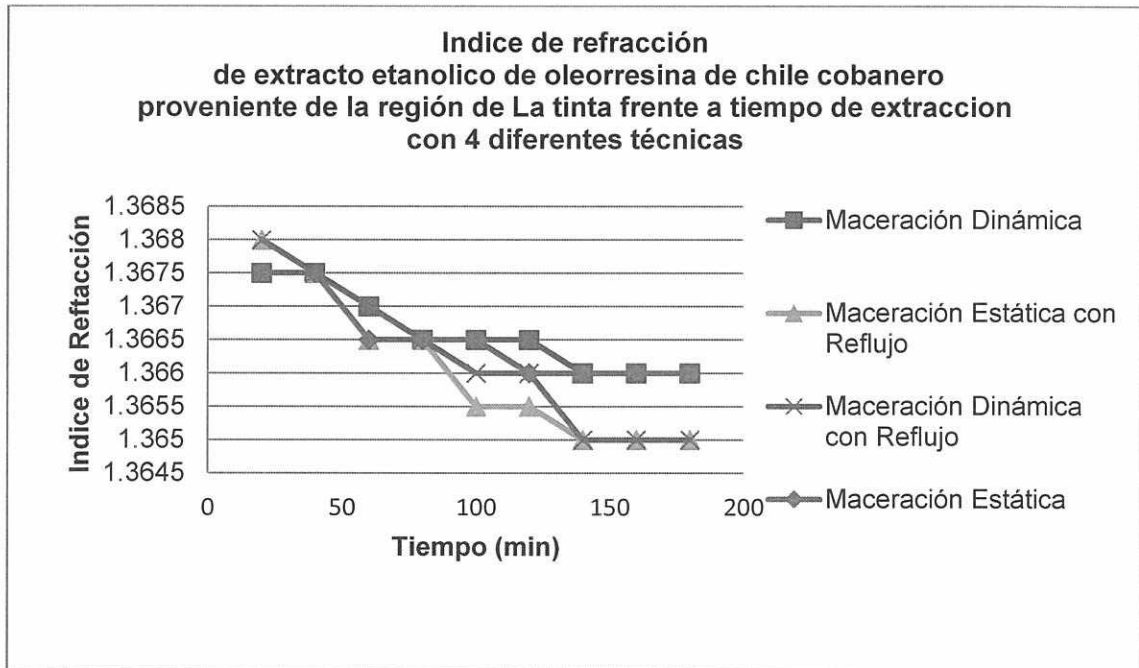
Fuente: elaboración propia.

Figura 16. Comportamiento del índice de refracción en el extracto etanólico durante el proceso extractivo de la oleorresina de chile cobanero (*Capsicum annuum var cerasiforme*) para la región de Tukurú



Fuente: elaboración propia.

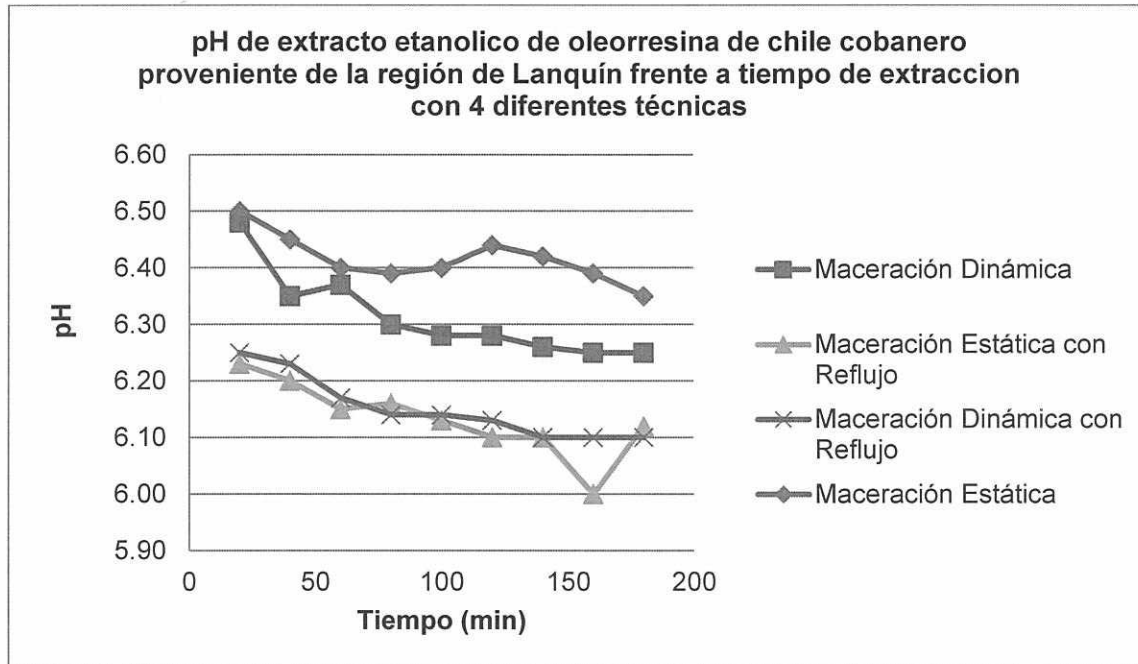
Figura 17. Comportamiento del índice de refracción en el extracto etanólico durante el proceso extractivo de la oleoresina de chile cobanero (*Capsicum annum var cerasiforme*) para la región de La Tinta



Fuente: elaboración propia.

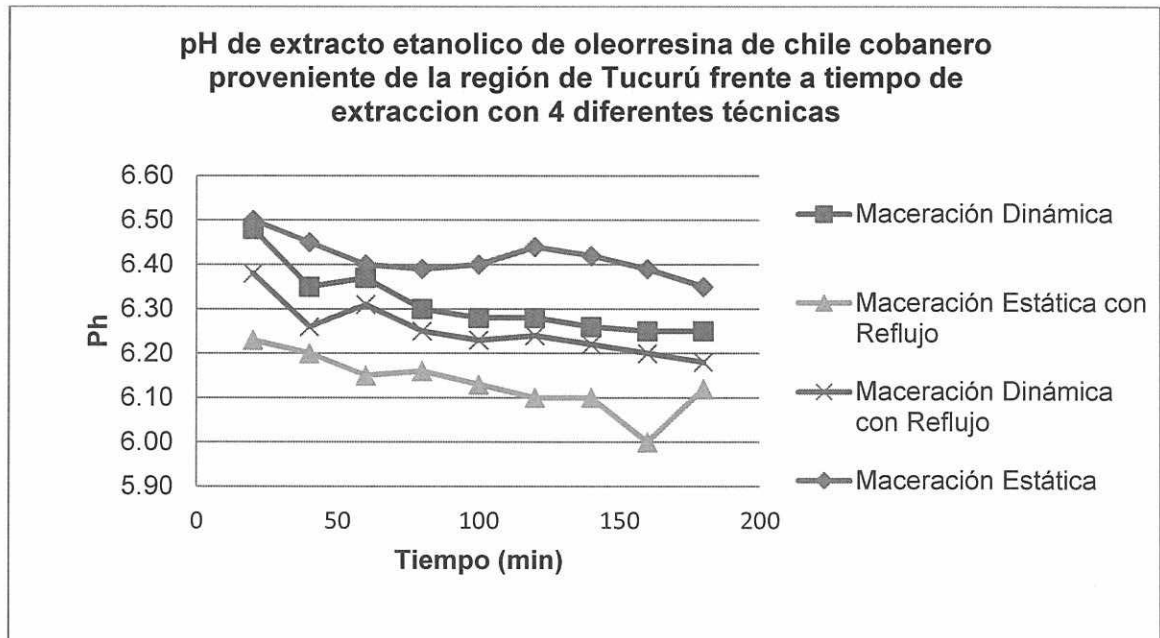


Figura 18. **Comportamiento del pH en el extracto etanólico durante el proceso extractivo de la oleorresina de chile cobanero (*Capsicum annum var cerasiforme*) para la región de Lanquín**



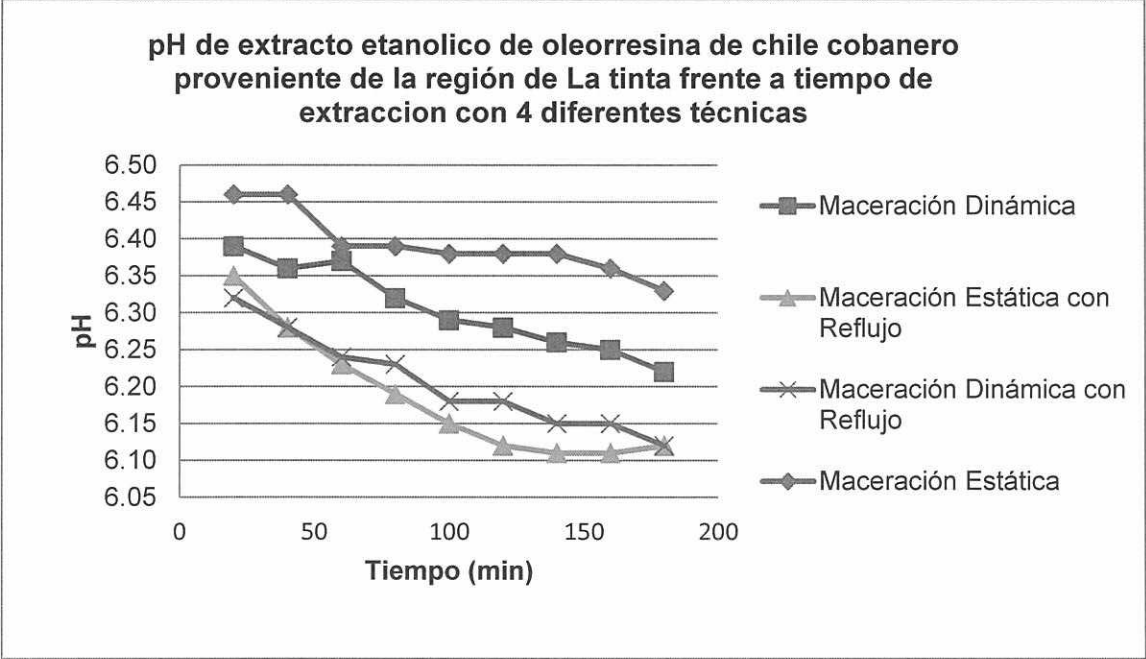
Fuente: elaboración propia.

Figura 19. Comportamiento del pH en el extracto etanólico durante el proceso extractivo de la oleoresina de chile cobanero (*Capsicum annuum var cerasiforme*) para la región de Tukurú



Fuente: elaboración propia.

Figura 20. **Comportamiento del pH en el extracto etanólico durante el proceso extractivo de la oleorresina de chile cobanero (*Capsicum annum var cerasiforme*) para la región de La Tinta**



Fuente: elaboración propia.

Tabla XVIII. **Monitoreo de la densidad e índice de refracción durante el proceso extractivo del extracto etanólico de Chile cobanero para la región de Lanquín**

Técnica de extracción	tiempo (min)	Masa extracto (g)	vol, Pic (ml)	Densidad extracto (g/mL)
Maceración estática	20	0,9197	1,069	0,8603
	40	0,9200	1,069	0,8606
	60	0,9200	1,069	0,8606
	80	0,9299	1,069	0,8699
	100	0,9400	1,069	0,8793
	120	0,9299	1,069	0,8699
	140	0,9299	1,069	0,8699
	160	0,9299	1,069	0,8699
	180	0,9310	1,069	0,8709
Maceración dinámica	20	0,9665	1,069	0,9041
	40	0,9687	1,069	0,9062
	60	0,9704	1,069	0,9078
	80	0,9731	1,069	0,9103
	100	0,9780	1,069	0,9149
	120	0,9792	1,069	0,916
	140	0,9888	1,069	0,925
	160	0,9895	1,069	0,9256
	180	0,9920	1,069	0,928
Maceración estática con reflujo	20	0,9717	1,069	0,909
	40	0,9817	1,069	0,9183
	60	0,9899	1,069	0,926
	80	0,9920	1,069	0,928
	100	0,9920	1,069	0,928
	120	0,9931	1,069	0,929
	140	0,9936	1,069	0,9295
	160	0,9931	1,069	0,929
	180	0,9940	1,069	0,9298
Maceración dinámica con reflujo	20	0,9781	1,069	0,915
	40	0,9813	1,069	0,918
	60	0,9899	1,069	0,926
	80	0,9900	1,069	0,9261
	100	0,9912	1,069	0,9272
	120	0,9917	1,069	0,9277
	140	0,9910	1,069	0,927
	160	0,9922	1,069	0,9282
	180	1,0029	1,069	0,9382

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIX. **Monitoreo de la densidad e índice de refracción durante el proceso extractivo del extracto etanólico de chile cobanero para la región de La Tinta**

Técnica de extracción	tiempo (min)	Masa extracto (g)	vol, Pic (ml)	Densidad extracto (g/mL)
Maceración estática	20	0,9200	1,069	0,8606
	40	0,9200	1,069	0,8606
	60	0,9400	1,069	0,8793
	80	0,9299	1,069	0,8699
	100	0,9293	1,069	0,8693
	120	0,9299	1,069	0,8699
	140	0,9296	1,069	0,8696
	160	0,9400	1,069	0,8793
	180	0,9407	1,069	0,8800
Maceración dinámica	20	0,9665	1,069	0,9041
	40	0,9687	1,069	0,9062
	60	0,9630	1,069	0,9008
	80	0,9731	1,069	0,9103
	100	0,9887	1,069	0,9249
	120	0,9887	1,069	0,9249
	140	0,9888	1,069	0,925
	160	0,9895	1,069	0,9256
	180	0,9910	1,069	0,927
Maceración estática con reflujo	20	0,9814	1,069	0,9181
	40	0,9823	1,069	0,9189
	60	0,9845	1,069	0,921
	80	0,9920	1,069	0,928
	100	0,9922	1,069	0,9282
	120	0,9931	1,069	0,929
	140	0,9936	1,069	0,9295
	160	0,9940	1,069	0,9298
	180	0,9963	1,069	0,932

Continuación de tabla XIX.

