



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

**EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO Y CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE  
OLEORRESINA DE CHILE CHAMBOROTE (*Capsicum annuum* spp.) PROVENIENTE DE  
TRES REGIONES DE GUATEMALA, UTILIZANDO MACERACIÓN DINÁMICA CON  
REFLUJO A NIVEL LABORATORIO EN FUNCIÓN DEL TIEMPO DE EXTRACCIÓN**

**Mariajosé Ortíz García**

Asesorado por la Inga. Telma Maricela Cano Morales

Guatemala, septiembre de 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO Y CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE  
OLEORRESINA DE CHILE CHAMBOROTE (*Capsicum annum spp.*) PROVENIENTE DE  
TRES REGIONES DE GUATEMALA, UTILIZANDO MACERACIÓN DINÁMICA CON  
REFLUJO A NIVEL LABORATORIO EN FUNCIÓN DEL TIEMPO DE EXTRACCIÓN**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**MARIAJOSÉ ORTÍZ GARCIA**

ASESORADO POR LA INGA. TELMA MARICELA CANO MORALES

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERA QUÍMICA**

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2012

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	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Juan Carlos Molina Jiménez
VOCAL V	Br. Mario Maldonado Muralles
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Jorge Mario Estrada Asturias
EXAMINADOR	Ing. Jaime Domingo Carranza González
EXAMINADOR	Ing. Víctor Manuel Monzón Valdez
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:

**EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO Y CARACTERIZACIÓN FISCOQUÍMICA DE OLEORRESINA DE CHILE CHAMBOROTE (*Capsicum annuum spp.*) PROVENIENTE DE TRES REGIONES DE GUATEMALA, UTILIZANDO MACERACIÓN DINÁMICA CON REFLUJO A NIVEL LABORATORIO EN FUNCIÓN DEL TIEMPO DE EXTRACCIÓN**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Química, con fecha 13 de mayo de 2011.



**Mariajosé Ortiz Garcia**



Guatemala, 10 de febrero de 2012

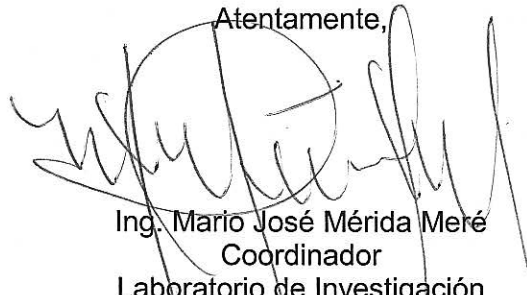
Ingeniero  
Williams Álvarez  
Director  
Escuela de Ingeniería Química  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Ingeniero Álvarez:

Por medio de la presente HAGO CONSTAR que he revisado y dado mi aprobación al informe final del trabajo de graduación **“EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO Y CARACTERIZACIÓN FISCOQUIMICA DE OLEORRESINA DE CHILE CHAMBOROTE (*Capsicum annum spp.*) PROVENIENTE DE TRES REGIONES DE GUATEMALA, UTILIZANDO MACERACION DINAMICA CON REFLUJO A NIVEL LABORATORIO EN FUNCIÓN DEL TIEMPO DE EXTRACCIÓN”**, de la estudiante de Ingeniería Química Mariajose Ortiz García quien se identifica con el carné número 2004-12854.

Sin otro particular me suscribo de usted.

Atentamente,



Ing. Mario José Mérida Meré  
Coordinador  
Laboratorio de Investigación  
de Extractos Vegetales –LIEXVE-  
Asesor



Inga. Telma Maricela Cano Morales  
Directora  
Centro de Investigaciones de Ingeniería  
Universidad de San Carlos de Guatemala  
Asesora





Guatemala, 20 de abril de 2012  
Ref. EI.Q.TG-IF.021.2012

Ingeniero  
Williams Guillermo Álvarez Mejía  
DIRECTOR  
Escuela Ingeniería Química  
Facultad de Ingeniería

Estimado Ingeniero Álvarez:

Como consta en el Acta TG-167-2011-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: **Mariajosé Ortiz García**

Identificada con número de carné: **2004-12854**

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:

**EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO Y CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE OLEORRESINA DE CHILE CHAMBOROTE (*Capsicum annuum* spp.) PROVENIENTE DE TRES REGIONES DE GUATEMALA, UTILIZANDO MACERACIÓN DINÁMICA CON REFLUJO A NIVEL LABORATORIO EN FUNCIÓN DEL TIEMPO DE EXTRACCIÓN**

El Trabajo de Graduación ha sido asesorado por la Ingeniera: **Telma 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. Renato Ponciano Sandoval  
COORDINADOR DE TERNA  
Tribunal de Revisión  
Trabajo de Graduación



ESCUELA DE  
INGENIERIA QUIMICA

C.c.: archivo

PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA  
ACREDITADO POR  
Agencia Centroamericana de Acreditación de  
Programas de Arquitectura y de Ingeniería  
Período 2009 - 2012



ACAAI

Agencia Centroamericana de Acreditación de  
Programas de Arquitectura y de Ingeniería



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, **MARIAJOSÉ ORTÍZ GARCIA** titulado: **"EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO Y CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE OLEORRESINA DE CHILE CHAMBOROTE (*Capsicum annum spp.*) PROVENIENTE DE TRES REGIONES DE GUATEMALA, UTILIZANDO MACERACIÓN DINÁMICA CON REFLUJO A NIVEL LABORATORIO EN FUNCIÓN DEL TIEMPO DE EXTRACCIÓN"**. 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, agosto de 2012



Cc: Archivo  
VMMV/dle



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: **EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO Y CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE OLEORRESINA DE CHILE CHAMBOROTE (*Capsicum annum spp.*) PROVENIENTE DE TRES REGIONES DE GUATEMALA, UTILIZANDO MACERACIÓN DINÁMINA CON REFLUJO A NIVEL LABORATORIO EN FUNCIÓN DEL TIEMPO DE EXTRACCIÓN**, presentado por la estudiante universitaria **Mariajosé Ortiz García**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos  
Decano

Guatemala, 10 de septiembre de 2012.



/gdech



## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Dios</b>	Por ser la guía y fuente de luz en mi vida.
<b>Mis padres y hermano José Vidal Ortíz, Ruth García y Emilio Ortíz.</b>	Por su apoyo y amor incondicional.
<b>Mis amigas Agnes Yela y Vanesa Poz</b>	Por cada uno de los momentos compartidos durante estos años, el apoyo, la confianza y la amistad que aún me brindan.
<b>Paola Estrada y Joan López</b>	Por todo el apoyo, la gran amistad y los buenos momentos compartidos.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

- Dios** Por darme vida y permitirme alcanzar esta meta en mi vida, a ti te lo debo todo.
- Mis padres** José Vidal Ortíz y Ruth García, porque sin su apoyo, amor y confianza, alcanzar esta meta no hubiera sido posible.
- Mi hermano Emilio Ortíz** Por toda la confianza, amor y apoyo.
- Mis amigos del LIEXVE** Aní Ocampo, Vera Lucía Barrientos, Víctor Manuel Aceituno y Evelyn Figueroa, por el apoyo, compañía y amistad.
- Mis amigas** Joan López, Paola Estrada, Agnes Yela, Vanesa Poz y Flor Choy por su amistad incondicional, por su apoyo y cada momento compartido.
- Mis asesores** Ingenieros Telma Cano y Mario José Mérida, por compartir conmigo sus conocimientos, por su apoyo y colaboración.
- Las ingenieras** Adela Marroquín, Cinthya Ortíz y Natalia Espinal, por su apoyo y colaboración.

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

Por abrirme sus puertas; ha sido un gusto trabajar con cada uno de ustedes.

**Unidad de Análisis  
Instrumental (UAI) y  
Laboratorio de  
Toxicología**

Por su valiosa contribución en esta investigación; gracias Licda. Patricia Navas y Licda. María del Carmen de Arriola.

**Ingeniero Marino  
Barrientos**

Gracias por su valiosa colaboración.

**Facultad de Ingeniería,  
Universidad de San  
Carlos de Guatemala**

Mi casa de estudios, de la cual estoy orgullosa de ser parte.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS.....	IX
GLOSARIO.....	XI
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS / HIPÓTESIS.....	XV
INTRODUCCIÓN.....	XVII
1. ANTECEDENTES.....	1
2. MARCO TEÓRICO.....	9
2.1. Chile.....	9
2.1.1. Generalidades.....	9
2.1.2. Historia.....	9
2.1.3. Usos.....	11
2.1.4. Origen y distribución de los chiles.....	11
2.1.5. Consideraciones generales sobre el género capsicum.....	12
2.1.6. Morfología floral del género capsicum.....	12
2.1.7. Fruto.....	13
2.1.8. Importancia nutricional.....	15
2.1.9. Contenido de capsaicina.....	16
2.1.10. Medición de pungencia.....	17
2.1.10.1. Escala Scoville.....	17
2.2. Chile chamborote ( <i>Capsicum annuum</i> spp).....	17
2.3. Oleorresinas.....	20

2.3.1.	Usos de las oleorresinas.....	23
2.3.2.	Método de extracción de oleorresinas.....	23
2.3.2.1.	Extracción de oleorresinas.....	23
2.3.2.2.	Preparación de la especie vegetal.....	24
2.3.2.3.	Molienda.....	24
2.3.2.4.	Selección del solvente.....	25
2.3.2.5.	Extracción mediante maceración dinámica con reflujo a temperatura constante.....	27
3.	DISEÑO METODOLÓGICO.....	29
3.1.	Variables.....	29
3.1.1.	Variables independientes.....	29
3.1.2.	Variables dependientes.....	29
3.2.	Delimitación del campo de estudio.....	31
3.2.1.	Localización.....	31
3.3.	Recursos humanos disponibles.....	31
3.4.	Recursos materiales disponibles.....	32
3.4.1.	Materia prima.....	32
3.4.2.	Materiales auxiliares.....	32
3.4.3.	Equipo.....	33
3.4.4.	Cristalería.....	39
3.4.5.	Reactivos.....	39
3.5.	Técnica cualitativa o cuantitativa.....	39
3.5.1.	Cromatografía gaseosa con espectrometría de masas.....	39
3.5.2.	Cromatografía líquida de alta eficiencia HPLC (High Performance Liquid Chromatography).....	40
3.5.3.	Densidad.....	41

3.6.	Recolección y ordenamiento de la información.....	42
3.6.1.	Tratamientos previos aplicados a la materia prima.....	42
3.6.1.1.	Secado.....	42
3.6.1.2.	Molienda.....	43
3.6.2.	Condiciones de extracción.....	43
3.6.2.1.	Solvente.....	44
3.6.2.2.	Estado de división de la planta.....	44
3.6.2.3.	Agitación.....	44
3.6.2.4.	Temperatura.....	45
3.7.	Tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información.....	45
3.8.	Análisis estadístico.....	47
3.8.1.	Métodos y modelos de los datos según tipo de variables.....	47
3.8.1.1.	Fijar variables independientes o “factores”.....	48
3.8.1.2.	Fijar las variables dependientes o variables respuesta.....	48
3.8.1.3.	Determinación del número de tratamientos o combinaciones.....	48
3.8.1.4.	Determinación del número de unidades experimentales.....	49
3.8.1.5.	Llevar a cabo una aleatorización.....	49
3.8.2.	Análisis de varianza.....	50
3.8.2.1.	Cuadro de ANDEVA.....	51
3.8.2.2.	Criterio de Tukey.....	54
3.8.3.	Programas utilizados para el análisis de datos.....	55

4. RESULTADOS.....	57
5. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	63
CONCLUSIONES.....	71
RECOMENDACIONES.....	73
BIBLIOGRAFÍA.....	75
ANEXOS.....	77
APÉNDICES.....	105

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Corte longitudinal de un fruto de <i>Capsicum</i> señalando las partes más importantes del mismo .....	14
2.	Molécula de capsaicina (8-metil-N-vanillil-6-nonenamida).....	16
3.	Fruto de chile chamborote en estado inmaduro.....	18
4.	Preparación de chile chamborote para el secado.....	19
5.	Secado de chile chamborote en un secador de bandejas eléctrico.....	19
6.	Balanza analítica digital Adventurer Ohaus.....	33
7.	Balanza de humedad BOECO Germany.....	34
8.	Balanza analítica digital BOECO Germany.....	34
9.	Bomba de vacío GE.....	35
10.	Rotavapor BÜCHI.....	36
11.	Campana de extracción.....	37
12.	Secador de bandejas de flujo transversal.....	37
13.	Licadora industrial para la molienda de materia prima.....	38
14.	Equipo de extracción por maceración dinámica con reflujo.....	38
15.	Gráfica de la prueba estadística de F (Fisher).....	53
16.	Promedio del rendimiento de oleorresina de chile chamborote para cada una de las regiones de origen.....	58
17.	Cuantificación en porcentaje p/p de capsaicina presente en la oleorresina de chile chamborote por medio de HPLC.....	60



## TABLAS

I.	Variables en el método de extracción por maceración dinámica a reflujo.....	30
II.	Diseño para la recolección de datos antes y después de realizada la extracción de oleorresina de chile chamborote, para una sola región de procedencia de materia prima.....	45
III.	Diseño para la recolección de datos para la obtención de la densidad del extracto etanólico de chile chamborote procedente de Chuarrancho.....	46
IV.	Diseño para la recolección de datos para la obtención del índice de refracción y el pH del extracto etanólico de chile chamborote procedente de Chuarrancho.....	46
V.	Diseño para la recolección de datos para la obtención de sólidos totales del extracto etanólico de chile chamborote.....	47
VI.	Orden de ejecución de los tratamientos.....	50
VII.	Prueba de F de las hipótesis en el análisis de varianza para los rendimientos de oleorresina de chile chamborote proveniente de tres regiones diferentes, extraída a través de maceración dinámica con reflujo, utilizando tres tiempos de extracción.....	51
VIII.	Tabla de decisión para escoger el tiempo óptimo de extracción de oleorresina de chile chamborote ( <i>Capsicum annuum spp.</i> ).....	54
IX.	Tabla de decisión para escoger la región en la que se obtiene mayor rendimiento de oleorresina de chile chamborote ( <i>Capsicum annuum spp.</i> ).....	54
X.	Porcentaje de rendimientos de la oleorresina de chile chamborote ( <i>Capsicum annuum spp.</i> ) procedente del	

	municipio de Chuarrancho, departamento de Guatemala.....	57
XI.	Porcentaje de rendimientos de la oleorresina de chile chamborote ( <i>Capsicum annuum spp.</i> ) procedente de Montúfar- San Juan Sacatepéquez, departamento de Guatemala.....	57
XII.	Porcentaje de rendimientos de la oleorresina de chile chamborote ( <i>Capsicum annuum spp.</i> ) procedente del municipio San Raimundo, departamento de Guatemala.....	58
XIII.	Cuantificación de capsaicina en porcentaje peso/peso en la oleorresina de chile chamborote por cromatografía líquida de alta eficiencia usando una curva de calibración.....	59
XIV.	Unidades de calor Scoville (SHU) de la oleorresina de chile chamborote en función de la cantidad de capsaicina presente.....	59
XV.	Metabolitos secundarios de la oleorresina de chile chamborote proveniente de Chuarrancho, Montúfar-San Juan Sacatepéquez y San Raimundo.....	61



## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>ppm</b>	Concentración en partes por millón
<b><math>\rho</math></b>	Densidad en g/mL
<b>Hz</b>	Hertz en $S^{-1}$
<b><math>H_i</math></b>	Hipótesis alterna
<b><math>H_o</math></b>	Hipótesis nula
<b>h</b>	Horas
<b><math>\mu\text{m}</math></b>	Micrómetros
<b>mL</b>	Mililitros
<b>mm</b>	Milímetros
<b>mm Hg</b>	Milímetros de mercurio
<b>min</b>	Minutos
<b>%</b>	Porcentaje
<b>Hp</b>	Potencia en caballos de fuerza
<b>p/p</b>	Relación peso sobre peso
<b>v/v</b>	Relación volumen sobre volumen
<b><math>\alpha</math></b>	Significancia
<b><math>^{\circ}\text{C}</math></b>	Temperatura en grados Celcius
<b>SHU</b>	Unidades de calor Scoville
<b>F</b>	Valor de Fisher calculado
<b>V</b>	Voltios



## GLOSARIO

- Capsaicina** Tiene un peso molecular de 305.46, un punto de fusión de 65 °C, un punto de ebullición de 81 °C, químicamente se define como la trans-8-metil-N-Vanillil-6-nonenamida, con una fórmula molecular condensada  $C_{18}H_{27}NO_3$ .
- Chile** Es el fruto de la planta del mismo nombre; es una especie tradicional que procede del continente americano. Sus lugares de origen son las Antillas y América del Sur. Pertenece a la clase embriofita Siphonagema, su género *Capsicum* cuenta con cinco especies: *pubescens*, *annuum*, *baccatum*, *chínense* y *frutescens*.
- Cromatografía** Es un método físico que permite la separación de mezclas de sustancias en sus componentes individuales. Esta técnica permite igualmente obtener informaciones cualitativas y cuantitativas sobre las sustancias presentes en la mezcla.
- HPLC** Cromatografía líquida de alta resolución, es una técnica utilizada para separar los componentes de una mezcla basándose en diferentes tipos de interacciones químicas entre las sustancias analizadas y la columna cromatográfica.

<b>Maceración</b>	Es un proceso de extracción sólido-líquido en el que se pone en contacto íntimo la materia prima (sólido), la cual posee ciertos compuestos solubles en el líquido extractante que son los que se desea extraer.
<b>Oleorresina</b>	Son extractos líquidos de especies vegetales los cuales caracterizan el olor, sabor y color de las especies naturales de las cuales provienen; se obtienen de la evaporación del disolvente de extracción, dejando una mezcla del aceite volátil y el material resinoso de la especie.
<b>Pungencia</b>	Es el principal atributo de los frutos de la especie de <i>Capsicum annuum</i> y corresponde a la sensación resultante de la estimulación de receptores del dolor. Esta se determina por la concentración y localización de la capsaicina y otros compuestos denominados capsaicinoides.
<b>Rendimiento</b>	Relación de masa de oleorresina extraída en comparación con la masa de materia prima inicial.
<b>Solvente</b>	Es una sustancia que permite la dispersión de otra en su seno. También se puede definir como la sustancia que se encuentra en mayor proporción en una solución.
<b>Tamiz</b>	Cedazo de malla tupida, usado para separar las partes menudas de las gruesas de una masa pulverulenta.

## RESUMEN

Se evaluó el rendimiento de extracción de oleorresina del chile chamborote (*Capsicum annuum* spp.) proveniente de tres regiones del departamento de Guatemala: municipios de Chuarrancho, San Juan Sacatepéquez, aldea Montúfar y San Raimundo. Se utilizó la técnica de extracción maceración dinámica con reflujo a nivel laboratorio, filtración y posterior concentración del extracto. Se utilizó como solvente alcohol etílico al 70%, y se manejaron como variables controlables tres diferentes tiempos de extracción: 2, 3 y 4 horas.

El diseño experimental se realizó de forma aleatorizada, con un experimento bifactorial para 3 regiones, 3 tiempos de extracción y 4 repeticiones; resultando un total de 36 unidades experimentales, se llevó a cabo un análisis de varianza y comparación de medias, mediante el criterio HDS (Honestly Significant Difference) de Tukey.

Con el análisis estadístico se determinó que sí existe diferencia significativa en el rendimiento de oleorresina de chile chamborote en función de la región de origen de la materia prima, y que no existe una diferencia significativa en los resultados utilizando cualquiera de los 3 tiempos de extracción. La cantidad de capsaicina que se determinó en la oleorresina con cromatografía líquida de alta eficiencia fue muy baja: 0.031% p/p para Chuarrancho, 0.034% p/p para Montúfar y 0.052% p/p para San Raimundo; por lo que el chile chamborote no representa una buena fuente de este componente activo.





## OBJETIVOS

### General

Evaluar el rendimiento de extracción de la oleorresina de chile chamborote (*Capsicum annuum spp.*) cultivado en tres regiones del departamento de Guatemala, a diferente nivel altitudinal, en función del tiempo de extracción a nivel laboratorio.

### Específicos

1. Evaluar el rendimiento de extracción de oleorresina de chile chamborote en función de la región de cultivo y el tiempo de extracción.
2. Determinar el porcentaje de capsaicina en la oleorresina de chile chamborote, a través de cromatografía líquida de alta eficiencia HPLC.
3. Determinar las propiedades de la oleorresina de chile chamborote: gravedad específica, pH, índice de refracción y sólidos totales.
4. Determinar la composición química de la oleorresina obtenida, utilizando cromatografía gaseosa con acoplamiento en espectrometría de masas.

# HIPÓTESIS

## Hipótesis Nula (Ho)

1. No existe diferencia significativa en el rendimiento de oleorresina de chile chamborote (*Capsicum annuum spp.*) al utilizar dos, tres y cuatro horas de extracción.
2. No existe diferencia significativa en el rendimiento de oleorresina de chile chamborote (*Capsicum annuum spp.*) según la procedencia: Chuarrancho, San Juan Sacatepéquez y San Raimundo.

## Hipótesis alterna (Hi)

1. Existe diferencia significativa en el rendimiento de oleorresina de chile chamborote (*Capsicum annuum spp.*) al utilizar dos, tres y cuatro horas de extracción.
2. Existe diferencia significativa en el rendimiento de oleorresina de chile chamborote (*Capsicum annuum spp.*) según la procedencia: Chuarrancho, San Juan Sacatepéquez y San Raimundo.

## INTRODUCCIÓN

Guatemala ha sido considerada por muchos investigadores como centro de origen y diversidad de algunas especies cultivadas de mayor importancia en el mundo. Dichas especies son importantes, dado el impacto que han tenido en el desarrollo de la agricultura actual y el comercio de los mismos.

Aprovechando esta condición, desde años atrás se ha dado la tarea de aprovechar las plantas desde el punto de vista industrial, como material vivo, fresco, secado -entero, picado o molido- o para la obtención de extractos. Es en esta última, a través de los conocimientos y equipos que involucra un proceso químico, que se han generado productos que conservan intactas las características aromáticas de la planta, así como también, los productos oleosos, cerosos, clorofila, pigmentos, resinas, etc. En la jerga comercial estos tipos de extractos suelen llamarse oleorresinas.

Una de las ventajas de obtener oleorresinas es evitar los inconvenientes de las pérdidas de color del fruto seco, aumentando su poder colorante; además las oleorresinas muestran una gran estabilidad a altas temperaturas y tienen características de sabor más semejante a la especia seca natural, que el correspondiente aceite esencial.

En el presente trabajo de investigación se evaluó el rendimiento de oleorresina de chile chamborote (*Capsicum annuum* spp.) una especie nativa de Guatemala.

La materia prima se obtuvo de tres regiones diferentes del departamento de Guatemala: municipio de Chuarrancho, Montúfar, municipio San Juan Sacatepéquez y municipio de San Raimundo. La extracción se realizó utilizando la técnica de extracción: maceración dinámica con reflujo en función del tiempo de extracción, siendo los tiempos de extracción 2, 3 y 4 horas; posteriormente, se realizó la filtración y concentración del extracto utilizando un rotaevaporador.

Se utilizó el programa 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.

## 1. ANTECEDENTES

A principios de 1970, la producción de oleorresinas de especias tenía lugar principalmente en los países industrializados, con predominio de los Estados Unidos y el Reino Unido, debido a la complejidad de la tecnología y a sus riesgos potenciales. Posteriormente, se produjo una transferencia parcial de tecnología a ciertos países productores de especias, principalmente la India, Singapur e Indonesia.

Las esperanzas excesivamente optimistas sobre el ritmo de transferencia de tecnología originaron que se establecieran demasiadas instalaciones de elaboración. Como consecuencia, muchas de ellas empezaron a funcionar por debajo de su capacidad de producción. El ritmo más rápido en el crecimiento de oleorresinas se registró durante el período 1965-1975, después de este ritmo se hizo considerablemente más lento. Debido a sus ventajas sobre las especias en crudo y los aceites esenciales, las oleorresinas han ido incrementando su parte experimental en el consumo global.

Las oleorresinas que primero se desarrollaron fueron extraídas de las especias con solvente, extrayendo este por medio de vacío y luego el material inerte era tirado. “La oleorresina resultante poseía una apariencia pesada como asfalto en forma de masa, rica en compuestos aromáticos, no siempre agradables, inapetecibles por su apariencia y por su alta viscosidad difícil de trabajar”.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> DEULOFEU GABRIEL, Nora Matilde. Determinación del rendimiento de la oleorresina de tres distintas clases de cardamomo (*Elettaria cardamomum maton*) cultivado en Alta Verapaz, extraída por maceración dinámica y dos solventes distintos, a nivel laboratorio. p. 16.

En el campo de investigación de obtención de oleorresinas realizado en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Carlos de Guatemala se cuenta con varias investigaciones tanto a nivel de trabajo de graduación realizado por estudiantes como también investigaciones de extracción de oleorresinas realizados en la sección de Química Industrial del Centro de Investigación de la Facultad de Ingeniería siendo estas investigaciones las siguientes:

En el 2002, Telma Cano, Blanca Chávez, Jorge Godínez y David Monzón, ejecutaron el Proyecto 6-25, PUIDI-DIGI, titulado “Obtención y caracterización del aceite esencial y oleorresina de la pimienta negra (*Piper nigrum* L.) Cultivada en Guatemala”, evaluando tres distintos tamaños de lote para la extracción de 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 1190 y 841 millones y 15% de humedad. Para la extracción de oleorresina se evaluaron dos factores: 3 tamaños de lote (15, 10 y 9 lb) y dos concentraciones de solventes (etanol al 95% y 70%). Se realizaron extracciones sucesivas a diferentes tiempos de maceración de la materia prima (36, 48 y 72 horas), hasta llegar al agotamiento de la misma.

En el mismo estudio también se evaluaron las propiedades fisicoquímicas del aceite esencial y la oleorresina. Se concluyó que el valor más alto de rendimiento de aceite esencial de la pimienta negra cultivada en Guatemala fue de 0.96% para un lote de 15 lb, valor cercano al límite inferior que reporta la literatura que está en el rango entre 1 a 3%.

El valor más alto de rendimiento total de oleorresina, efectuando la sumatoria de los rendimientos de las diferentes maceraciones para un tamaño fijo de lote fue 6.3249% para un lote de 10 lb, utilizando como solvente alcohol etílico al 70%. 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%. Los valores promedio obtenidos del principio activo piperina en la oleorresina de pimienta negra fueron de 54.29%, utilizando alcohol etílico al 95% y 58.65% utilizando el mismo solvente al 70%.

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

En el 2004 el estudiante Julio Gabriel López Mazín realizó el trabajo de graduación con título: “Evaluación del rendimiento de oleorresina de las hoja de laurel (*Litsea Guatemalensis*) de Tecpán, Chimaltenango en función del tamaño de partícula, utilizando dos solventes distintos a nivel planta piloto”. En dicho trabajo de graduación se evaluó el rendimiento porcentual de la oleorresina de las hojas secas del laurel (*Litsea guatemalensis*) a nivel planta piloto, utilizando como método de extracción la maceración de la hoja molida, filtración y posterior concentración del extracto obtenido.

En esta investigación se manejaron como variables controlables los tamaños de partículas de las hojas utilizadas, siendo estos los comprendidos entre los tamices No. 5 y No. 7 y No. 7 y No. 20; y dos solventes distintos: el etanol grado industrial al 66.4% p/v y el hexano grado industrial 84.6% p/v.



