



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

**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**

**Nora Matilde Deulofeu Gabriel**

Asesorado por: Ingeniera Química Telma Maricela Cano Morales

Guatemala, junio de 2006



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**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

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**NORA MATILDE DEULOFEU GABRIEL**  
ASESORADO POR LA INGA. TELMA MARICELA CANO MORALES  
AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERA QUÍMICA**

GUATEMALA, JUNIO DE 2006

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paíz Recinos
VOCAL I	
VOCAL II	Lic. Amahán Sánchez Álvarez
VOCAL III	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL IV	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIA	Inga. Marcía Ivonne Véliz Vargas

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

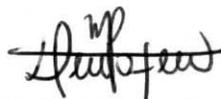
DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINDADOR	Ing. Federico Guillermo Salazar Rodriguez
EXAMINADOR	Ing. Erwin Manuel Ortiz Castillo
EXAMINADOR	Ing. Adolfo Narciso Gramajo Antonio
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

## HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

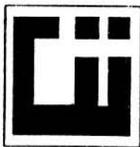
Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**DETERMINACIÓN DEL RENDIMIENTO 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,**

tema que fue asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Química, con fecha de 12 de Enero de 2006.



**Nora Matilde Deulofeu Gabriel**



Guatemala, 15 de Mayo de 2006

Ingeniero  
Williams Álvarez Mejía  
Director de la Escuela de Ingeniería Química  
Facultad de Ingeniería  
Su oficina

Estimado Ingeniero:

El motivo de la presente es para darle a conocer que he revisado el informe final del trabajo de graduación de la estudiante: **NORA MATILDE DEULOFEU GABRIEL**, con carné No. 2000-18051, titulado: "DETERMINACIÓN DEL RENDIMIENTO DE LA OLEORRESINA DE TRES DISTINTAS CLASES DE CARDAMOMO (*Elattaria cardamomum Maton*) CULTIVADO EN ALTA VERAPAZ, EXTRAIDA POR MACERACIÓN DINÁMICA Y DOS SOLVENTES DISTINTOS, A NIVEL LABORATORIO".

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

Atentamente,



Inga. Qca. Telma Matricula Cano Morales  
Colegiado 433  
Asesora del Trabajo de Graduación  
Supervisora del Laboratorio de Química Industrial /CII



FACULTAD DE INGENIERIA

"Todo por ti Carolingia Mía"  
Dr. Carlos Martínez Durán  
2006: Centenario de su Nacimiento

Guatemala, 19 de mayo de 2,006.

Ingeniero  
Williams Guillermo Álvarez Mejía  
Director Escuela Ingeniería Química  
Facultad de Ingeniería  
Presente.

Estimado Ingeniero Álvarez.

Informo a usted que he revisado el Informe final del trabajo de Graduación titulado:  
"DETERMINACIÓN DEL RENDIMIENTO DE LA OLEORRESINA DE TRES  
DISTINTAS CLASES DE CARDAMOMO (*Elettaria cardamomun* Maton)  
CULTIVADO EN ALTA VERAPAZ, EXTRAIDA POR MACERACIÓN  
DINÁMICA Y DOS SOLVENTES DISTINTOS, A NIVEL LABORATORIO" de la  
estudiante Nora Matilde Deulofeu Gabriel, carné 2000-18051.

Habiendo encontrado satisfactoria la propuesta procedo a recomendar se autorice el  
Informe final del trabajo de Graduación.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Otto de León de Paz  
REVISOR

c.c archivo

## **ACTO QUE DEDICO A**

### **MI PADRE**

Alejandro Deulofeu, por ser un héroe de vida y una inspiración de perseverancia.

### **MI MADRE**

Gladis Gabriel, por ser mi ejemplo de integridad, fortaleza y entrega.

### **MIS HERMANAS Y HERMANO**

Maria Antonieta, Gladis y Byron, para que ésta meta que hoy alcanzo les sirva como inspiración y tengan siempre presente que el éxito es un camino y no un destino.

## **AGRADECIMIENTOS A**

### **DIOS**

Por darme la vida y la familia a la que pertenezco.

### **MI PADRE**

Por su esfuerzo, por creer en mí, protegerme, aconsejarme y guiarme con mano firme.

### **MI MADRE**

Por ser el pilar de mi vida donde reposan mis penas y alegrías, por su confianza y por cada palabra que en su momento incentivaron mis días.

### **MIS HERMANAS**

### **Y HERMANO**

Por la paciencia, el cariño y el apoyo incondicional.

### **MIS TÍOS, TÍAS**

### **PRIMOS Y PRIMAS**

Por estar pendientes de mis logros y derrotas, brindándome su cariño y apoyo.

<b>MIS AMIGAS</b>	Marielos, Keila, Maria Jose y Jenny, por los momentos compartidos, la confianza y lealtad demostradas.
<b>MI ASESORA</b>	Inga. Telma Maricela Cano Morales, por el apoyo brindado para la elaboración de éste trabajo de graduación.
<b>MI COASESORA</b>	Lic. Sully Cruz, por su tiempo y conocimientos.
<b>MI REVISOR</b>	Ing. Otto Raúl De León, por sus conocimientos
<b>AL INGENIERO</b>	Manuel Tay, por su amistad y apoyo.
<b>LAS PERSONAS</b>	Tito Vides, compañeros de la planta piloto, compañeros de Química Industrial, compañeros de LIPRONAT y compañeros de fisicoquímica, por el apoyo brindado.
<b>MIS AMIGOS</b>	De colegio y universidad, por formar parte de la historia de mi vida y por merecer ser llamados amigos.

# ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES</b>	<b>V</b>
<b>LISTA DE SÍMBOLOS</b>	<b>IX</b>
<b>GLOSARIO</b>	<b>XI</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>XIII</b>
<b>OBJETIVOS</b>	<b>XV</b>
<b>HIPÓTESIS</b>	<b>XVII</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>XIX</b>
<b>1. CARDAMOMO</b>	<b>1</b>
1.1.1 Descripción Botánica	1
1.1.2 Hábitat	3
1.1.3 Historia	4
1.1.4 Agricultura	5
1.1.4.1 Sistemas de Propagación	5
1.1.4.1.1 Por Rizomas	5
1.1.4.1.2 Por Semillas	5
1.1.4.1.3 Distancia entre siembra	6
1.1.4.1.4 Sombra en el semillero	7
1.1.4.1.5 Fertilización del semillero	7
1.1.4.1.6 Transplante al campo definitivo	7

1.1.4.1.7 Distancia de siembra en campo definitivo	8
1.1.4.2 Plagas y Enfermedades	8
1.1.4.2.1 Plagas	8
1.1.4.2.2 Enfermedades	9
1.1.5 Usos medicinales atribuido	10
1.1.6 Otros usos populares	10
1.1.7 Composición química	10
1.1.8 Farmacognosia	11
1.1.9 Farmacología	13
1.1.10 Indicaciones terapéuticas	14
1.1.11 Otros Usos	14
<b>2. OLEORRESINAS</b>	<b>16</b>
2.1 Definición	16
2.2 Historia	16
2.3 Características generales e importancia de las Oleorresina	17
2.4 Clasificación de las oleorresinas	18
2.5 Usos de las Oleorresinas	19
<b>3. SITUACIÓN NACIONAL</b>	<b>20</b>
3.1 Consideraciones Generales	20
3.2 Generalidades	20
3.2.1 Zonificación	20