Maceración dinámica con reflujo	20	0,9772	1,069	0,9141
	40	0,9687	1,069	0,9062
	60	0,9630	1,069	0,9008
	80	0,9731	1,069	0,9103
	100	0,9887	1,069	0,9249
	120	0,9887	1,069	0,9249
	140	0,9888	1,069	0,925
	160	0,9895	1,069	0,9256
	180	0,9910	1,069	0,927

Fuente: elaboración propia.

Tabla XX. **Monitoreo de la densidad e índice de refracción durante el proceso extractivo del extracto etanólico de chile cobanero para la región de Tucurú**

Técnica de extracción	tiempo (min)	Masa extracto (g)	vol, Pic (ml)	Densidad extracto (g/mL)
Maceración estática	20	0,9193	1,069	0,86
	40	0,9199	1,069	0,8605
	60	0,9277	1,069	0,8678
	80	0,9277	1,069	0,8678
	100	0,9280	1,069	0,8681
	120	0,9287	1,069	0,8688
	140	0,9290	1,069	0,869
	160	0,9332	1,069	0,873
	180	0,9461	1,069	0,8850
Maceración dinámica	20	0,9610	1,069	0,899
	40	0,9674	1,069	0,905
	60	0,9716	1,069	0,9089
	80	0,9717	1,069	0,909
	100	0,9834	1,069	0,9199
	120	0,9840	1,069	0,9205
	140	0,9878	1,069	0,924
	160	0,9887	1,069	0,9249
	180	0,9904	1,069	0,9265

Continuación de tabla XX.

Maceración estática con reflujo	20	0,9716	1,069	0,9089
	40	0,9727	1,069	0,9099
	60	0,9764	1,069	0,9134
	80	0,9786	1,069	0,9154
	100	0,9834	1,069	0,9199
	120	0,9881	1,069	0,9243
	140	0,9893	1,069	0,9254
	160	0,9903	1,069	0,9264
	180	0,9906	1,069	0,9267
Maceración dinámica con reflujo	20	0,9568	1,069	0,895
	40	0,9634	1,069	0,9012
	60	0,9643	1,069	0,9021
	80	0,9727	1,069	0,9099
	100	0,9824	1,069	0,919
	120	0,9850	1,069	0,9214
	140	0,9869	1,069	0,9232
	160	0,9888	1,069	0,925
	180	0,9899	1,069	0,926

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXI. **Monitoreo del índice de refracción y pH durante el proceso extractivo de la olerorresina de chile cobanero para la región de Lanquín**

Técnica de extracción	tiempo (min)	IR	pH
Maceración estática	20	1,3675	6,50
	40	1,3675	6,45
	60	1,3675	6,40
	80	1,3675	6,39
	100	1,3665	6,40
	120	1,366	6,44
	140	1,366	6,42
	160	1,366	6,39
	180	1,366	6,35

Continuación de tabla XXI.

Maceración dinámica	20	1,3675	6,48
	40	1,3675	6,35
	60	1,367	6,37
	80	1,367	6,30
	100	1,3665	6,28
	120	1,366	6,28
	140	1,366	6,26
	160	1,366	6,25
	180	1,366	6,25
Maceración estática con reflujo	20	1,3675	6,23
	40	1,367	6,2
	60	1,3665	6,15
	80	1,3665	6,16
	100	1,366	6,13
	120	1,3655	6,1
	140	1,365	6,1
	160	1,365	6
	180	1,365	6,12
Maceración dinámica con reflujo	20	1,3675	6,25
	40	1,3665	6,23
	60	1,3665	6,17
	80	1,3665	6,14
	100	1,366	6,14
	120	1,366	6,13
	140	1,365	6,1
	160	1,365	6,1
	180	1,365	6,1

Fuente: elaboración propia.



Tabla XXII. **Monitoreo del índice de refracción y pH durante el proceso extractivo de la olerorresina de chile cobanero para la región de La Tinta**

Técnica de extracción	tiempo (min)	IR	pH
Maceración estática	20	1,3675	6,46
	40	1,3675	6,46
	60	1,3675	6,39
	80	1,3675	6,39
	100	1,3665	6,38
	120	1,366	6,38
	140	1,366	6,38
	160	1,366	6,36
	180	1,366	6,33
Maceración dinámica	20	1,3675	6,39
	40	1,367	6,36
	60	1,367	6,37
	80	1,367	6,32
	100	1,3665	6,29
	120	1,366	6,28
	140	1,366	6,26
	160	1,366	6,25
	180	1,366	6,22
Maceración estática con reflujo	20	1,3675	6,35
	40	1,367	6,28
	60	1,367	6,23
	80	1,3665	6,19
	100	1,3665	6,15
	120	1,3655	6,12
	140	1,365	6,11
	160	1,365	6,11
	180	1,365	6,12
Maceración dinámica con reflujo	20	1,368	6,32
	40	1,3675	6,28
	60	1,367	6,24
	80	1,3665	6,23
	100	1,3655	6,18
	120	1,3655	6,18
	140	1,3645	6,15
	160	1,3645	6,15
	180	1,3645	6,12

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIII. **Monitoreo del índice de refracción y pH durante el proceso extractivo de la olerorresina de chile cobanero para la región de Tukurú**

Técnica de extracción	tiempo (min)	IR	pH
Maceración estática	20	1,3675	6,50
	40	1,3675	6,45
	60	1,3665	6,40
	80	1,3665	6,39
	100	1,3665	6,40
	120	1,366	6,44
	140	1,366	6,42
	160	1,366	6,39
	180	1,366	6,35
Maceración dinámica	20	1,3675	6,48
	40	1,3675	6,35
	60	1,367	6,37
	80	1,3665	6,30
	100	1,3665	6,28
	120	1,3665	6,28
	140	1,366	6,26
	160	1,366	6,25
	180	1,366	6,25
Maceración estática con reflujo	20	1,368	6,23
	40	1,3675	6,2
	60	1,3665	6,15
	80	1,3665	6,16
	100	1,3655	6,13
	120	1,3655	6,1
	140	1,365	6,1
	160	1,365	6
	180	1,365	6,12

Continuación de la tabla XXIII.

Maceración dinámica con reflujo	20	1,368	6,38
	40	1,3675	6,26
	60	1,367	6,31
	80	1,3665	6,25
	100	1,366	6,23
	120	1,366	6,24
	140	1,365	6,22
	160	1,365	6,2
	180	1,365	6,18

Fuente: elaboración propia.

### Muestra de cálculo

- Porcentaje de rendimiento de la oleorresina de chile cobanero

$$\%R = \frac{w_f - w_0}{w_{mt}} * 100 \quad (\text{Ecuación 5})$$

Donde:

$W_0$  = peso tara del balón (g)

$W_f$  = peso final del balón con oleorresina concentrada (g)

$W_{mt}$  = peso inicial de materia prima, (g)

Ejemplo: para los datos obtenidos para la corrida 1 utilizando chile cobanero procedente de Lanquín para la técnica de extracción maceración dinámica.

Peso tara del balón = 68,411g

Peso final del balón = 73,1133g

Peso inicial materia prima = 20 g

$$\%R = \frac{73,1133g - 68,411g}{20g} * 100 = 23,51\%$$

- Densidad del extracto etanólico de chile cobanero

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (\text{Ecuación 6})$$

Donde:

$\rho$  = densidad (g/ml)

$m$  = masa (g)

$V$  = volumen (ml)

Ejemplo: para los datos obtenidos para la corrida 1 utilizando chile cobanero procedente de Lanquín para la técnica de extracción maceración dinámica.

Masa del extracto: 0,9920 g

Volumen del picnómetro: 1,069ml

$$\rho = \frac{0,9920\text{g}}{1,069\text{ml}} = 0,9279\text{g/ml}$$

- Cálculo de las unidades de calor Scoville (SHU) de la Oleorresina de chile cobanero (*Capsicum annuum var cerasiforme*)

Para determinar las unidades de calor Scoville en la Oleorresina de chile cobanero (*Capsicum annuum var ceraciforme*) se requiere la cantidad de capsaicina presente reportada en ppm a partir del análisis de cromatografía líquida de alta eficiencia (HPLC) y ese dato se multiplica por un factor de 16,

$$\text{Unidades de calor Scoville (SHU)} = \text{cantidad de capsaicina (ppm)} * 16$$

(Ecuación 7)

Ejemplo: datos obtenidos de la cromatografía líquida de alta eficiencia (HPLC) para la oleorresina extraída mediante la técnica maceración dinámica de la región de Lanquín, utilizando la ecuación.

$$\text{Unidades de calor Scoville (SHU)} = 10,53 \text{ (ppm)} * 16 = 168,48 \text{ SHU}$$

## Datos calculados

Tabla XXIV. **Porcentaje de rendimiento de Oleorresina de Chile cobanero (*Capsicum annuum var cerasiforme*) maceración dinámica**

Región	Corrida	Mat Prima (g)	Peso inicial balón (g)	Peso final Balón (g)	%Rendimiento real
Lanquín	1	20,00	68,41	73,11	23,51
	2	20,15	68,41	73,13	23,42
	3	20,20	68,42	73,19	23,61
Tucurú	1	22,10	68,41	73,69	23,90
	2	21,10	68,40	73,29	23,17
	3	21,15	68,41	73,23	22,77
La Tinta	1	20,77	68,41	72,99	22,06
	2	20,70	68,40	73,20	23,19
	3	20,03	68,41	73,31	24,45

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXV. **Porcentaje de rendimiento de Oleorresina de chile cobanero (*Capsicum annuum var cerasiforme*) maceración estática**

Región	Corrida	Mat Prima (g)	Peso inicial balón (g)	Peso final balón (g)	%Rendimiento real (g)
Lanquín	1	20,72	68,41	70,36	9,43
	2	20,28	68,41	70,46	10,10
	3	20,73	68,41	70,46	9,88
Tucurú	1	20,85	68,41	71,28	13,78
	2	20,22	68,41	71,01	12,84
	3	20,19	68,42	71,06	13,09
La Tinta	1	20,51	68,41	70,36	9,52
	2	20,24	68,41	70,93	12,43
	3	20,98	68,42	71,05	12,56

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVI. **Porcentaje de rendimiento de Oleorresina de Chile cobanero (*Capsicum annuum var cerasiforme*) maceración dinámica reflujo**

Región	Corrida	Mat Prima (g)	Peso inicial balón (g)	Peso final balón (g)	%Rendimiento real (g)
Lanquín	1	20,00	68,40	73,50	25,50
	2	20,84	68,41	73,90	26,34
	3	21,39	68,40	73,74	24,98
Tucurú	1	20,89	68,41	73,78	25,70
	2	20,08	68,42	73,50	25,32
	3	20,06	68,41	73,57	25,70
La Tinta	1	21,59	68,40	73,69	24,48
	2	20,24	68,41	73,67	25,99
	3	21,81	68,41	74,02	25,68

Fuente: elaboración propia.