Con base en el análisis estadístico realizado por este estudiante se determinó que el rendimiento se ve afectado significativamente por el solvente utilizado: el etanol extrae más que el hexano; para el tamaño de partícula no hay diferencia significativa cuando se comparan etanol y hexano, y para la interacción de ambos sí hay diferencia, el etanol extrae más oleorresina con el tamaño de partícula comprendido entre los tamices No. 7 y No. 20, que en el tamaño de partícula comprendido entre los tamices No. 5 y No. 7. En el caso del hexano es mayor con el tamaño de partícula comprendida entre los tamices No. 5 y No.7 que con el tamaño de partícula comprendido entre los tamices No. 7 y No. 20.

El mayor rendimiento de oleorresina obtenido fue para el solvente etanol, con el tamaño de partícula comprendido entre los tamices No. 7 y No.20 el cual fue de 7.5%. En dicho trabajo también se realizó un análisis cualitativo por medio de cromatografía de capa fina de la oleorresina obtenida para confirmar la presencia de los compuestos mayoritarios, siendo estos el linalool, el cineole y el terpineol.

En el 2005 el estudiante Tito Estuardo Vides Quiñónez realizó el trabajo de graduación titulado “Obtención y caracterización de oleorresina de clavo (*Eugenia Cariophyllata, thunb*), cultivado en Guatemala, a nivel planta piloto”. En este trabajo de investigación se evaluó el porcentaje de rendimiento de la oleorresina de clavo a nivel planta piloto, en función del tiempo de maceración, utilizando como método de extracción la maceración sin agitación o recirculación del clavo molido, filtración y posterior concentración del extracto; se utilizó como solvente una solución acuosa de etanol al 70 % y se manejó como variable controlable tres diferentes tiempos de maceración, siendo estos 12, 24 y 36 horas.

Se determinó que el rendimiento de la oleorresina de clavo (*Eugenia caryophyllata Thunb*) extraído para dicha investigación fue de 19.5% para un tiempo de 12 horas, 20.8% para un tiempo de 24 horas y 22.6% para un tiempo de 36 horas, con composición y propiedades semejantes. Para la interpretación estadística de los resultados se utilizó un nivel de significancia del 5% y sobre esa base se determinó que el rendimiento no se veía afectado significativamente por el tiempo de maceración. Se realizó un análisis cualitativo por medio de cromatografía de capa fina de la oleorresina obtenida, para confirmar la presencia de los compuestos mayoritarios, siendo este el Eugenol.

En el 2006 la estudiante Nora Matilde Deulofeu Gabriel realizó el trabajo de graduación titulado: “Determinación del rendimiento de la oleorresina de tres distintas clases de cardamomo (*Elattaria cardamomun Maton*) cultivado en Alta Verapaz, extraída por Maceración dinámica y dos solventes distintos, a nivel laboratorio”. En dicho trabajo de investigación se evaluó el rendimiento de la oleorresina de cardamomo a nivel laboratorio, utilizando como método de extracción la maceración dinámica del fruto molido, filtración y posterior concentración del extracto obtenido a través de rotavapor; se manejaron como variables controlables, las clases de cardamomo siendo estas la primera, segunda y tercera clase y dos solventes distintos puros, el etanol y el hexano.

A la oleorresina extraída se le realizó un análisis cualitativo a través de tamizaje fitoquímico, el cual permitió determinar la presencia o ausencia de los principales grupos de constituyentes químicos; asimismo, se efectuó un análisis cromatográfico de gas, a través del cual se determinó el componente mayoritario en porcentaje en área para cada una de las oleorresinas obtenidas, siendo en la mayoría de los casos el compuesto Limonene.

Para la interpretación estadística de los resultados experimentales se utilizó análisis de varianza bifactorial con un nivel de significancia del 5%. Sobre la base del análisis estadístico se concluye que la clase de cardamomo y el solvente a utilizar no afectan, significativamente el porcentaje del rendimiento de oleorresina.

En febrero de 2009, el estudiante Keny Abdon López Salazar presentó su trabajo de graduación titulado “Extracción y caracterización fisicoquímica de la Oleorresina de la hoja de laurel (*Litsea guatemalensis* Mez.) a nivel laboratorio, utilizando tres concentraciones de solvente”. En dicha investigación se evaluó el rendimiento de la oleorresina de las hojas de laurel, a nivel laboratorio mediante lixiviación, utilizando como método de extracción la maceración dinámica de la hoja molida, posterior filtración y concentración del extracto obtenido; se manejaron variables controlables como el tamaño de partícula comprendidos entre los tamices No.5 (4mm) y No.200 (75µm) y tres concentraciones de etanol (35, 70 y 95% v/v).

Para la interpretación estadística de los resultados experimentales se utilizó análisis de varianza con nivel de significancia del 5%; sobre la base del análisis estadístico se determinó que el rendimiento, densidad, índice de refracción y el número de componentes, se ve afectado por la concentración del solvente utilizado.

Según los resultados obtenidos en esta investigación, el etanol al 95% es el mejor para las extracciones de este tipo de oleorresinas ya que el mayor rendimiento de oleorresina obtenido fue para este último con 22.03% y fue el extracto en donde un mayor número de componentes, se logró identificar.

Para llevar a cabo dicha investigación se hizo un análisis cualitativo por medio de cromatografía gaseosa acoplada a la espectrometría de masa de la oleorresina obtenida, para determinar la presencia de los compuestos mayoritarios resultando estos: 1,8 cineol, linalol y nerolidol.

En junio de 2009, el estudiante Adrian Antonio Soberanis Ibáñez presenta su trabajo de graduación titulado “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.” En dicha investigación se caracterizaron dos métodos diferentes de extracción sólido-líquido para la obtención de oleorresina de cardamomo (*Elleteria cardamomum*, L. Matton) tomando como parámetros de comparación los rendimientos, así como las propiedades fisicoquímicas y fitoquímicas de los extractos obtenidos.

Se utilizaron dos métodos de extracción, maceración dinámica y maceración estática, utilizando como solvente etanol al 95% v/v y cardamomo con un tamaño entre 840 y 1,190 micrones y una humedad menor de 15% w/w; se analizaron dos métodos: estático y dinámico; cada extracción se llevó a cabo a tres diferentes temperaturas 25 °C, 50 °C y 78 °C.

Al realizar el análisis estadístico se determinó que el método con mayor rendimiento fue el de maceración dinámica a 25°C con un rendimiento de  $20.958 \pm 1.073$  %, y se determinó que los metabolitos secundarios de mayor presencia en la oleorresina de cardamomo fueron: acetato de  $\alpha$ - terpinilo, limoneno,  $\alpha$ - terpineol, linalool y nerolidol. La presencia de estos fue determinada a través de cromatografía en capa fina y cromatografía gaseosa, acoplada a espectrometría de masas.



## **2. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Chile**

El chile es el fruto de la planta del mismo nombre; es una especie tradicional que procede del continente americano.

#### **2.1.1. Generalidades**

Sus lugares de origen son las Antillas y América del Sur. Pertenece a la clase embriofita Siphonagema; su género *Capsicum* cuenta con cinco especies: *pubescens*, *annuum*, *baccatum*, *frutescens* y *chinense*.

#### **2.1.2. Historia**

Ik o ich es el nombre natural con el que los distintos pueblos de origen maya conocen los *Capsicum* y chile es el nombre que se utiliza en forma más generalizada entre las personas que sólo hablan el Castellano en Guatemala; sin embargo este último nombre se deriva del Nahuatl chili, que fue introducido por grupos mexicanos que acompañaron a los conquistadores.

En otras regiones de América, los nombres utilizados para esta especie son: en la cultura quechua, ucho o ucha, y huayaca en aimara y Ají o Axi por los Aracos (grupos étnicos del Caribe), este último nombre y chile son los nombres comunes más utilizados.

Cultural y económicamente el chile ha formado parte de nuestros pueblos, desde su pasado maya hasta en la actualidad, con las subsecuentes modificaciones dada la aculturación sufrida desde la conquista hasta la actualidad.

Históricamente 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 Guzmán, Tomas Gage, y Fray Francisco Ximénez sobre la importancia de su cultivo y cómo ejercía influencia en el desarrollo de determinadas regiones (Tactic en las Verapaces y Petapa en el área central).

Es necesario resaltar que después del descubrimiento de América el chile fue una de las especies con una rápida dispersión en Europa y a Asia, tanto así que algunos botánicos europeos nombraron a estas plantas de acuerdo con el origen del material que ellos habían obtenido, tal el caso de Leonard Funcs quien nombró a sus materiales de herbario *Capsicum* de Calcuta ya que sus muestras tenían ese origen.

El nombre que más se asocia al chile en el mundo es el de pimiento, debido a la confusión que existió entre los españoles que acompañaban a Cristóbal Colón quienes consideraron que esta era la especia que ellos buscaban y que llamaban pimienta, nombre que se generalizó para los capsicum en todo el mundo. En la actualidad los chiles tienen una relevante importancia mundial, dado el volumen de producción y usos. Para Guatemala, reviste especial importancia no solo en el ámbito económico sino cultural y de reservorio de variabilidad genética, de importancia para el desarrollo del cultivo, ya que una de sus especies (*Capsicum annum*) la más importante, es la que más se cultiva en el mundo entero.

### **2.1.3. Usos**

En la actualidad el chile es una de esas especies muy propias de nuestro medio, que en su proceso de domesticación ha generado diferentes tipos con variados sabores, olores y formas, los que han sido acompañados de sus correspondientes formas de uso. De esta manera se explica el hecho de que exista una serie de platillos propios para cada región de nuestro país, en el que el chile aparece como elemento fundamental en su preparación, indicando además la participación que ha tenido en la vida cotidiana del guatemalteco.

### **2.1.4. Origen y distribución de los chiles**

Diversos estudios han definido como el centro de origen de las especies del género a una gran área ubicada entre el sur de Brasil y el este de Bolivia, oeste de Paraguay y norte de Argentina. Pues en esta localidad ha sido observada la mayor distribución de especies silvestres en el mundo, siendo posteriormente distribuidos por toda la región americana desde el sur de EE.UU. hasta la Argentina. Sin embargo las formas silvestres relacionadas a *Capsicum annum* se encuentran entre México y Centro América.

Los *Capsicum frutescens* y *Capsicum chinense* se encuentran en la Amazonia y Perú. Y el centro de origen de *Capsicum baccatum* y de *Capsicum pubescens* en Bolivia. Sin embargo las especies de mayor distribución geográfica son *Capsicum annum* y *Capsicum frutescens*, las cuales se encuentran ampliamente distribuida en México, Centroamérica y el Caribe. *Capsicum chinense* es la especie más cultivada en Sur América seguida de *Capsicum baccatum*.



Se conocen formas silvestres en todas las especies exceptuando *Capsicum pubescens*.

### **2.1.5. Consideraciones generales sobre el género *Capsicum***

Guatemala es uno de los centros de origen de chile (*Capsicum annum*), de tal manera que la mayor parte de chiles cultivados que se presentan en el país, pertenecen a dicha especie, la que se encuentra ligada a *Capsicum annum var. aviculare*, conocida como chiltepe; así también “se encuentra como material nativo el chile de caballo (*Capsicum pubescens*), distribuido en las zonas templadas y frías del país; chile habanero (*Capsicum chinense*), localizado únicamente en los alrededores del lago Petén Itzá y un tipo especial de chiltepe distribuido en la región de El Petén (*Capsicum frutescens*)”<sup>2</sup>.

### **2.1.6. Morfología floral del género *Capsicum***

Los *Capsicum* son plantas herbáceas o arbustivas de tronco leñoso y ramificación dicotómicas, con hojas alternas, lisas y brillantes excepto en *Capsicum pubescens* en que son rugosas y pubescentes. Las inflorescencias aparecen en las axilas de hojas y ramillas. En la misma especie pueden haber inflorescencias solitarias o en grupos, pendientes o erectas. La longitud y posición del pedúnculo también varía dentro de la especie.

En ciertos cultivares las flores crecen erectas al principio pero al formarse los frutos, los pedúnculos se doblan hacia abajo.

---

<sup>2</sup> 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 1990. p. 11.

El cáliz de 5 lóbulos permanece adherido al fruto, con rebordes basales en *Capsicum annuum*. Las corolas en forma de copa se abren hacia arriba en 5 o 7 lóbulos. El color de la corola puede servir para reconocer ciertas especies. Los cinco estambres son erectos, con filamentos cortos y anteras azules moradas o amarillas. El ovario esférico o cónico termina en un estigma simple que sobresale de los estambres que lo rodean.

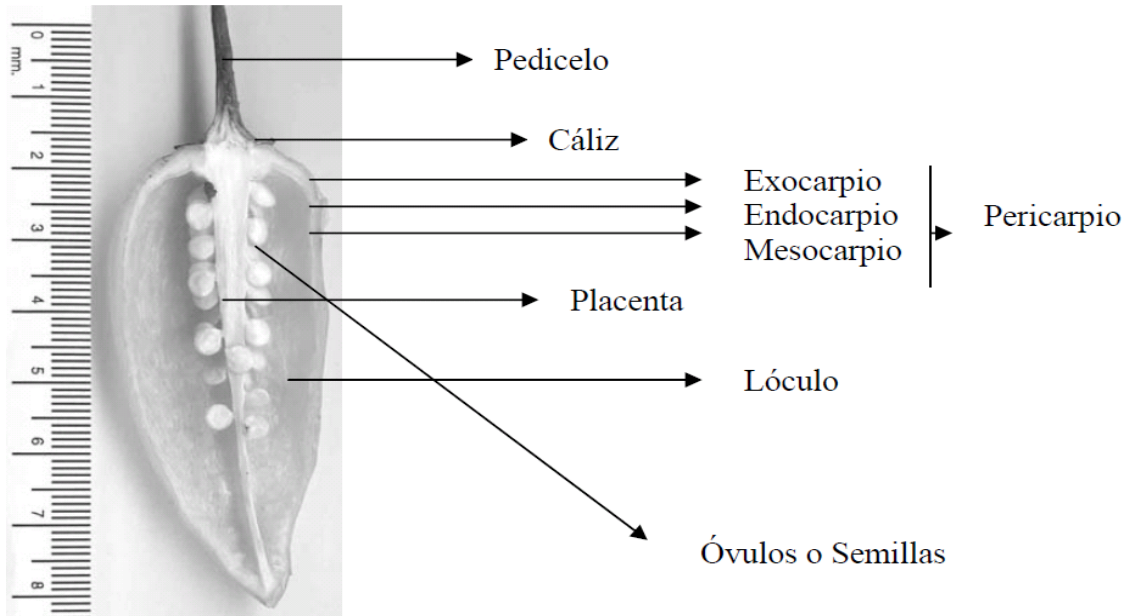
### **2.1.7. Fruto**

Los caracteres del fruto varían mucho dentro de la misma especie; en longitud, por ejemplo, pueden variar entre 1 a 30 cm. El fruto es una baya, por lo común con solo dos celdas.

La pared del fruto se forma del pericarpio que es la que conforma aproximadamente el 38% del Capsicum, en él se distinguen tres capas: el exocarpio que es la capa externa y poco endurecida; el mesocarpio que es una capa intermedia y carnosa cuya última capa de células, hacia el interior del fruto, forma las llamadas células gigantes, que son típicas de estas especies y por último el endocarpio que es la capa interior y de consistencia poco leñosa que está constituido por una o pocas capas de células más pequeñas y de paredes gruesas.

En promedio, la placenta comprende el 2% del chile, 56% de semillas y un 4% de tallos.

Figura 1. Corte longitudinal de un fruto de *Capsicum* señalando las partes más importantes del mismo



Fuente: AYALA VARGAS, Helmer Dagoberto. Le IK, Los chiles de Guatemala. p.42.

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.

Existen 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.

El pericarpio del fruto es variable dependiendo del cultivar, generalmente se puede mencionar que existen frutos con pericarpio grueso, mediano y delgado, generalmente se puede observar que en *C. annuum* los cultivares pimientos, jalapeños y serranos presentan un pericarpio de un grosor que varía entre 2 a 4 mm. Estos cultivares son los que generalmente se utilizan para consumir en fresco o como hortaliza. Los de pericarpio delgado usualmente son utilizados para elaborar deshidratados o polvos.

### **2.1.8. Importancia nutricional**

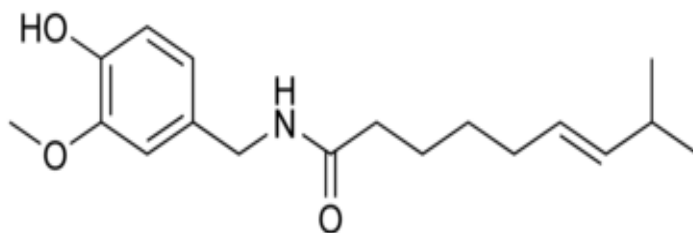
Aunque muchas personas lo desconozcan, el chile posee una gran variedad de elementos nutritivos como por ejemplo: agua, carbohidratos, proteínas, grasas, fibra, vitamina A, B1 (tiamina), B2 (riboflavina), B6, B12, vitamina C, azufre, calcio, cloro, cobre, fósforo, hierro, magnesio, manganeso, niacina,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

### 2.1.9. Contenido de capsaicina

El principal ingrediente activo que causa la pungencia en los chiles es un compuesto sólido cristalino en forma de agujas llamado capsaicina. La capsaicina es un alcaloide increíblemente poderoso aparentemente inafectable por el frío o el calor, el cual retiene su potencial a pesar del tiempo, cocinado o congelado. Dado que no tiene sabor, color u olor, sólo incita la liberación de neurotransmisores que estimulan las células trigeminales, puntos receptores de dolor, en la lengua, estómago o boca.

El contenido de capsaicina varía mucho según el cultivar de chile, y en su formación los factores ambientales tienen un papel principal. La capsaicina en los frutos maduros solo se encuentra en las capas externas de las placentas o sea los tejidos que sostienen las semillas. También se ubican debajo de la epidermis, que es gruesa e irregular. “Esta sustancia puede a menudo ser detectable al paladar en diluciones de 1 a 70 millones, es poco soluble en agua, pero muy soluble en alcohol, grasas y aceites. En los chiles secos, forma pequeñas masas cristalinas y amarillentas.”<sup>3</sup>

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



Fuente: CANO, Enio B. Biodiversidad de Guatemala. p.2 381.

<sup>3</sup> 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. p. 15.

### **2.1.10. Medición de pungencia**

La manera más común de medir la pungencia en los chiles, es probando la vaina. Existe una prueba organoléptica: Scoville, basada en la percepción humana, la cual ha sido utilizada desde 1912 para la determinación de pungencia.

#### **2.1.10.1. Escala Scoville**

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 Scoville. Sin embargo, 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 gran debilidad de este método recae en su imprecisión, pues la prueba está sujeta a la subjetividad humana.

### **2.2. Chile chamberote (*Capsicum annum, spp*)**

Es un chile de color verde blanquecino y de forma globosa con la base deprimida y constricciones bien marcadas. Se observa frecuentemente en los mercados de la altiplanicie central, en los meses de agosto a noviembre.

El fruto, en su mayoría, se comporta como se describe anteriormente, sin embargo, morfológicamente dentro del cultivo es posible encontrar algunas formas intermedias, desde globoso-oblongo hasta ligeramente cónico. En el mercado se prefiere la forma globosa.

“Sus requerimientos de luz permiten que se cultive en asociación con frijol o en monocultivo; ambas opciones son utilizadas en su área de distribución, la cual se concreta a las partes bajas, secas y calurosas de Chuarrancho y San José del Golfo, así como a ciertas áreas de la parte baja del departamento de Sacatepéquez.”<sup>4</sup>

Figura 3. **Fruto de chile chamborote en estado inmaduro**



Fuente: AYALA VARGAS, Helmer Dagoberto. Le IK, Los chiles de Guatemala. p. 77.

---

<sup>4</sup> TOJÍN SILVA, José. Caracterización de 25 cultivares de chile (*Capsicum spp*) del Sur-Oriente de la República de Guatemala. p. 18.

Figura 4. **Preparación de chile chamborote para el secado**



Fuente: Laboratorio de Investigación de extractos vegetales LIEXVE, durante el proceso de experimentación.

Figura 5. **Secado de chile chamborote en un secador de bandejas eléctrico**



Fuente: Laboratorio de Investigación de extractos vegetales LIEXVE, durante el proceso de experimentación.



### **2.3. Oleorresinas**

Las oleorresinas se obtienen de especias por medio de una extracción con disolventes orgánicos que después se eliminan por destilación, el producto resultante es un líquido que contiene una mezcla de los compuestos volátiles y no volátiles de la materia prima, aun cuando no se extraigan todos los responsables del aroma. Las oleorresinas son muy viscosas y coloreadas y se usan en concentraciones muy bajas, normalmente de 5 a 10% respecto de la especie de donde se extraen.

En su obtención se pueden acarrear algunas sustancias indeseables que dependen de la polaridad del disolvente y del contenido de humedad de la materia prima; las contaminaciones más importantes se deben a la presencia de taninos, azúcares, almidones, resinas y pigmentos, que se eliminan por medio de algunos tratamientos de solubilización, filtración o centrifugación; el paso que requiere de más precaución es la concentración, ya que sus constituyentes son muy sensibles a las altas temperaturas y se destruyen con facilidad.

Pueden dividirse en dos grandes grupos: las que se preparan con especias y hierbas por extracción con disolventes volátiles, utilizados exclusivamente en la industria de sustancias soporíferas y las que se preparan de las partes odoríferas de la planta, exceptuadas las flores, cuyo empleo principal es la industria de perfumes.

Las oleorresinas de especias corresponden enteramente a la primera categoría de oleorresinas ya mencionadas, hay que distinguirlas de las llamadas acuarresinas, que típicamente se preparan por extracción con alcohol acuoso y no con disolventes.

Aunque hay cierta superposición en las aplicaciones de ambos tipos de productos. Puesto que disolventes distintos pueden dar como resultado productos de diferentes características de olor a partir de la misma sustancia, la elección de los disolventes es una de las funciones más importantes en la fabricación de oleorresinas.

Después de la separación de las materias sobrantes, se libera el extracto de su disolvente volátil mediante la destilación al vacío, lo que deja como residuo la oleorresina deseada. Las oleorresinas de especias que constituyen la forma líquida más concentrada, reproducen el carácter de la especia con mucha mayor plenitud que los aceites esenciales. Se utilizan como agentes soporíferos en la industria de elaboración de alimentos. Como su elevada concentración hace difícil que las oleorresinas como tales se incorporen en las mezclas de productos alimentarios, se dispersan en una base seca, harina y dextrosa.

Las oleorresinas son de empleo más económico, de más fácil control de calidad y más limpias que las especias molidas equivalentes; su ventaja sobre los aceites esenciales equivalentes, es que son más estables cuando se calientan. Con referencia a los extractos obtenidos de plantas aromáticas, pueden ser: aceites esenciales, resinoides, concretos, absolutos, extractos crudos o purificados, oleorresinas, exudados naturales (bálsamos y resinas), etc.

Se denomina concreto a un extracto de una planta aromática obtenido por medio de un disolvente no polar (dentro de los más usados están: hexano, éter de petróleo, acetona, acetato de etilo, n-butanol, etc.) o etanol y posterior eliminación de este por evaporación a baja temperatura y con ayuda de vacío.

El residuo resultante suele ser un producto semisólido, pastoso, conteniendo no solamente la porción aromática de la planta sino también productos oleosos, cerosos, clorofila, pigmentos, resinas, etc. En la jerga comercial, estos tipos de extractos suelen llamarse oleorresinas por el hecho de contener todos los componentes oleosos o liposolubles de la planta de origen. Muchas de estas oleorresinas tienen un vasto uso en la industria alimenticia y farmacéutica, como reemplazantes de las respectivas partes de la planta. Las ventajas que tienen son la facilidad de dosificación, la posibilidad de homogeneizar la calidad, la carencia de problemas por contaminación y por ende una mayor estabilidad.

Respecto de los aceites esenciales, algunas veces suelen preferirse por contener no solamente los componentes volátiles de la planta, sino también los otros compuestos que hacen el sabor, textura, pungencia, solubilidad, acorde de sus características organolépticas.

Una vez obtenido el concreto, se lo puede redissolver en etanol a temperatura ambiente. Quedará una parte insoluble en el etanol, que se denomina resinoide, y una parte soluble que se separa por filtración, la que después de eliminarle el etanol (a baja temperatura y con ayuda de vacío) se denomina absoluto. 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.

“Algunas oleorresinas libres de solvente son difíciles de manejar debido a su alta viscosidad. En esos casos, se le agrega propilenglicol o un aceite graso para hacer más fluido el producto.”<sup>5</sup>

---

<sup>5</sup> LÓPEZ MAZÍN, Julio Gabriel. Evaluación del rendimiento de oleorresina de las hojas de laurel (*Litsea guatemalensis*) de Tecpán, Chimaltenango en función del tamaño de partícula, utilizando dos solventes distintos a nivel planta piloto. p. 6.

### **2.3.1. Usos de las oleorresinas**

Las oleorresinas tienen uso en la industria de alimentos y de medicamentos sustituyendo las plantas secas o las tinturas. Se emplean en la coloración de productos lácteos, principalmente en mantequillas, margarinas, quesos, en productos de panadería y mezclado con el colorante bixina para la coloración de confituras, helados y pudines. También se utiliza industrialmente como saporífero de salsas curry, en curtidos, salsas y condimentos, en sopas y purés instantáneos, en la coloración de la mostaza, en helados de vainilla, utilizando como saborizante artificial la oleorresina del clavo, en yogurts y en productos de harina.

Las oleorresinas en general, son ampliamente comercializadas y existen muchos países interesados en importar estos productos, siendo los mayores exportadores de especias a nivel mundial, la India, Estados Unidos, Madagascar y Australia.

### **2.3.2. Método de extracción de oleorresinas**

Las oleorresinas se obtienen de especias deshidratadas por extracción con un solvente volátil no acuoso.

#### **2.3.2.1. Extracción de oleorresinas**

En la extracción de las oleorresinas, los solventes empleados son eliminados casi completamente por procesos de destilación al vacío, azeotrópica o ambas.

### **2.3.2.2. Preparación de la especie vegetal**

La fabricación de un producto a partir de la materia prima vegetal comprende las operaciones de molienda, extracción, concentración y purificación. Se utiliza como materia prima el material vegetal seco previamente seleccionado para eliminar las impurezas. En esta operación se separan manualmente los materiales extraños como pedazos de madera, de metal o materiales de otra naturaleza. La tierra, la arena y el polvo muy fino son separados por medio de tamices.

### **2.3.2.3. Molienda**

El proceso de extracción de oleorresinas, se inicia con la molienda de la planta. Teniendo como objetivo la disminución del tamaño de las partículas de la especia para adecuarla a la etapa siguiente del proceso de extracción.

En la molienda a que es sometida la especia se rompen las paredes o membranas celulares, para que en el proceso de maceración se facilite la disolución de todas las propiedades de la especia en el líquido externo.

El tamaño de partícula se establece experimentalmente para cada especia 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.

#### **2.3.2.4. Selección del solvente**

Antes de empezar el proceso extractivo en una escala piloto o industrial, se debe definir la selectividad del solvente que va 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. Incluso del tipo Soxhlet, ya que no representa la separación de los componentes de la mezcla.

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.”<sup>6</sup>

---

<sup>6</sup> DEULOFEU GABRIEL Nora Matilde. Determinación del rendimiento de la oleorresina de tres distintas clases de cardamomo (*Elattaria cardamomum maton*) cultivado en Alta Verapaz, extraída por maceración dinámica y dos solventes distintos, a nivel laboratorio. p. 26.