3.2.2 Variedades	20
3.2.3 Comercialización	25
<b>4. EXTRACCIÓN DE OLEORRESINA</b>	<b>26</b>
4.1 Proceso de extracción de oleorresina de cardamomo	27
4.1.1 Preparación de la especie vegetal	28
4.1.2 Molienda	28
4.1.3 Selección del solvente	29
4.1.4 Maceración	31
4.1.5 Percolación	33
4.2 Cromatografía en capa fina	34
4.3 Cromatografía de gas	34
4.4 Tamizaje fitoquímico	35
<b>5. METODOLOGÍA</b>	
2.1 Localización	37
2.2 Recursos Humanos	37
2.3 Metodología Experimental	38
2.3.1 Tamizaje Fitoquímico	39
2.3.2 Análisis de Cromatografía de gas (GC)	39
<b>6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO</b>	<b>41</b>
3.1 Análisis de hipótesis	45

<b>7. RESULTADOS</b>	<b>47</b>
<b>8. DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b>	<b>55</b>
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>59</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>61</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>63</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>65</b>
<b>APÉNDICE</b>	<b>67</b>
<b>ANEXO</b>	<b>79</b>

# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

## FIGURAS

1. Rendimiento del porcentaje de oleorresina de cardamomo ( <i>Elattaria Cardamomum Maton</i> ) contra clase de cardamomo utilizado	49
2. Rendimiento del porcentaje de oleorresina de cardamomo ( <i>Elattaria Cardamomum Maton</i> ) contra el solvente utilizado	50
3. Molienda	70
4. Pesado	71
5. Maceración Dinámica	71
6. Filtración al Vacío	72
7. Rotavapor	72
8. Obtención de Oleorresina	73
9. Medición y Almacenamiento de Oleorresina	73
10. Cámara de saturación	74
11. Placa de Silica gel $60 F_{254}$	74
12. Análisis realizados utilizando tubos de ensayos	75

13. Analito utilizado: 2 microlitros	75
14. Aplicación de las micro muestras en la placa de Silica gel	76
15. Introducción de la placa de Silica gel dentro de la cámara de saturación	76
16. Asperjado de la placa de Silica gel con el reactivo de detección	77
17. Análisis de la placa Silica gel a través de luz UV	77

## **TABLAS**

I. Clasificación Botánica del Cardamomo	1
II. Principales variedades de cardamomo cultivadas en el mundo	2
III. Cardamomo en Pergamino: Área, Producción, Rendimiento, Exportación y Precio Medio	26
IV. Arreglo rectangular para tratamientos con tres Replicas	38

V. Sumatoria T $\theta$ J para el rendimiento de la oleorresina de cardamomo (Elattaria Cardamomun Maton).	39
VI. Análisis de varianza para cada clase de cardamomo a evaluar	41
VII. Rendimiento porcentual de oleorresina	45
VIII. Resultados del tamizaje fitoquímico	49
IX. Frentes de Retención (R <sub>f</sub> )	50
X. Síntesis del análisis de cromatografía de gas	51



## LISTA DE SÍMBOLOS

<b><math>T_{\theta j}</math></b>	Suma de observaciones para el j-ésimo solvente utilizado
<b><math>T_{\phi i}</math></b>	Suma de todas las observaciones para el i-ésimo clase de cardamomo utilizado
<b><math>T_{\Phi \theta}</math></b>	Suma de todas las observaciones efectuadas
<b>SSP</b>	Suma de cuadrados para el factor P (solvente utilizado)
<b>SST</b>	Suma de cuadrados para el factor T (clase de cardamomo utilizado)
<b>SSE</b>	Suma de cuadrados para el error
<b><math>H_0</math></b>	Hipótesis nula
<b><math>H_a</math></b>	Hipótesis alternativa
<b><math>R_f</math></b>	Frente de retención



## GLOSARIO

<b>Cromatografía</b>	Técnica que tiene suficiente poder el cual permite separar los componentes de una mezcla de sustancias por su distinta distribución entre una fase estacionaria que tiende a retenerlos y una fase móvil que los desplaza.
<b>Macerar</b>	Mantener sumergida alguna sustancia sólida en un líquido a la temperatura ambiente, con el fin de ablandarla o de extraer de ella las partes solubles.
<b>Macolla</b>	Conjunto de vástagos, flores o espigas que nacen de un mismo pie.
<b>Rendimiento</b>	Relación de masa de oleoresina extraída en comparación con la masa de materia prima inicial.

**Solvente**

Sustancia que está en mayor cantidad en una solución y tiene la capacidad de distribuir en su seno, homogéneamente, otro material que se llama soluto.

**Tapesco**

Especie de zarzo que sirve de cama, y otras veces, colocado en alto, de vasar.

## RESUMEN

Se evaluó el rendimiento de la oleorresina de cardamomo *-Elattaria Cardamomum Maton-* 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 éstas la primera, segunda y tercera clase y dos solventes distintos puros, el etanol y el hexano.

El método experimental se planteó como un arreglo rectangular de las dos variables controlables, obteniéndose una matriz de cuatro celdas. Se llevaron a cabo tres repeticiones de cada una, realizándose 18 experimentos en total, manteniéndose constante la masa de cardamomo siendo ésta de 100 gramos y se usaron 400 mililitros de solvente.

A la oleorresina extraída se le realizó un análisis cualitativo a través de tamizaje fitoquímico, el cual que 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 oleoresina.

# OBJETIVOS

## General

- Extraer y caracterizar la oleorresina de tres distintas clases de cardamomo -*Elettaria cardamomum* Maton- cultivada en Alta Verapaz, Guatemala, utilizando dos diferentes solventes y maceración dinámica, a nivel laboratorio.

## Específicos

1. Calcular el rendimiento de la oleorresina obtenida de las tres distintas clases de cardamomo utilizando dos solventes; etanol y hexano.
2. Determinar a través de un análisis cromatográfico de capa fina, los componentes mayoritarios de la oleorresina obtenida de las tres diferentes clases de cardamomo con cada uno de los solventes utilizados.
3. Determinar a través de un análisis de cromatografía de gas acoplada con espectrometría de masa (CG-MS) la cantidad de componentes mayoritarios de la oleorresina obtenida de las tres diferentes clases de cardamomo en cada uno de los solventes a utilizar.



# HIPÓTESIS

La cantidad de oleorresina de cardamomo *-Elattaria cardamomum Maton-* extraída, puede ser afectada, significativamente, por la clase de cardamomo y el tipo de solvente a utilizar.