Tabla XXVII. **Porcentaje de rendimiento de Oleorresina de chile cobanero (*Capsicum annum var cerasiforme*) maceración estática reflujo**

Región	Corrida	Mat Prima (g)	Peso inicial balón (g)	Peso inicial balón (g)	%Rendimiento real (g)
Lanquín	1	20,21	68,41	73,06	22,99
	2	20,15	68,41	73,11	23,32
	3	20,10	68,41	73,17	23,64
Tucurú	1	20,13	68,41	73,20	23,78
	2	20,12	68,41	73,45	25,01
	3	21,02	68,41	73,34	23,44
La Tinta	1	20,16	68,41	73,19	23,72
	2	21,02	68,41	73,24	22,95
	3	20,34	68,41	73,46	24,82

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVIII. **Unidades de calor Scoville (SHU) en función de la cantidad de capsaicina presente en la Oleorresina de chile cobanero (*Capsicum annum var cerasiforme*)**

Región	Técnica de Extracción	ppm	%P/P	(SHU)
Lanquín	Maceración Estática	4,92	0,72	78,72
	Maceración Dinámica	10,53	1,53	168,48
	Maceración Estática Reflujo	9,47	1,38	151,52
	Maceración Dinámica Reflujo	7,4	1,08	118,4
Tucurú	Maceración Estática	9,39	1,36	150,24
	Maceración Dinámica	7,96	1,16	127,36
	Maceración Estática Reflujo	5,81	0,84	92,96
	Maceración Dinámica Reflujo	7,14	1,04	114,24
La tinta	Maceración Estática	6,69	0,97	107,04
	Maceración Dinámica	8,24	1,2	131,84
	Maceración Estática Reflujo	7,3	1,06	116,8
	Maceración Dinámica Reflujo	8,75	1,27	140

Fuente: elaboración propia



## ANEXO

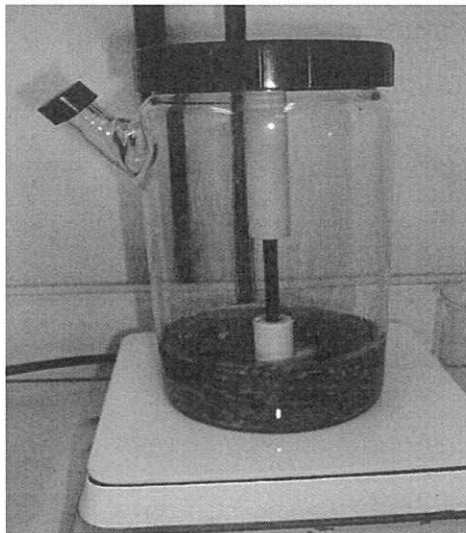
### Anexo 1. **Fotografías del proceso**

#### Figura 21. **Chile cobanero molido**



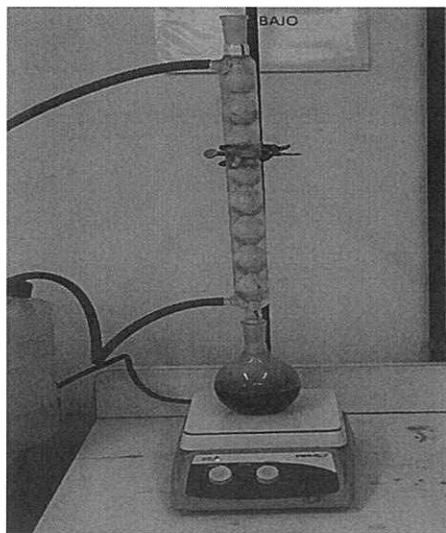
Fuente: laboratorio LIEXVE.

#### Figura 22. **Extracción de oleorresina de chile cobanero con la técnica de maceración dinámica**



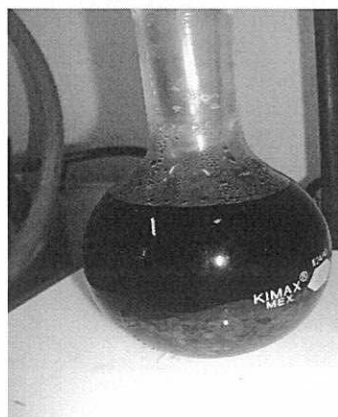
Fuente: laboratorio LIEXVE.

Figura 23. **Extracción de oleorresina de chile cobanero con la técnica de maceración dinámica con reflujo**



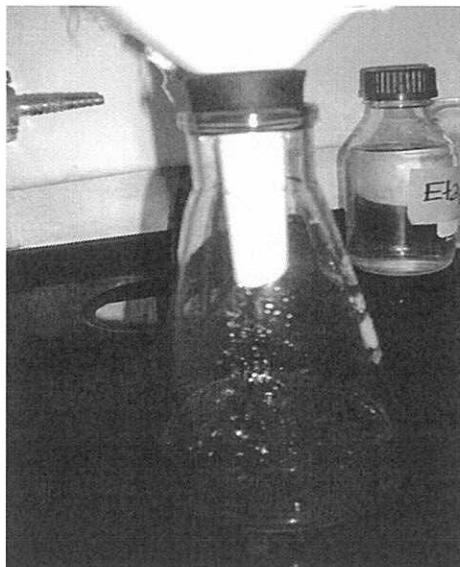
Fuente: laboratorio LIEXVE.

Figura 24. **Extracción de oleorresina de chile cobanero con la técnica de maceración estática con reflujo**



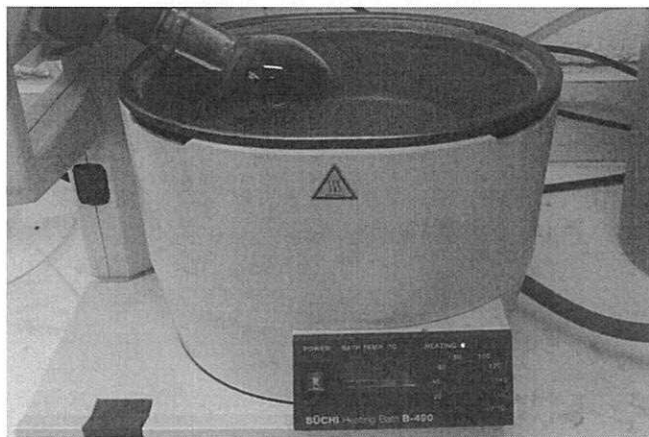
Fuente: laboratorio LIEXVE.

Figura 25. **Filtración de extracto etanólico de Oleorresina de chile cobanero**



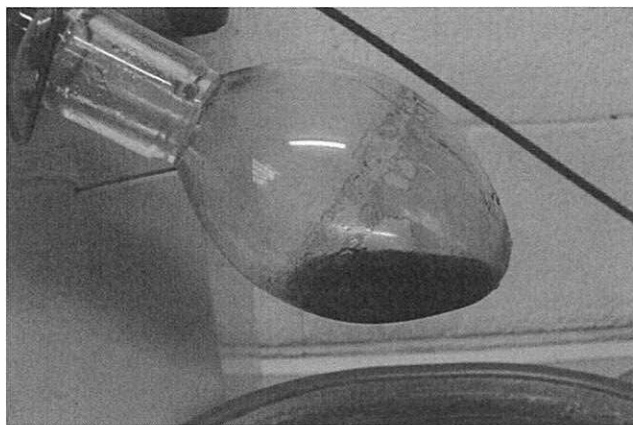
Fuente: laboratorio LIEXVE.

Figura 26. **Rotaevaporacion de extracto etanólico de Oleorresina de chile cobanero**



Fuente: laboratorio LIEXVE.

Figura 27. **Oleorresina de chile cobanero punto miel**



Fuente: laboratorio LIEXVE.

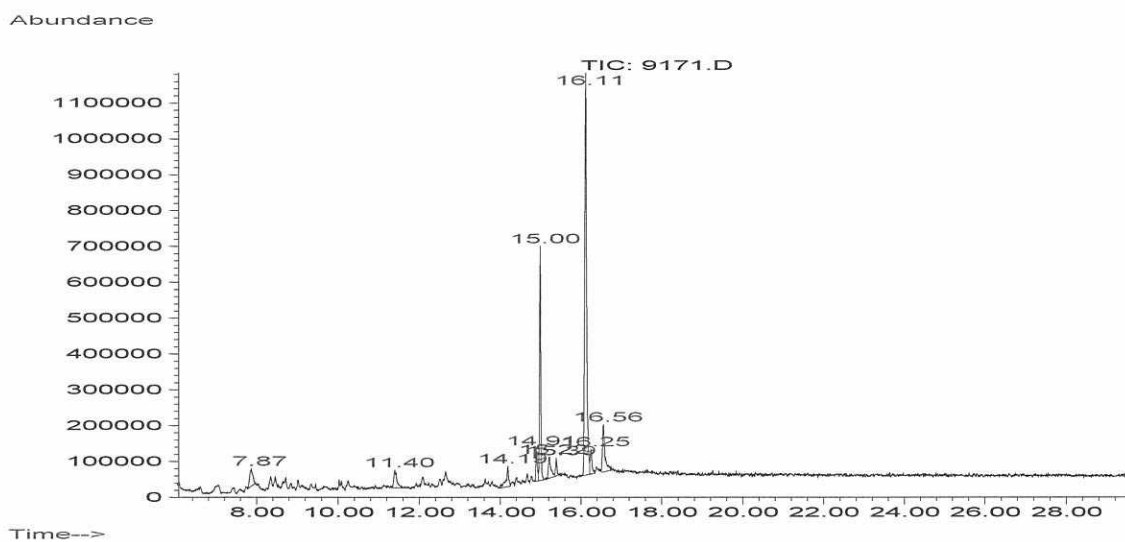
Figura 28. **Oleorresina de chile cobanero envasada**



Fuente: laboratorio LIEXVE.

Anexo 2. **Cromatogramas**

Figura 29. **Cromatograma para maceración dinámica reflujo región La Tinta**

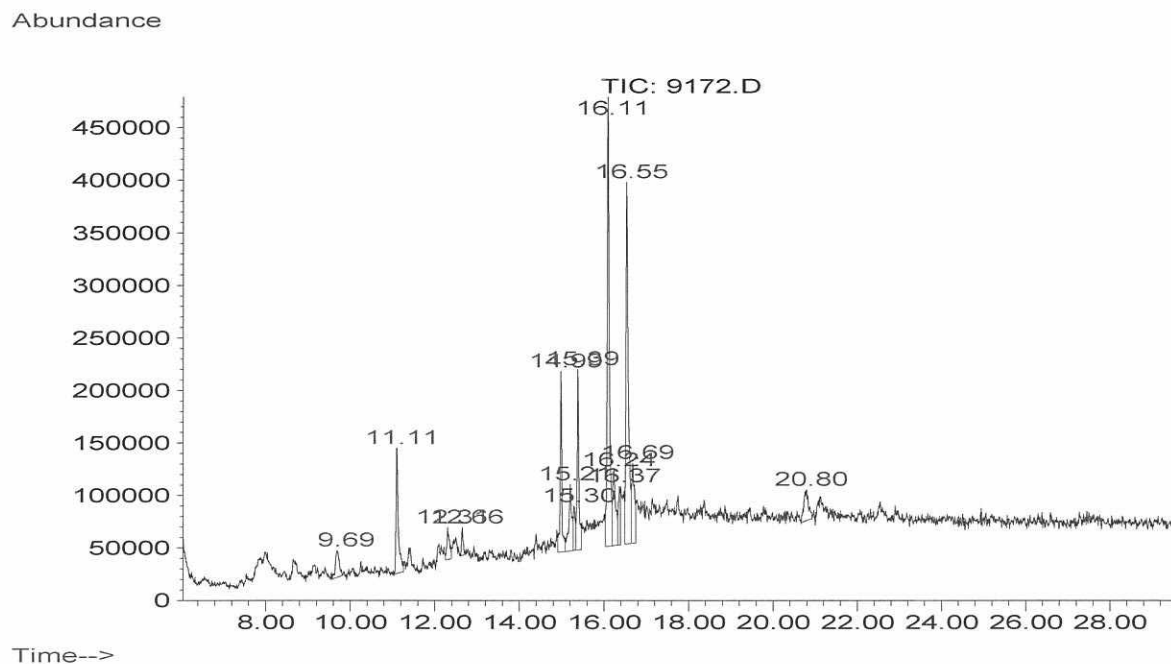


Information from Data File:

File: C:\HPCHEM\1\DATA\9171.D  
Operator: mca  
Date Acquired: 2 Aug 11 8:28  
Method File: RAFAEL  
Sample Name: 9171  
Misc Info:  
Vial Number: 1



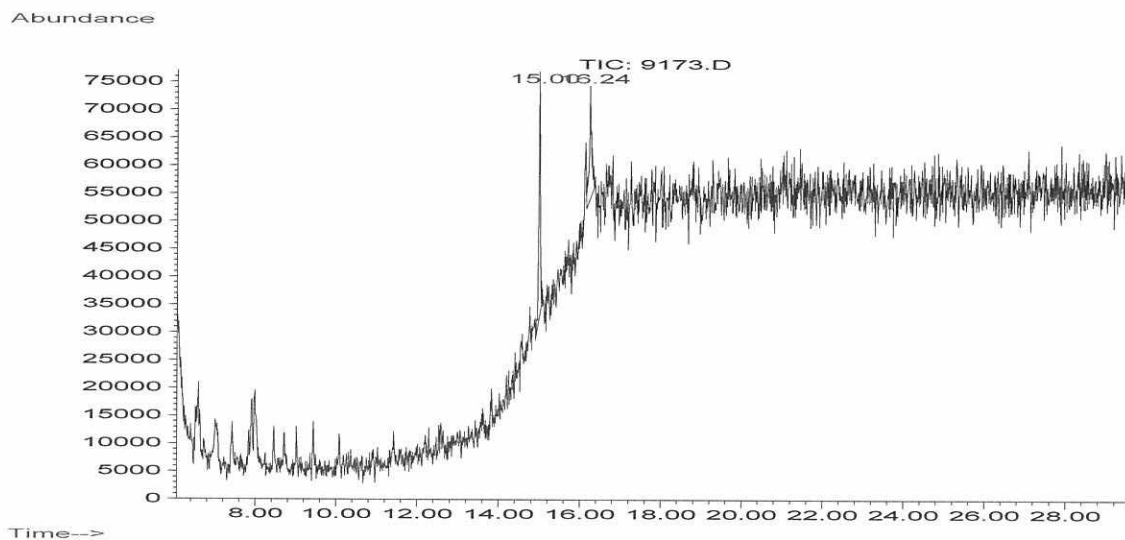
Figura 30. Cromatograma para maceración dinámica región La Tinta