### **2.3.2.5. Extracción mediante maceración dinámica con reflujo a temperatura constante**

Consiste en poner en contacto la materia vegetal con el solvente durante determinado tiempo (2, 3 y 4 horas); en este método de extracción las dos fases son móviles.

Se colocó la muestra en un matraz con boquilla esmerilada 24/40 y se puso en contacto directo con el solvente (alcohol etílico al 70%) y la materia prima, 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; al llevar la temperatura del sistema a la temperatura de ebullición del solvente la presión de vapor aumenta, por lo que el uso de un condensador de Allihn se hace más necesario. Ambas fases se sometieron a un proceso de agitación durante todo el tiempo extractivo.





### **3. DISEÑO METODOLÓGICO**

#### **3.1. Variables**

Las variables que se manejaron fueron las siguientes:

##### **3.1.1. Variables independientes**

- Tiempo de maceración
- Región de procedencia de la materia prima

##### **3.1.2. Variables dependientes**

- Contenido de capsaicina en cada oleorresina obtenida
- Densidad de cada una de las oleorresinas
- pH de las oleorresinas
- Porcentaje de rendimiento de la oleorresina

**Tabla I. Variables en el método de extracción por maceración dinámica a reflujo**

<b>Parámetro</b>	<b>Constante</b>	<b>Variable</b>	<b>Controlable</b>	<b>Independiente</b>	<b>Dependiente</b>
Rendimiento de oleorresina		X			X
Tamaño de partícula	X		X		
Temperatura control	X		X		
Tiempo de maceración		X		X	
pH		X	X		X
Agitación	X		X		
Volumen de solvente	X		X		
Índice de refracción		X			X
Densidad		X			X

Fuente: elaboración propia.

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

Las instalaciones en las que se trabajó para obtener los resultados de la investigación se describen a continuación:

#### **3.2.1. Localización**

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

- Laboratorio de Investigación de Extractos vegetales –LIECVE-, sección Química Industrial del Centro de Investigaciones de Ingeniería, edificio T-5, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala; para la obtención de las oleorresinas.
- Laboratorio de Toxicología, antigua Facultad de Ciencia Químicas y farmacias, zona 1, ciudad capital; para la realización del análisis de cromatografía gaseosa con espectrometría de masas.
- Unidad de Análisis instrumental UAI, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacias, Universidad de San Carlos de Guatemala, zona 12, ciudad Guatemala; para los análisis de HPLC.

### **3.3. Recursos humanos disponibles**

- Investigadora: Mariajosé Ortíz García
- Asesora: Inga. Qca. Telma Maricela Cano Morales
- Coasesor: Ing. Mario José Mérida Meré

### **3.4. Recursos materiales disponibles**

Los recursos materiales que se utilizaron para llevar a cabo la parte experimental de la investigación se describen a continuación:

#### **3.4.1. Materia prima**

Chile chamborote proveniente de tres regiones de Guatemala siendo estas:

- Aldea Montúfar, municipio San Juan Sacatepéquez, departamento de Guatemala, con una altura de 1 615 metros sobre el nivel del mar.
- Municipio de Chuarrancho, departamento de Guatemala, con una altura de 1 350 metros sobre el nivel del mar.
- Municipio de San Raimundo, departamento de Guatemala, con una altura de 1 570 metros sobre el nivel del mar.

#### **3.4.2. Materiales auxiliares**

- Agua destilada
- Guantes
- Papel parafilm
- Grasa de silicona
- Bolsas plásticas
- Masking tape
- Papel mayordomo
- Dedales

- Algodón
- Mangueras de hule

### 3.4.3. Equipo

A continuación se describen los equipos que se utilizaron para llevar a cabo la parte experimental de la investigación:

Figura 6. **Balanza analítica digital Adventurer Ohaus**



Fuente: Laboratorio de Investigación de extractos vegetales, LIEXVE.

Características de la balanza analítica Adventurer Ohaus:

- Marca: Adventurer Ohaus
- Número de serie: G1551202020548
- Máxima capacidad: 210g
- Rango de medición: 0,0001 – 210 g
- Voltaje: 8 – 14,5 V
- Frecuencia: 50 - 60 Hz

Figura 7. **Balanza de humedad BOECO Germany**



Fuente: Laboratorio de Investigación de extractos vegetales, LIEXVE.

Características de la balanza de humedad BOECO Germany:

- Marca: BOECO
- Modelo: SMO61
- No. de serie: 16204490
- 100-120 Vac; 3,3A
- Frecuencia: 50-60 Hz

Figura 8. **Balanza analítica digital BOECO Germany**



Fuente: Laboratorio de Investigación de extractos vegetales, LIEXVE.

Características de la balanza analítica digital BOECO *Germany*:

- Marca: BOECO *Germany*
- Modelo: BPB53
- Serie: 14704049
- Rango de medición: 0,01 - 610 g
- Tensión: 120 / 240 V
- Frecuencia: 50 – 60 Hz

Figura 9. **Bomba de vacío GE**



Fuente: Laboratorio de Investigación de extractos vegetales, LIEXVE.

Características de la bomba de vacío GE:

- Marca: GE Commercial motors
- Modelo: 0523 – V4F – G588DX
- Potencia: ¼ hp
- Vacío hasta 26 mm Hg
- r.p.m. 1725/1425



- Tensión: 100 – 115 V
- Corriente: 4,8 – 5,0 / 2,5 – 2,8 A
- Frecuencia: 50 Hz

Figura 10. **Rotavapor BÜCHI**



Fuente: Laboratorio de Investigación de extractos vegetales, LIEXVE.

#### Características del rotavapor BÜCHI:

- Marca: BÜCHI
- Voltaje: 120V
- Frecuencia: 50/60 Hz
- Potencia: 120W

Figura 11. **Campana de extracción**



Fuente: Laboratorio de Investigación de extractos vegetales, LIEXVE.

Características de la campana de extracción:

- Marca: Serproma
- Capacidad de motor:  $\frac{3}{4}$  Hp
- Voltaje: 110
- Potencia: 900 W

Figura 12. **Secador de bandejas de flujo transversal**



Fuente: Laboratorio de Investigación de extractos vegetales, LIEXVE.

Figura 13. **Licadora industrial para la molienda de materia prima**



Fuente: Laboratorio de Investigación de extractos vegetales, LIEXVE.

Figura 14. **Equipo de extracción por maceración dinámica con reflujo**



Fuente: Laboratorio de Investigación de extractos vegetales, LIEXVE.

#### **3.4.4. Cristalería**

- Balones *earlenmeyer* de 500 mL
- Balones esmerilados de 500 mL
- Embudos de vidrio marca *Pyrex*
- Probeta de 100 y 500 ml
- Condensador de bolas boquilla 24/40, marca Cornin-Pirex
- Termómetro de mercurio 0<sup>o</sup>C - 100<sup>o</sup>C
- Varillas de agitación
- Vidrio de reloj
- *Beackers*

#### **3.4.5. Reactivos**

- Etanol al 70%
- Agua destilada

### **3.5. Técnica cualitativa o cuantitativa**

A las oleorresinas obtenidas se les realizó un análisis cualitativo por medio de las técnicas: cromatografía gaseosa con acoplamiento de espectrometría de masas y cromatografía líquida de alta eficiencia HPLC para identificar sus componentes activos y el porcentaje de capsaicina en la oleorresina.

#### **3.5.1. Cromatografía gaseosa con espectrometría de masas**

Este método consiste en inyectar dentro del espectrómetro una cantidad igual a 0,2 microlitros de oleorresina diluida en un mililitro de metanol.

En este método se produce la identificación de los compuestos presentes en la oleorresina por medio de iones que comparan su peso molecular con el patrón utilizado y luego lo grafica en un cromatograma. Cada pico del cromatograma representa un tiempo de retención en el que se le asigna un área porcentual con un nivel de confianza que indica la probabilidad de presencia de un determinado componente en la muestra, para luego identificarlo y nombrarlo según la librería contenida en el programa.

### **3.5.2. Cromatografía líquida de alta eficiencia HPLC (High Performance Liquid Chromatography)**

La cromatografía es un método físico de separación basado en la distribución de los componentes de una mezcla entre dos fases inmiscibles, una fija o estacionaria y otra móvil. En la cromatografía líquida, la fase móvil es un líquido que fluye a través de una columna que contiene a la fase fija.

La cromatografía líquida clásica se lleva a cabo en una columna generalmente de vidrio, la cual está rellena con la fase fija. Luego de sembrar la muestra en la parte superior, se hace fluir la fase móvil a través de la columna por efecto de la gravedad.

Con el objeto de aumentar la eficiencia en las separaciones, el tamaño de las partículas de fase fija fue disminuyendo hasta el tamaño de los micrones, lo cual generó la necesidad de utilizar altas presiones para lograr que fluya la fase móvil.

De esta manera, nació la técnica de cromatografía líquida de alta resolución (HPLC), que requiere de instrumental especial que permita trabajar con las altas presiones requeridas.

En la actualidad HPLC ha llegado a ser una de las técnicas de los laboratorios modernos más importantes como herramienta analítica para separar y detectar compuestos químicos. Como en todas las técnicas analíticas, los pequeños problemas pueden llegar a tener un mayor impacto en la exactitud y durabilidad del sistema. Aun con la evolución de los cromatógrafos líquidos en la era de la computadora, hay aún problemas que esta no puede resolver.

Hasta los solventes para HPLC, todos filtrados cuidadosamente en la fábrica, pueden acumular partículas en suspensión que perjudiquen a los componentes del sistema HPLC. Estas partículas en suspensión pueden venir de varias fuentes, incluso de la exposición al polvo en el aire durante el trasegado de solvente en el depósito para solvente, la exposición a partículas del aire durante el almacenamiento del solvente en el depósito, la degradación lenta del recipiente del solvente, o de condensación y polimerización del solvente. Las partículas pueden ocasionar costosos daños a la bomba HPLC, el guardacolumnas y en general causar desgaste del sistema. Los fabricantes de los instrumentos tienen en cuenta este problema y recomiendan que se filtren y desgasifiquen los solventes antes de usarlos.

### **3.5.3. Densidad**

Para llevar a cabo este análisis se utilizó un picnómetro, el cual estaba perfectamente limpio y seco, este se pesó y se anotó dicho dato; posteriormente, se llenó el picnómetro hasta el borde con el extracto etanólico del chile chamborote; se colocó la tapadera del canal lateral. Se secó perfectamente y se pesó. Se vació el picnómetro y se secó. Se calculó la densidad dividiendo el peso en gramos (que es la resta del peso del picnómetro lleno menos el peso del picnómetro vacío) dentro del volumen del picnómetro.

### **3.6. Recolección y ordenamiento de la información**

Los pasos para la recolección y ordenamiento de la información durante el proceso de experimentación fueron:

#### **3.6.1. Tratamientos previos aplicados a la materia prima**

La materia prima inicialmente fue sometida a una serie de tratamientos antes de llevar a cabo la extracción en sí, siendo estos:

##### **3.6.1.1. Secado**

Luego de obtener la materia prima se comprobó que esta se encontrara completamente limpia, posteriormente se llevó a cabo al proceso de secado controlado de los frutos, tomando en cuenta que el porcentaje de humedad del fruto al final del secado debe ser menor al 10%, según la norma de la OMS para la deshidratación de plantas aromáticas y medicinales. La temperatura de secado debe ser menor a 40<sup>0</sup>C para evitar daño en los componentes químicos activos.

El proceso de secado se llevó a cabo en el secador de bandejas de flujo transversal que se encuentra en el Laboratorio de Investigación de Extractos vegetales LIEXVE, del centro de investigaciones de la Facultad de Ingeniería.

Para determinar los porcentajes de humedad de los frutos, se utilizó la balanza de humedad marca BOECO Germany. La materia prima de cada una de las tres regiones fue secada separadamente. Los frutos ya secos fueron colocados en bolsas plásticas completamente cerradas e identificadas.

De acuerdo con las pruebas preliminares realizadas, los tiempos de secado de la materia prima que originalmente se encontraba en un intervalo de 88 – 95 % de humedad, tardó aproximadamente 72 horas en secarse, hasta un porcentaje de humedad menor al 10%. Por lo que obtuvo un comportamiento similar para la materia prima obtenida de las tres regiones de origen del chile chamborote.

### **3.6.1.2. Molienda**

Teniendo la materia prima seca se procedió a la molienda de la misma; con el fin de disminuir el tamaño de las partículas de la especie, para adecuarla a la etapa siguiente: el proceso de extracción. La molienda se llevó a cabo en el Laboratorio de Investigación de Extractos vegetales LIEXVE, del centro de investigaciones de la Facultad de Ingeniería, y para ello se utilizó una licuadora industrial.

La materia prima ya molida, se pesó la misma para poder así determinar la proporción de materia prima molida respecto de la materia prima fresca. La última etapa de la molienda fue colocar la materia prima ya molida en bolsas plásticas adecuadas.

### **3.6.2. Condiciones de extracción**

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



### **3.6.2.1. Solvente**

El solvente utilizado para la extracción de oleorresina de chile chamborote fue alcohol etílico al 70%; el porcentaje de dicha solución alcohólica se determinó teniendo en cuenta que para usos industriales es más factible económicamente utilizarlo en este porcentaje.

### **3.6.2.2. Estado de división de la planta**

La eficiencia del proceso extractivo sería mayor cuando menor sea el tamaño de la partícula, ya que así se obtiene una mayor área de contacto con el solvente. En la práctica, la existencia de partículas muy finas dificulta el proceso de extracción, pues presentan compactación y los procesos de maceración en donde las partículas pasan al extracto hacen necesaria la realización de la etapa adicional de filtración, la cual no siempre es de fácil ejecución. En la presente investigación se realizó un análisis granulométrico para determinar el tamaño de partícula a utilizarse.

### **3.6.2.3. Agitación**

La eficiencia del proceso extractivo es función del equipo de saturación del solvente. La agitación hace que nuevas cantidades de solvente, pobre en las sustancias extraíbles, entre en contacto con el sólido y un nuevo punto de equilibrio de saturación es alcanzado. El movimiento del líquido con agitadores magnéticos, desplaza el equilibrio en el sentido de la saturación del solvente, aumentando la eficacia del proceso. Para llevar a cabo la parte experimental de la presente investigación fue necesario calibrar los agitadores magnéticos a 600 rpm, con ayuda de la lámpara estroboscópica.

### 3.6.2.4. 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. Para la extracción de oleorresina de chile chamborote se trabajó a la temperatura de ebullición del alcohol etílico al 70%.

### 3.7. Tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información

A continuación se presentan las tablas que se utilizaron para la tabulación de los datos que proporcionaron los resultados de la presente investigación.

Tabla II. **Diseño para la recolección de datos antes y después de realizada la extracción de oleorresina de chile chamborote, para una sola región de procedencia de materia prima**

REGIÓN	TIEMPO (h)	REPETICIÓN	% RENDIMIENTO
Chuarrancho	2	1	21.43
Chuarrancho	2	2	33.27
Chuarrancho	2	3	36.40
Chuarrancho	2	4	23.73
Chuarrancho	3	1	30.35
Chuarrancho	3	2	33.13
Chuarrancho	3	3	33.47
Chuarrancho	3	4	36.73
Chuarrancho	4	1	26.15
Chuarrancho	4	2	24.80
Chuarrancho	4	3	29.47
Chuarrancho	4	4	35.40

Fuente: elaboración propia, utilizando los datos de la sección de resultados.

**Tabla III. Diseño para la recolección de datos para la obtención de la densidad del extracto etanólico de chile chamborote procedente de Chuarrancho**

Tiempo de maceración (h)	Tiempo (min)	Masa extracto (g)	Volumen Picnómetro (mL)	Densidad extracto (g/mL)
2	20	0.9627	1.069	0.9006
	40	0.9687	1.069	0.9062
	60	0.9702	1.069	0.9076
	80	0.9734	1.069	0.9106
	100	0.9772	1.069	0.9141
	120	0.9797	1.069	0.9165

Fuente: elaboración propia. Datos obtenidos a través de la experimentación y de la ecuación No.6.

**Tabla IV. Diseño para la recolección de datos para la obtención del índice de refracción y el pH del extracto etanólico de chile chamborote procedente de Chuarrancho**

Tiempo de maceración (h)	Tiempo (min)	pH	Índice de Refracción
2	20	6.49	1.3675
	40	6.38	1.3689
	60	6.32	1.3694
	80	6.11	1.3699
	100	6.07	1.3701
	120	5.80	1.3711

Fuente: elaboración propia. Datos obtenidos a través de la experimentación.

Tabla V. **Diseño para la recolección de datos para la obtención de sólidos totales del extracto etanólico de chile chamborote**

Región	tiempo de maceración (h)	volumen (mL)	Peso final (g)	peso inicial (g)	sólidos totales (g/mL)
Chuarrancho	2	1	1.99	1.96	0.03
Chuarrancho	3	1	1.97	1.93	0.04
Chuarrancho	4	1	1.97	1.94	0.03
Montúfar	2	1	1.94	1.92	0.02
Montúfar	3	1	2.00	1.98	0.02
Montúfar	4	1	1.96	1.94	0.02
San Raimundo	2	1	1.94	1.91	0.03
San Raimundo	3	1	1.95	1.92	0.03
San Raimundo	4	1	1.99	1.95	0.04

Fuente: elaboración propia. Datos obtenidos a través de la experimentación.

### **3.8. Análisis estadístico**

El análisis estadístico consistió en fijar variables dependientes e independientes con las cuales se obtuvieron el número de tratamientos y unidades experimentales que permitieron dar inicio a la experimentación.

#### **3.8.1. Métodos y modelos de los datos según tipo de variables**

El primer paso consistió en establecer las variables independientes y dependientes de la forma que a continuación se describe.

### **3.8.1.1. Fijar las variables independientes o “factores”**

- Tiempo de extracción representada aquí por la letra a.
- Región de procedencia de la materia prima representada aquí por la letra b.

### **3.8.1.2. Fijar las variables dependientes o variables respuesta**

- Porcentaje de rendimiento de la Oleorresina representada por %R

### **3.8.1.3. Determinación del número de tratamientos o combinaciones**

Para tal efecto se hace uso de la ecuación siguiente:

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

Donde:

t = Número de tratamientos

a = Factor: tiempo de extracción

b = Factor: región de obtención de materia prima

#### **3.8.1.4. Determinación del número de unidades experimentales**

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

$$n = t * r \text{ (Ecuación 2)}$$

Donde:

n = Unidades experimentales

t = Tratamientos

r = Repeticiones

#### **3.8.1.5. Llevar a cabo una aleatorización**

Se llevó a cabo una aleatorización para evitar posibles errores sistemáticos que puedan ocurrir y garantizar la independencia entre las observaciones. El modelo escogido fue: bloques al azar.

Sabiendo que son 9 tratamientos y que deben realizarse 4 repeticiones para cada uno de ellos, se procede a formar cuatro bloques, cada uno de ellos con nueve partes que representan cada tratamiento. Se realizaron cuatro sorteos para obtener el orden en que debían ejecutarse los tratamientos en cada una de las repeticiones.

Tabla VI. Orden de ejecución de los tratamientos

Repetición 1								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub>	A <sub>3</sub> B <sub>3</sub>	A <sub>2</sub> B <sub>3</sub>	A <sub>3</sub> B <sub>1</sub>	A <sub>2</sub> B <sub>2</sub>	A <sub>1</sub> B <sub>3</sub>	A <sub>1</sub> B <sub>2</sub>	A <sub>3</sub> B <sub>2</sub>	A <sub>2</sub> B <sub>1</sub>
Repetición 2								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
A <sub>2</sub> B <sub>2</sub>	A <sub>1</sub> B <sub>2</sub>	A <sub>1</sub> B <sub>3</sub>	A <sub>2</sub> B <sub>1</sub>	A <sub>3</sub> B <sub>3</sub>	A <sub>2</sub> B <sub>3</sub>	A <sub>3</sub> B <sub>2</sub>	A <sub>3</sub> B <sub>1</sub>	A <sub>1</sub> B <sub>1</sub>
Repetición 3								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
A <sub>1</sub> B <sub>2</sub>	A <sub>3</sub> B <sub>2</sub>	A <sub>2</sub> B <sub>2</sub>	A <sub>2</sub> B <sub>3</sub>	A <sub>3</sub> B <sub>1</sub>	A <sub>1</sub> B <sub>3</sub>	A <sub>1</sub> B <sub>1</sub>	A <sub>2</sub> B <sub>1</sub>	A <sub>3</sub> B <sub>3</sub>
Repetición 4								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
A <sub>3</sub> B <sub>2</sub>	A <sub>2</sub> B <sub>2</sub>	A <sub>3</sub> B <sub>1</sub>	A <sub>1</sub> B <sub>1</sub>	A <sub>2</sub> B <sub>1</sub>	A <sub>3</sub> B <sub>3</sub>	A <sub>1</sub> B <sub>2</sub>	A <sub>2</sub> B <sub>3</sub>	A <sub>1</sub> B <sub>3</sub>

Fuente: elaboración propia.

### 3.8.2. Análisis de varianza

El diseño experimental se planteó de manera aleatorizada, con un experimento bifactorial para 3 regiones de origen de la materia prima, 3 tiempos de extracción y 4 repeticiones; resultando un total de 36 unidades experimentales. Se utilizó el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ij} = \beta_k + \alpha_i + \theta_j + (\alpha\theta)_{ij} + \varepsilon_{ijk} \quad (\text{Ecuación 3})$$

Donde:

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

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

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

$\theta_j$  = efecto de la j-ésimo tiempo de extracción

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

### 3.8.2.1. Cuadro de ANDEVA

Las fórmulas de trabajo para el análisis de varianza se resumen en un cuadro denominado ANDEVA (Análisis de varianza).

**Tabla VII. Prueba F de las hipótesis en el análisis de varianza para los rendimientos de oleorresina de chile chamborote proveniente de tres regiones diferentes, extraída a través de maceración dinámica con reflujo, utilizando tres tiempos de extracción**

Fuentes de Variación (FV)	Grados de libertad (GL)	Suma de Cuadrados (SC)	Cuadrados Medios (CM)	F	Probabilidad (P)
Repeticiones	3	54,822	18,274		
Región	2	396,181	198,091	13,62	0,0001
Tiempo	2	3,187	1,594	0,11	0,8967
Región*tiempo	4	89,342	22,335	1,54	0,2237
Error	24	349,133	14,547		
Total	35				

Fuente: elaboración propia. Resultados de análisis estadístico.



La hipótesis nula se rechaza con base en el siguiente criterio:

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

Con un valor de significancia crítico de  $\alpha = 0,05$

Por lo tanto, con base en los datos de la tabla VII se puede tomar la decisión de aceptar o rechazar la hipótesis nula  $H_0$ , tomando en cuenta la siguiente ecuación:

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

Donde:

F = Valor de Fisher calculado

$CM_{\theta, \alpha}$  = Cuadrados medios para el tiempo de extracción ó bien para la región de origen de la materia prima

$CM_{\epsilon}$  = Cuadrados medios para el error

Por lo cual los dos criterios son:

1.  $H_0$  es verdadera si F tiende a cero.
2. 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 en el tiempo de extracción o la región de origen, son muy diferentes; por lo cual se rechaza la hipótesis nula  $H_0$ .

Figura 15. **Gráfica de la prueba estadística de F (Fisher)**



Fuente: WALPOLE, Ronald E. Probabilidad y Estadística para Ingenieros. p.125.

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 sí se rechaza  $H_0$ . Luego, de acuerdo a los datos de la tabla VI se tiene:

Para la región de origen de la materia prima:

$$P(F \geq 13,62) = 0,0001 \leq 0,05 = \alpha$$

De acuerdo con 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 chamborote (*Capicúa anua spa.*) según la procedencia: Chuarrancho, Montúfar - San Juan Sacatepéquez y San Raimundo.

Para el tiempo de extracción:

$$P(F \geq 0,11) = 0,89670,05 \geq 0,05 = \alpha$$

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 oleorresina de chile chamborote (*Capicúa anua spa.*) al utilizar dos, tres y cuatro horas de extracción.

### 3.8.2.2. Criterio de Tukey

Se utilizó el método de tuque de comparaciones por pares, para determinar cuáles pares de las medias de tratamientos o bloques son significativamente distintas entre sí.

Tabla VIII. **Tabla de decisión para escoger el tiempo optimo de extracción de oleorresina de chile chamborote (*Capsicum annum spp.*)**

Tiempo (h)	Media	Grupos homogéneos
4	28,857	A
3	28,739	A
2	28,175	A

Fuente: elaboración propia. Resultados de análisis estadístico, anexo 3.

De acuerdo con los valores de la tabla VIII, puede decirse que estadísticamente no existe diferencia en los rendimientos de oleorresina de chile chamborote utilizando dos, tres o cuatro horas de extracción.

Tabla IX. **Tabla de decisión para escoger la región en la que se obtiene mayor rendimiento de oleorresina de chile chamborote (*Capsicum annum spp.*)**

Región	Media	Grupos homogéneos
San Raimundo	31,467	A
Churranchito	30,361	A
Montufar, San Juan Sacatepéquez	23,943	B

Fuente: elaboración propia. Resultados de análisis estadístico, anexo 3.

De acuerdo con los valores de la tabla IX, puede decirse que estadísticamente no hay diferencia en los rendimientos de oleorresina si se utiliza chile procedente de San Raimundo o de Chuarrancho. Pero sí existe diferencia si se utiliza chile procedente de Montúfar, San Juan Sacatepéquez, ya que los rendimientos obtenidos para esta región fueron menores.

### **3.8.3. Programas utilizados para análisis de datos**

- Microsoft Office Excel: esta hoja de cálculo se utilizará para llevar a cabo diversas operaciones matemáticas.
- Microsoft Visio: se usa para la elaboración de diagramas, entre ellos los diagramas de flujo de procedimientos.
- Microsoft office proyecto: para la elaboración de los cronogramas requeridos.
- 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.



## 4. RESULTADOS

Tabla X. **Porcentaje de rendimientos de la oleorresina de chile chamborote (*Capsicum annum spp.*) procedente del municipio Chuarrancho departamento de Guatemala**

Tiempo (h)	Repetición	% Rendimiento	Promedio	Desviación estándar
2	1	21.43	28.71	7.25
2	2	33.27		
2	3	36.40		
2	4	23.73		
3	1	30.35	30.36	2.61
3	2	33.13		
3	3	33.47		
3	4	36.73		
4	1	26.15	28.95	4.72
4	2	24.80		
4	3	29.47		
4	4	35.40		

Fuente: elaboración propia. Datos obtenidos en el experimento.