## HIPÓTESIS ESTADÍSTICA

### Hipótesis nula

Ho: El rendimiento de la oleorresina de cardamomo *-Elattaria cardamomum Maton-* extraída no se ve afectado significativamente por la clase de cardamomo a utilizar.

$$\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = 0$$

donde  $\alpha_i$  representa el efecto de la clase de cardamomo

### Hipótesis alterna

Ha: El rendimiento de la oleorresina de cardamomo *-Elattaria cardamomum Maton-* extraída se ve afectado significativamente por la clase de cardamomo a utilizar.

$$\alpha_1 \neq \alpha_2 \neq \alpha_3 \neq 0$$

donde  $\alpha_i$  = representa el efecto de la clase de cardamomo

### **Hipótesis nula**

Ho: El rendimiento de la oleorresina de cardamomo -*Elattaria cardamomum Maton*- extraída no se ve afectada significativamente por el tipo de solvente a utilizar.

$$\mu_1 = \mu_2 = 0$$

donde  $\mu_i$  = representa el efecto del tipo de solvente

### **Hipótesis alterna**

Ha: El rendimiento de la oleorresina de cardamomo -*Elattaria cardamomum Maton*- extraída se ve afectada significativamente por el tipo de solvente a utilizar.

$$\mu_1 \neq \mu_2 \neq 0$$

donde  $\mu_i$  = representa el efecto del tipo de solvente

## INTRODUCCIÓN

La biodiversidad del país y la cultura maya, rica en el conocimiento del uso de los recursos naturales, hace que, en Guatemala, la medicina tradicional encuentre un lugar preponderante para la exploración, estudio e innovación de nuevos tratamientos medicinales a partir de los componentes activos extraídos de la variedad de flora de la que se deleita el país.

Aprovechando ésta condición desde años atrás, se ha dado la tarea de aprovechar desde el punto de vista industrial a las plantas como material vivo, material fresco, material de secado -entero, picado o molido- o para la obtención de extractivos. Es en ésta última, donde a través de los conocimientos y equipos que involucra un proceso químico 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.<sup>1</sup>

La extracción de oleorresina de cardamomo a nivel laboratorio surge como una premisa para que los cardamomeros del país, tenga una opción a la cual recurrir para ofrecer al mercado internacional un producto procesado con un valor agregado.

Es de conocimiento general que Guatemala es el principal exportador, a nivel mundial, de Cardamomo por su sabor y aroma que han hecho que los pobladores del Medio Oriente, Asia y el Norte de Europa lo hayan adoptado para preparar sus bebidas y sazonar sus platillos<sup>2</sup>; introducido en Guatemala en 1910, procedente de Jamaica, en el municipio de Cobán, departamento de Alta Verapaz.<sup>3</sup>

Las condiciones edáficas y climáticas aptas para su desarrollo que presentó nuestro país, originó la difusión del cultivo y estimuló el precio en el mercado mundial a éstas plantaciones.<sup>3</sup>

# 1. CARDAMOMO

## 1.1 Generalidades

Comúnmente conocido con los nombres *Elattaria cardamomun* Maton, *Zingiberaceae*, *Amomum cardamomum* L., *A. repens* Sonn.

### 1.1.1 Descripción Botánica

La clasificación botánica del cardamomo es la siguiente:

**Tabla I. Clasificación Botánica del Cardamomo**

DIVISION	TRACHEOPHYTA
SUB-DIVISION	MAGNOLEOPHYTA ( Angiospermas)
CLASE:	LILIATAE ( Monocotiledónea)
SUB-CLASE:	COMMELINIDAE
ORDEN:	ZINGIBERALES
FAMILIA:	ZINGIBERACEAS
GENERO:	ELETTARIA
ESPECIE:	CARDAMOMUM

Fuente: Manuel Cano Alvarado. El Cultivo del Cardamomo. **Pág. 2**

La división Tracheophyta es considerada por algunos botánicos dentro de un grupo natural que se caracteriza por la presencia de tejidos con un sistema de conducción bien desarrollado; llamadas también plantas vasculares. La subdivisión Magnoleophyta (*angiospermae*), comúnmente conocida como plantas con flores, son las más complejas así como las más familiares de todas las plantas. Se refieren al hecho de que las semillas jóvenes se encuentran encerradas en una estructura especial, el ovario, en lugar de estar expuestas directamente al aire como en las gimnospermas. La clase Liliatae (Monocotiledónea), se caracteriza por poseer un solo cotiledón; hojas en su mayoría con venación paralelas y por lo común no hay cambio de ningún tipo; haces vasculares dispersos o con dos o más anillos; partes florales, cuando son en número definido, típicamente en grupos de 3, rara vez de 4, nunca de 5, sistema reticular madura por completo adventicio. La familia Zingiberaceae generalmente presenta fruto capsular; comprende hierbas rizomatosas, contienen aceites esenciales, y abarcan unas 1300 especies, en su mayoría intertropicales.

*Elattaria cardamomun* es una planta perenne, de tallos rizomatosos anillados que forman macollas en número muy variables con alturas de 2 a 5 metros y de color verde tierno. Sus raíces son fibrosas, blanquecinas con un grosor de 4 a 6 mm y hasta 1.5 metros de largo. Las hojas son lanceoladas, lineales, con nervaduras a lo largo de la lámina foliar, envainadoras y dispuestas en el tallo en forma alterna. Cada hoja mide de 60 a 80 centímetros de largo por 8 a 10 centímetros de ancho. Del rizoma también nacen tallos florales horizontales (escapos) que pueden alcanzar longitudes de hasta 1.70 metros; la inflorescencia está dispuesta en panículas y cada una de ellas posee un número de tres a cuatro flores hermafroditas irregulares y con bracteas;

tienen 3 sépalos y 3 pétalos, y uno de estos últimos (labelo) sobresale de los otros por ser mas grande. Cáliz doble exterior, cilíndrico y con 2 lóbulos. Las flores son de color blanco a verde pálido y violeta en el centro.

El fruto es una cápsula indehisciente, de 10 a 20 milímetros de largo y de 5 a 10 milímetros de diámetro, con 3 celdas y 3 segmentos de color verde amarillento en su estado maduro. En cada celda se localizan de 5 a 7 semillas de 2 a 3 milímetros de largo cada una, de forma irregular, angulosas, duras, de color café oscuro y superficie áspera, envueltas en una membrana incolora (arilo), algo melosa, con sabor picante y de aroma agradable. Cada cápsula contiene un promedio de 18 semillas.

### **1.1.2 Hábitat**

En su estado salvaje, el cardamomo prospera en zonas montañosas, acostumbrado a la frondosa sombra de los árboles característicos de su refugio natural en Asia y en algunos lugares de las montañas de Alta Verapaz. El cultivo en sí es propio de regiones húmedas con alta precipitación pluvial y bien distribuida durante todo el año. Las alturas promedio de las fincas de cardamomo en Guatemala oscilan entre 1300 p.s.n.m. en Alta Verapaz; a 4500 p.s.n.m en el departamento de San Marcos; las temperaturas medias dentro de estas zonas son de 22° C y con una precipitación de 2000 a 3000 m.m. anuales; la humedad relativa es de 70-80%. Un factor importante para el éxito del cultivo, lo constituye la sombra, principalmente en su fase inicial de desarrollo por ser muy susceptible a los rayos directos del sol; además, esta

protege a las plantas de los vientos fuertes y mantiene la humedad necesaria requerida por el cultivo.