Information from Data File:

File: C:\HPCHEM\1\DATA\9172.D  
Operator: mca  
Date Acquired: 5 Aug 11 14:29  
Method File: RAFAEL  
Sample Name: 9172  
Misc Info:  
Vial Number: 1

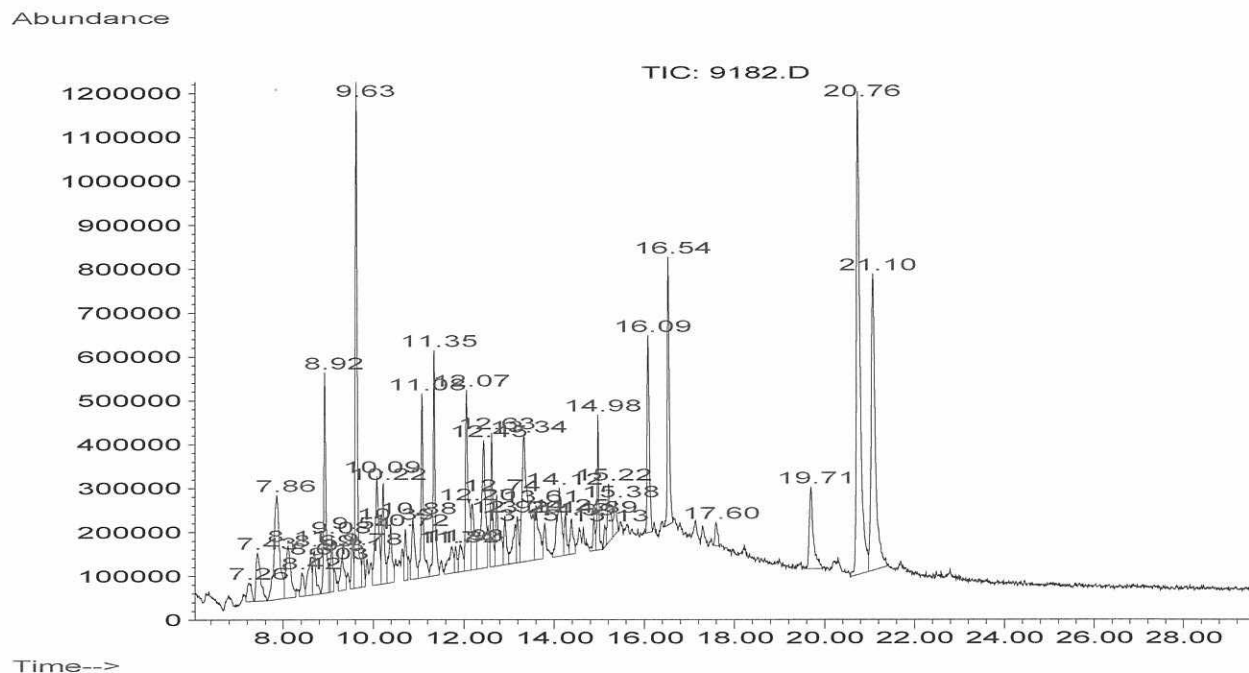
Figura 31. Cromatograma para maceración estática región la Tinta



Information from Data File:

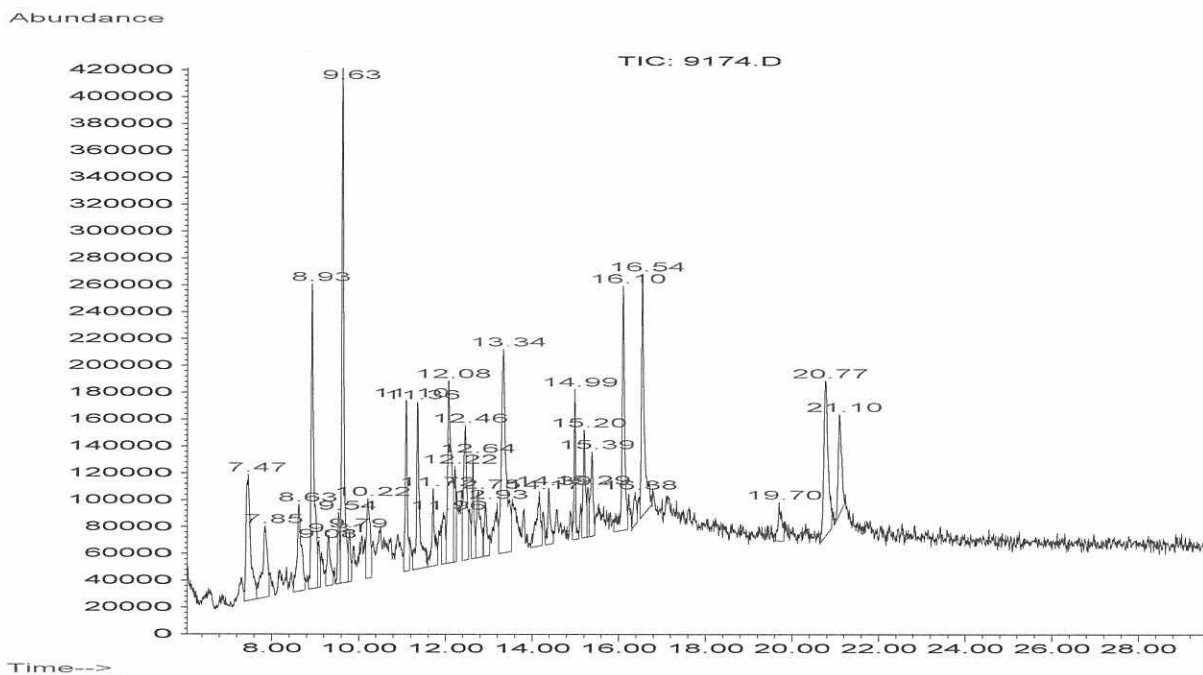
File: C:\HPCHEM\1\DATA\9173.D  
Operator: mca  
Date Acquired: 8 Aug 11 9:49  
Method File: RAFAEL  
Sample Name: 9173  
Misc Info:  
Vial Number: 1

Figura 32. Cromatograma para maceración estática reflujo región La Tinta



Information from Data File:  
 File: C:\HPCHEM\1\DATA\9182.D  
 Operator: MCS  
 Date Acquired: 1 Sep 11 11:21  
 Method File: RAFAEL  
 Sample Name: 9182  
 Misc Info:  
 Vial Number: 1

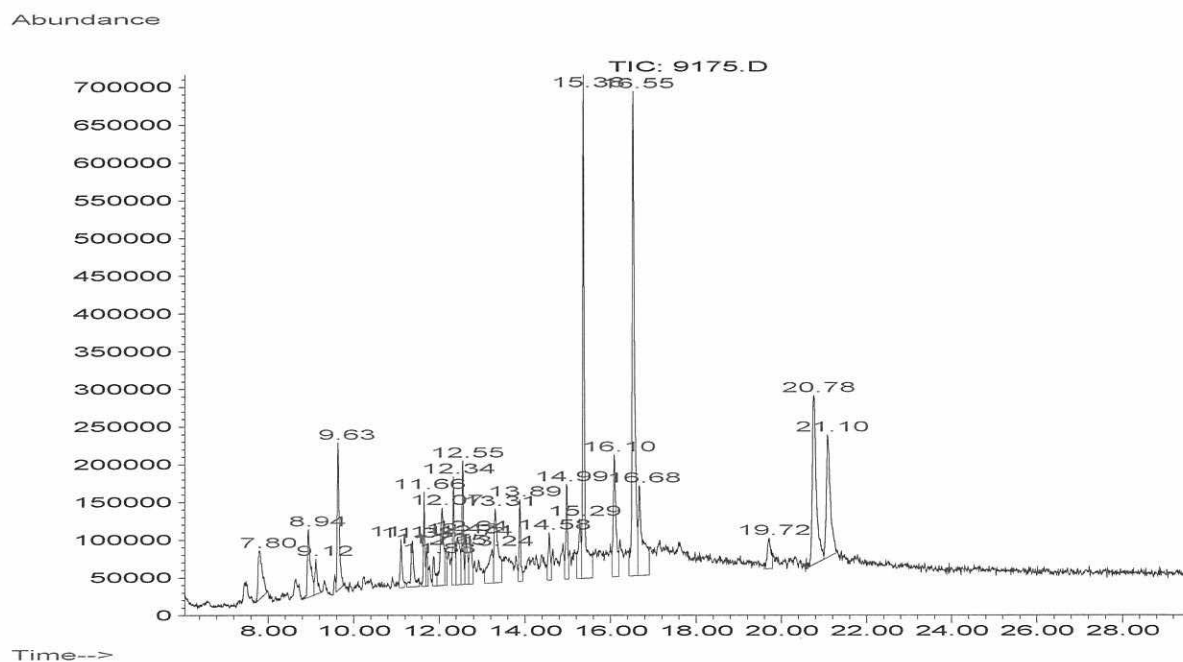
Figura 33. Cromatograma para maceración dinámica región Lanquín



Information from Data File:

File: C:\HPCHEM\1\DATA\9174.D  
Operator: mca  
Date Acquired: 8 Aug 11 10:35  
Method File: RAFAEL  
Sample Name: 9174  
Misc Info:  
Vial Number: 1

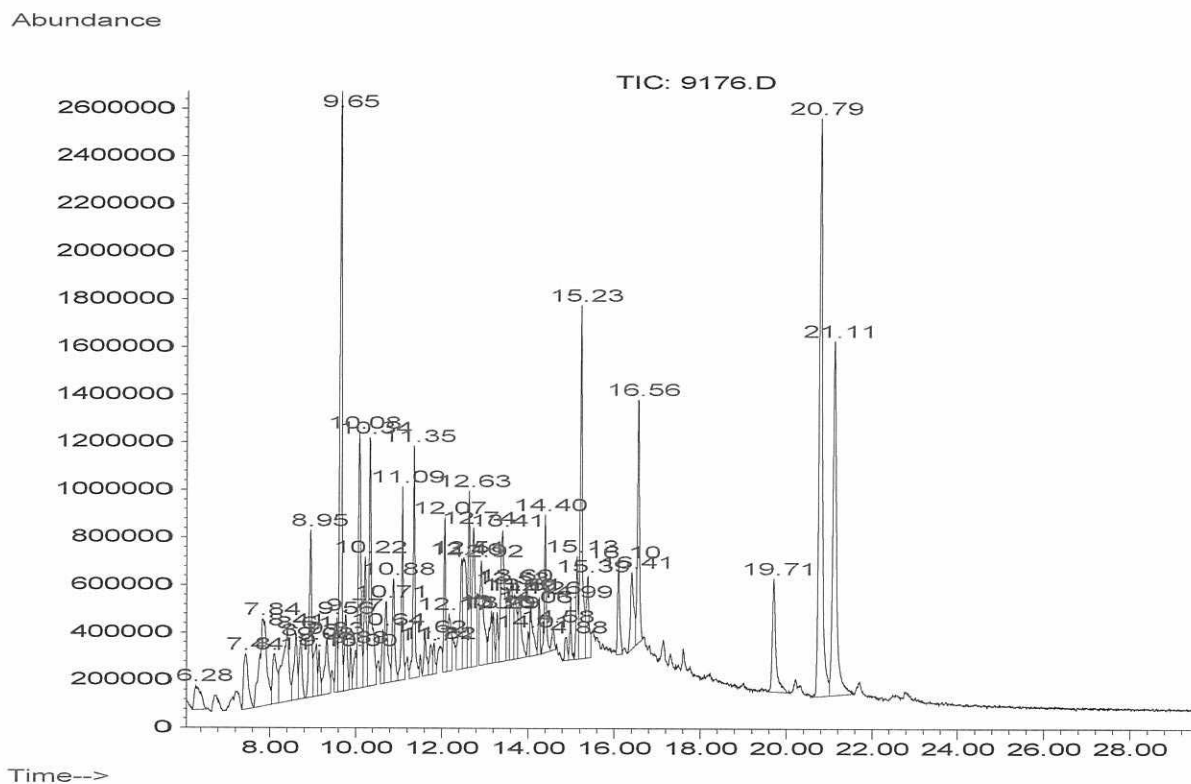
Figura 34. **Cromatograma para maceración estática reflujo región Lanquín**