Tabla XI. **Porcentaje de rendimientos de la oleorresina de chile chamborote (*Capsicum annum spp.*) procedente de Montúfar-San Juan Sacatepéquez departamento de Guatemala**

Tiempo (h)	Repetición	% Rendimiento	Promedio	Desviación estándar
2	1	19.81	23.22	2.80
2	2	23.93		
2	3	26.53		
2	4	22.60		
3	1	17.85	22.73	3.36
3	2	23.27		
3	3	25.33		
3	4	24.47		
4	1	33.13	25.88	4.98
4	2	22.53		
4	3	25.13		
4	4	22.73		

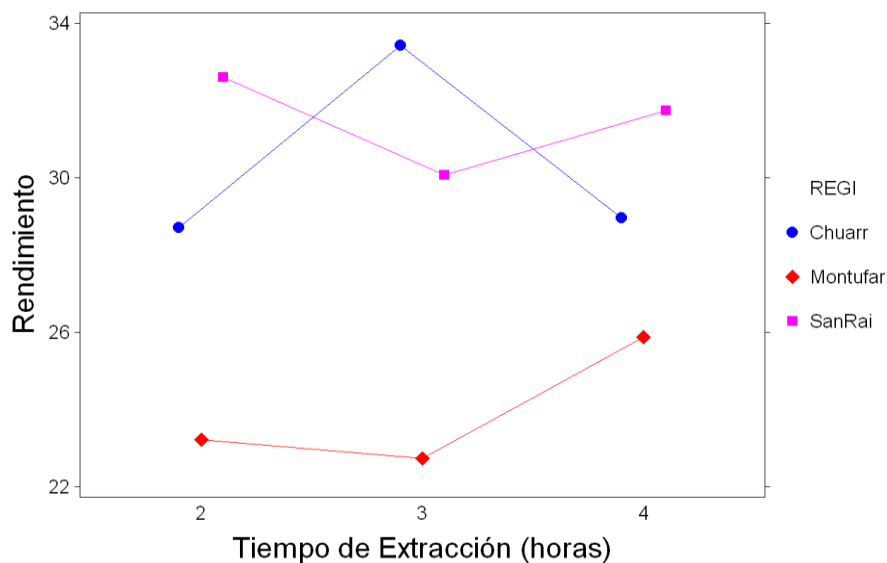
Fuente: elaboración propia. Datos obtenidos en el experimento.

Tabla XII. **Porcentaje de rendimientos de la oleorresina de chile chamborote (*Capsicum annuum spp.*) procedente del municipio San Raimundo departamento de Guatemala**

Tiempo (h)	Repetición	% Rendimiento	Promedio	Desviación estándar
2	1	29.40	32.60	2.21
2	2	33.93		
2	3	32.87		
2	4	34.20		
3	1	31.40	30.07	1.93
3	2	31.00		
3	3	30.67		
3	4	27.20		
4	1	31.67	31.73	0.66
4	2	31.13		
4	3	32.67		
4	4	31.47		

Fuente: elaboración propia. Datos obtenidos a partir del experimento.

Figura 16. **Promedio del rendimiento de oleorresina de chile chamborote para cada una de las regiones de origen**



Fuente: elaboración propia. Basada en datos experimentales con ayuda del programa Statistical Package for the Social Science (SPSS).

Tabla XIII. **Cuantificación de capsaicina en porcentaje peso/peso en la oleorresina de chile chamborote por cromatografía líquida de alta eficiencia usando una curva de calibración**

Región	Tiempo (h)	Código	ppm	% p/p	Promedio %p/p
Chuarrancho	2	A1B1	0,35	0,007	0,031
Chuarrancho	3	A2B1	2,33	0,039	
Chuarrancho	4	A3B1	2,55	0,047	
Montúfar	2	A1B2	2,59	0,053	0,034
Montúfar	3	A2B2	1,71	0,035	
Montúfar	4	A3B2	0,65	0,013	
San Raimundo	2	A1B3	3,42	0,06	0,052
San Raimundo	3	A2B3	3,81	0,062	
San Raimundo	4	A3B3	13,69	0,034	

Fuente: elaboración propia. Datos experimentales.

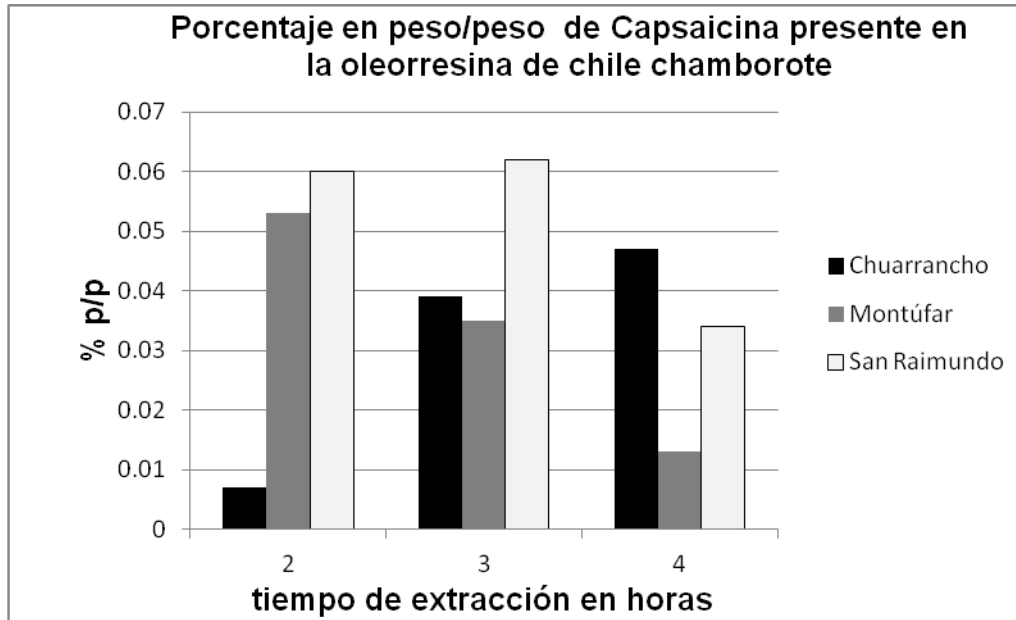
Tabla XIV. **Unidades de calor Scoville (SHU) de la oleorresina de chile chamborote (*Capsicum annum spp.*) en función de la cantidad de capsaicina presente**

Región	Tiempo (h)	ppm	Unidades de calor SHU de la oleorresina de chile chamborote
Chuarrancho	2	0,35	5,60
Chuarrancho	3	2,33	37,28
Chuarrancho	4	2,55	40,80
Montúfar	2	2,59	41,44
Montúfar	3	1,71	27,36
Montúfar	4	0,65	10,40
San Raimundo	2	3,42	54,72
San Raimundo	3	3,81	60,96
San Raimundo	4	13,69	219,04

Fuente: elaboración propia. Datos experimentales.



Figura 17. **Cuantificación en porcentaje p/p de capsaicina presente en la oleorresina de chile Chamborote por medio de HPLC**



Fuente: elaboración propia. Datos experimentales.

Tabla XV. **Metabolitos secundarios de la oleorresina de chile chamborote proveniente de Chuarrancho, Montúfar-San Juan Sacatepéquez y San Raimundo**

Región de procedencia	Tiempo de	Metabolito secundario	Tiempo de retención	Área
Chuarrancho	2horas	4H-Pirano-4-uno, 2,3-dihidro-3,5-di	9.54	14.77
		2-Furancarboxaldehido,5-hidroxi	10.28	1.99
		4-vinil-2-metoxi-fenol	11.01	2.09
		Ácido quínico	13.22	15.73
		9,12-ácido octadecanoico (Z,Z)	15.98	1.10
		Di-(2-etilhexil)Ftalato	20.15	9.88
Chuarrancho	3horas	2,5-dioxo-3-metilpiperacina	8.64	1.81
		Etileno tiourea	9.46	1.93
		2,3-Dihidro-3,5-dihidroxi-6-metil	9.56	11.85
		5-hidroximetilfurfural	10.24	3.49
		4-vinil-2-metoxi-fenol	11.01	1.30
		Ácido quínico	13.27	10.57
		Ácido hexadecanoico, metil éster	14.89	1.00
		9,12 - ácido octadecadienoico, metil	15.99	0.82
Chuarrancho	4horas	1,2-ácido bencenodicarboxílico, 3ni	20.15	35.51
		2,5-dioxo-3-metilpiperacina	8.64	1.66
		Etileno tiourea	9.46	1.78
		2,3-Dihidro-3,5-Dihidroxy-6-metil	9.56	10.92
		5-Hidroximetil furfural	10.24	3.22
		4-vinil-2-metoxi-fenol	11.01	1.44
		Ácido quínico	13.27	11.62
		Ácido Hexadecanoico, metil éster	14.89	0.92
		9,12-Ácido octadecanoico, metil	15.99	0.76
1,2-ácido bencendicarboxílico, 3 ni	20.15	32.82		
Montúfar	2horas	Diisooctilftalato	20.38	16.22
Montúfar	3horas	Diisooctilftalato	20.35	91.40
Montúfar	4horas	No se detectó ningún metabolito		
San Raimundo	2horas	No se detectó ningún metabolito		
San Raimundo	3horas	No se detectó ningún metabolito		
San Raimundo	4horas	5-Metilfurfural	7.72	1.58
		2-Furancarboxaldehido	10.34	14.83
		Ácido quínico	13.46	25.00

Fuente: elaboración propia. Datos obtenidos a través de cromatografía gaseosa con espectrometría de masas.



## 5. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

En el presente trabajo de graduación se determinó el rendimiento de oleorresina de chile chamborote (*Capsicum annuum spp.*) procedente de tres regiones del departamento de Guatemala: los municipios de Chuarrancho, San Raimundo y San Juan Sacatepéquez (aldea Montúfar); en función del tiempo de extracción a nivel laboratorio.

Para la realización del proceso se secó el chile como tratamiento previo con el fin de llevarlo a un porcentaje de humedad menor al 10%. Se mantuvo la materia prima ya seca en bolsas selladas y en un lugar fresco, para evitar el exceso de humedad.

Para mejorar el proceso de extracción se trituró la materia prima utilizando una licuadora industrial y posteriormente se realizó un análisis granulométrico para determinar el tamaño de partícula a utilizar, como se puede observar en las tablas XVI, XVII y XVIII. Se utilizó la materia prima obtenida con el tamiz No. 8, que fue el que retuvo mayor cantidad de material seco.

Previo a realizar las extracciones utilizando la técnica de maceración dinámica con reflujo, se llevaron a cabo pruebas preliminares para determinar las variables del proceso; primero se calibraron los equipos de calentamiento y agitación para normalizar los procesos que iban a evaluarse; así se determinó que la agitación se realizaría a una velocidad de 600 rpm.

Se procedió entonces a hacer las extracciones, utilizando para ello una relación materia prima/solvente de 1:15 (peso/volumen), realizándose el proceso a la temperatura de ebullición del solvente (alcohol etílico al 70%), y a tres tiempos de extracción: 2, 3 y 4 horas. Se realizó para cada procedencia de materia prima 4 repeticiones, resultando un total de 36 unidades experimentales.

Durante cada extracción se monitoreó la densidad, el pH, índice de refracción y sólidos totales del extracto etanólico, datos que se muestran en las tablas XXI a la XXVI y en las figuras de la 21 a la 29. Mostrando para un tiempo de extracción de 2 horas densidades más altas para el extracto etanólico del chile chamborote procedente de Montúfar, San Juan Sacatepéquez y más bajas para San Raimundo; y para 3 y 4 horas de extracción densidades más altas para el extracto etanólico del chile chamborote procedente de San Raimundo y más bajas para el procedente de Chuarrancho, variando siempre poco respecto de la densidad del solvente puro (etanol al 70% = 0.866g/mL).

En cuanto al índice de refracción, la variación de este parámetro fue demasiada baja para los tres lugares de procedencia y los tres tiempos de extracción considerándose no significativa. El pH presentó una variación decreciente en cada una de las unidades experimentales. Puede observarse también en la tabla XXVII que la cantidad de sólidos totales no es significativa para los extractos etanólicos de chile chamborote en cuanto a la región de origen y al tiempo de extracción se refiere.

Obtenidos los extractos se llevó a cabo la concentración de estos a través del uso de un rotaevaporador, haciendo énfasis en la temperatura y trabajando en un rango de temperatura menor a 70°C, para no deteriorar los

constituyentes del extracto etanólico; se determinaron los porcentajes de rendimiento de la oleorresina.

Los resultados para los rendimientos son mostrados en las tablas X, XI y XII. Para evaluarlos y validarlos estadísticamente se utilizó el programa *Statistical Package for the Social Science* (SPSS), los resultados obtenidos con el programa se muestran en el anexo 3, y puede observarse a través del diagrama de caja para los rendimientos de oleorresina en función de la región de procedencia de la materia prima que la distribución para los datos obtenidos de Chuarrancho y San Raimundo se encuentran en la misma región del diagrama mientras los obtenidos para Montúfar se encuentran significativamente más abajo.

Puede observarse también que en este diagrama hay dos datos que están fuera de la distribución de rendimientos para la región de Montúfar, esto puede deberse a errores sistemáticos durante el proceso.

Analizando el diagrama de caja para los rendimientos de oleorresina en función del tiempo de extracción se observa que las distribuciones para los tres tiempos se encuentran en la misma región del diagrama. Lo que significa que se obtienen los mismos resultados utilizando 2, 3 o 4 horas de extracción.

A través del análisis de varianza para la región de procedencia de la materia prima, cuyo datos se muestran en la tabla VII, se determinó que sí existe diferencia significativa en el rendimiento de oleorresina de chile chamborote (*Capsicum annuum* spp.) según proceda de Chuarrancho, Montúfar (San Juan Sacatepéquez) o San Raimundo; por lo cual se rechaza la hipótesis nula  $H_0$ .

Para el análisis de varianza para el tiempo de extracción cuyos datos se muestran también en la tabla VII, se determinó que no existe diferencia significativa en el rendimiento de oleorresina de chile chamborote (*Capsicum annuum spp.*), si se utiliza un tiempo de extracción de 2, 3 o 4 horas; por lo cual se acepta la hipótesis nula  $H_0$ .

Se determinó también la presencia de grupos que no presentan diferencia significativa entre ellos. Para eso se realizó una comparación de las medias mediante el criterio HDS (Honestly Significant Difference) de Tukey, los datos se pueden observar en las tablas VIII y IX, y a través de los resultados que se presentan puede establecerse que estadísticamente no hay diferencia en los rendimientos de oleorresina si se utiliza chile procedente de San Raimundo o procedente de Chuarrancho; pero sí existe diferencia si se utiliza chile procedente de Montúfar, San Juan Sacatepéquez, ya que los rendimientos obtenidos para esta región fueron menores.

Se establece también que estadísticamente no hay diferencia en los rendimientos de oleorresina de chile chamborote utilizando dos, tres o cuatro horas de extracción.

Para caracterizar fisicoquímicamente la oleorresina de chile chamborote se realizó la cuantificación de capsaicina presente en las oleorresinas, dado que es el componente activo del género *capsicum* y por lo tanto es un factor determinante en la calidad de las oleorresinas que se extraen de cualquier especie y variedad de dicho género. Para realizar esta cuantificación se hizo un análisis de cromatografía líquida de alta eficiencia (HPLC) que se aplicó a nueve muestras que representaron una repetición al azar y los resultados pueden observarse en la tabla XXIII y figura 17.

Estos resultados muestran que la cantidad en ppm de capsaicina presente es excesivamente baja al igual que los porcentajes peso/peso para cada muestra y por lo tanto la oleorresina de chile chamborote no representa una fuente significativa de capsaicina.

Se determinaron también las unidades de calor Scoville (SHU) para la oleorresina de chile chamborote utilizando las ppm de capsaicina y los resultados se muestran en la tabla XIV.

Puede observarse que el mayor número de unidades de calor Scoville fue de 219 SHU para la oleorresina de chile chamborote procedente del municipio de San Raimundo; un valor muy bajo comparado con valores de hasta 100,000 SHU del chile habanero.

Por último, se llevó a cabo un análisis de cromatografía gaseosa con acoplamiento en espectrometría de masas para determinar los metabolitos secundarios presentes en la oleorresina de chile chamborote; se tomaron también nueve muestras que representaron una repetición al azar y los resultados pueden observarse en la tabla XV y los cromatogramas en el anexo 2; para la oleorresina de chile chamborote procedente de Chuarrancho se obtuvo mayor abundancia de ácido quínico, 1,2-ácido bencenodicarboxílico, 2,3-Dihidro-3,5-dihidroxi-6-metil y 4H-Pirano-4-uno.

Para la oleorresina de chile chamborote procedente de Montúfar, el único metabolito presente fue Diisooctilftalato. Para la oleorresina de chile chamborote procedente de San Raimundo se obtuvo mayor abundancia de 2-furancarboxaldehído y de ácido quínico.



La presencia del ácido quínico puede explicarse debido a que este “es un ácido fenólico y generalmente todos los vegetales como producto de su metabolismo secundario normal, son capaces de biosintetizar un elevado número de compuestos fenólicos, algunos de los cuales son indispensables para sus funciones fisiológicas y otros son de utilidad para defenderse ante situaciones de estrés (hídrico, luminoso, etc.).”<sup>7</sup>

“El diisooctilftalato es un sinónimo del 1,2-ácido bencenodicarboxílico por lo que este metabolito también está presente en la oleorresina de Montufar, el diisooctilftalato es un componente aromático de la familia de los dialquilftalatos y es un componente común en aceites esenciales.”<sup>8</sup>

“La presencia del metabolito 2-furanocarboxaldehído se puede explicar dado que este generalmente se obtiene a partir de residuos vegetales y tiene una gran importancia industrial por sus múltiples usos en la producción de aceites minerales y refinación de aceites minerales y vegetales.”<sup>9</sup>

Con base en los rendimientos de la oleorresina de chile chamborote obtenidos a través de los resultados, puede observarse que los rendimientos más bajos se obtuvieron utilizando chile cultivado en la región de San Juan Sacatepéquez, cuya altura sobre el nivel del mar es más alta que la altura de Chuarrancho y San Raimundo, lo cual hace suponer que el nivel altitudinal de las regiones de origen del chile chamborote sí influyen en la obtención del

---

<sup>7</sup> VIDES QUIÑONEZ, Tito Estuardo. Obtención y caracterización de oleorresina de clavo (*Eugenia caryophyllata*, *tun*), cultivado en Guatemala, a nivel planta piloto. p. 10.

<sup>8</sup> DEULOFEU GABRIEL, Nora Matilde. Determinación del rendimiento de la oleorresina de tres distintas clases de cardamomo (*Elattaria cardamomum maton*) cultivado en Alta Verapaz, extraída por maceración dinámica y dos solventes distintos, a nivel laboratorio. p. 16.

<sup>9</sup> LÓPEZ MAZÍN, Julio Gabriel. Evaluación del rendimiento de oleorresina de las hojas de laurel (*Litsea guatemalensis*) de Tecpán, Chimaltenango en función del tamaño de partícula, utilizando dos solventes distintos a nivel planta piloto. p. 13.

rendimiento de la oleorresina para este fruto, presentando mayores rendimientos el chile obtenido de regiones con mayor nivel altitudinal. Este aspecto puede deberse a las propiedades del suelo de acuerdo al nivel altitudinal ó a las técnicas de cultivo utilizadas por las personas que se dedican al cultivo de este chile.



## CONCLUSIONES

1. Sí existe diferencia significativa en el porcentaje de oleorresina de chile chamborote (*Capsicum annuum spp.*) según la región de procedencia de la materia prima.
2. La diferencia entre los rendimientos de oleorresina de chile chamborote procedente de Chuarrancho y San Raimundo no es significativa.
3. Se obtienen menores rendimientos de oleorresina de chile chamborote utilizando chile procedente de Montúfar, San Juan Sacatepéquez, que utilizando chile procedente de Chuarrancho o de San Raimundo.
4. No existe diferencia significativa si se utiliza 2, 3 o 4 horas de extracción para la obtención de oleorresina de chile chamborote, con maceración dinámica con reflujo.
5. El contenido de capsaicina de la oleorresina de chile chamborote es muy baja variando en un intervalo de 0.007-0.062 % p/p, por lo que esta variedad de chile no representa una buena fuente de obtención de este componente activo.
6. La tendencia para la densidad del extracto etanólico de chile chamborote al igual que el índice de refracción, varían crecientemente en función de la región de donde proviene la materia prima y en función del tiempo de extracción, aunque esta variación no representa un resultado significativo.

7. El pH para el extracto etanólico de chile chamborote presenta una tendencia decreciente para las tres regiones de procedencia del chile y para los tres tiempos de extracción.
8. En la oleorresina de chile chamborote procedente de Montúfar, únicamente se obtuvo un metabolito secundario, el diisooctilftalato y dado que este es un sinónimo del 1,2-ácido bencenodicarboxílico, este metabolito es común para las oleorresinas de Chuarrancho y Montúfar.
9. Los metabolitos secundarios que presentaron mayor abundancia en la oleorresina de chile chamborote procedente de Chuarrancho fueron ácido quínico y 1,2-ácido bencenodicarboxílico.
10. Los metabolitos secundarios que presentaron mayor abundancia en la oleorresina de chile chamborote procedente de San Raimundo fueron ácido quínico y 2-furancarboxaldehído.
11. Uno de los aspectos más importantes obtenidos con cromatografía gaseosa, con acoplamiento en espectrometría de masas, es que el ácido quínico es el metabolito secundario encontrado en la oleorresina de chile chamborote procedente de Chuarrancho, con el mismo porcentaje para los tres diferentes tiempos de extracción.

## RECOMENDACIONES

1. Evaluar el rendimiento de la oleorresina de chile chamborote utilizando otros solventes y el mismo solvente a concentraciones diferentes.
2. Debido a que no existe diferencia significativa en los resultados utilizando 2, 3 o 4 horas de extracción, se recomienda utilizar un tiempo de extracción de 2 horas.
3. Evaluar la eficiencia del rendimiento de oleorresina de chile chamborote con otras metodologías de extracción sólido – líquido, como la maceración dinámica sin reflujo o la maceración estática.
4. Tomar en consideración la región de origen de la materia prima que se utiliza para una extracción de oleorresina, ya que como se evidenció en los resultados, sí existe diferencia para cada región.
5. Ampliar el estudio de las oleorresinas de chile, utilizando otras variedades de chile.



## BIBLIOGRAFÍA

1. AYALA VARGAS, Helmer Dagoberto. *Le IK, Los chiles de Guatemala*. Guatemala: Editorial Universitaria, USAC 2002. 117 p.
2. CANO, Enio B. *Biodiversidad de Guatemala*. Vol. I. Guatemala: Universidad del Valle, 2006. 2382 p.
3. DEULOFEU GABRIEL, Nora Matilde. *Determinación del rendimiento de la oleorresina de tres distintas clases de cardamomo (*Elattaria cardamomum maton*) cultivado en Alta Verapaz, extraída por maceración dinámica y dos solventes distintos, a nivel laboratorio*. Trabajo de graduación de Ing. Química. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2006. 82 p.
4. LÓPEZ MAZÍN, Julio Gabriel. *Evaluación del rendimiento de oleorresina de las hojas de laurel (*Litsea guatemalensis*) de Tecpán, Chimaltenango en función del tamaño de partícula, utilizando dos solventes distintos a nivel planta piloto*. Trabajo de graduación de Ing. Química. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2004. 39 p.
5. MORALES CANSINO, Ramón Francisco. *Caracterización agromorfológica y Bromatológica de 16 cultivares de chile (*Capsicum spp*) colectados en el departamento de Petén bajo condiciones del municipio de Flores, Petén, Guatemala 1990*. Trabajo



de graduación de Ing. Agrónomo. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía, 1991. 94 p.

6. TOJÍN SILVA, José. *Caracterización de 25 cultivares de chile (Capsicum spp) del Sur-Oriente de la República de Guatemala*. Trabajo de graduación de Ing. Agrónomo. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía, 1988. 134 p.
7. VIDES QUIÑONEZ, Tito Estuardo. *Obtención y caracterización de oleorresina de clavo (Eugenia caryophyllata, thunb), cultivado en Guatemala, a nivel planta piloto*. Trabajo de graduación de Ing. Química. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2005. 47 p.
8. WALPOLE, Ronald E. *Probabilidad y estadística para ingenieros*. 3a ed. México: McGraw Hill, 1989. 733 p.