Los suelos favorables para el desarrollo del cultivo son los arcillo-arenosos, sueltos y bien drenados, con abundante materia orgánica y ricos en elementos minerales; sin embargo, se reporta que en la India se encuentran plantaciones de cardamomo en terrenos anegados y pantanosos, es decir, que la planta es bastante tolerante a excesos de humedad y muy susceptible a la escasez de agua en el suelo. Por su sistema radicular superficial, es recomendable aporcar al pie de las plantas, con materia orgánica. En el departamento de Alta Verapaz el promedio de acidez es de 5.6 ubicado como suelos ligeramente ácidos.

### **1.1.3 Historia**

Semilla aromática usada desde la antigüedad, conocida como la Reina de las Especies, es una de las especies más importantes del mundo. Aparece en recetarios de Poliarco, es citado por Avicena y en el antídoto de Reichenau (s. IX). La producción fue denominada por muchos años por India y Sri Lanka, países que producían 90-95% del abastecimiento mundial, recientemente Guatemala se ha convertido en un gran productor del tipo Malabar, siendo el mayor exportador del mundo.

## **1.1.4 Agricultura**

### **1.1.4.1 Sistemas de Propagación**

#### **1.1.4.1.1 Por Rizomas**

Práctica muy generalizada en los productores de cardamomo ya que permite un buen margen de seguridad en obtener la variedad deseada, es más económica por no necesitar de personal especializado o porque se cree obtener cosechas más tempranas; sin embargo, no se recomienda utilizar este sistema debido a que la mayoría de las plantaciones de la Costa Sur de Guatemala, están afectadas de una enfermedad virótica que representa un grave riesgo para el cultivo, siendo esta práctica un medio eficaz para la diseminación del virus a toda el área cardamomera Guatemalteca.

#### **1.1.4.1.2 Por semillas**

Este método permite obtener plantas con larga vida, más vigorosas y con mayores rendimientos, además de que resisten plagas y enfermedades, incluyendo entre ellas al Virus del Cardamomo. Para afrontar los problemas serios por la presencia de una enfermedad virótica se debe:

a) Selección de Semilla: Las semillas deben reunir los siguientes requisitos: adaptabilidad, pureza, calidad, resistencia y capacidad de rendimiento.

b) Debe escogerse bien el lugar donde se harán los semilleros, se aconseja un suelo fértil, permeable, soleado y cercano al lugar donde se efectuará el transplante, de fácil acceso y próximo a fuentes de agua.

c) DI-TRAPEX ( Contra hongos, insectos, nemátodos, malezas): La solución debe distribuirse uniformemente sobre la superficie de la mesa y enseguida efectuar un riego abundante hasta saturar, a fin de que el producto penetre en el suelo, luego se cubrirá el área tratada con lona plástica, costales u otro material adecuado para evitar el escape de gas.

d) Bromuro de Metilo (contra hongos, insectos, nemátodos): la mesa tratada se dejará por un periodo de 2 a 4 días, después de ese tiempo se destapa y rastrilla la superficie, a fin de liberar el gas que aun se encuentre. Después de dos días de ventilado se procede a la siembra.

e) Curater o Furadán más Agallol o PCNB (contra insectos, nemátodos y hongos)

#### **1.1.4.1.3 Distancias de Siembra**

En Cobán acostumbran dejar entre surcos una distancia de 20 centímetros; la profundidad de los mismos debe ser el doble del tamaño de la semilla. Esta se distribuirá sobre los surcos de tal manera que exista una uniformidad de siembra; enseguida se cubrirá con tierra y luego debe darse un riego profundo. Hay que cubrir con paja, monte seco u otro material adecuado y se quitará al observar que las semillas están germinando.

#### **1.1.4.1.4 Sombra en el Semillero**

Para proteger las plantillas de las inclemencias del tiempo en sus primeras etapas de desarrollo, es recomendable proporcionarles sombra que bien se puede construir haciendo un tapesco de 1 a 1.5 metros de altura, cubierto con hojas de corozo, cardamomo u otro material de fácil adquisición en el área a sembrar. Esta sombra durará hasta el transplante al lugar definitivo.

#### **1.1.4.1.5 Fertilización del semillero**

A los 10 días de nacidas las plantas, es recomendable regar el semillero con una solución de 2 medidas de Bayer de Wuxal, Bayfolan, o Fortifollaje y 2 medidas Bayer de Antracol, polyran Combi o Difolatan, por regadera de 4 galones de agua, 4 regaderas con esta solución alcanzará cubrir 1 semillero de 15 metros. Esta aplicación se hará una vez por semana hasta que se llegue el transplante.

#### **1.1.4.1.6 Transplante al campo definitivo**

Se deberá dar 24 horas antes del transplante, un riego profundo al semillero, para permitir que las plantas sean sacadas con el mínimo riesgo de daño al sistema radicular. Las condiciones atmosféricas deben ser también favorables, alta humedad ambiental, tiempo nublado y fresco es también ventajoso. Las horas más aconsejables para el transplante son las últimas de la

tarde o primeras horas de la mañana, aunque hay que tomar en cuenta que cuando son miles de ellas el trabajo no puede realizarse en unas cuantas horas. La época preferible para el transplante es en los meses de invierno; se eligen las plantas más sanas y mejor desarrolladas, teniendo el cuidado de no apisonar la tierra alrededor, por tal razón se hace necesaria la colocación de un tutor para su sostén.

#### **1.1.4.1.7 Distancia de siembra en campo definitivo**

Las distancias de siembra en las plantaciones de Alta Verapaz presentan promedios entres surcos de 2.5 metros por 1 metro entre plantas. En la Costa Sur la distancia promedio entre surcos es de 4 metros y 1 metro entre planta. Por observación de campo es aconsejable que las distancias entre plantas no sea menor de 1.6 metros, dado el grosor que adquieren al alcanzar su madurez.

#### **1.1.4.2 Plagas y Enfermedades**

##### **1.1.4.2.1 Plagas**

El problema más importante considerado como plaga, es le picudo; coleóptero, perteneciente a la familia curculionidae. La hembra deposita sus huevos en la base de los pseudo tallos, especialmente si el ambiente permanece bajo sombra densa; de ahí las larvas emergidas penetran al sistema

radicular, donde producen fuertes daños alimentándose hasta convertirse en adultos. En este estado perforan los granos de cardamomo, pudiendo disminuir la cosecha hasta un 60% tanto en peso como en calidad del grano.

Para el control de larvas del picudo en época lluviosa, pueden realizarse aplicaciones de Volatón granulado al 2.5% a razón de 1 quintal por 1000 plantas.