Information from Data File:

File: C:\HPCHEM1\DATA\9175.D  
 Operator: MCS  
 Date Acquired: 29 Aug 11 12:34  
 Method File: RAFAEL  
 Sample Name: 9175  
 Misc Info:  
 Vial Number: 1

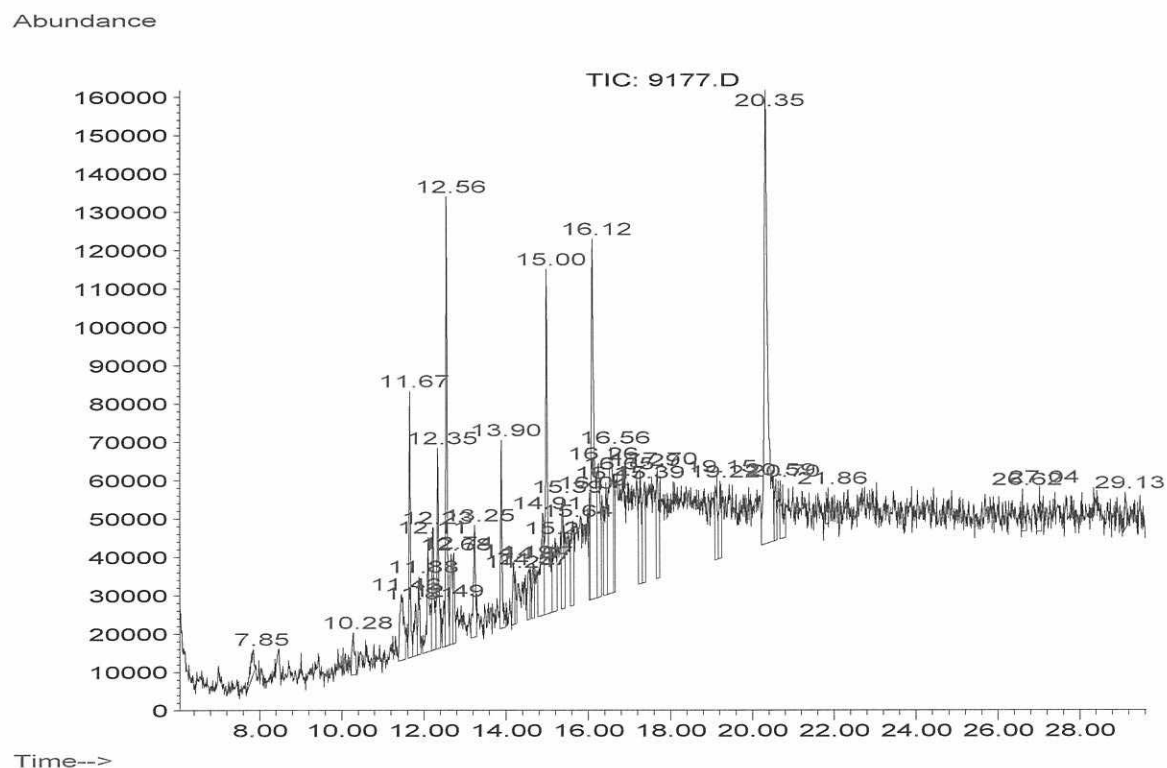
Figura 35. Cromatograma para maceración estática región Lanquín



Information from Data File:

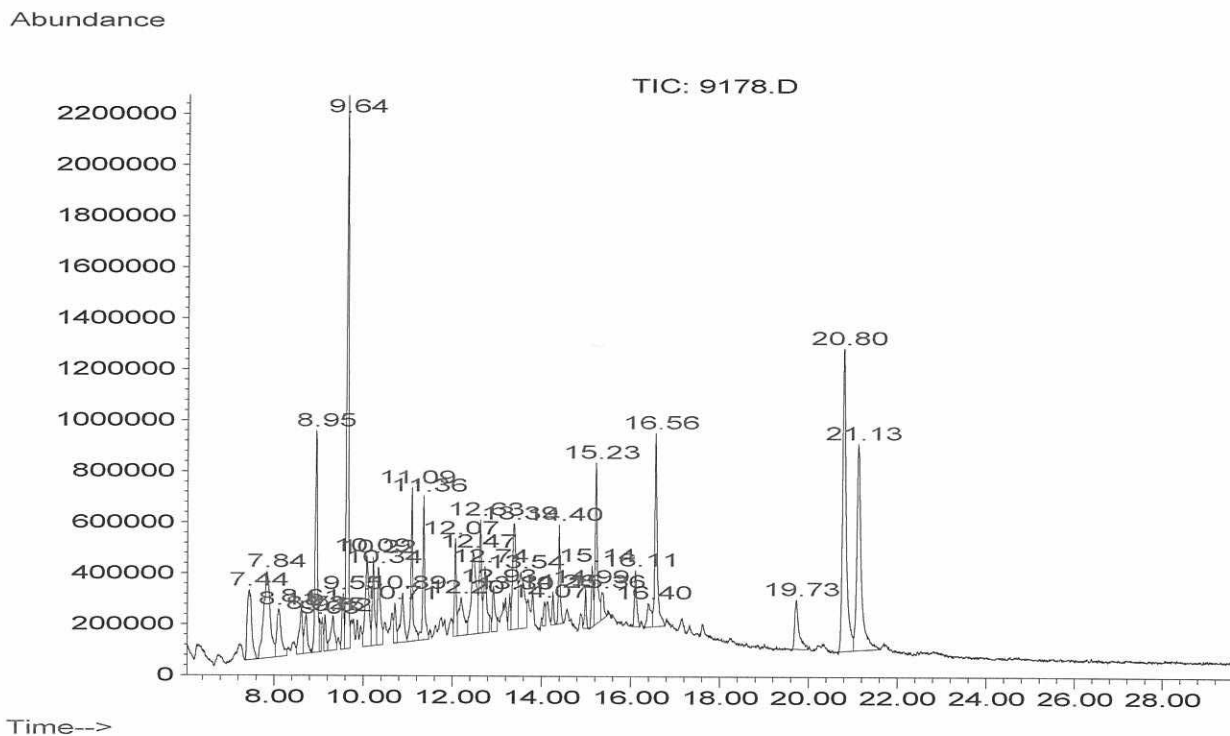
File: C:\HPCHEM\1\DATA\9176.D  
Operator: MCS  
Date Acquired: 12 Aug 11 14:59  
Method File: RAFAEL  
Sample Name: 9176  
Misc Info:  
Vial Number: 1

Figura 36. **Cromatograma para maceración dinámica reflujo región Lanquín**



Information from Data File:  
 File: C:\HPCHEM\1\DATA\9177.D  
 Operator: MCS  
 Date Acquired: 29 Aug 11 14:10  
 Method File: RAFAEL  
 Sample Name: 9177  
 Misc Info:  
 Vial Number: 1

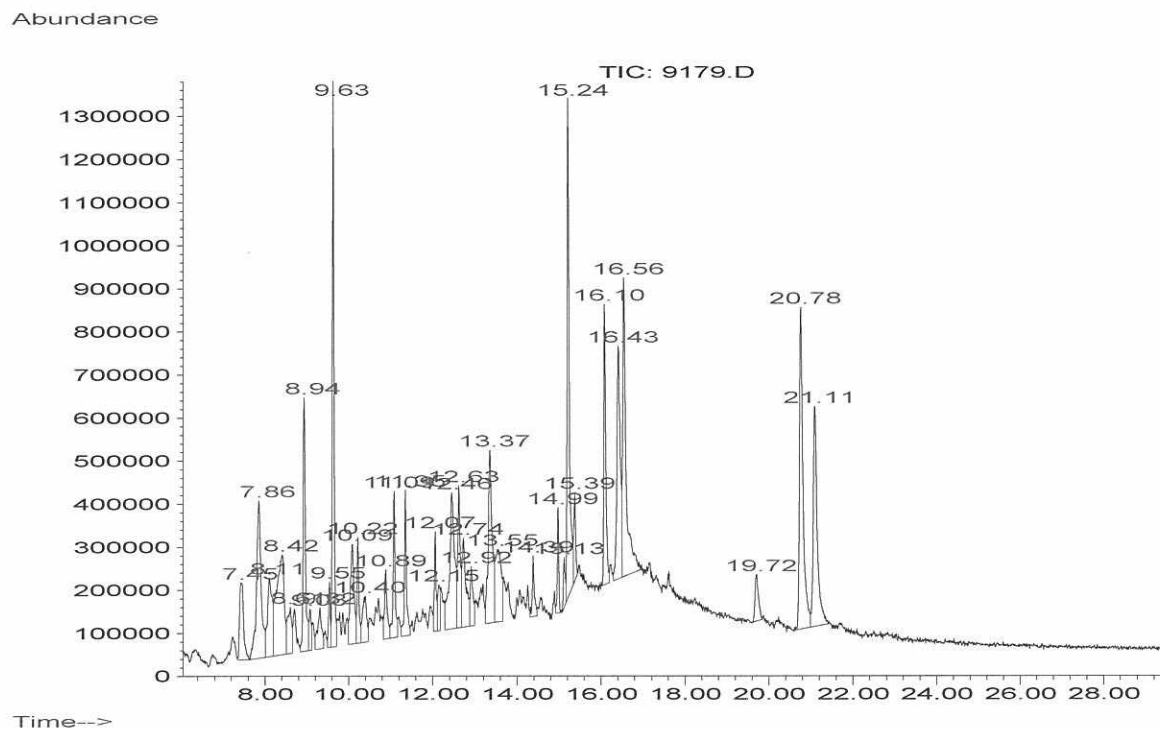
Figura 37. Cromatograma para maceración dinámica región Tukurú



Information from Data File:  
 File: C:\HPCHEM\1\DATA\9178.D  
 Operator: mca  
 Date Acquired: 31 Aug 11 8:20  
 Method File: RAFAEL  
 Sample Name:  
 Misc Info:  
 Vial Number: 1



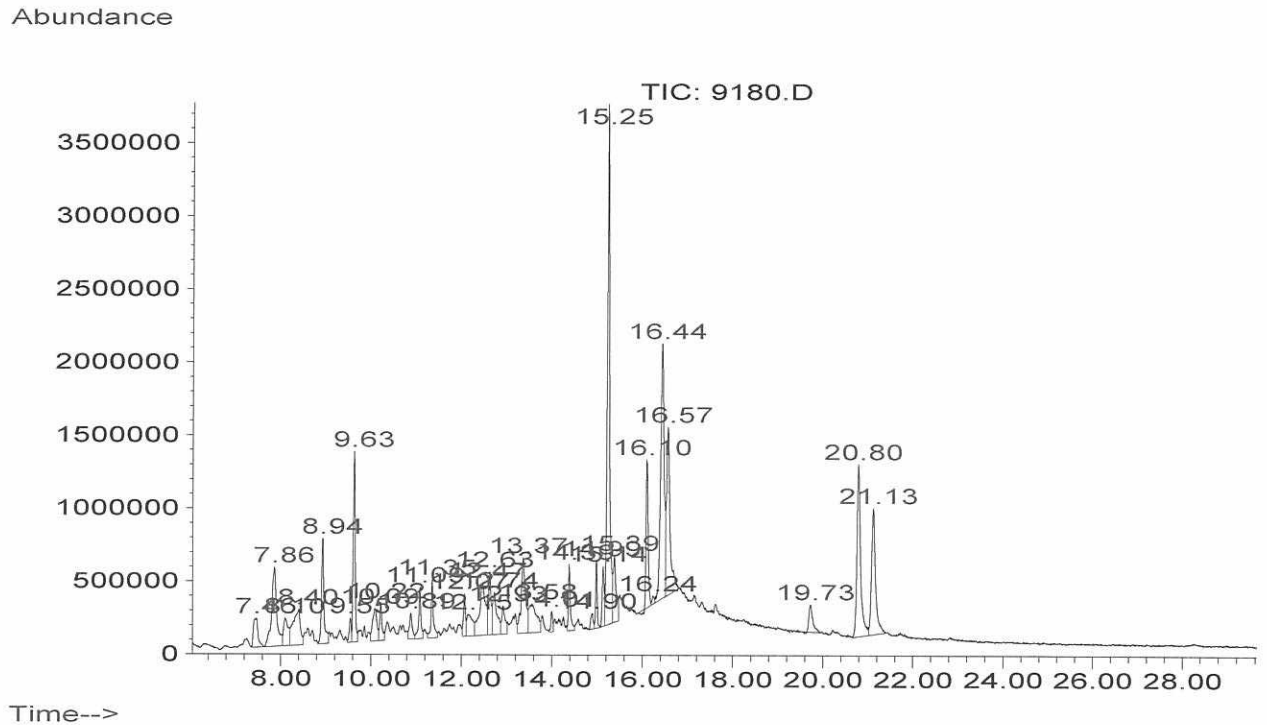
Figura 38. Cromatograma para maceración estática región Tucurú