# ANEXOS

## Anexo 1. Resultados HPLC

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 FISICOQUÍMICA 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 Chamborote		No. de Código / Marca del Remitente -----																													
No. registro: <b>1106153-158</b>		Empresa/Institución: Remitente/Solicitante: María José Ortiz.																													
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																															
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Muestra</th> <th>Código</th> <th>ppm</th> <th>% P/P</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1106153</td> <td>A1B1</td> <td>0.35</td> <td>0.007</td> </tr> <tr> <td>1106154</td> <td>A1B2</td> <td>2.59</td> <td>0.053</td> </tr> <tr> <td>1106155</td> <td>A1B3</td> <td>3.42</td> <td>0.060</td> </tr> <tr> <td>1106156</td> <td>A2B1</td> <td>2.33</td> <td>0.039</td> </tr> <tr> <td>1106157</td> <td>A2B2</td> <td>1.71</td> <td>0.035</td> </tr> <tr> <td>1106158</td> <td>A2B3</td> <td>3.81</td> <td>0.062</td> </tr> </tbody> </table>				Muestra	Código	ppm	% P/P	1106153	A1B1	0.35	0.007	1106154	A1B2	2.59	0.053	1106155	A1B3	3.42	0.060	1106156	A2B1	2.33	0.039	1106157	A2B2	1.71	0.035	1106158	A2B3	3.81	0.062
Muestra	Código	ppm	% P/P																												
1106153	A1B1	0.35	0.007																												
1106154	A1B2	2.59	0.053																												
1106155	A1B3	3.42	0.060																												
1106156	A2B1	2.33	0.039																												
1106157	A2B2	1.71	0.035																												
1106158	A2B3	3.81	0.062																												
Costo por muestra: <b>Q 175.00</b>																															
Fecha: <b>11/07/2011</b>	Analista(s) PN	Ref. Registro Análisis: Cuad/UAI/PN	Costo total facturado: <b>Q 1050.00</b>																												
Firma:	Recibido nombre:	Firma	Fecha:																												



1106156	A3B1	Chile Chamborote	2.55	0.047
1106157	A3B2	Chile Chamborote	0.65	0.013
1106158	A3B3	Chile Chamborote	13.69	0.034

Guatemala, 15 de julio del 2011

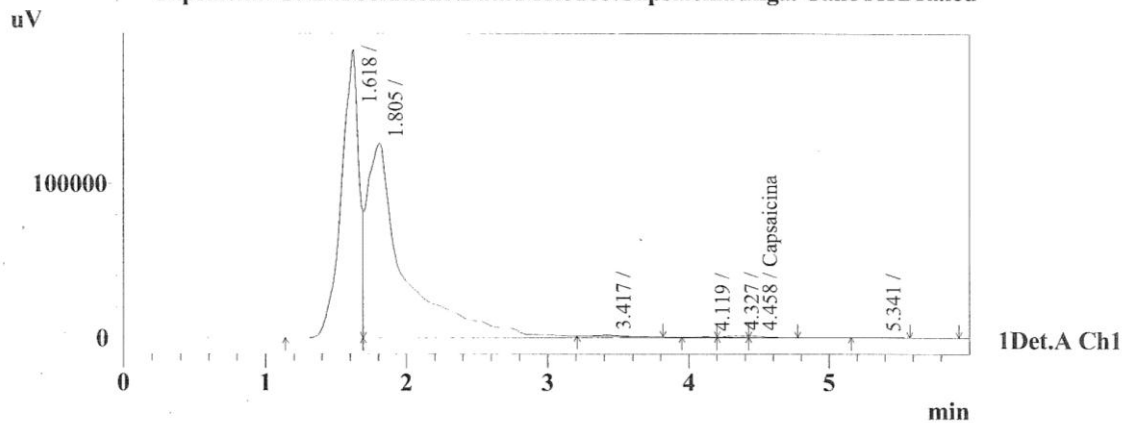
INFORMACIÓN GENERAL

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

Acquired by : Patricia Navas  
 Sample Name : Capsaicina  
 Sample ID : A1B1  
 Injection Volume : 20 uL  
 Data Filename : A1B1a.lcd  
 Method Filename : Capsaicina110324.lcm  
 Date Acquired : 13/07/2011 15:45:05

CROMATOGRAMA

Capsaicina C:\LabSolutions\Data\Metodos\Capsaicina\Inga. Cano\A1B1a.lcd



1 Det.A Ch1 / 280nm

TABLA

Detector A Ch1 280nm

Peak#	Ret. Time	Area	Height
1	1.618	1614499	186843
2	1.805	2408980	126298
3	3.417	9454	895
4	4.119	2271	309
5	4.327	9721	1068
6	4.458	5812	766
7	5.341	1942	188
Total		4052680	316368

DETERMINACIÓN DE CAPSAICINA

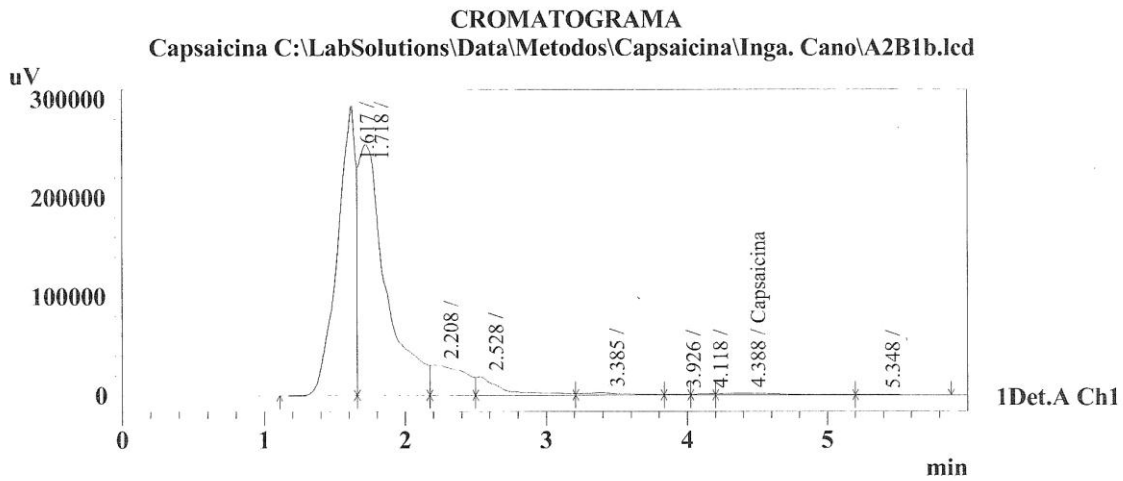
<< Detector A >>

Title	Sample Name	Sample ID	Capsaicina
A1B1a.lcd	Capsaicina	A1B1	0.3812
A1B1b.lcd	Capsaicina	A1B1	0.3225
Average			0.3518
%RSD			11.803
Standard Deviation			0.0415

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 : A2B1  
 Injection Volume : 20 uL  
 Data Filename : A2B1b.lcd  
 Method Filename : Capsaicina110324.lcm  
 Date Acquired : 13/07/2011 18:15:58



1 Det.A Ch1 / 280nm

TABLA

Detector A Ch1 280nm

Peak#	Ret. Time	Area	Height
1	1.617	2631272	292709
2	1.718	3440915	253804
3	2.208	508121	30818
4	2.528	239245	18898
5	3.385	53667	2691
6	3.926	9752	948
7	4.118	12416	1407
8	4.388	51705	1824
9	5.348	6491	431
Total		6953583	603529

DETERMINACIÓN DE CAPSAICINA

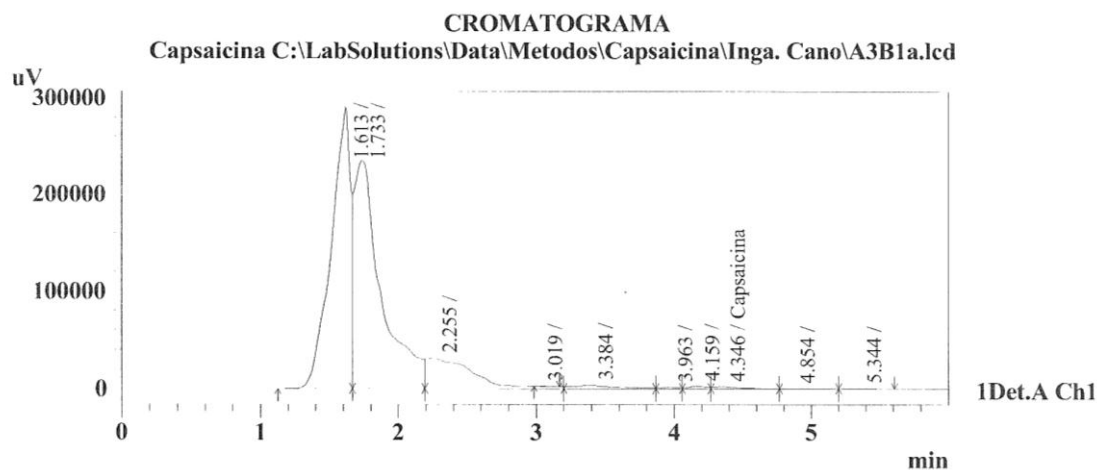
<< Detector A >>

Title	Sample Name	Sample ID	Capsaicina
A2B1a.lcd	Capsaicina	A2B1	2.2275
A2B1c.lcd	Capsaicina	A2B1	2.4439
Average			2.3357
%RSD			6.551
Standard Deviation			0.1530

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 : A3B1  
 Injection Volume : 20 uL  
 Data Filename : A3B1a.lcd  
 Method Filename : Capsaicina110324.lcm  
 Date Acquired : 13/07/2011 19:11:42



1 Det.A Ch1 / 280nm

TABLA

Detector A Ch1 280nm

Peak#	Ret. Time	Area	Height
1	1.613	2822618	290396
2	1.733	3174311	234806
3	2.255	749187	31680
4	3.019	1103	186
5	3.384	76414	3655
6	3.963	12868	1385
7	4.159	22690	2487
8	4.346	27719	1985
9	4.854	6079	307
10	5.344	4968	384
Total		6897956	567271

DETERMINACIÓN DE CAPSAICINA

<< Detector A >>

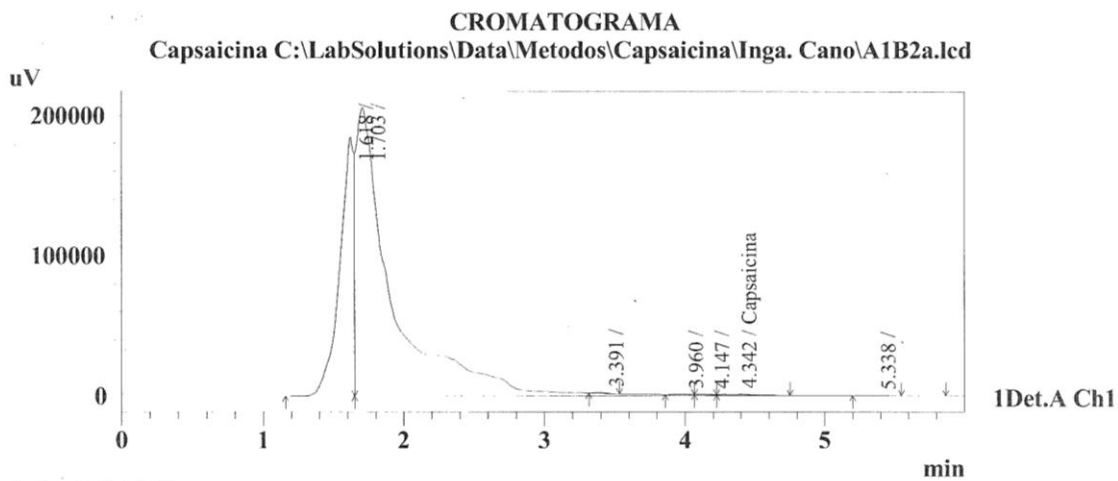
Title  
 A3B1a.lcd  
 A3B1b.lcd  
 Average  
 %RSD  
 Standard Deviation

Sample Name	Sample ID	Capsaicina
Capsaicina	A3B1	2.4915
Capsaicina	A3B1	2.6101
		2.5508
		3.288
		0.0839

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 : A1B2  
 Injection Volume : 20 uL  
 Data Filename : A1B2a.lcd  
 Method Filename : Capsaicina110324.lcm  
 Date Acquired : 13/07/2011 16:04:02



1 Det.A Ch1 / 280nm

TABLA

Detector A Ch1 280nm

Peak#	Ret. Time	Area	Height
1	1.618	1312123	184669
2	1.703	3772347	205502
3	3.391	3738	649
4	3.960	3119	430
5	4.147	3354	467
6	4.342	11778	1033
7	5.338	1512	159
Total		5107971	392908

DETERMINACIÓN DE CAPSAICINA

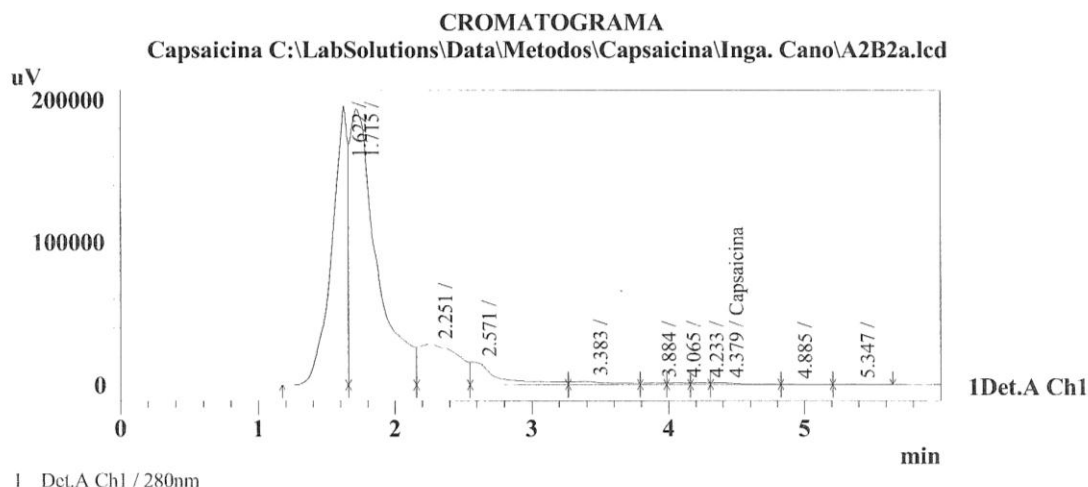
<< Detector A >>

Title	Sample Name	Sample ID	Capsaicina
A1B2b.lcd	Capsaicina	A1B2	2.6827
A1B2c.lcd	Capsaicina	A1B2	2.4916
Average			2.5872
%RSD			5.224
Standard Deviation			0.1351

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 : A2B2  
 Injection Volume : 20 uL  
 Data Filename : A2B2a.lcd  
 Method Filename : Capsaicina110324.lcm  
 Date Acquired : 13/07/2011 17:51:08



1 Det.A Ch1 / 280nm

TABLA

Detector A Ch1 280nm

Peak#	Ret. Time	Area	Height
1	1.622	1573623	195615
2	1.715	2640239	193718
3	2.251	566953	28492
4	2.571	219239	16018
5	3.383	45524	2485
6	3.884	11720	1130
7	4.065	11342	1222
8	4.233	9873	1204
9	4.379	19213	1266
10	4.885	5062	293
11	5.347	4285	306
Total		5107073	441749

DETERMINACIÓN DE CAPSAICINA

<< Detector A >>

Title  
 A2B2a.lcd  
 A2B2c.lcd  
 Average  
 %RSD  
 Standard Deviation

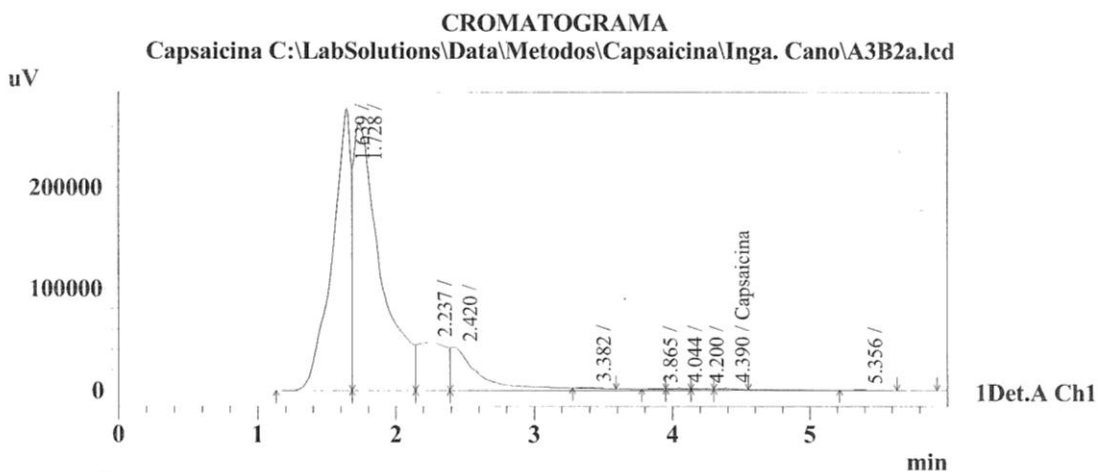
Sample Name	Sample ID	Capsaicina
Capsaicina	A2B2	1.6721
Capsaicina	A2B2	1.7542
		1.7131
		3.390
		0.0581



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 : A3B2  
 Injection Volume : 20 uL  
 Data Filename : A3B2a.lcd  
 Method Filename : Capsaicina110324.lcm  
 Date Acquired : 13/07/2011 18:56:01



1 Det.A Ch1 / 280nm

TABLA

Detector A Ch1 280nm

Peak#	Ret. Time	Area	Height
1	1.639	2619356	278044
2	1.728	3544029	264754
3	2.237	677926	47017
4	2.420	709277	42323
5	3.382	5694	769
6	3.865	2575	399
7	4.044	6536	894
8	4.200	6429	870
9	4.390	9109	1158
10	5.356	2934	335
Total		7583865	636563

DETERMINACIÓN DE CAPSAICINA

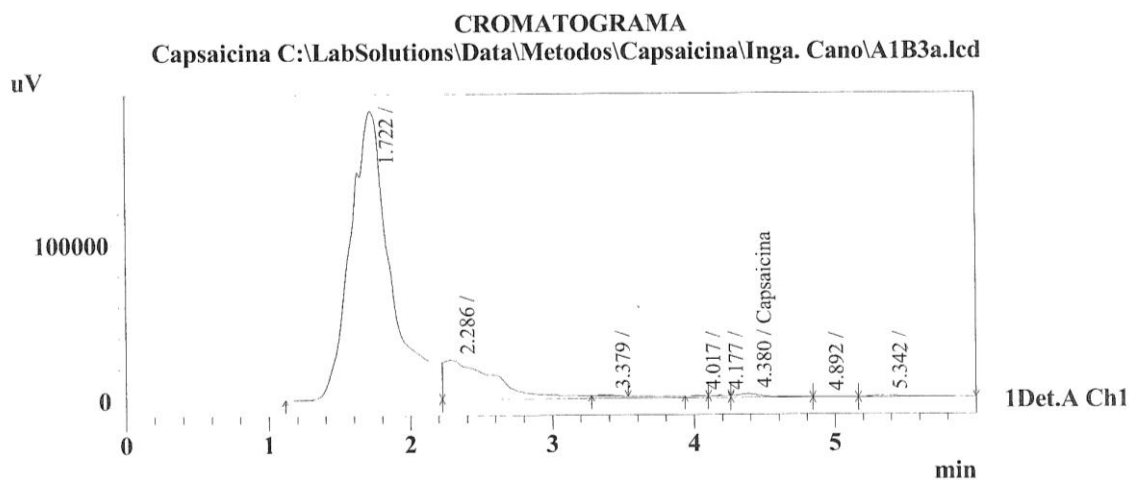
<< Detector A >>

Title	Sample Name	Sample ID	Capsaicina
A3B2a.lcd	Capsaicina	A3B2	0.6988
A3B2b.lcd	Capsaicina	A3B2	0.5947
Average			0.6468
%RSD			11.383
Standard Deviation			0.0736

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 : A1B3  
 Injection Volume : 20 uL  
 Data Filename : A1B3a.lcd  
 Method Filename : Capsaicina110324.lcm  
 Date Acquired : 13/07/2011 16:45:12



TABLA

Detector A Ch1 280nm

Peak#	Ret. Time	Area	Height
1	1.722	3699670	186165
2	2.286	693051	25430
3	3.379	4970	747
4	4.017	1677	346
5	4.177	1063	222
6	4.380	33050	2412
7	4.892	4916	292
8	5.342	12892	960
Total		4451288	216573

DETERMINACIÓN DE CAPSAICINA

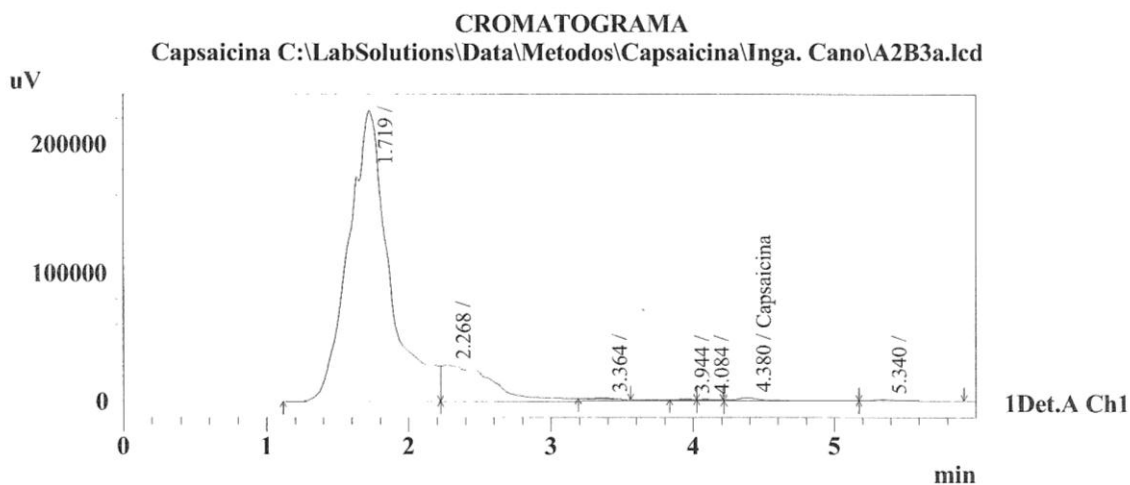
<< Detector A >>

Title	Sample Name	Sample ID	Capsaicina
A1B3b.lcd	Capsaicina	A1B3	3.4094
A1B3a.lcd	Capsaicina	A1B3	3.4317
Average			3.4205
%RSD			0.461
Standard Deviation			0.0158

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 : A2B3  
 Injection Volume : 20 uL  
 Data Filename : A2B3a.lcd  
 Method Filename : Capsaicina110324.lcm  
 Date Acquired : 13/07/2011 17:22:47



1 Det.A Ch1 / 280nm

TABLA

Detector A Ch1 280nm

Peak#	Ret. Time	Area	Height
1	1.719	4540242	225814
2	2.268	766531	28199
3	3.364	8567	1037
4	3.944	3336	496
5	4.084	2411	391
6	4.380	41079	2631
7	5.340	12680	1034
Total		5374846	259603

DETERMINACIÓN DE CAPSAICINA

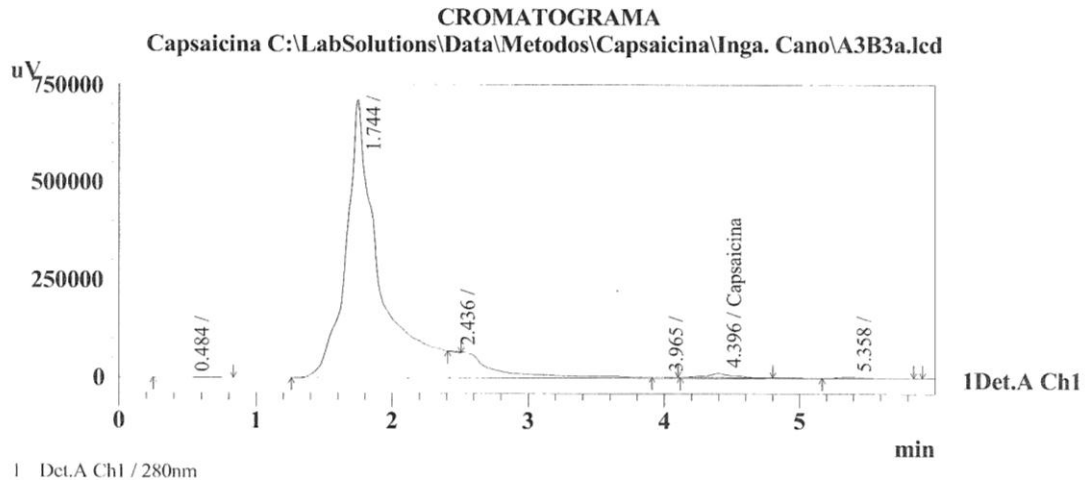
<< Detector A >>

Title	Sample Name	Sample ID	Capsaicina
A2B3a.lcd	Capsaicina	A2B3	3.7784
A2B3b.lcd	Capsaicina	A2B3	3.8387
Average			3.8086
%RSD			1.118
Standard Deviation			0.0426

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 : A3B3  
 Injection Volume : 20 uL  
 Data Filename : A3B3a.lcd  
 Method Filename : Capsaicina110324.lcm  
 Date Acquired : 07/07/2011 19:21:55



1 Det.A Ch1 / 280nm

TABLA

Detector A Ch1 280nm					
Peak#	Ret. Time	Area	Height		
1	0.484	1479	90		
2	1.744	15242488	712636		
3	2.436	10085	1914		
4	3.965	1444	221		
5	4.396	142844	11241		
6	5.358	35608	3005		
Total		15433949	729107		

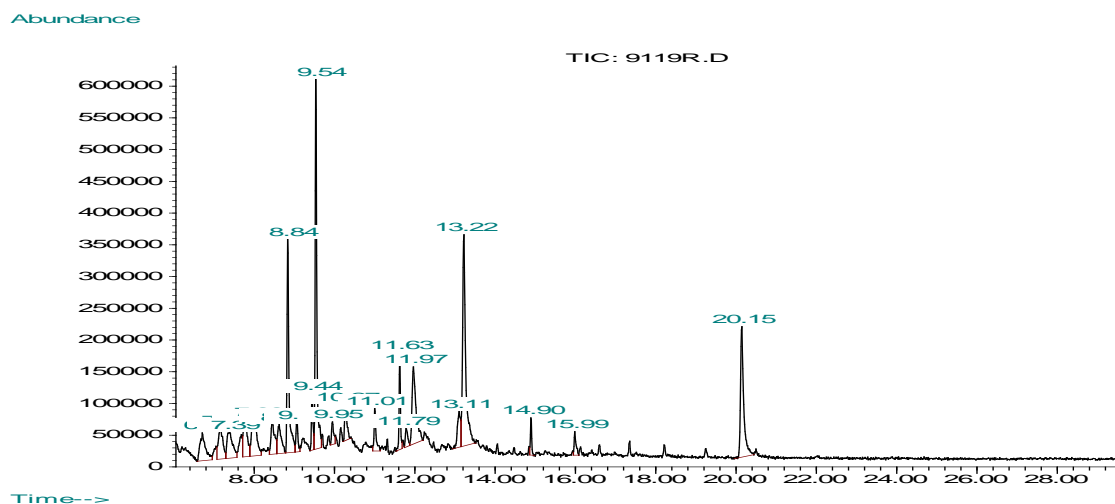
DETERMINACIÓN DE CAPSAICINA

<< Detector A >>			
Title	Sample Name	Sample ID	Capsaicina
A3B3a.lcd	Capsaicina	A3B3	13.5814
A3B3b.lcd	Capsaicina	A3B3	13.8020
Average			13.6917
%RSD			1.139
Standard Deviation			0.1560

Fuente: Unidad de Análisis Instrumental UAI, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia.