#### **1.1.4.2.2 Enfermedades**

Entre las enfermedades que se reportan actualmente se menciona la pudrición de los rizomas, causado por el hongo *Pytium* y *Antracnosis* en frutos. Cuando las plantas son afectadas por éste, el follaje se torna amarillento y toda la planta comienza a declinar y termina por morir. Esta enfermedad es favorecida por la alta humedad del suelo y falta de drenajes. Para combatirla se recomienda el químico Baurot ( $\frac{1}{2}$  a 1 libra) y 50 galones de agua o bien Terraclor (2 libras) y 50 galones de agua. Otra enfermedad es el *Virus del Mosaico del Cardamomo*, éste afecta plantas de cardamomo de todas las edades; el primer síntoma es visible en las hojas mas jóvenes en forma de rayas de color verde claro y aparecen casi paralelamente la una a la otra cubriendo la hoja de la vena principal al margen de la misma. Conforme la enfermedad avanza, estas rayas forman el patrón característico de un mosaico. Los retoños nuevos generalmente muestran los síntomas del mosaico y como resultado de la infección los tallos sufren un achaparramiento, simultáneamente el tamaño de las hojas es reducida. Las plantas adultas infectadas producen

menos tallos y su capacidad de producir frutos declina gradualmente. En Alta Verapaz para controlar la enfermedad se sugieren los siguientes métodos:

- a) Localización del área afectada por el mosaico
- b) Eliminación de la plantación
- c) Tratamiento con un insecticida sistémico
- d) Dos días después de aplicado el insecticida, hacer uso de un herbicida sistémico o translocable
- e) Arranque de rizomas
- f) Enterramiento en lugar aislado y adecuado
- g) Barbechar y eliminar rebrotes por un periodo mínimo de 2 meses
- h) Rastrear frecuentemente para eliminar nuevos brotes

### **1.1.5 Usos Medicinales Atribuidos**

La decocción de semillas se usa para tratar afecciones digestivas (diarrea, disentería, flatulencia, estreñimiento) respiratorias (asma, bronquitis, amigdalitis, tos) nerviosas y renales dolor de oído, sarcepteosis. La tintura se usa contra la flatulencia, las semillas como masticatorio para indigestión, náusea y halitosis. Tópicamente se usa la infusión y el polvo en la preparación de cataplasmas, emplastos y enemas para tratar induraciones, inflamaciones, tumores y cáncer.

Se le atribuye la propiedad antiemética, aromática, carminativa, digestiva, diurética, emenagoga, espasmolítica, estomáquica, laxante, masticatoria, refrescante y tónica.

### **1.1.6 Otros usos populares**

Las semillas y aceite son muy usadas como condimento culinario, saborizante de bebidas, postres, repostería y caramelos; potencializa el sabor de otros condimentos y combina bien con comino y culantro.

### **1.1.7 Composición Química**

Las semillas tienen aceite esencial (2-8%) almidón (20-40%) pentosano, aceite graso (1-4%), ácidos caprílico, caprónico, palmítico, esteárico, oléico, y linoléico, esterol, oxalato de calcio, minerales y resina. La composición química del aceite esencial varía según las condiciones climáticas y variedades de vegetales.

El análisis proximal de 100 gramos de semilla fresca indica: 311 calorías, 8.3 g de agua, 10.8 g de proteína, 6.7 g de grasa, 68.5 g de carbohidratos, 11.3 g de fibra, 5.8 g de ceniza, 383 mg de calcio, 178 mg de fósforo, 14 mg de hierro, 18 mg de sodio, 1,179 mg de potasio, 0.2 mg de tiamina, 0.18 mg de riboflavina, 1.1 mg de niacina. La ceniza de semillas contiene  $\text{SiO}_2$  (24.8%),  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (20.4%),  $\text{CaO}$  (13.3%),  $\text{Cl}$  (2.5%),  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (1.5%) y  $\text{MnO}$  (4.3%).

### **1.1.8 Farmacognosia**

La materia médica es la semilla seca. Esta es albuminosa, 5 m. m. de largo, 3-4 lados, irregular, gris a café canalada en un lado, sabor picante, olor

aromático, 2-8% de aceite. Microscópicamente presenta abundantes gránulos de almidón, capa de esclerenquima de la testa de células de pared delgada cada una con un nódulo de sílice; abundantes fragmentos de epidermis compuestos de prosénquima con capas pequeñas de células engrosadas; células de aceite de la testa grandes, poligonales a rectangulares, usualmente asociadas a epidermis e hipodermis; abundante parénquima del perisperma y dospermo; arilo compuesto de células de paredes muy delgada, alargadas e irregularmente fusiformes; prismas de oxalato de calcio en el perisperma, ocasionales vasos del rafe. De las semillas secas se obtiene el aceite esencial por destilación por arrastre de vapor con un rendimiento de 3-10% y por extracción con disolventes orgánicos se obtiene la oleorresina con rendimiento de 52-58%. Las características fisicoquímicas del aceite esencial son: es un líquido incoloro o amarillo muy pálido con un aroma penetrante ligeramente alcanforado, persistente, picante y de fuerte sabor aromático, densidad 0.917-0.947 índice de refracción 1.4603-1.4660, rotación óptica a 25°C +22.1° a +44°, valor ácido 0.36-1.3, índice de saponificación 96.5-156.4, insoluble en agua, soluble en etanol 70% en relación 1:5, aunque puede ser opalescente, se utiliza para saborizar alimentos, eventualmente en la industria de perfumes y en la farmacéutica como carminativo.

El aceite esencial producido en Guatemala contiene acetato de  $\alpha$ -terpinilo 50.75%, 1,8-cineol 23.4%, acetato de linalilo 6.3%, linalool 4.5%, sabineno 1.9%,  $\alpha$ -terpineol 1.9%,  $\alpha$ -terpineno 1.5%,  $\alpha$ -pineno 0.7%, geranio 0.38%, B-pineno 0.3%, neral 0.15%, acetato de geranilo 0.1%, limoneno 0.1% y otros 20 compuestos más.

El 1,8-cineol es un líquido incoloro, peso molecular 154, punto de ebullición 176°C, densidad 0.9267, índice de refracción 1.4586, soluble en alcohol, insoluble en agua, es uno de los pocos componentes de fragancias que se obtiene exclusivamente por aislamiento de aceites esenciales. El acetato de  $\alpha$ -terpinilo es un líquido incoloro con olor fresco a bergamota-lavanda, tiene peso molecular 196, punto de ebullición de 140° C, densidad 0.9659, índice de refracción 1.4689; ambos se usan como saborizantes y fragancias. El  $\alpha$ -terpineol es un líquido , peso molecular 154, punto de fusión 81-82° C, densidad 0.9338, índice de refracción 1.4818, rotación óptica específica 92.45° C, solidifica a 31° C; usado en la industria de perfumes y en la farmacéutica como antiséptico. En la formulación de alimentos y medicamentos se usan semillas secas, infusión, aceite esencial, extracto fluido y tintura. Las semillas forman parte de complejas preparaciones de la medicina tradicional ayurvédica, como por ejemplo en la formulación de drogas cardioactivas.

Su uso es oficial en varios países, por lo que se encuentra en varias farmacopeas. Se comercializan preparados, fitofarmacéuticos como infusión, aceite esencial, extracto fluido y tintura.

### **1.1.9 Farmacología**

Estudios antimicrobianos demuestran que el extracto etanólico de las semillas no tiene actividad contra bacterias gram-positivo, gram negativo y *C. albicans*.