Information from Data File:

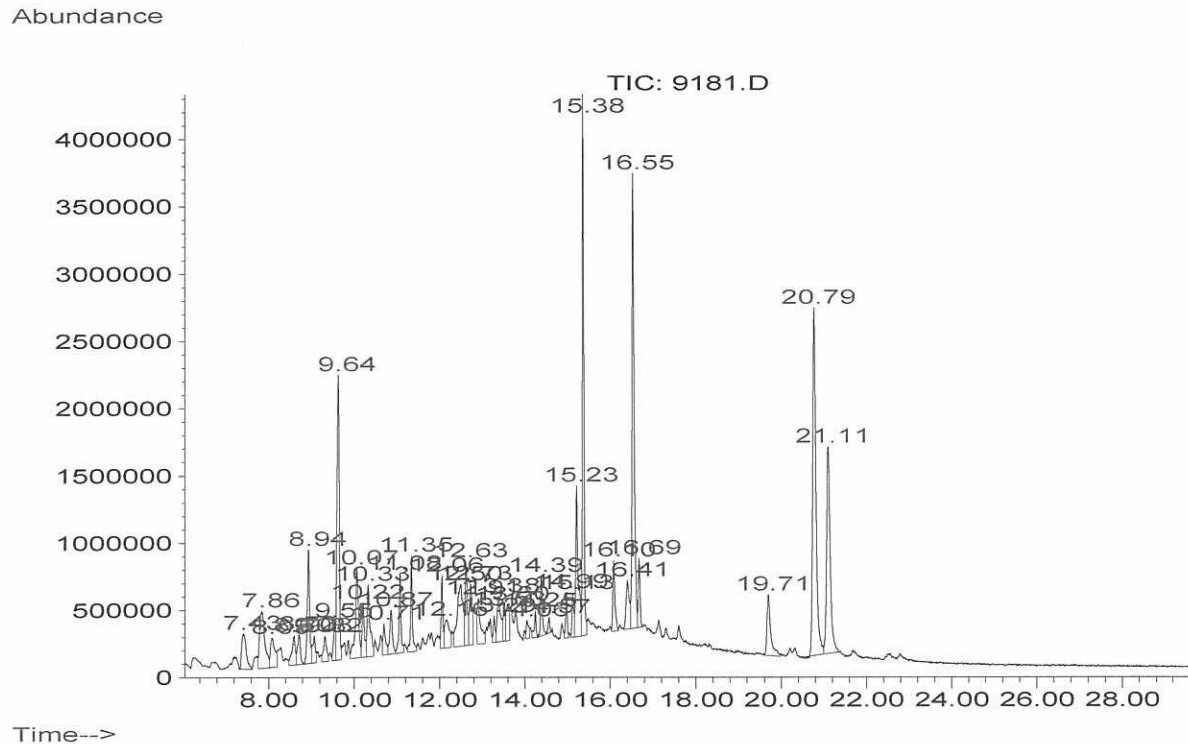
File: C:\HPCHEM\1\DATA\9179.D  
Operator: mca  
Date Acquired: 31 Aug 11 9:44  
Method File: RAFAEL  
Sample Name: 9179  
Misc Info:  
Vial Number: 1

Figura 39. **Cromatograma para maceración estática reflujo región Tucurú**



Time-->  
 Information from Data File:  
 File: C:\HPCHEM\1\DATA\9180.D  
 Operator: MCS  
 Date Acquired: 1 Sep 11 7:31  
 Method File: RAFAEL  
 Sample Name: 9180  
 Misc Info:  
 Vial Number: 1


Figura 40. **Cromatograma para maceración dinámica reflujo región Tucurú**



Information from Data File:  
 File: C:\HPCHEM\1\DATA\9181.D  
 Operator: MCS  
 Date Acquired: 1 Sep 11 8:59  
 Method File: RAFAEL  
 Sample Name: 9181  
 Misc Info:  
 Vial Number: 1

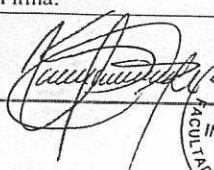

Figura 41. Informe de análisis de laboratorio químico, página 1

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



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

ESCUELA DE QUIMICA DEPARTAMENTO DE FISCOQUIMICA Edificio T-12, Ciudad Universitaria, Zona 12 Tel: 24767728 ext. 1524		INFORME DE ANÁLISIS DE LABORATORIO QUÍMICO			
NOMBRE COMÚN O COMERCIAL DE LA MUESTRA Oleoresina de Chile Cobanero		No. de Código / Marca del Remitente -----			
No. registro: 1106144-152	Empresa/Institución: Remitente/Solicitante: Vera Lucía Barrientos Mendoza.				
Fecha recepción 01/06/2011	Muestras recibidas por PN.	Tipo de recipiente Frasco ámbar	Peso neto ***		
DETERMINACIONES SOLICITADAS: Cuantificación de Capsaicina en oleoresina por Cromatografía Líquida de Alta Eficiencia usando una curva de calibración					
RESULTADOS DE ANÁLISIS					
Muestra	Código Interno	Código	Procedencia	ppm	% P/P
1106144	MER1A ✓	Maceración Estática Reflujo R1	TUCURU	5.81	0.84
1106145	MER1B ✓	Maceración Estática Reflujo R1	LANQUIN	9.47	1.38
1106146	MER2A ✓	Maceración Estática R2	LANQUIN	4.92	0.72
1106147	MER2B ✓	Maceración Estática R2	TUCURU	9.39	1.36
1106148	MER3A ✓	Maceración Estática R3	TINTA	6.69	0.97
1106149	MER3B ✓	Maceración Estática Reflujo R3	TINTA	7.30	1.06
1106150	MDR1A ✓	Maceración Dinámica R1	TUCURU	7.96	1.16
1106151	MDR2A ✓	Maceración Dinámica Reflujo R2	TUCURU	7.14	1.04
1106152	MDR2B ✓	Maceración Dinámica R2	TINTA	8.75	1.27
Costo por muestra: Q 175.00					
Fecha: 01/06/2011	Analista(s) PN	Ref. Registro Análisis: Cuad/UAI/PN	Costo total facturado: Q 1575.00		
Firma:	Recibido nombre:	Firma	Fecha:		

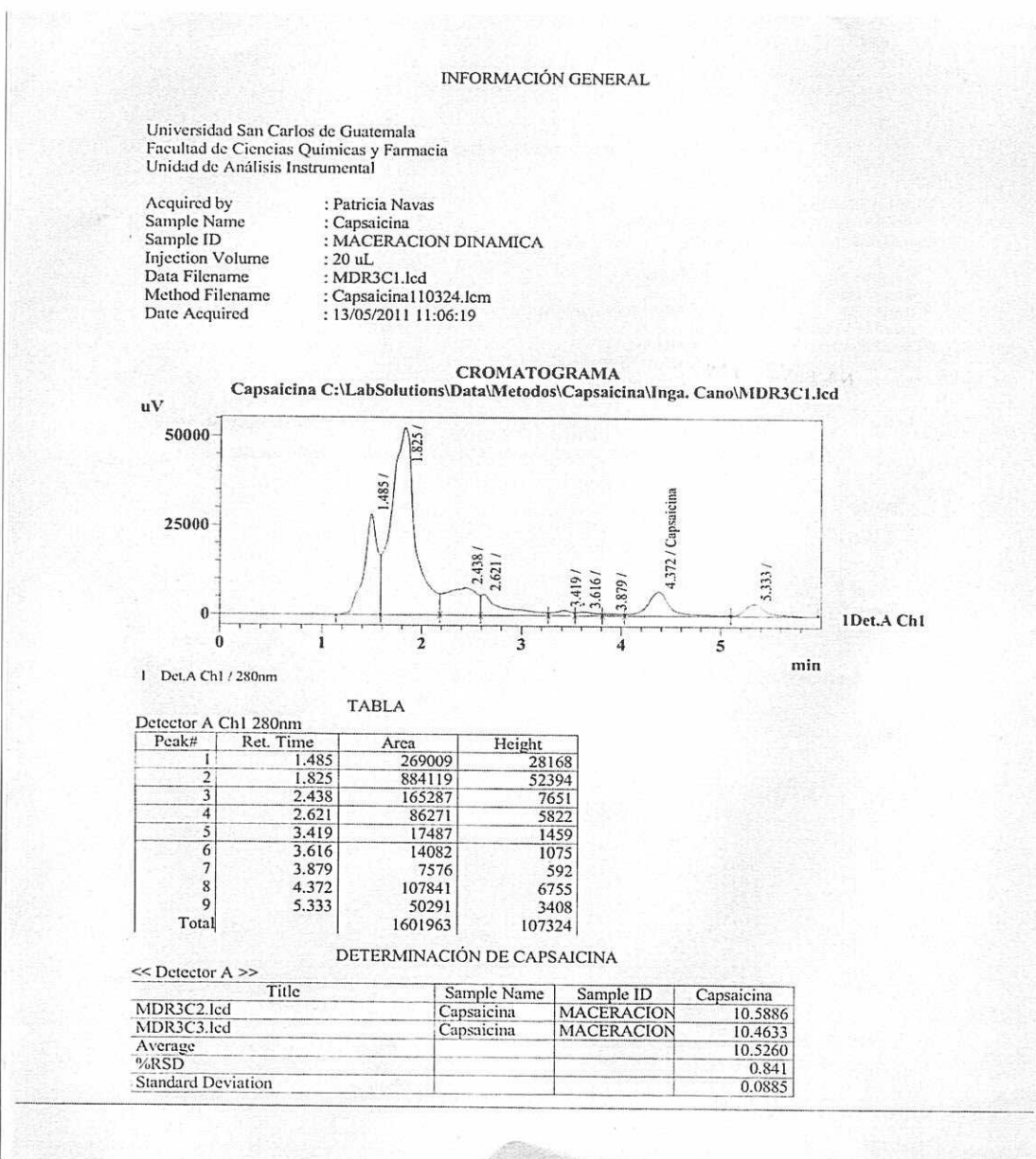
Fuente: Unidad de Análisis Instrumental.

Figura 42. Informe de análisis de laboratorio químico, página 2

MDR3A	Maceración Dinámica R3	TINTA	8.24	1.20
MDR3B	Maceración Dinámica Reflujo R3	LANQUIN	7.40	1.08
MDR3C	Maceración Dinámica R3	LANQUIN	10.53	1.53

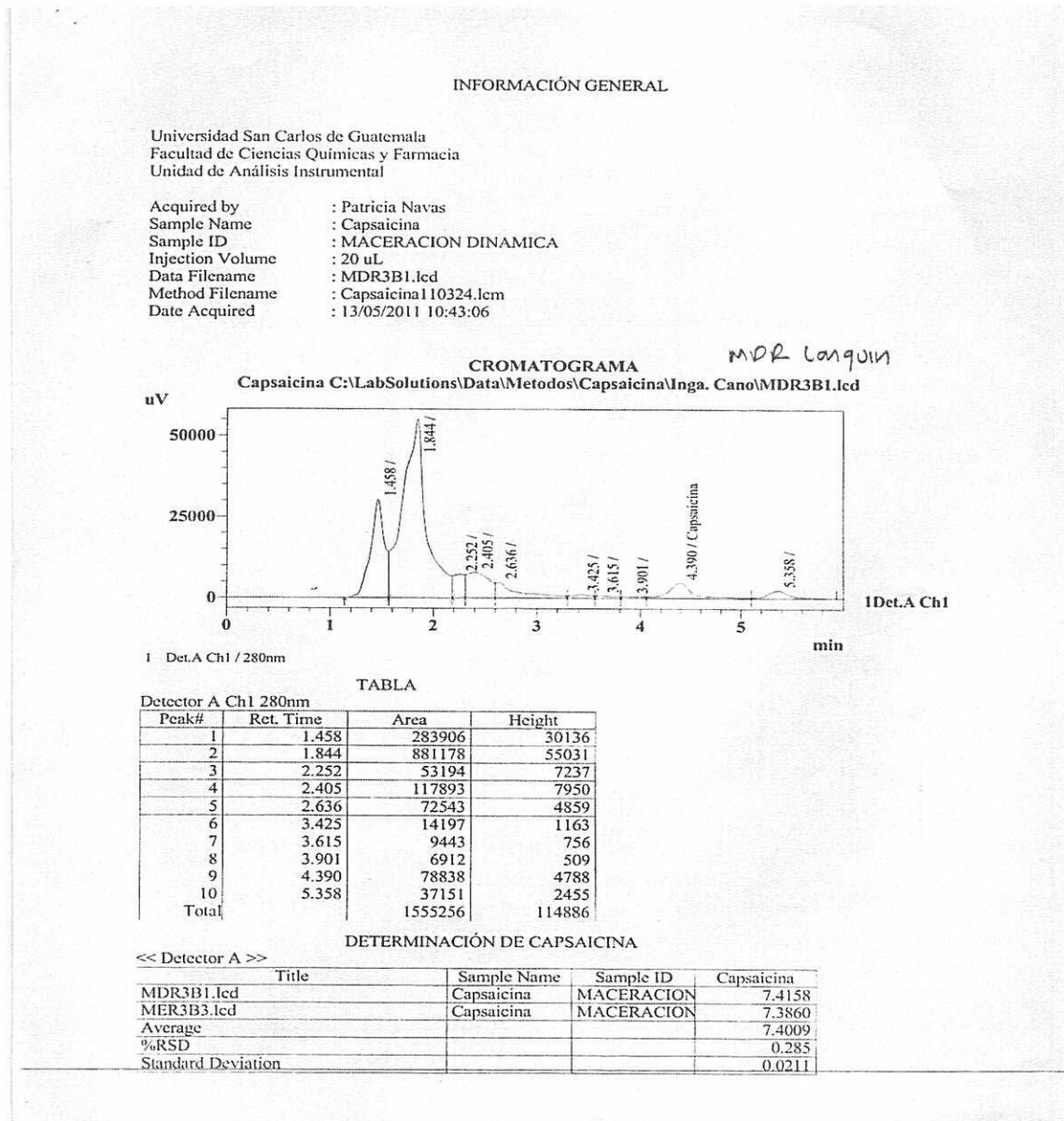
Fuente: Unidad de Análisis Instrumental.