## Anexo 2. Cromatografía gaseosa con espectrometría de masas

### Cromatograma A. Oleorresina de chile chamborote procedente de Chuarrancho a un tiempo de extracción de 2 horas



#### Information from Data File:

File: C:\HPCHEM\1\DATA\9119R.D  
 Operator: FPM  
 Date Acquired: 28 Jun 11 9:18  
 Method File: RAFAEL  
 Sample Name: 9119r Oleor.Chile Chamborote  
 Misc Info:  
 Vial Number: 1

Search Libraries: C:\DATABASE\WILEY275.L Minimum Quality: 0

Unknown Spectrum: Apex

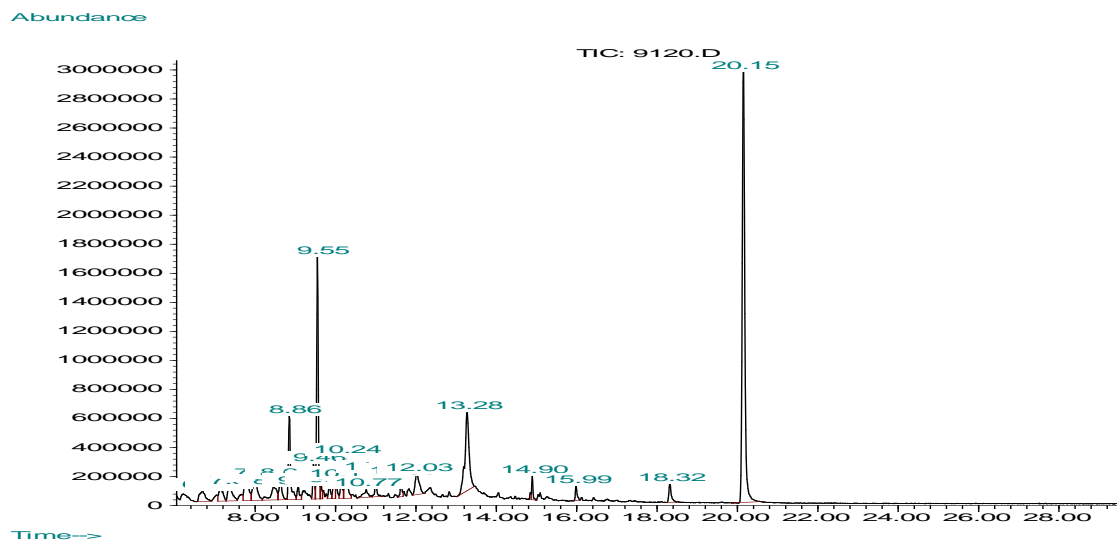
Integration Events: Chemstation Integrator - autoint1.e

Pk#	RT	Area%	Library/ID	Ref#	CAS#	Qual
11	9.54	14.77	C:\DATABASE\WILEY275.L			
			4H-Pyran-4-one, 2,3-dihydro-3,5-di	30618	028564-83-2	86
			2,3-DIHYDRO-3,5-DIHYDROXY-6-METHYL	30630	000000-00-0	86

4H-Pyran-4-one, 2,3-dihydro-3,5-di 30617 028564-83-2 86

- 13 10.28 1.99 C:\DATABASE\WILEY275.L  
2-Furancarboxaldehyde, 5-(hydroxym 17488 000067-47-0 81  
2-Furancarboxaldehyde, 5-(hydroxym 17490 000067-47-0 74  
5-HYDROXYMETHYLFURFURAL 17552 000000-00-0 74
- 14 11.01 2.09 C:\DATABASE\WILEY275.L  
4-vinyl-2-methoxy-phenol 35459 000000-00-0 83  
3-methoxy acetophenone 35457 000000-00-0 74  
2-Methoxy-5-vinylphenol 35461 000000-00-0 72
- 19 13.22 15.73 C:\DATABASE\WILEY275.L  
QUINIC ACID 75491 000000-00-0 91  
Ethanone, 1-cyclopentyl- (CAS) \$\$ 10721 006004-60-0 22  
2-Undecene, 4,5-dimethyl-, [R\*,S\*- 67387 055170-93-9 14
- 21 15.98 1.10 C:\DATABASE\WILEY275.L  
9,12-Octadecadienoic acid (Z,Z)-, 173648 000112-63-0 91  
9,15-Octadecadienoic acid, methyl 173646 017309-05-6 91  
CIS-LINOLEIC ACID METHYL ESTER 173657 000112-63-0 91
- 22 20.15 9.88 C:\DATABASE\WILEY275.L  
Di-(2-ethylhexyl)phthalate 231010 000117-81-7 86  
1,2-Benzenedicarboxylic acid, 3-ni 96361 000603-11-2 86  
1,2-Benzenedicarboxylic acid, bis( 230983 000117-81-7 86

**Cromatograma B. Oleorresina de chile chamborote procedente de Chuarrancho a un tiempo de extracción de 3 horas**



**Information from Data File:**

File: C:\HPCHEM\1\DATA\9120.D  
 Operator: FPM  
 Date Acquired: 28 Jun 11 12:31  
 Method File: RAFAEL  
 Sample Name: A2B1 Oleor. Chile Chamborote  
 Misc Info:  
 Vial Number: 1

Search Libraries: C:\DATABASE\WILEY275.L Minimum Quality: 0

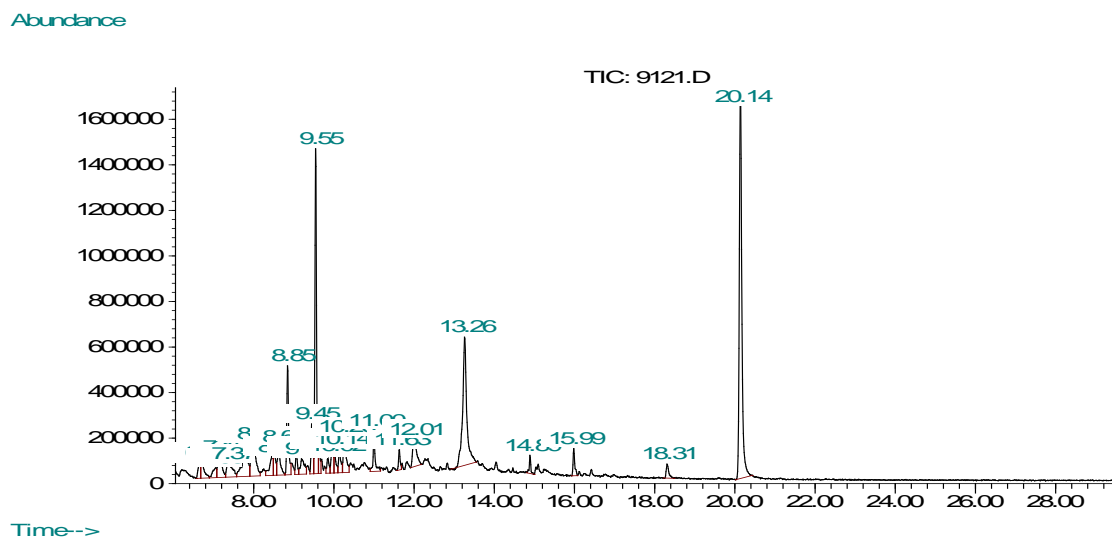
Unknown Spectrum: Apex  
 Integration Events: Chemstation Integrator - autoint1.e

Pk#	RT	Area%	Library/ID	Ref#	CAS#	Qual
7	8.64	1.81	C:\DATABASE\WILEY275.L			
			2,5-dioxo-3-methylpiperazine	18874	000000-00-0	83
			2,5-Dimethyl-4-hydroxy-3(2H)-furan	19003	003658-77-3	72
			CYCLOHEXYL ETHYL ETHER	19676	000000-00-0	72

- 10 9.46 1.93 C:\DATABASE\WILEY275.L  
 Ethylene Thiourea 7325 000096-45-7 80  
 2-Propanamine, N-methyl-N-nitroso- 7388 030533-08-5 56  
 2-Propanamine, N-methyl-N-nitroso- 7387 030533-08-5 56
- 11 9.56 11.85 C:\DATABASE\WILEY275.L  
 2,3-DIHYDRO-3,5-DIHYDROXY-6-METHYL 30630 000000-00-0 90  
 4H-Pyran-4-one, 2,3-dihydro-3,5-di 30617 028564-83-2 90  
 4H-Pyran-4-one, 2,3-dihydro-3,5-di 30618 028564-83-2 64
- 16 10.24 3.49 C:\DATABASE\WILEY275.L  
 5-HYDROXYMETHYLFURFURAL 17552 000000-00-0 87  
 2-Furancarboxaldehyde, 5-(hydroxym 17490 000067-47-0 87  
 2-Furancarboxaldehyde, 5-(hydroxym 17491 000067-47-0 83
- 18 11.01 1.30 C:\DATABASE\WILEY275.L  
 4-vinyl-2-methoxy-phenol 35459 000000-00-0 94  
 2-Methoxy-5-vinylphenol 35461 000000-00-0 90  
 3-Methoxyacetophenone \$\$ Ethanone, 35407 000586-37-8 80
- 21 13.27 10.57 C:\DATABASE\WILEY275.L  
 QUINIC ACID 75491 000000-00-0 86  
 5-METHYLHEXANOIC ACID 20972 000000-00-0 25  
 1-Azidoethyl isobutyl ether 30246 091633-29-3 16
- 22 14.89 1.00 C:\DATABASE\WILEY275.L  
 Hexadecanoic acid, methyl ester (C 153613 000112-39-0 93  
 Hexadecanoic acid, methyl ester (C 153629 000112-39-0 92  
 Hexadecanoic acid, methyl ester (C 153612 000112-39-0 74
- 23 15.99 0.82 C:\DATABASE\WILEY275.L  
 9,12-Octadecadienoic acid, methyl 173624 002566-97-4 93  
 9,12-Octadecadienoic acid, methyl 173623 002566-97-4 89  
 2-Chloroethyl linoleate 207011 025525-76-2 87
- 25 20.15 35.51 C:\DATABASE\WILEY275.L  
 1,2-Benzenedicarboxylic acid, 3-ni 96361 000603-11-2 91  
 1,2-Benzenedicarboxylic acid, bis( 230978 000117-81-7 91  
 Di-(2-ethylhexyl)phthalate 231010 000117-81-7 91



**Cromatograma C. Para oleorresina de chile chamborote procedente de Chuarrancho a un tiempo de extracción de 4 horas**



**Information from Data File:**

File: C:\HPCHEM\1\DATA\9120.D  
 Operator: FPM  
 Date Acquired: 28 Jun 11 12:31  
 Method File: RAFAEL  
 Sample Name: A3B1 Oleor. Chile Chamborote  
 Misc Info:  
 Vial Number: 1

Search Libraries: C:\DATABASE\WILEY275.L Minimum Quality: 0

Unknown Spectrum: Apex

Integration Events: Chemstation Integrator - autoint1.e

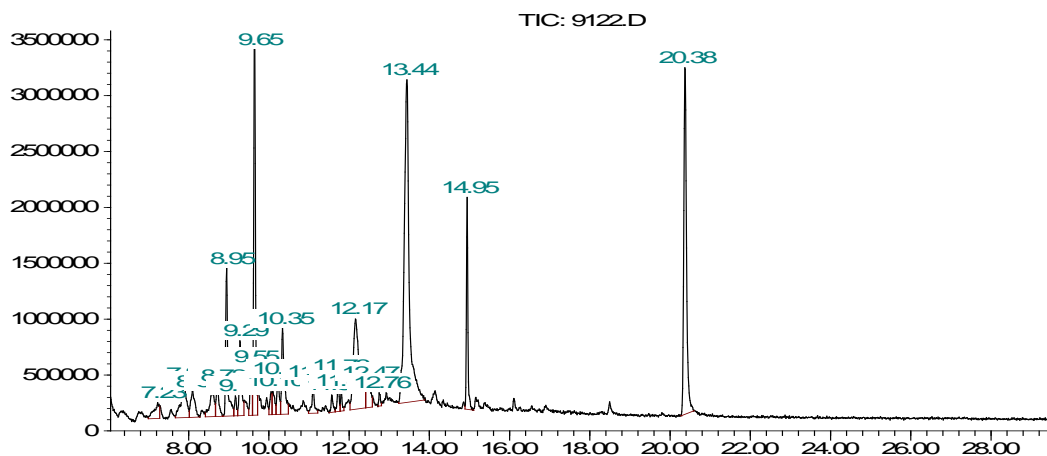
Pk#	RT	Area%	Library/ID	Ref#	CAS#	Qual
-----	----	-------	------------	------	------	------

8	8.64	1.66	C:\DATABASE\WILEY275.L			
			2,5-dioxo-3-methylpiperazine	18874	000000-00-0	83
			2,5-Dimethyl-4-hydroxy-3(2H)-furan	19003	003658-77-3	72
			CYCLOHEXYL ETHYL ETHER	19676	000000-00-0	72

- 12 9.46 1.78 C:\DATABASE\WILEY275.L  
 Ethylene Thiourea 7325 000096-45-7 80  
 2-Propanamine, N-methyl-N-nitroso- 7388 030533-08-5 56  
 2-Propanamine, N-methyl-N-nitroso- 7387 030533-08-5 56
- 13 9.56 10.92 C:\DATABASE\WILEY275.L  
 2,3-DIHYDRO-3,5-DIHYDROXY-6-METHYL 30630 000000-00-0 90  
 4H-Pyran-4-one, 2,3-dihydro-3,5-di 30617 028564-83-2 90  
 4H-Pyran-4-one, 2,3-dihydro-3,5-di 30618 028564-83-2 64
- 19 10.24 3.22 C:\DATABASE\WILEY275.L  
 5-HYDROXYMETHYLFURFURAL 17552 000000-00-0 87  
 2-Furancarboxaldehyde, 5-(hydroxym 17490 000067-47-0 87  
 2-Furancarboxaldehyde, 5-(hydroxym 17491 000067-47-0 83
- 21 11.01 1.44 C:\DATABASE\WILEY275.L  
 4-vinyl-2-methoxy-phenol 35459 000000-00-0 94  
 2-Methoxy-5-vinylphenol 35461 000000-00-0 90  
 3-Methoxyacetophenone \$\$ Ethanone, 35407 000586-37-8 80
- 26 13.27 11.62 C:\DATABASE\WILEY275.L  
 QUINIC ACID 75491 000000-00-0 86  
 5-METHYLHEXANOIC ACID 20972 000000-00-0 25  
 1-Azidoethyl isobutyl ether 30246 091633-29-3 16
- 29 14.89 0.92 C:\DATABASE\WILEY275.L  
 Hexadecanoic acid, methyl ester (C 153613 000112-39-0 93  
 Hexadecanoic acid, methyl ester (C 153629 000112-39-0 92  
 Hexadecanoic acid, methyl ester (C 153612 000112-39-0 74
- 31 15.99 0.76 C:\DATABASE\WILEY275.L  
 9,12-Octadecadienoic acid, methyl 173624 002566-97-4 93  
 9,12-Octadecadienoic acid, methyl 173623 002566-97-4 89  
 2-Chloroethyl linoleate 207011 025525-76-2 87
- 33 20.15 32.82 C:\DATABASE\WILEY275.L  
 1,2-Benzenedicarboxylic acid, 3-ni 96361 000603-11-2 91  
 1,2-Benzenedicarboxylic acid, bis( 230978 000117-81-7 91  
 Di-(2-ethylhexyl)phthalate 231010 000117-81-7 91

**Cromatograma D. Para oleorresina de chile chamborote procedente de Montúfar a un tiempo de extracción de 2 horas**

Abundance



Time-->

Information from Data File:

File: C:\HPCHEM\1\DATA\9122.D  
 Operator: mca  
 Date Acquired: 5 Jul 11 14:21  
 Method File: RAFAEL  
 Sample Name: A1B2 Chile Chamb.rep3  
 Misc Info:  
 Vial Number: 1

Search Libraries: C:\DATABASE\PMW\_TOX2.L Minimum Quality: 0

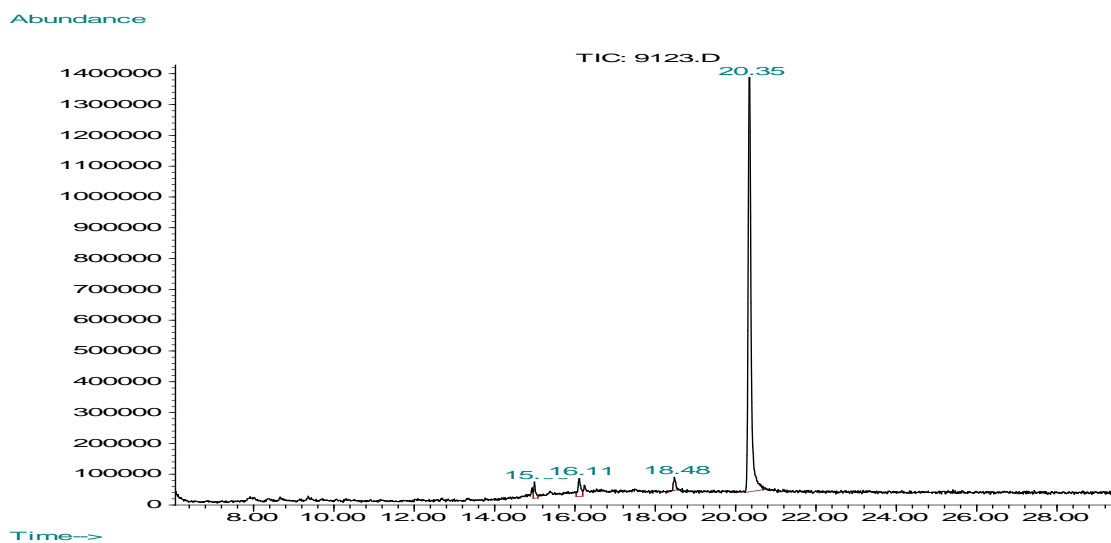
Unknown Spectrum: Apex

Integration Events: Chemstation Integrator - autoint1.e

Pk#	RT	Area%	Library/ID	Ref#	CAS#	Qual
-----	----	-------	------------	------	------	------

23	20.38	16.22	C:\DATABASE\PMW_TOX2.L			
			Diisooctylphthalate	@	723 027554-26-3 96	
			Butyl-2-ethylhexylphthalate	@	713 000085-69-8 37	
			Butyl-2-methylpropylphthalate	@	2995 017851-53-5 25	

**Cromatograma E. Para oleorresina de chile chamborote procedente de Montúfar a un tiempo de extracción de 3 horas**



**Information from Data File:**

File: C:\HPCHEM\1\DATA\9123.D  
 Operator: mca  
 Date Acquired: 26 Jul 11 13:02  
 Method File: RAFAEL  
 Sample Name: 9123  
 Misc Info:  
 Vial Number: 1

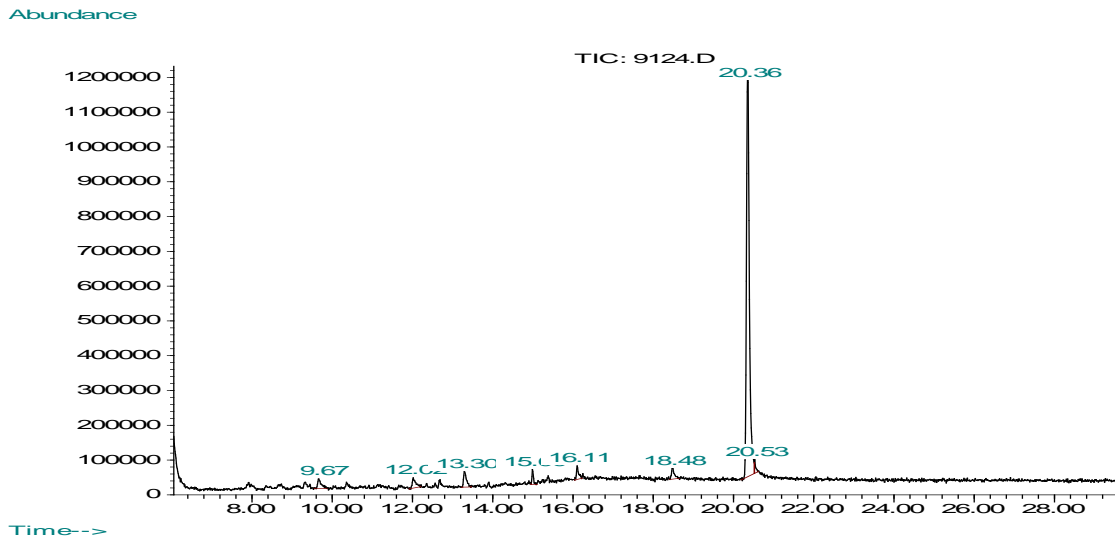
Search Libraries: C:\DATABASE\PMW\_TOX2.L Minimum Quality: 0

Unknown Spectrum: Apex

Integration Events: Chemstation Integrator - autoint1.e

Pk#	RT	Area%	Library/ID	Ref#	CAS#	Qual
4	20.35	91.40	C:\DATABASE\PMW_TOX2.L			
			Diisooctylphthalate	@	723 027554-26-3 83	
			Butyl-2-methylpropylphthalate	@	2995 017851-53-5 28	
			Decyldodecylphthalate	@	3542 000000-00-0 10	

**Cromatograma F. Para oleorresina de chile chamborote procedente de Montúfar a un tiempo de extracción de 4 horas**



Information from Data File:

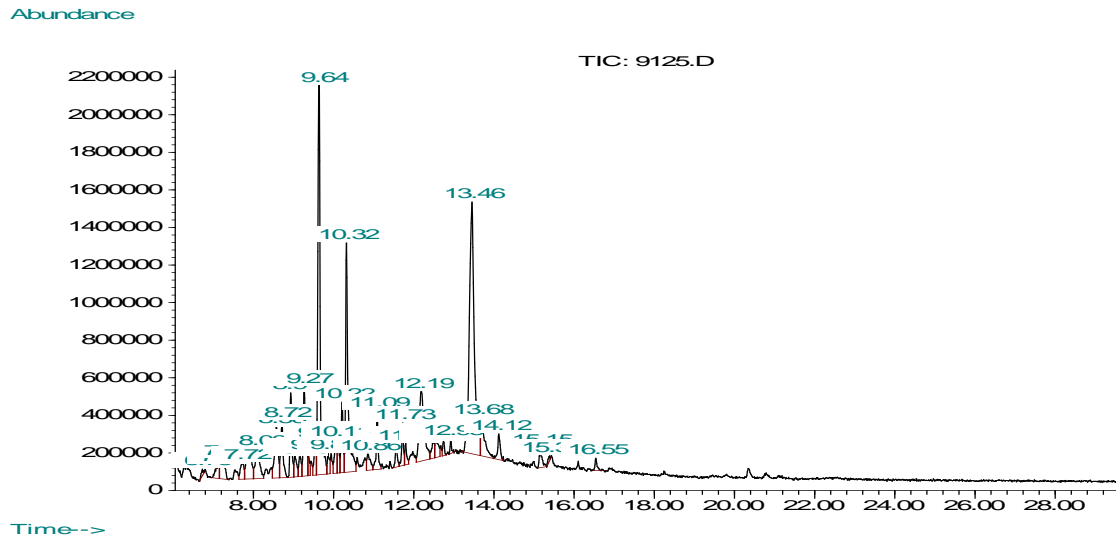
File: C:\HPCHEM\1\DATA\9124.D  
 Operator: mca  
 Date Acquired: 27 Jul 11 7:11  
 Method File: RAFAEL  
 Sample Name: 9124  
 Misc Info:  
 Vial Number: 1

Search Libraries: C:\DATABASE\PMW\_TOX2.L Minimum Quality: 0

Unknown Spectrum: Apex  
 Integration Events: Chemstation Integrator - autoint1.e

Pk#	RT	Area%	Library/ID	Ref#	CAS#	Qual
-----	----	-------	------------	------	------	------

**Cromatograma G. Para oleoresina de chile chamberote procedente de San Raimundo a un tiempo de extracción de 2 horas**



**Information from Data File:**

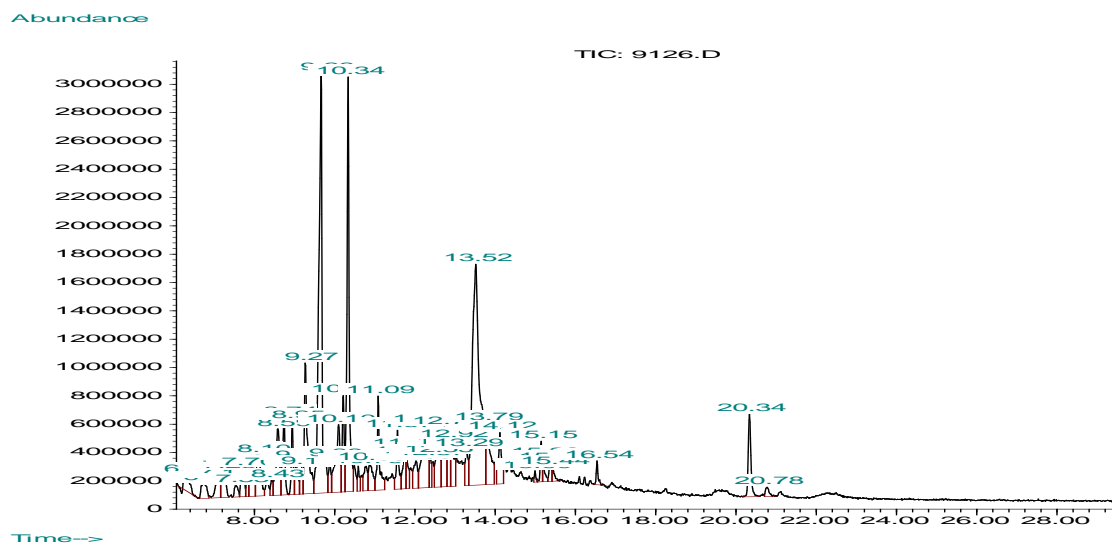
File: C:\HPCHEM\1\DATA\9125.D  
 Operator: MCS  
 Date Acquired: 28 Jul 11 11:46  
 Method File: RAFAEL  
 Sample Name: 9125 A1B3 rep3  
 Misc Info:  
 Vial Number: 1

Search Libraries: C:\DATABASE\PMW\_TOX2.L Minimum Quality: 0

Unknown Spectrum: Apex  
 Integration Events: Chemstation Integrator - autoint1.e

Pk#	RT	Area%	Library/ID	Ref#	CAS#	Qual
-----	----	-------	------------	------	------	------

**Cromatograma H. Para oleorresina de chile chamberote procedente de San Raimundo a un tiempo de extracción de 3 horas**



**Information from Data File:**

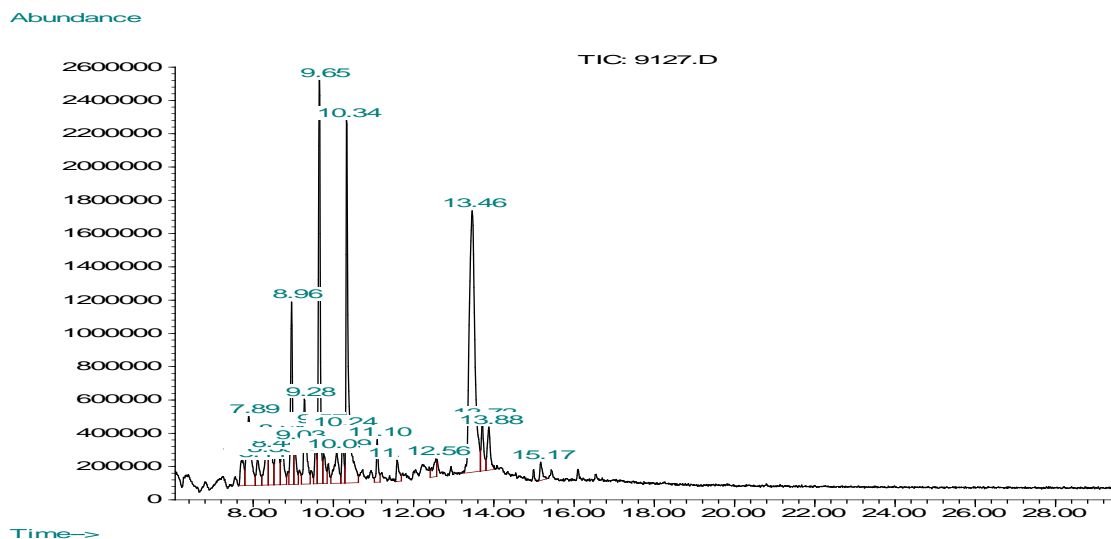
File: C:\HPCHEM\1\DATA\9126.D  
 Operator: MCS  
 Date Acquired: 28 Jul 11 14:43  
 Method File: RAFAEL  
 Sample Name: 9126 A2B3 Rep3  
 Misc Info:  
 Vial Number: 1

Search Libraries: C:\DATABASE\PMW\_TOX2.L Minimum Quality: 0

Unknown Spectrum: Apex  
 Integration Events: Chemstation Integrator - autoint1.e

Pk#	RT	Area%	Library/ID	Ref#	CAS#	Qual
-----	----	-------	------------	------	------	------

**Cromatograma I. Para oleorresina de chile chamborote procedente de San Raimundo a un tiempo de extracción de 4 horas**



**Information from Data File:**

File: C:\HPCHEM\1\DATA\9127.D  
 Operator: mca  
 Date Acquired: 1 Aug 11 13:51  
 Method File: RAFAEL  
 Sample Name:  
 Misc Info:  
 Vial Number: 1

Search Libraries: C:\DATABASE\WILEY275.L Minimum Quality: 0

Unknown Spectrum: Apex

Integration Events: Chemstation Integrator - autoint1.e

Pk#	RT	Area%	Library/ID	Ref#	CAS#	Qual
1	7.72	1.58	C:\DATABASE\WILEY275.L			
			5-METHYLFURFURAL		9685 000000-00-0	80
			2-Furancarboxaldehyde, 5-methyl-	(	9641 000620-02-0	72
			2-Furancarboxaldehyde, 5-methyl-	(	9640 000620-02-0	72



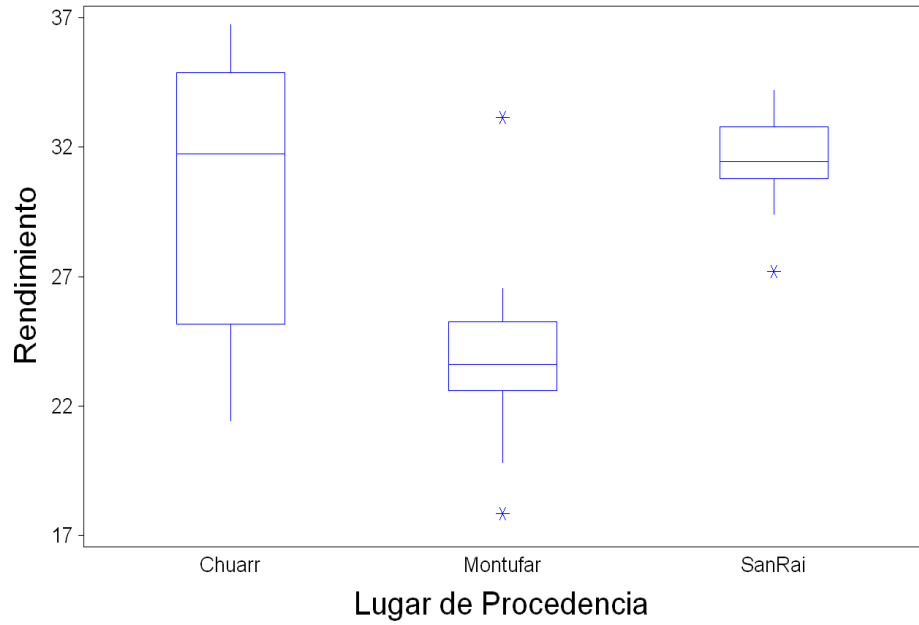
16 10.34 14.83 C:\DATABASE\WILEY275.L  
2-Furancarboxaldehyde, 5-(hydroxym 17491 000067-47-0 90  
5-HYDROXYMETHYLFURFURAL 17552 000000-00-0 83  
5-Hydroxymethyl-2-furaldehyde 17542 000000-00-0 83

20 13.46 25.00 C:\DATABASE\WILEY275.L  
QUINIC ACID 75491 000000-00-0 86  
OCTYL ISOBUTYRATE 85174 000000-00-0 35  
Butyraldehyde, semicarbazone (CAS) 19994 013183-21-6 35

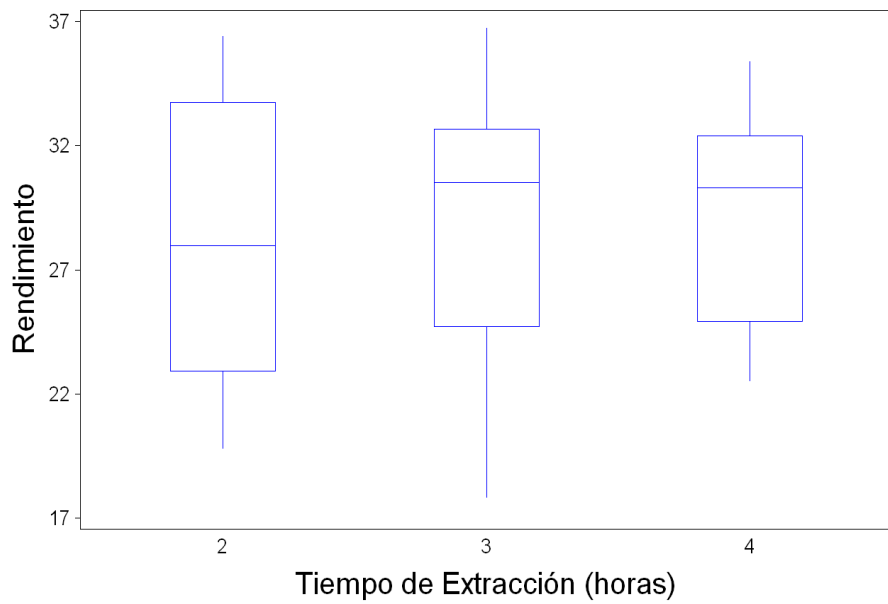
Fuente: Laboratorio de Toxicología, antigua Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia.