Estudios farmacológicos demuestran que la semilla y el aceite volátil tienen actividad estimulante del apetito, digestiva, carminativa, bacteriostática y antifúngica. Los extractos acuosos (127mg/Kg.) y metabólico (109mg/Kg.) disminuyen significativamente la secreción gástrica (volumen de jugo, excreción de ácido y pepsina) 3 horas después de administrar a conejos en el estómago por un catéter gástrico, comparado con la cimetidina.

#### **1.1.10 Indicaciones Terapéuticas**

Por su actividad carminativa, estomacica y tónica está indicado para tratar inapetencia, meteorismo, indigestión, gastralgia, enuresis y espermatorea. Se recomienda administrar tres veces al día en dosis de 3-5 g en infusión o 20 gotas (0.5 g) de tintura 1:10 en alcohol 40%.

Por su actividad aromática y antiséptica esta indicado su uso tópico en lavados o compresas para tratar dermatomicosis e infecciones cutáneas o enjuague bucal en casos de halitosis. Se recomienda administrar en dosis de 4-8g/taza en infusión o 3-9 ml de tintura /taza.

#### **1.1.11 Otros Usos**

En la India, el ama de casa usa el cardamomo en vainas para preparar arroz, y molido, para una variedad de platos. En los Estados Unidos y Europa se utiliza en la industria de alimentos envasados como un conservador suave y

como condimento. El aceite de cardamomo se utiliza en la preparación de perfumes, cosméticos, licores y otras bebidas; para aromatizar cigarrillos y la industria farmacéutica lo usa como odorizante de drogas y en la fabricación de medicamentos estimulantes de las funciones gastrointestinales. En Arabia, se usa mezclado con café- azafrán, clavo y azúcar para preparar una bebida denominada Gahwa; es un fuerte café de cardamomo, a menudo preparado con más semilla de esta planta que granos de café. En la industria de alimentos se usa para la confección de pastas para pasteles y galletas finas; también se le atribuyen virtudes afrodisíacas. En nuestro país principia a consumirse este producto, encontrándose en el comercio, caramelos de cardamomo, gomitas de cardamomo y cardamomo en polvo para café.<sup>3</sup>

## **2. OLEORRESINAS**

### **2.1 Definición**

Las oleorresinas son extractos de especias (podemos definir una especia como productos vegetales aromáticos usados para sazonar alimentos. Seleccionándose cada una de ellas en aquellas procedencias donde obtenemos el sabor y aroma característico de las mismas), que se obtienen por tratamiento de la droga seca con solventes, tienen el aroma de las plantas en forma concentrada y son típicamente líquidos muy viscosos o sustancias semisólidas consistentes en aceites esenciales y materias resinosas (caucho, gutapercha, chicle, balata, oleorresina de paprika, de pimienta negra, de clavel, etc.).

Las oleorresinas son de empleo más económico, de más fácil control de calidad y más limpias que las especias molidas equivalentes y además son más estables que los aceites esenciales al ser calentadas.

### **2.2 Historia**

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 produce 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 originó 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, pero 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 el solvente 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.

### **2.3 Características Generales e Importancia de las Oleorresinas**

Entre las características de las oleorresinas está la uniformidad de sabor, facilidad de su dispersión en los alimentos; logrando uniformidad en el sabor y evitando la presencia de hot points que pueden ocurrir con las especias, fácil almacenamiento y libre de la contaminación característica en los vegetales.

Las oleorresinas se componen principalmente de aceite esencial, resinas orgánicas solubles y otros materiales relacionados con la especie original como ácidos grasos no volátiles. La cantidad de aceite graso presente depende de la materia prima así como del tipo de solvente utilizado.

Algunas oleorresinas tienen un sabor muy concentrado, la mayoría es difícil de pesar exactamente para mezclarse con otros ingredientes, los ingenieros en alimentos han tenido la necesidad de dispersar estos compuestos en un medio adecuado si estos se van a utilizar extensivamente en operaciones de manufactura.

Las ventajas que tienen son la facilidad de dosificación, la posibilidad de homogenizar la calidad, la carencia de problemas por contaminación microbiana, insectos y roedores le proporcionan una mayor estabilidad. Requieren menos espacio para su almacenamiento, manteniéndose estables por periodos largos. Su producción es económica pues no requieren especies de mejor calidad, no existe un valor agregado en la producción (al utilizar desechos o material de grado inferior).

## **2.4 Clasificación de las Oleorresinas**

Las oleorresinas pueden dividirse en dos grandes grupos:

a) las que se preparan con especias y hierbas por extracción con disolventes volátiles: dentro de ésta categoría se encuentran las oleorresinas de especias, es importante distinguirlas de las acuarresinas, que típicamente se preparan por extracción con alcohol acuoso y no con disolventes. Se utilizan principalmente como agente saporífero en la industria de elaboración de alimentos.

b) las que se preparan a partir de cualquier parte odorífera de la planta, exceptuadas las flores, cuyo empleo principal es la perfumería.

## **2.5 Usos de las oleorresinas**

Las principales ramas de la industria que utilizan las oleorresinas son:

- **Industria Alimenticia:** se emplea en la coloración de productos lácteos (mantequillas, margarinas, quesos), en panadería (tortas, galletas), en helados, pudines y en la coloración de confituras. Se utilizan para la elaboración de salsas, aditivos, bebidas cola. Las oleorresinas ofrecen muchas ventajas sobre la especie en polvo pues dejan atrás los restos de material celular que no se requieren obteniéndose así un sabor mas concentrado y controlado; al incorporarse fácilmente en líquidos, aceites y grasas.
- **Industria Farmacéutica**

## 3. SITUACIÓN NACIONAL

### 3.1 Consideraciones Generales

La primera cosecha de cardamomo se obtiene teóricamente a los 3 años de instalada la plantación. La maduración del fruto principia aproximadamente a los cinco meses después de la floración y una vez entra la plantación en producción, la recolección de los frutos maduros es continua durante casi todo el año. Los rendimientos de una plantación varían considerablemente según la región, la variedad usada y los cuidados del cultivo.

Según datos estadísticos del Banco de Guatemala, para el año 1980 el Departamento de Alta Verapaz era el mayor productor del país, con 21.9 millones de quintales, que representaban el 37% de la producción nacional.

Los dos métodos de tratamiento del cardamomo utilizados en Guatemala, son:

a) Secado al sol: los frutos ya recolectados son colocados en esteras limpias y expuestas al sol hasta que la coloración de las cápsulas se torna verde cenizo; este método presenta el inconveniente de que si el sol no proyecta suficiente

calor, las cápsulas se manchan; y si el calor es excesivo, provoca que estas se abran. En ambos casos la calidad se perjudica.

b) Secado al horno: El método consiste en hacer circular aire caliente entre las bandejas de cardamomo, con el propósito de obtener un secamiento uniforme y por tanto un producto de mejor calidad. Las temperaturas promedio son de 50° C y el proceso necesita aproximadamente 72 horas. Una vez secadas las cápsulas, se eliminan el pedúnculo por frotamiento de las cápsulas secadas.<sup>3</sup>

## **3.2 Generalidades**

### **3.2.1 Zonificación**

El cardamomo es cultivado para su comercialización en Alta y Baja Verapaz, Quetzaltenango, San Marcos, Totonicapán, Sololá, Retalhuleu y Suchitepequez, ya que el cultivo en sí es propio de regiones húmedas con alta precipitación pluvial y bien distribuida durante todo el año.