Figura 43. **Cromatograma de la cuantificación de capsaicina por HPLC para la oleorresina de chile cobanero (*Capsicum annum var cerasiforme*) maceración dinámica Lanquin**



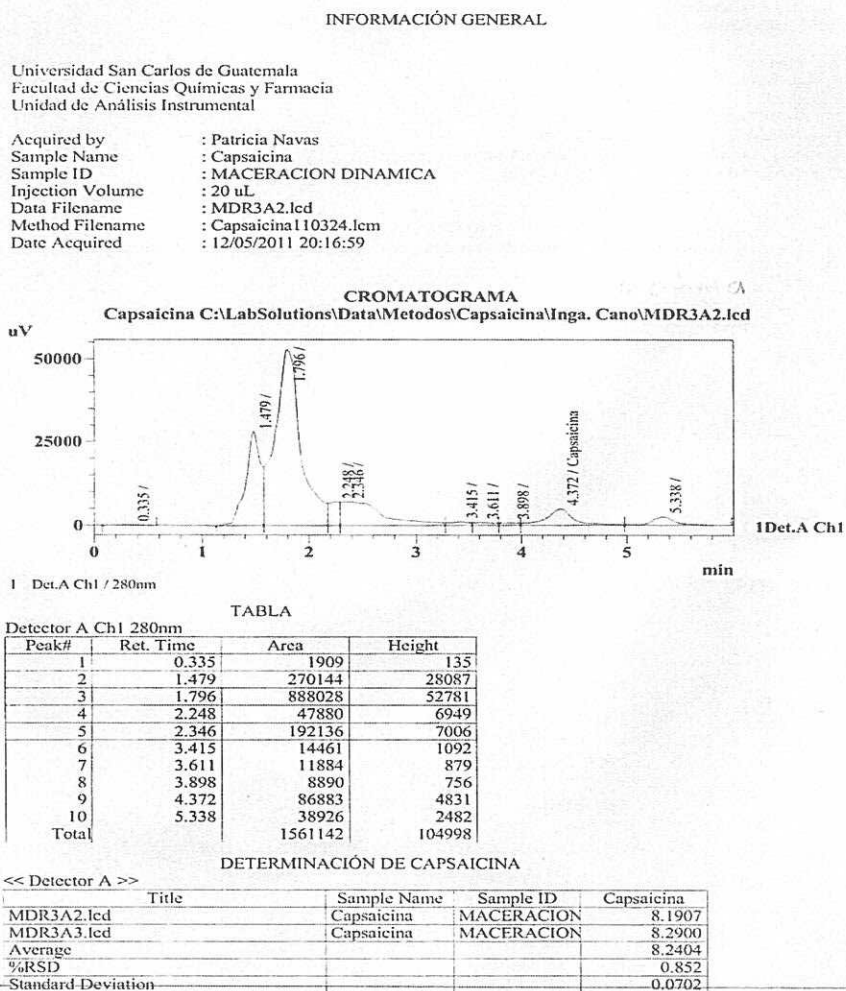
Fuente: Unidad de Análisis Instrumental.

Figura 44. Cromatograma de la cuantificación de capsaicina por HPLC para la oleoresina de chile cobanero (*Capsicum annuum var cerasiforme*), maceración dinámica reflujo Lanquin



Fuente: Unidad de Análisis Instrumental.

Figura 45. Cromatograma de la cuantificación de capsaicina por HPLC para la oleoresina de chile cobanero (*Capsicum annuum var cerasiforme*) Maceración dinámica La Tinta



Fuente: Unidad de Análisis Instrumental.

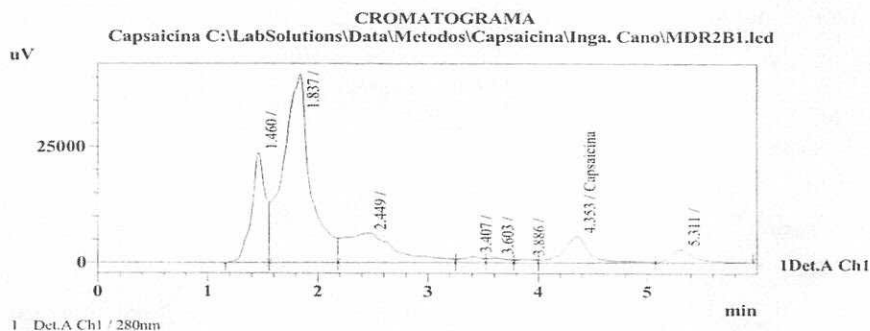


Figura 46. **Cromatograma de la cuantificación de capsaicina por HPLC para la oleoresina de chile cobanero (*Capsicum annuum var cerasiforme*) maceración dinámica reflujo La Tinta**

INFORMACIÓN GENERAL

Universidad San Carlos de Guatemala  
 Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia  
 Unidad de Análisis Instrumental

Acquired by : Patricia Navas  
 Sample Name : Capsaicina  
 Sample ID : MACERACION DINAMICA  
 Injection Volume : 20 uL  
 Data Filename : MDR2B1.lcd  
 Method Filename : Capsaicina110324.lcm  
 Date Acquired : 12/05/2011 19:49:07



TABLA

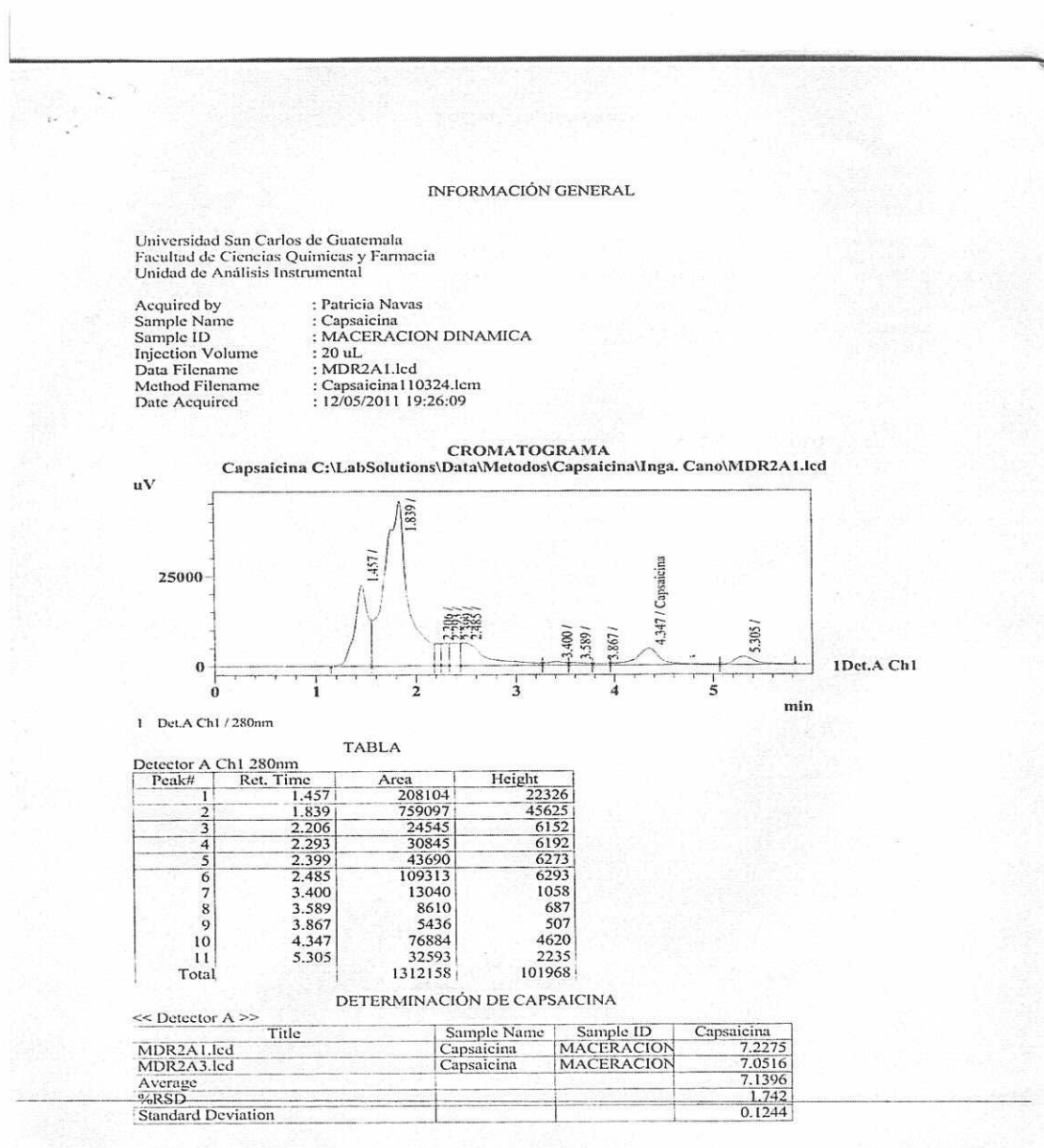
Peak#	Ret. Time	Area	Height
1	1.460	209198	23637
2	1.837	697063	40762
3	2.449	207772	6320
4	3.407	16573	1321
5	3.603	12263	967
6	3.886	8695	690
7	4.353	93432	5629
8	5.311	42618	2832
Total		1287614	82159

DETERMINACIÓN DE CAPSAICINA

<< Detector A >>		Title	Sample Name	Sample ID	Capsaicina
		MDR2B1.lcd	Capsaicina	MACERACION	8.8216
		MDR2B3.lcd	Capsaicina	MACERACION	8.6824
		Average			8.7520
		%RSD			1.125
		Standard Deviation			0.0984