### Anexo 3. Resultados del análisis estadístico

#### Diagrama de Caja para la Oleoresina



#### Diagrama de Caja para la Oleoresina



Statistix 9.0  
04:01:51 p.m.

09/06/2011,

**Analysis of Variance Table for RENDIMIEN**

Source	DF	SS	MS	F	P
REPETICI	3	54.822	18.274		
REGI	2	396.181	198.091	13.62	0.0001
TIEMPO	2	3.187	1.594	0.11	0.8967
REGI*TIEMPO	4	89.342	22.335	1.54	0.2237
Error	24	349.133	14.547		
Total	35				

Note: SS are marginal (type III) sums of squares

Grand Mean 28.590      CV 13.34

Statistix 9.0  
04:02:25 p.m.

09/06/2011,

**Means of RENDIMIEN for REGI**

REGI	Mean
Chuarr	30.361
Montufar	23.943
SanRai	31.467

Observations per Mean                      12  
Standard Error of a Mean                  1.1010  
Std Error (Diff of 2 Means)              1.5571

**Means of RENDIMIEN for TIEMPO**

TIEMPO	Mean
2	28.175
3	28.739
4	28.857

Observations per Mean                      12  
Standard Error of a Mean                  1.1010  
Std Error (Diff of 2 Means)              1.5571

**Means of RENDIMIEN for REGI\*TIEMPO**

REGI	TIEMPO	Mean
Chuarr	2	28.708
Chuarr	3	33.420
Chuarr	4	28.955
Montufar	2	23.218
Montufar	3	22.730
Montufar	4	25.880
SanRai	2	32.600
SanRai	3	30.068
SanRai	4	31.735

Observations per Mean                      4  
Standard Error of a Mean                  1.9070  
Std Error (Diff of 2 Means)              2.6970

Statistix 9.0  
04:03:17 p.m.

09/06/2011,

**Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of RENDIMIEN for REGI**

REGI	Mean	Homogeneous Groups
SanRai	31.467	A
Chuarr	30.361	A

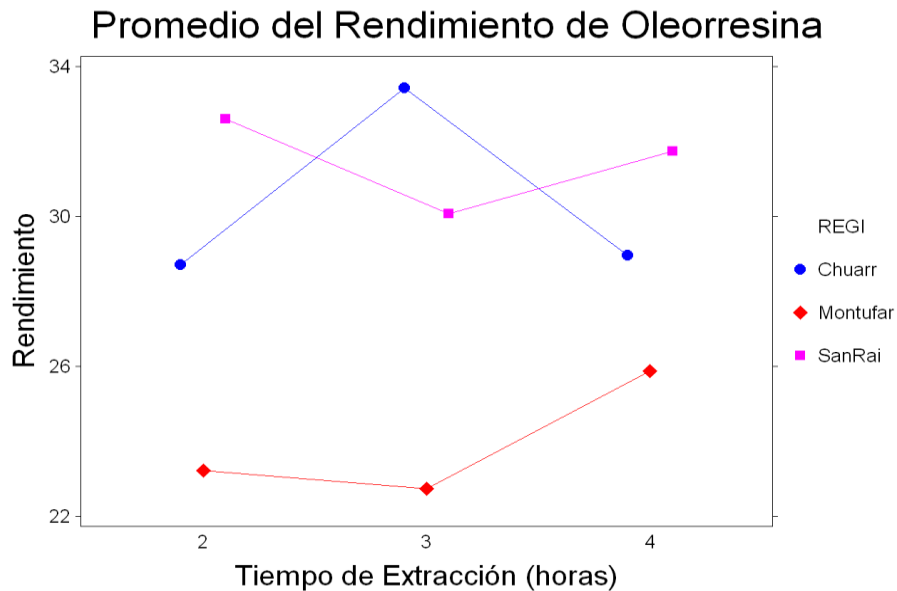
Montufar 23.943 B  
 Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 1.5571  
 Critical Q Value 3.533 Critical Value for Comparison 3.8894  
 Error term used: REPETICI\*REGI\*TIEMPO, 24 DF  
 There are 2 groups (A and B) in which the means are not significantly different from one another.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of RENDIMIEN for TIEMPO  
 TIEMPO Mean Homogeneous Groups  
 4 28.857 A  
 3 28.739 A  
 2 28.175 A

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 1.5571  
 Critical Q Value 3.533 Critical Value for Comparison 3.8894  
 Error term used: REPETICI\*REGI\*TIEMPO, 24 DF  
 There are no significant pairwise differences among the means.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of RENDIMIEN for REGI\*TIEMPO  
 REGI TIEMPO Mean Homogeneous Groups  
 Chuarr 3 33.420 A  
 SanRai 2 32.600 A  
 SanRai 4 31.735 AB  
 SanRai 3 30.068 AB  
 Chuarr 4 28.955 AB  
 Chuarr 2 28.708 AB  
 Montufar 4 25.880 AB  
 Montufar 2 23.218 B  
 Montufar 3 22.730 B

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 2.6970  
 Critical Q Value 4.807 Critical Value for Comparison 9.1665  
 Error term used: REPETICI\*REGI\*TIEMPO, 24 DF  
 There are 2 groups (A and B) in which the means are not significantly different from one another.



Fuente: datos y gráficas obtenidas del programa Statistical Package for the Social Science (SPSS)



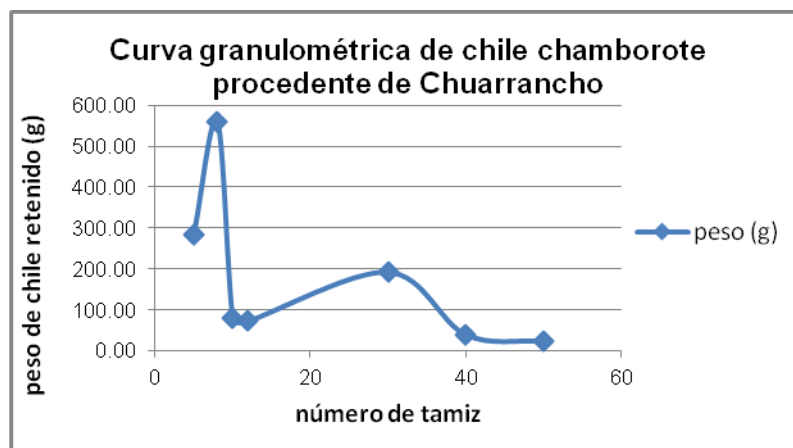
## APÉNDICES

### Apéndice 1. Datos preliminares. Granulometría del chile chamborote procedente de Chuarrancho

Tamiz No.	peso (g)
5	284,02
8	559,48
10	80,83
12	72,12
30	191,46
40	38,36
50	22,29

Fuente: elaboración propia. Datos obtenidos en la experimentación

### Apéndice 2. Curva granulométrica del tamizaje de chile chamborote procedente de Chuarrancho



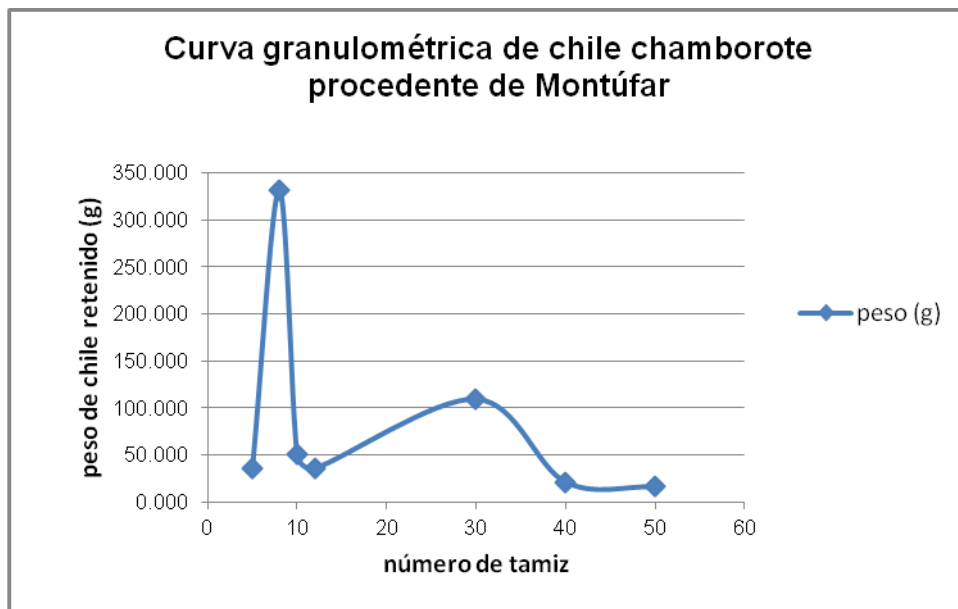
Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3. **Granulometría del chile chamborote procedente de Montúfar**

Tamiz No.	peso (g)
5	35,050
8	332,050
10	50,820
12	35,800
30	109,400
40	21,010
50	15,830

Fuente: elaboración propia. Datos obtenidos en la experimentación.

Apéndice 4. **Curva granulométrica del tamizaje de chile chamborote procedente de Montúfar**



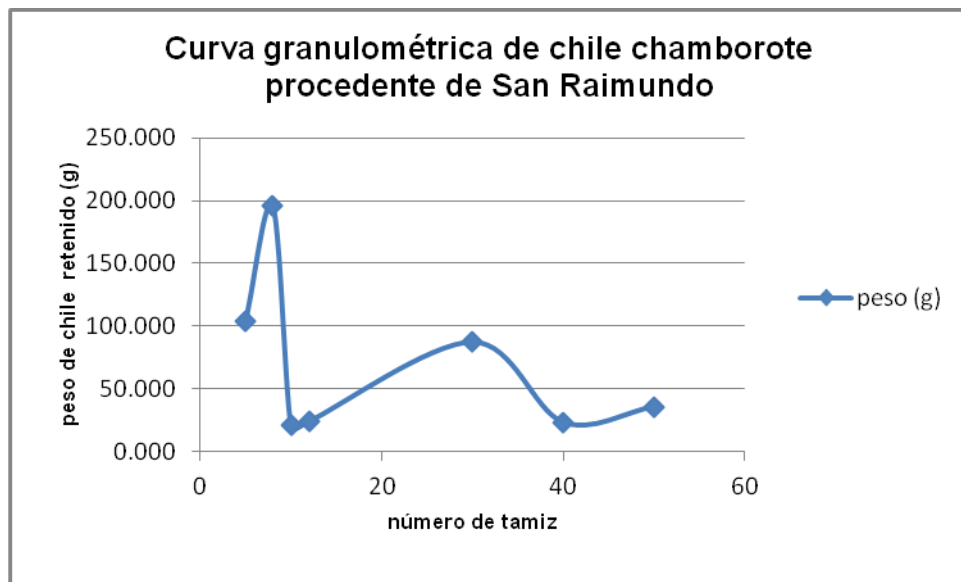
Fuente: elaboración propia.

Apéndice 5. **Granulometría del chile chamborote procedente de San Raimundo**

Tamiz No.	peso (g)
5	103,330
8	195,780
10	20,940
12	23,940
30	87,350
40	23,310
50	35,710

Fuente: elaboración propia. Datos obtenidos en la experimentación.

Apéndice 6. **Curva granulométrica del tamizaje de chile chamborote procedente de San Raimundo**



Fuente: elaboración propia.



Apéndice 7. **Mediciones de humedad de chile chamborote procedente de Montúfar, San Juan Sacatepéquez**

No.	% Humedad
1	90,140
2	87,940
3	86,780
4	68,100
5	62,180
6	46,960
7	25,620
8	15,170
9	6,210

Fuente: elaboración propia. Datos obtenidos con la balanza de humedad BOECO Germany.

Apéndice 8. **Mediciones de humedad de chile chamborote procedente de San Raimundo**

No.	% Humedad
1	90,810
2	87,490
3	72,110
4	47,720
5	10,470
6	7,680
7	7,370
8	5,740

Fuente: elaboración propia. Datos obtenidos con la balanza de humedad BOECO Germany.

Apéndice 9. **Monitoreo de la densidad de las extracciones de chile  
chamborote procedente de Chuarrancho utilizando como solvente etanol  
al 70%**

Tiempo de maceración (h)	Tiempo (min)	Densidad extracto (g/mL)
2	20	0,9006
	40	0,9062
	60	0,9076
	80	0,9106
	100	0,9141
	120	0,9165
3	20	0,8606
	40	0,8606
	60	0,8630
	80	0,8657
	100	0,8671
	120	0,8699
	140	0,8699
	160	0,8709
	180	0,8793
4	20	0,8407
	40	0,8419
	60	0,8419
	80	0,8426
	100	0,8456
	120	0,8471
	140	0,8473
	160	0,8489
	180	0,8513
	200	0,8531
	220	0,8596
	240	0,8600

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 10. **Monitoreo de la densidad de las extracciones de chile  
chaborote procedente de Montúfar utilizando como solvente etanol al  
70%**

Tiempo de maceración (h)	Tiempo (min)	Densidad extracto (g/mL)
2	20	0,9199
	40	0,9249
	60	0,9249
	80	0,9277
	100	0,9343
	120	0,9363
3	20	0,8606
	40	0,8606
	60	0,8606
	80	0,8699
	100	0,8699
	120	0,8793
	140	0,8796
	160	0,8798
	180	0,8800
4	20	0,8419
	40	0,8419
	60	0,8463
	80	0,8483
	100	0,8512
	120	0,8513
	140	0,8531
	160	0,8549
	180	0,8606
	200	0,8618
	220	0,8618
	240	0,862

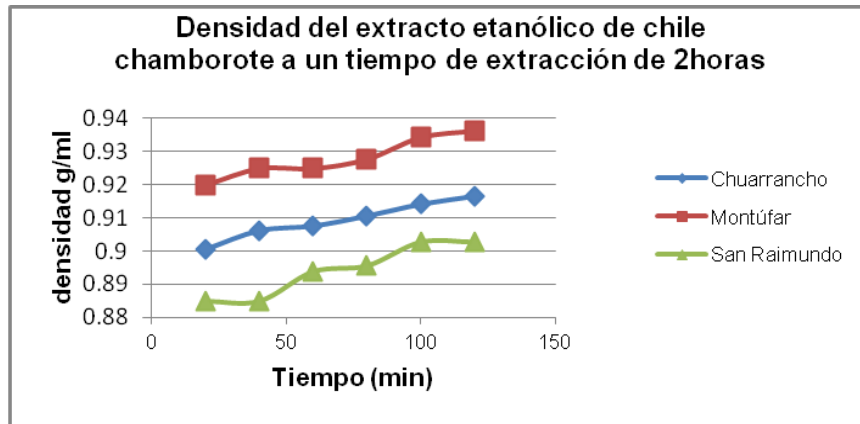
Fuente: elaboración propia.

Apéndice 11. **Monitoreo de la densidad de las extracciones de chile  
chamborote procedente de San Raimundo utilizando como solvente etanol  
al 70%**

Tiempo de maceración (h)	Tiempo (min)	Densidad extracto (g/mL)
2	20	0,8850
	40	0,8850
	60	0,8938
	80	0,8956
	100	0,9027
	120	0,9027
3	20	0,8850
	40	0,8850
	60	0,8938
	80	0,9027
	100	0,9071
	120	0,9133
	140	0,9150
	160	0,9168
180	0,9239	
4	20	0,8761
	40	0,8850
	60	0,8876
	80	0,8938
	100	0,8947
	120	0,8982
	140	0,9027
	160	0,9044
	180	0,9071
	200	0,9088
	220	0,9115
	240	0,9133

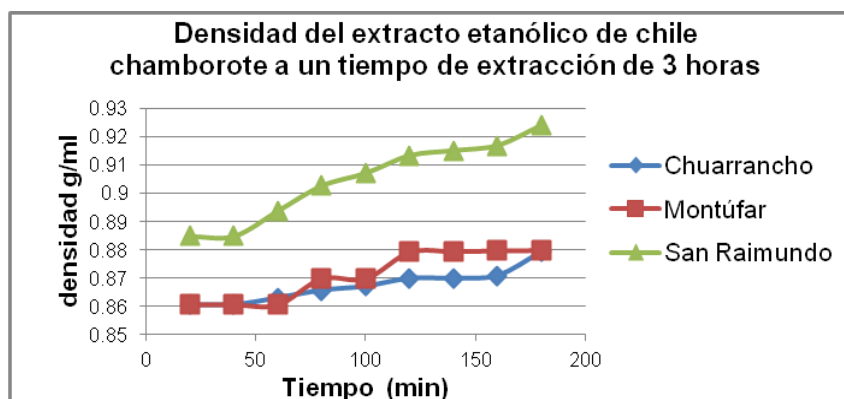
Fuente: elaboración propia.

Apéndice 12. **Monitoreo de la densidad de las extracciones de chile chamborote procedente de Chuarrancho, Montufar y San Raimundo utilizando como solvente etanol al 70% y un tiempo de extracción de 2 horas**



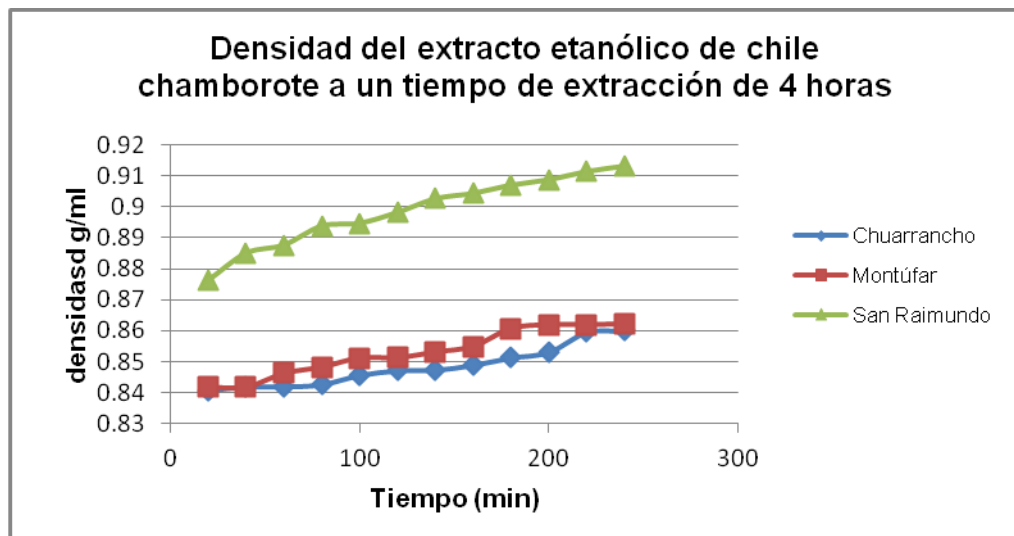
Fuente: elaboración propia.

Apéndice 13. **Monitoreo de la densidad de las extracciones de chile chamborote procedente de Chuarrancho, Montúfar y San Raimundo utilizando como solvente etanol al 70% y un tiempo de extracción de 3 horas**



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 14. **Monitoreo de la densidad de las extracciones de chile  
chaborote procedente de Chuarrancho, Montúfar y San Raimundo  
utilizando como solvente etanol al 70% y un tiempo de extracción de 4  
horas**



Fuente: elaboración propia.

**Apéndice 15. Monitoreo del índice de refracción y pH de las extracciones de chile chamborote procedente de Chuarrancho utilizando como solvente etanol al 70%**

Tiempo de maceración (h)	Tiempo (min)	pH	Índice de refracción
2	20	6,49	1,3675
	40	6,38	1,3689
	60	6,32	1,3694
	80	6,11	1,3699
	100	6,07	1,3701
	120	5,80	1,3711
3	20	5,89	1,3676
	40	5,89	1,3676
	60	5,83	1,3679
	80	5,75	1,368
	100	5,68	1,368
	120	5,68	1,368
	140	5,55	1,3681
	160	5,44	1,3683
	180	5,40	1,3686
4	20	5,81	1,3689
	40	5,74	1,3691
	60	5,63	1,3694
	80	5,59	1,3694
	100	5,58	1,3695
	120	5,55	1,3698
	140	5,53	1,3700
	160	5,47	1,3700
	180	5,38	1,3705
	200	5,31	1,3705
	220	5,23	1,3709
	240	5,14	1,3709

Fuente: elaboración propia. Datos obtenidos en Laboratorio de Extractos Vegetales Liexve.

**Apéndice 16. Monitoreo del índice de refracción y pH de las extracciones de chile chamborote procedente de Montúfar utilizando como solvente etanol al 70%**

Tiempo de maceración (h)	Tiempo (min)	pH	Índice de refracción
2	20	6,56	1,3620
	40	6,48	1,3624
	60	6,41	1,3625
	80	6,35	1,3629
	100	6,22	1,3629
	120	6,08	1,3631
3	20	5,81	1,3665
	40	5,81	1,3670
	60	5,8	1,3670
	80	5,79	1,3671
	100	5,77	1,3675
	120	5,77	1,3680
	140	5,75	1,3681
	160	5,68	1,3681
	180	5,62	1,3690
4	20	6,98	1,3691
	40	6,85	1,3693
	60	6,77	1,3695
	80	6,61	1,3695
	100	6,47	1,3695
	120	6,32	1,3695
	140	6,23	1,3695
	160	6,06	1,3699
	180	5,93	1,3700
	200	5,81	1,3700
	220	5,70	1,3700
	240	5,64	1,3704

Fuente: elaboración propia. Datos obtenidos en Laboratorio de Extractos Vegetales Liexve.

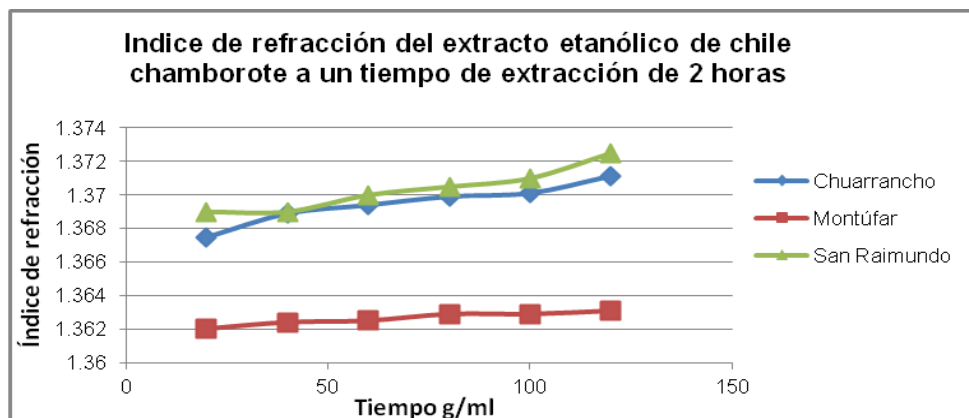


**Apéndice 17. Monitoreo de la del índice de refracción y pH de las extracciones de chile chamborote procedente de San Raimundo utilizando como solvente etanol al 70%**

Tiempo de maceración (h)	Tiempo (min)	pH	Índice de refracción
2	20	5,81	1.3690
	40	5,74	1.3690
	60	5,59	1.3700
	80	5,63	1.3705
	100	5,58	1.3710
	120	5,55	1.3725
3	20	6,98	1.3685
	40	6,85	1.3685
	60	6,77	1.3685
	80	6,61	1.3688
	100	6,47	1.3690
	120	6,32	1.3690
	140	6,23	1.3694
	160	6,06	1.3695
	180	5,93	1.3699
4	20	5,89	1.36900
	40	5,89	1.36950
	60	5,83	1.36970
	80	5,75	1.36990
	100	5,68	1.37000
	120	5,68	1.37000
	140	5,55	1.37040
	160	5,44	1.37050
	180	5,40	1.37050
	200	5,33	1.37050
	220	5,25	1.37090
	240	5,20	1.37090

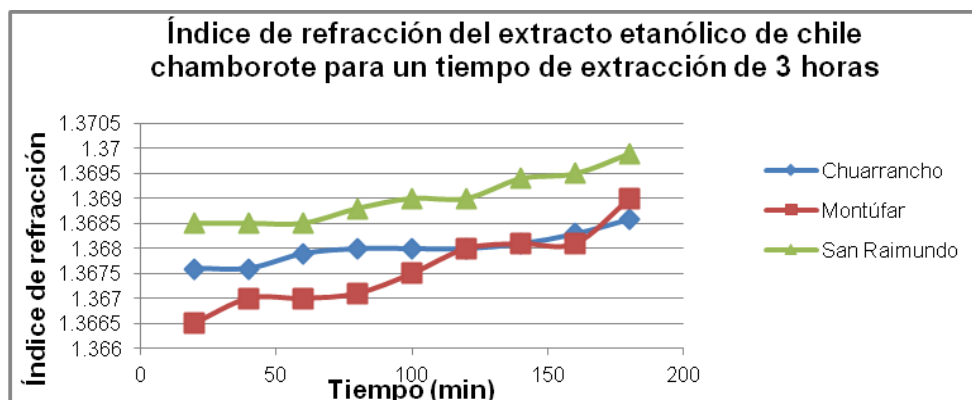
Fuente: elaboración propia, datos obtenidos en Laboratorio de Extractos Vegetales Liexve.