### **3.2.2 Variedades**

De las aproximadamente 1300 especies pertenecientes a la Familia de las *Zingiberaceas*, la mayor importancia la constituye *Elattaria cardamomun* además de reportarse también *Aframomum cardamomum* y *Amomum cardamomum* como las principales cultivadas en el mundo.

El cardamomo de Malabar, cultivado en la India, se distingue por desarrollar sus racimos sobre el suelo en forma horizontal y su fruto es pequeño. El cardamomo de Ceilán se da en forma salvaje y es poco explotado. En Guatemala se acostumbra asignar diferentes nombres a las distintas variedades de cardamomo que se producen, tales como: verde, pache, blanco, etc., de acuerdo a las características en cuanto al tamaño del rizoma, fruto, color, producción, etc.

En la región de Alta Verapaz son cinco las variedades de Cardamomo que se cultivan : verde, jocote o elefante, pequeño y blanco; creciendo también en forma silvestre la especie conocida comúnmente como “Chucho”, cuya carnaza de los frutos es comestible.

A partir de un estudio realizado en 1980 en la finca Chobal, localizada en el municipio de Cobán, propiedad del Sr. Haroldo Wellmann se determinó la existencia de diferentes variedades de cardamomo dentro de su plantación, tales como:

- Clon VA 1-79: fruto grande, mide de largo aproximadamente 3 centímetros por 1.5 cm. de ancho y puede llegar a tener hasta 33 semillas; la altura de la planta es poca con un promedio de 3 metros. Tiene el problema de presentar minúsculas decoloraciones en el fruto que al beneficiarse se mancha. Ofrece buena producción.
- Clon VA 2-79: Fruto más largo que ancho, mide de largo 2 por 1 centímetro de ancho, alcanzando alturas de 3 a 5 metros de producción.

- Clon VA 4-79: Su característica principal es la de poseer hojas pubescentes que no se reportan en otros lugares del país donde se cultiva cardamomo; su fruto es mas ancho que largo; aproximadamente 15 x 10 Mm., alcanza alturas de 3 a 4 metros; ofrece muy buena producción y podría ser una alternativa ante la amenaza del Virus Mosaico.
- Variedad Colorada: no tiene ningún fin comercial ya que la planta no produce fruto
- Variedad Caucho: (*Amomum cardamomum*) crece en forma silvestre, su color es rojo y sus cápsulas son redondas y con un diámetro de aproximadamente 3 centímetros. La carnaza de sus frutos es comestible.
- Variedad Malabar: se caracteriza por desarrollar sus escapos en forma horizontal y su fruto es muy pequeño.

**Tabla II. Principales Variedades de Cardamomo Cultivadas en el Mundo**

Nombre Botánico	Variedades	Nombre Común
<i>Elattaria cardamomum</i>	Minúscula burkill	Cardamomo de Malabar
	Major thwaites	Cardamomo de Ceylán
<i>Aframomum cardamomum</i>	Aframomum melegueta	Malagueta
	Aframomum augustifolium	Cardamomo de Madagascar
	Aframomum koramina	Cardamomo de Etiopía
	Aframomum hamburyi	Cardamomo de Camerún
<i>Amomum cardamomum</i>	Amomum Kepulaga	Cardamomo redondo
	Amomum subulatum	Cardamomo de Nepal
	Amomum Krervanh	Cardamomo de Cambodia
	Amomum aromaticum	Cardamomo de Bengala o Indochina

**Fuente: Banco de Guatemala, Abril-septiembre 1979**

### 3.2.3 Comercialización

Los grados comerciales en los que se clasifica el cardamomo suelen ser:

a) Pergamino verde (secado mediante hornos o secadores) que se clasifica a su vez en 6 clases según el tamaño de la cápsula. El de mejor calidad, se caracteriza por su tamaño y uniformidad de color.

b) Pergamino verde mezclado, que se clasifica en 4 clases de acuerdo al tamaño y coloración. Este cardamomo es secado en hornos o secado al sol

- Cardamomo secado al sol
- Cardamomo oro (semilla desprovista del pericarpio o cápsula) que se clasifica en dos calidades, atendiendo al tamaño y aspecto de la semilla.

El cardamomo se destina en su totalidad al mercado internacional, principalmente en forma de pergamino, siendo su conversión de 4 a 5 quintales de cereza por uno de pergamino. Se exporta también pequeñas cantidades del grano en oro y en parte como aceite esencial.

En Guatemala no se registran importaciones de cardamomo pues el país en sí no consume grandes cantidades del producto, y su producción es suficiente para satisfacer la demanda local. El cardamomo es uno de los principales productos agrícolas de exportación y a través de su venta en el mercado internacional se han generado divisas para el país. En la tabla que a continuación se presenta se cuantifica el área de producción, rendimiento y

precio medio que en los periodos 1984-2004 ha tenido el cardamomo pergamino.

**Tabla III. Cardamomo en Pergamino: Área, Producción, Rendimiento, Exportación y Precio Medio**

**CARDAMOMO EN PERGAMINO: ÁREA, PRODUCCIÓN, RENDIMIENTO, EXPORTACIÓN Y PRECIO MEDIO**

AÑOS: 1984 - 2004

Año calendario	Área cosechada (miles de manzanas)	Producción (miles de quintales)	Rendimiento (quintales por manzana)	Exportación 1/		Precio Medio
				Miles de quintales	Miles de US dólares	
1984	47.5	162.0	3.4	96.7	59,406.8	614.3
1985	47.5	162.0	3.4	136.1	58,753.2	431.7
1986	55.7	195.0	3.5	175.9	45,804.2	260.4
1987	60.2	235.2	3.9	253.3	43,493.3	171.7
1988	62.0	230.0	3.7	249.2	33,836.6	135.0
1989	62.5	250.0	4.0	244.2	30,512.0	124.9
1990	62.5	250.0	4.0	245.0	34,479.1	140.7
1991	62.5	268.7	4.3	290.2	29,334.4	101.1
1992	62.5	275.0	4.4	291.9	32,067.4	109.9
1993	65.6	285.0	4.3	318.4	39,360.5	123.6
1994	69.0	330.0	4.8	291.3	42,167.5	144.8
1995	69.0	344.4	5.0	306.9	40,744.1	132.8
1996	69.0	362.0	5.2	468.6	39,385.0	84.0
1997	69.5	380.0	5.5	465.5	37,991.1	81.6
1998	71.0	387.6	5.5	378.4	36,835.3	96.8
1999	60.0	320.0	5.3	291.8	56,547.5	193.8
2000	61.3	325.9	5.3	316.1	79,443.3	251.3
2001	71.0	380.3	5.4	332.1	96,095.1	289.4
2002	90.0	481.9	5.4	420.8	93,087.7	221.2
2003	p/	650.6	6.8	629.6	78,885.2	125.3
2004	e/	748.2	7.6			

1/ Exportación de cardamomo oro y pergamino, partida SAC 09-08-30-20.

p/ Cifras preliminares.