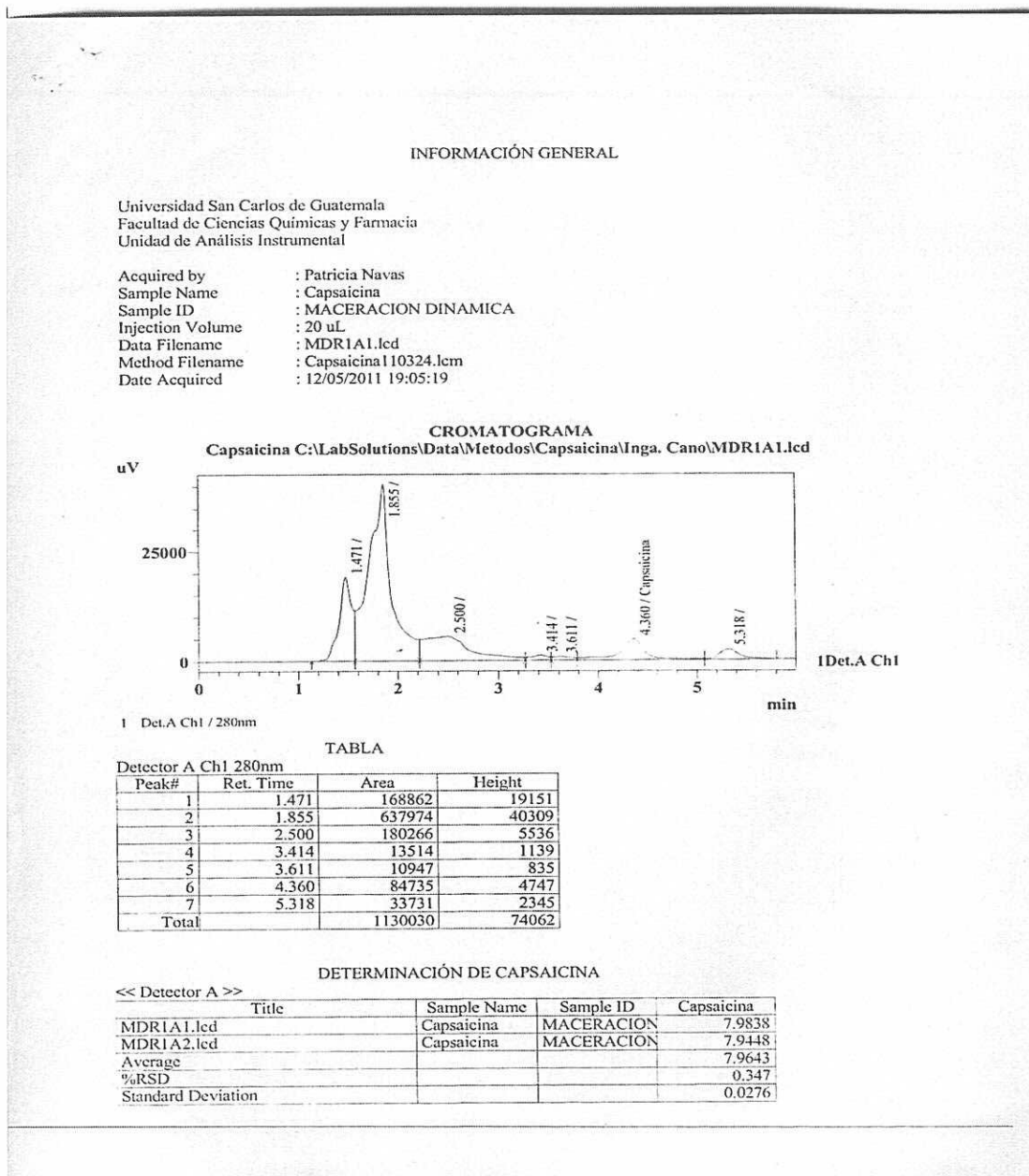
Fuente: Unidad de Análisis Instrumental.

Figura 47. Cromatograma de la cuantificación de capsaicina por HPLC para la oleorresina de chile cobanero (*Capsicum annuum* var *cerasiforme*), maceración dinámica reflujo Lanquin



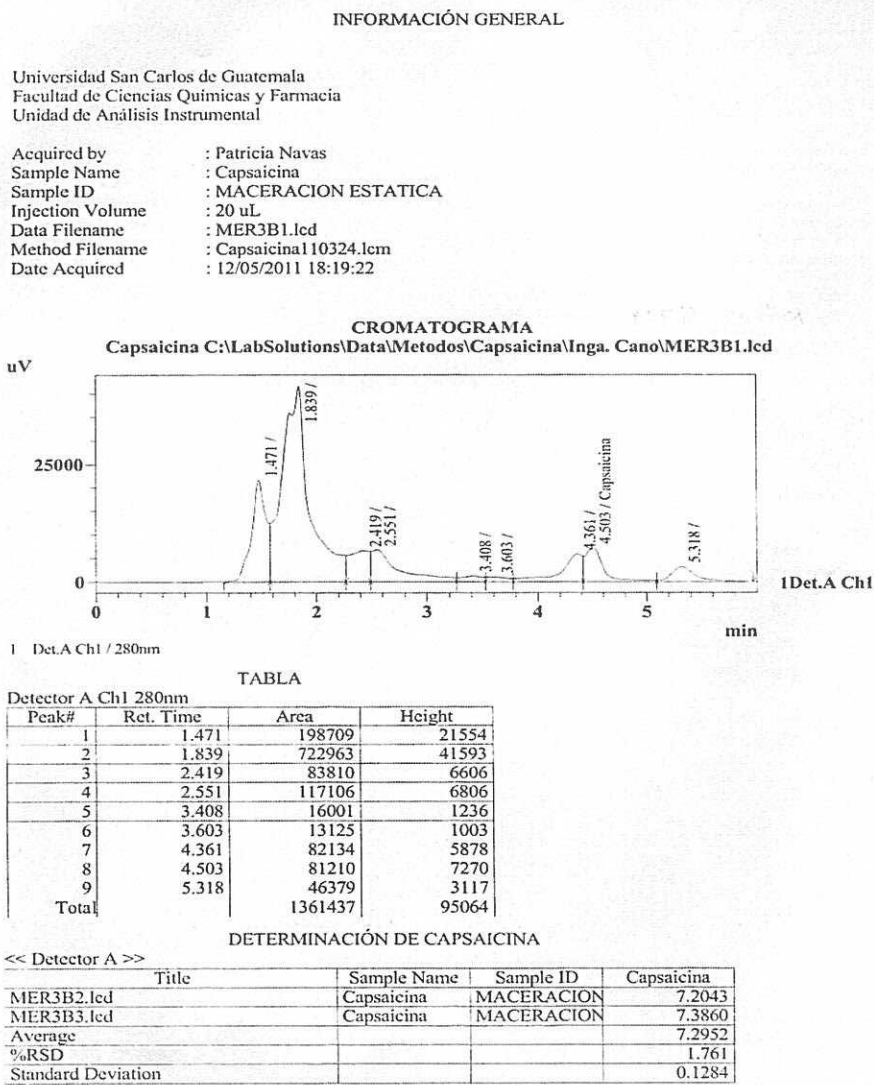
Fuente: Unidad de Análisis Instrumental.

Figura 47. Cromatograma de la cuantificación de Capsaicina por HPLC para la oleorresina de chile cobanero (*Capsicum annuum* var *cerasiforme*), maceración dinámica Tukurú



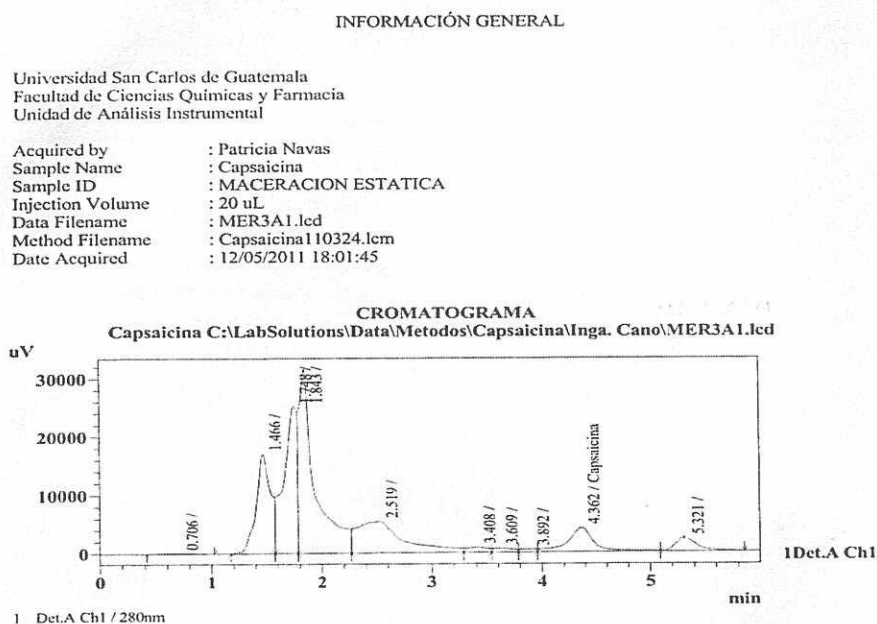
Fuente: Unidad de Análisis Instrumental.

Figura 48. **Cromatograma de la cuantificación de Capsaicina por HPLC para la oleoresina de chile cobanero (*Capsicum annuum var cerasiforme*), maceración estática reflujo La Tinta**



Fuente: Unidad de Análisis Instrumental.

Figura 49. Cromatograma de la cuantificación de capsaicina por HPLC para la oleorresina de chile cobanero (*Capsicum annum var cerasiforme*), maceración estática La Tinta



TABLA

Detector A Ch1 280nm

Peak#	Ret. Time	Area	Height
1	0.706	1652	89
2	1.466	155480	16947
3	1.748	210077	25212
4	1.843	320105	31567
5	2.519	161159	5438
6	3.408	12022	906
7	3.609	8636	690
8	3.892	5209	512
9	4.362	70633	4123
10	5.321	31735	2190
Total		976708	87673

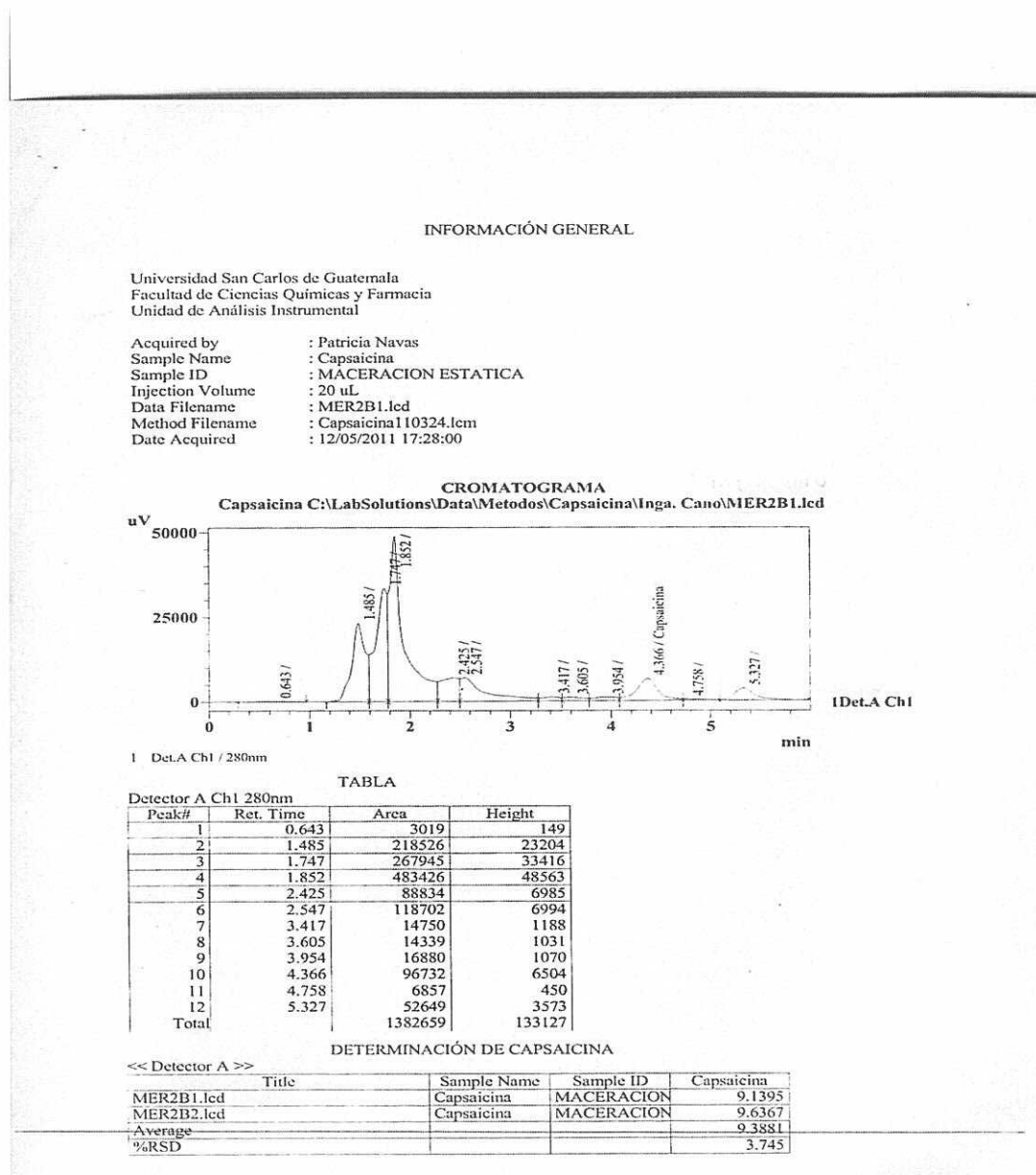
DETERMINACIÓN DE CAPSAICINA

<< Detector A >>

Title	Sample Name	Sample ID	Capsaicina
MER3A1.lcd	Capsaicina	MACERACION	6.6253
MER3A2.lcd	Capsaicina	MACERACION	6.7605
Average			6.6929
%RSD			1.428
Standard Deviation			0.0956

Fuente: Unidad de Análisis Instrumental.

Figura 50. Cromatograma de la cuantificación de capsaicina por HPLC para la oleoresina de chile cobanero (*Capsicum annuum* var *cerasiforme*), maceración estática Tukurú



Fuente: Unidad de Análisis Instrumental.