Apéndice 18. **Monitoreo de la del índice de refracción de las extracciones de chile chamborote procedente de Chuarrancho, Montúfar y San Raimundo utilizando como solvente etanol al 70% para un tiempo de extracción de 2 horas**



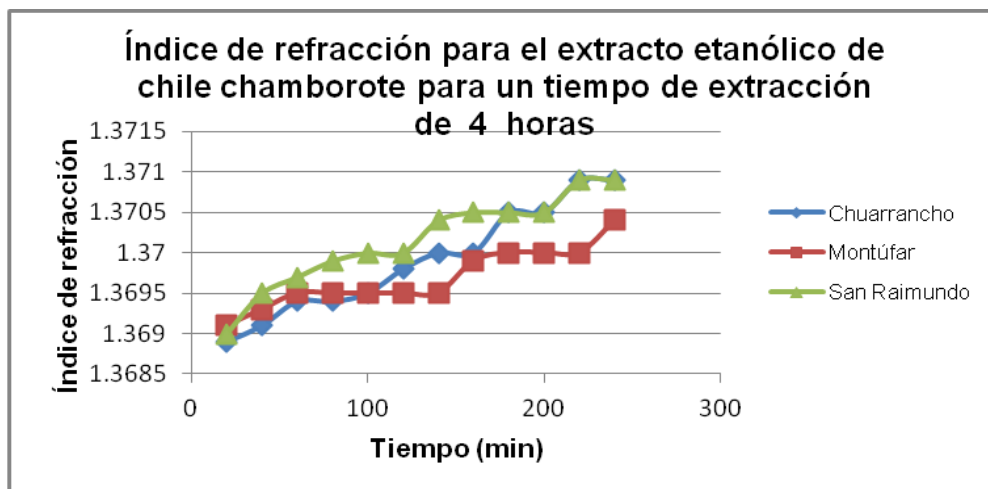
Fuente: elaboración propia.

Apéndice 19. **Monitoreo de la del índice de refracción de las extracciones de chile chamborote procedente de Chuarrancho, Montúfar y San Raimundo utilizando como solvente etanol al 70% para un tiempo de extracción de 3 horas**



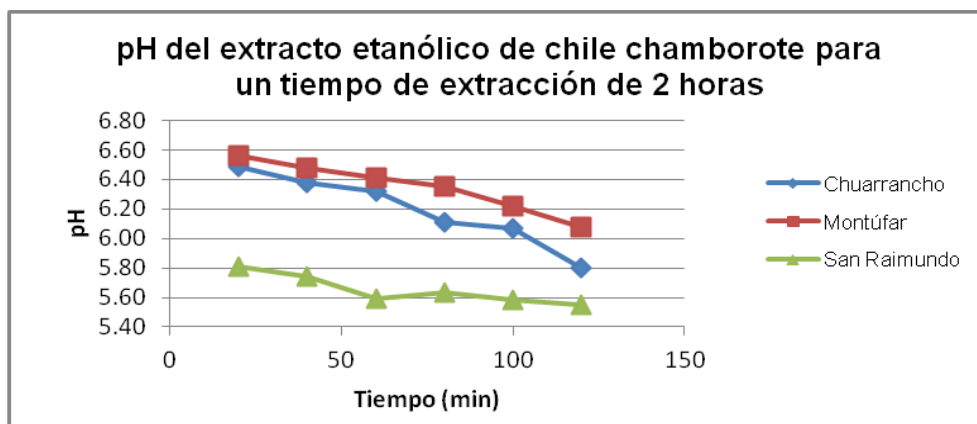
Fuente: elaboración propia. Datos de tablas XXIV, XXV y XXVI.

Apéndice 20. **Monitoreo de la del índice de refracción de las extracciones de chile chamborote procedente de Chuarrancho, Montúfar y San Raimundo utilizando como solvente etanol al 70% para un tiempo de extracción de 4 horas**



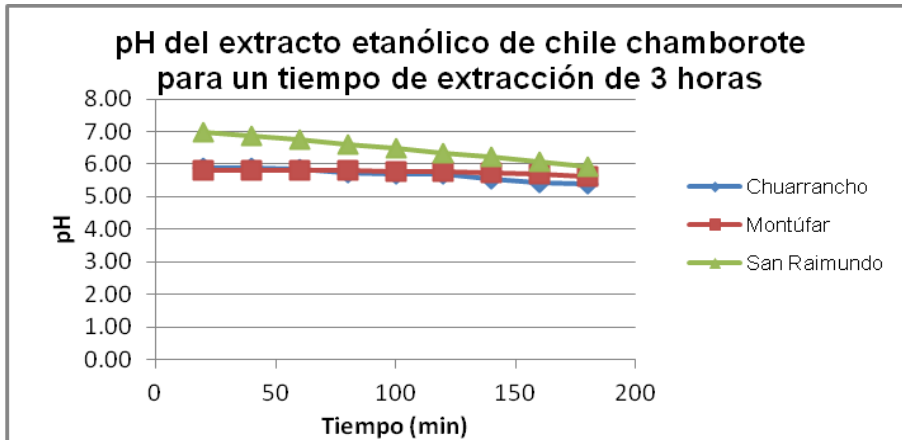
Fuente: elaboración propia. Datos tablas XXIV, XXV y XXVI.

Apéndice 21. **Monitoreo del pH de las extracciones de chile chamborote procedente de Chuarrancho, Montúfar y San Raimundo utilizando como solvente etanol al 70% para un tiempo de extracción de 2 horas**



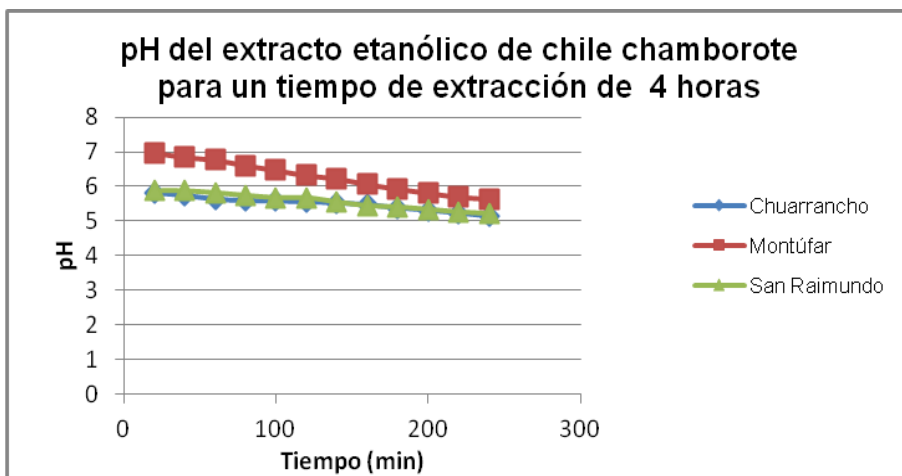
Fuente: elaboración propia. Datos tablas XXIV, XXV y XXVI.

**Apéndice 22. Monitoreo del pH de las extracciones de chile chamborote procedente de Chuarrancho, Montúfar y San Raimundo utilizando como solvente etanol al 70% para un tiempo de extracción de 3 horas**



Fuente: elaboración propia. Datos tablas XXIV, XXV y XXVI.

**Apéndice 23. Monitoreo del pH de las extracciones de chile chamborote procedente de Chuarrancho, Montúfar y San Raimundo utilizando como solvente etanol al 70% para un tiempo de extracción de 4 horas**



Fuente: elaboración propia. Datos tablas XXIV, XXV y XXVI.

**Apéndice 24. Monitoreo de sólidos totales de las extracciones de chile  
chamborote procedente de Chuarrancho, Montúfar y San Raimundo  
utilizando como solvente etanol al 70%**

Región	Tiempo de maceración (h)	Sólidos totales (g/mL)
Chuarrancho	2	0,03
Chuarrancho	3	0,04
Chuarrancho	4	0,03
Montúfar	2	0,02
Montúfar	3	0,02
Montúfar	4	0,02
San Raimundo	2	0,03
San Raimundo	3	0,03
San Raimundo	4	0,04

Fuente: elaboración propia.

## Apéndice 25. Muestra de cálculo

### a) Porcentaje de rendimiento de la oleoresina de chile chamborote

$$\%R = \frac{W_f - W_0}{W_{mt}} * 100 \quad (\text{Ecuación 5})$$

Donde:

$W_0$  = peso tara del balón (g)

$W_f$  = peso final del balón con el extracto concentrado (g)

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

Ejemplo:

Para los datos obtenidos para la corrida 1 utilizando chile chamborote procedente de Chuarrancho y un tiempo de extracción de 2 horas.

Peso tara del balón = 68.256 g

Peso final del balón = 72.55 g

Peso inicial materia prima = 20 g

$$\%R = \frac{72,55g - 68,26g}{20g} * 100 = 21,43\%$$

### b) Densidad del extracto etanólico de chile chamborote

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

Donde:

$\rho$  = densidad (g/mL)

$m$  = masa (g)

$V$  = volumen (mL)

Ejemplo: para los datos obtenidos para la corrida 1 utilizando chile chamborote procedente de Chuarrancho y un tiempo de extracción de 2 horas.

Masa del extracto: 0.9627g

Volumen del picnómetro: 1.069 ml

$$\rho = \frac{0,9627\text{g}}{1,069\text{ml}} = 0,9006\text{g/mL}$$

**c) Sólidos totales del extracto etanólico de chile chamborote**

$$St = \frac{w_f - w_0}{V_m} \text{ (Ecuación 7)}$$

Donde:

St = sólidos totales

w<sub>f</sub> = peso de la muestra después de secarla

w<sub>0</sub> = peso de la muestra antes de secarla

v<sub>m</sub> = volumen de la muestra.

Ejemplo: para los datos obtenidos utilizando chile chamborote procedente de Chuarrancho y un tiempo de extracción de 2 horas.

Peso final de la muestra = 1.99 g

Peso inicial de la muestra = 1.96 g

Volumen de la muestra = 1 ml

$$St = \frac{1,99\text{g} - 1,96\text{g}}{1\text{ml}} = 0,03\text{g/ml}$$

**d) Cálculo de las unidades de calor Scoville (SHU) de la oleorresina de chile Chamborote (*Capsicum annum spp.*)**

Para determinar las unidades de calor Scoville en la oleorresina de chile chamborote (*Capsicum annum spp.*) 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.

$$\text{Unidades de calor Scoville (SHU)} = \text{cantidad de capsaicina (ppm)} * 16 \text{ (Ecuación 8)}$$

Ejemplo: para la oleorresina de chile chamborote proveniente de Chuarrancho a un tiempo de extracción de 2 horas.

$$\text{Unidades de calor Scoville (SHU)} = 0,35(\text{ppm}) * 16 = 5,6 \text{ SHU}$$



**Apéndice 26. Porcentaje de rendimiento de la oleorresina de chile  
chamborote procedente de Chuarrancho**

Repetición	tiempo de extracción (h)	Peso inicial materia prima	Peso tara del balón	Peso balón y muestra	% Rendimiento
1	2	20	68.26	72.55	21.43
	3	20	68.26	74.33	30.35
	4	20	68.26	73.49	26.15
2	2	15	68.26	73.25	33.27
	3	15	172.1	177.07	33.13
	4	15	68.26	71.98	24.80
3	2	15	68.26	73.72	36.40
	3	15	68.26	73.28	33.47
	4	15	68.26	72.68	29.47
4	2	15	68.26	71.82	23.73
	3	15	68.26	73.77	36.73
	4	15	68.26	73.57	35.40

Fuente: elaboración propia. Datos calculados.

**Apéndice 27. Porcentaje de rendimiento de la oleorresina de chile  
chamborote procedente de Montúfar**

Repetición	tiempo de extracción (h)	Peso inicial materia prima	Peso tara del balón	Peso balón y muestra	% Rendimiento
1	2	20	68.26	72.22	19.81
	3	20	68.26	71.83	17.85
	4	15	68.26	73.23	33.13
2	2	15	68.26	71.85	23.93
	3	15	68.26	71.75	23.27
	4	15	68.26	71.64	22.53
3	2	15	68.26	72.24	26.53
	3	15	68.26	72.06	25.33
	4	15	68.26	72.03	25.13
4	2	15	68.26	71.65	22.60
	3	15	68.26	71.93	24.47
	4	15	68.26	71.67	22.73

Fuente: elaboración propia. Datos calculados.

Apéndice 28. **Porcentaje de rendimiento de la oleorresina de chile chamborote procedente de San Raimundo**

Repetición	Muestra	Peso inicial materia prima	Peso tara del balón	Peso balón y muestra	% Rendimiento
1	2	15	68.26	72.67	29.40
	3	15	68.26	72.97	31.40
	4	15	68.26	73.01	31.67
2	2	15	68.26	73.35	33.93
	3	15	68.26	72.91	31.00
	4	15	68.26	72.93	31.13
3	2	15	68.26	73.19	32.87
	3	15	68.26	72.86	30.67
	4	15	68.26	73.16	32.67
4	2	15	68.26	73.39	34.20
	3	15	68.26	72.34	27.20
	4	15	68.26	72.98	31.47

Fuente: elaboración propia. Datos calculados.

Apéndice 29. **Unidades de calor Scoville (SHU) de la oleorresina de chile Chamborote (*Capsicum annum spp.*)**

Región	Tiempo (h)	ppm	Unidades de Calor SHU de la oleorresina de chile chamborote
Chuarrancho	2	0,35	5,600
Chuarrancho	3	2,33	37,280
Chuarrancho	4	2,55	40,800
Montúfar	2	2,59	41,440
Montúfar	3	1,71	27,360
Montúfar	4	0,65	10,400
San Raimundo	2	3,42	54,720
San Raimundo	3	3,81	60,960
San Raimundo	4	13,69	219,040

Fuente: elaboración propia. Datos calculados.

Apéndice 30. **Densidad del extracto de chile chamborote procedente de Chuarrancho**

<b>Tiempo de maceración (h)</b>	<b>Tiempo (min)</b>	<b>Masa extracto (g)</b>	<b>Volumen Picnómetro (mL)</b>	<b>Densidad extracto (g/mL)</b>
2	20	0,9627	1,069	0,9006
	40	0,9687	1,069	0,9062
	60	0,9702	1,069	0,9076
	80	0,9734	1,069	0,9106
	100	0,9772	1,069	0,9141
	120	0,9797	1,069	0,9165
3	20	0,9200	1,069	0,8606
	40	0,9200	1,069	0,8606
	60	0,9225	1,069	0,8630
	80	0,9254	1,069	0,8657
	100	0,9269	1,069	0,8671
	120	0,9299	1,069	0,8699
	140	0,9299	1,069	0,8699
	160	0,9310	1,069	0,8709
	180	0,9400	1,069	0,8793
4	20	0,8987	1,069	0,8407
	40	0,9000	1,069	0,8419
	60	0,9000	1,069	0,8419
	80	0,9007	1,069	0,8426
	100	0,9039	1,069	0,8456
	120	0,9055	1,069	0,8471
	140	0,9058	1,069	0,8473
	160	0,9075	1,069	0,8489
	180	0,9100	1,069	0,8513
	200	0,9120	1,069	0,8531
	220	0,9189	1,069	0,8596
	240	0,9193	1,069	0,8600

Fuente: elaboración propia. Datos calculados.

Apéndice 31. **Densidad del extracto de chile chamborote procedente de Montúfar**

<b>Tiempo de maceración (h)</b>	<b>Tiempo (min)</b>	<b>Masa extracto (g)</b>	<b>Volumen Picnómetro (mL)</b>	<b>Densidad extracto (g/mL)</b>
2	20	0,9834	1,069	0,9199
	40	0,9887	1,069	0,9249
	60	0,9887	1,069	0,9249
	80	0,9917	1,069	0,9277
	100	0,9988	1,069	0,9343
	120	1,0009	1,069	0,9363
3	20	0,9200	1,069	0,8606
	40	0,9200	1,069	0,8606
	60	0,9200	1,069	0,8606
	80	0,9299	1,069	0,8699
	100	0,9299	1,069	0,8699
	120	0,9400	1,069	0,8793
	140	0,9403	1,069	0,8796
	160	0,9405	1,069	0,8798
	180	0,9407	1,069	0,8800
4	20	0,9000	1,069	0,8419
	40	0,9000	1,069	0,8419
	60	0,9047	1,069	0,8463
	80	0,9068	1,069	0,8483
	100	0,9099	1,069	0,8512
	120	0,9100	1,069	0,8513
	140	0,9120	1,069	0,8531
	160	0,9139	1,069	0,8549
	180	0,9200	1,069	0,8606
	200	0,9213	1,069	0,8618
	220	0,9213	1,069	0,8618
	240	0,9215	1,069	0,8620

Fuente: elaboración propia. Datos calculados.

Apéndice 32. **Densidad del extracto de chile chamborote procedente de San Raimundo**

Tiempo de maceración (h)	Tiempo (min)	Masa extracto (g)	Volumen Picnómetro (mL)	Densidad extracto (g/mL)
2	20	1,000	1,13	0,8850
	40	1,000	1,13	0,8850
	60	1,010	1,13	0,8938
	80	1,012	1,13	0,8956
	100	1,020	1,13	0,9027
	120	1,020	1,13	0,9027
3	20	1,000	1,13	0,8850
	40	1,000	1,13	0,8850
	60	1,010	1,13	0,8938
	80	1,020	1,13	0,9027
	100	1,025	1,13	0,9071
	120	1,032	1,13	0,9133
	140	1,034	1,13	0,9150
	160	1,036	1,13	0,9168
	180	1,044	1,13	0,9239
4	20	0,990	1,13	0,8761
	40	1,000	1,13	0,8850
	60	1,003	1,13	0,8876
	80	1,010	1,13	0,8938
	100	1,011	1,13	0,8947
	120	1,015	1,13	0,8982
	140	1,020	1,13	0,9027
	160	1,022	1,13	0,9044
	180	1,025	1,13	0,9071
	200	1,027	1,13	0,9088
	220	1,030	1,13	0,9115
	240	1,032	1,13	0,9133

Fuente: elaboración propia. Datos calculados.

**Apéndice 33. Sólidos totales del extracto de chile chamborote  
procedente de Chuarrancho, Montúfar y San Raimundo**

<b>Región</b>	<b>Tiempo de maceración (h)</b>	<b>Volumen (mL)</b>	<b>Peso final (g)</b>	<b>Peso inicial (g)</b>	<b>Sólidos totales (g/mL)</b>
Chuarrancho	2	1	1,99	1,96	0,03
Chuarrancho	3	1	1,97	1,93	0,04
Chuarrancho	4	1	1,97	1,94	0,03
Montúfar	2	1	1,94	1,92	0,02
Montúfar	3	1	2,00	1,98	0,02
Montúfar	4	1	1,96	1,94	0,02
San Raimundo	2	1	1,94	1,91	0,03
San Raimundo	3	1	1,95	1,92	0,03
San Raimundo	4	1	1,99	1,95	0,04

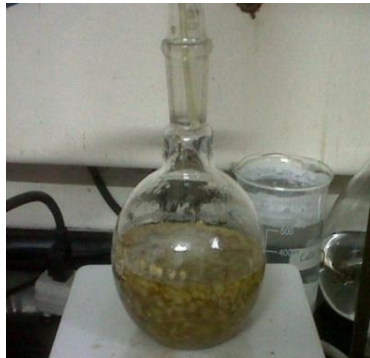
Fuente: elaboración propia. Datos calculados.

Apéndice 34. **Chile chamborote molido**



Fuente: Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales LIEXVE, CII/USAC.

Apéndice 35. **Maceración dinámica con reflujo del chile chamborote utilizando como solvente alcohol etílico al 70%**



Fuente: Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales LIEXVE, CII/USAC.

Apéndice 36. **Concentración del extracto etanólico de chile chamborote**



Fuente: Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales LIEXVE, CII/USAC.

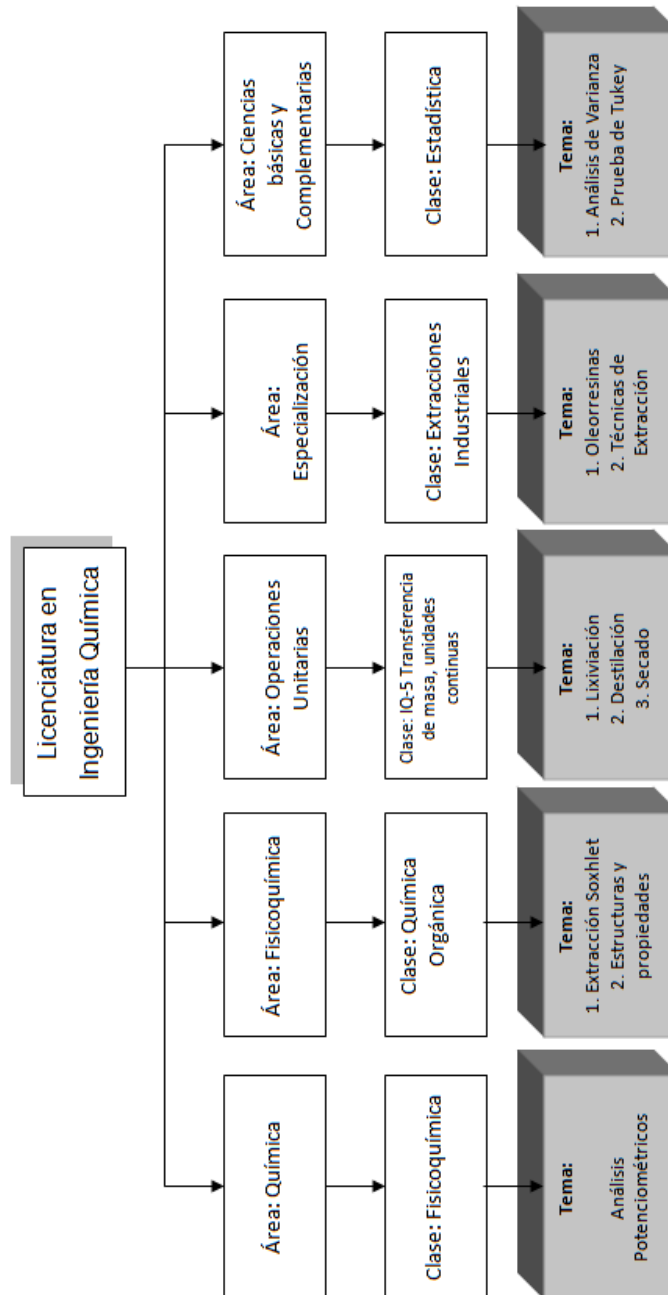
Apéndice 37. **Oleorresina de chile chamborote**



Fuente: Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales LIEXVE, CII/USAC.

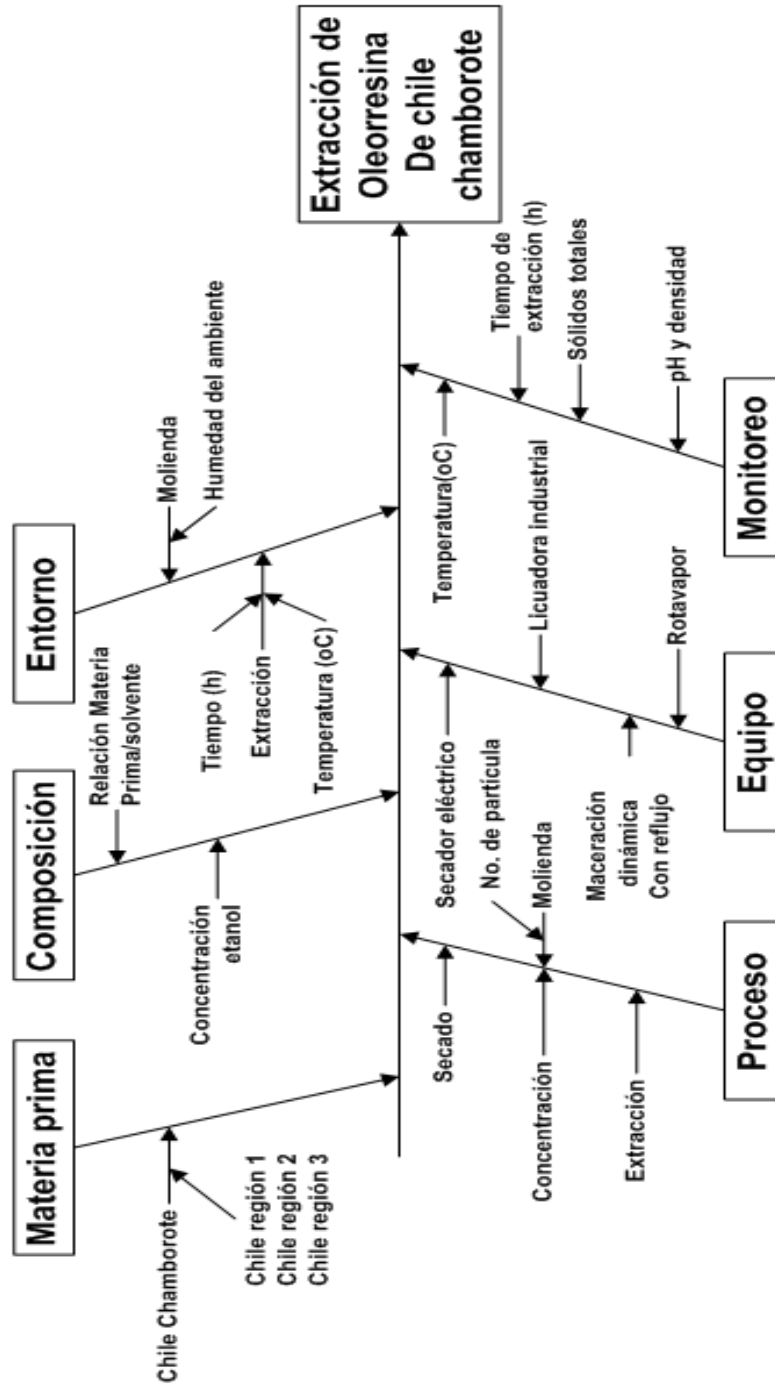


Apéndice 38. Diagrama de requisitos académicos



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 39. Diagrama de Ishikawa



Fuente: elaboración propia.