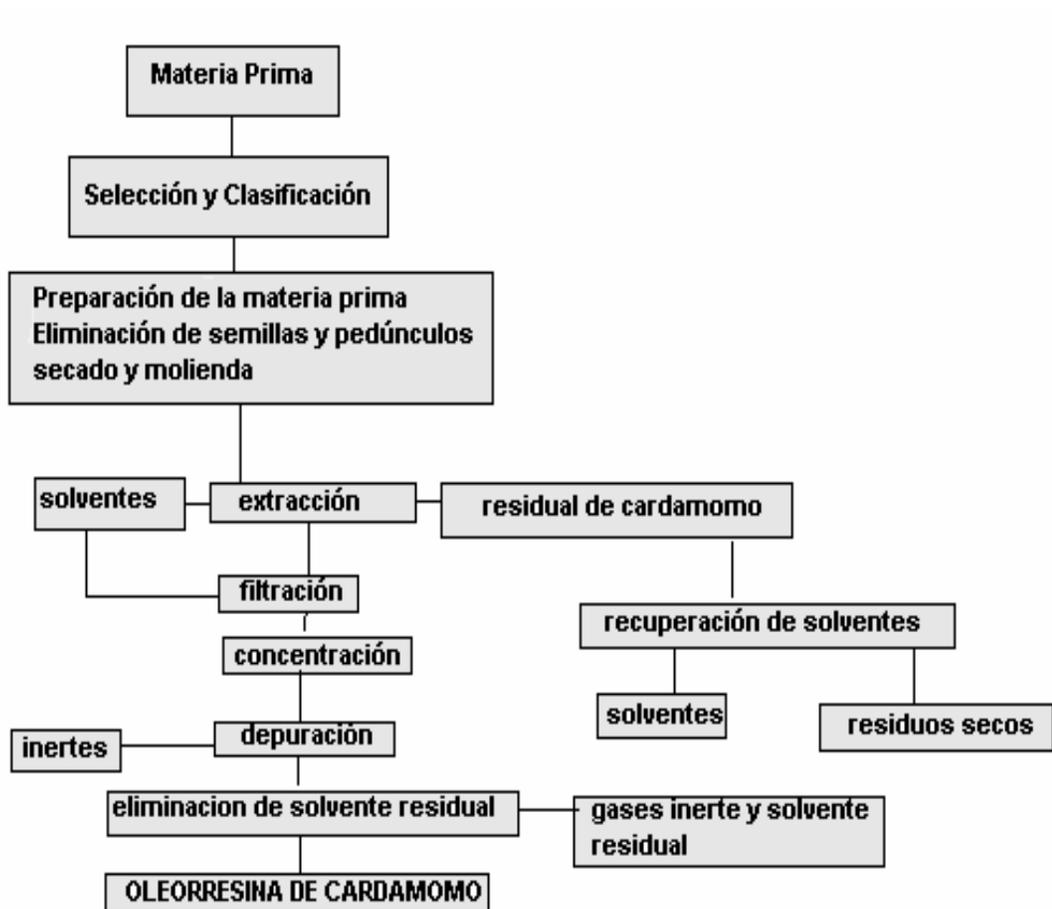
e/ Cifras estimadas.

FUENTE: Asociación de Cardamomeros de Guatemala -CARDEGUA- y Banco de Guatemala.

Fuente: Asociación de Cardamomeros de Guatemala. Banco de Guatemala.

## 4. EXTRACCIÓN DE OLEORRESINA

### 4.1 Proceso de Extracción de Oleorresina de Cardamomo



El proceso tecnológico empleado, permite obtener la oleorresina de cardamomo a partir del fruto de cardamomo seco y molido empleando solventes permitidos, bajas temperaturas de extracción y procesos de concentración al vacío. Es del tipo batch o intermitente.

#### **4.1.1 Preparación de la especie vegetal**

Se inicia con la preparación de la materia prima, que básicamente consiste en descartar las dañadas, podridas y quemadas.

Se utiliza como materia prima el material vegetal seco previamente seleccionado para eliminar las impurezas contenidas. Este paso se realiza manualmente extrayendo materiales extraños (madera, metal, hojas, etc.) y por medio de un tamiz se separa el material de tamaño reducido como polvo, arena y tierra.

#### **4.1.2 Molienda**

El proceso de extracción de oleoresina, inicia con la molienda del fruto de la planta de cardamomo, lográndose la disminución del tamaño de partícula hasta alcanzar el tamaño ideal para proceder con el siguiente paso que es la extracción.

En la molienda se rompen las paredes o membranas celulares, liberándose saborizantes, que son disueltos en el vehículo de extracción, al mismo tiempo que se facilita la disolución de los constituyentes celulares en el líquido externo.

El tamaño ideal de partícula debe ser establecido experimentalmente para cada especie procesada, tomando en cuenta la naturaleza del solvente y el equipo empleado para la extracción.

Seguidamente el material molido debe pasarse por un tamiz para que ocurra la separación del material, aquellas partículas que no pasen a través del tamiz deben ser nuevamente molidas hasta obtener el tamaño requerido.

Como medio de precaución el molino y el material a moler deben ser enfriados a través de nitrógeno o dióxido de carbono, para que la calidad de los componentes volátiles no se vea afectada por el calor generado en el proceso de molienda.

#### **4.1.3 Selección del Solvente**

Según López (2004) puesto que disolventes distintos pueden dar como resultados productos de diferentes características de olor a partir de la misma sustancia, la elección del disolvente es uno de los factores más importantes en la extracción de la oleorresina.

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 el alcohol metílico o el metanol.

Al entrar en contacto la materia seca molida con el solvente se inicia un proceso de reconstrucción de la célula a su estado original. Inicialmente el solvente penetra en la célula vegetal y expelle el aire contenido en el citoplasma, dándose inicio el proceso extractivo. La penetración del solvente en la célula induce un momento bipolar en las moléculas de los compuestos que serán extraídos; es así como las sustancias extraíbles se adhieren a las moléculas del solvente.

Las siguientes propiedades de un solvente deben considerarse antes de su utilización: selectividad, recuperabilidad, coeficiente de distribución, solubilidad, densidad, tensión superficial y toxicidad.

En la extracción de oleorresinas se utilizan solventes orgánicos, incluso mezclas azeotrópicas, debido a que éstas mantienen la misma concentración relativa de sus componentes al alcanzar su punto de ebullición.

Durante la extracción se presentan dos fenómenos paralelos; la lixiviación de las sustancias solubles de células rotas de una manera rápida y la disolución y difusión de las sustancias solubles de células intactas de una manera lenta, requiriendo etapas de humedecimiento y ablandamiento con el objeto de aumentar la permeabilidad de la membrana.

En conclusión el proceso de extracción esta compuesto de 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. Este proceso de extracción

involucra la remoción del componente deseado del material vegetal con un menstruo apropiado, la evaporación de todo o casi todo el disolvente y el ajuste de los fluidos residuales, masa o polvos a estándares prescritos. Sustancias inertes apropiadas pueden ser agregadas como vehículos o diluyentes para mejorar las características físicas. Se pueden añadir antimicrobianos y otros preservativos apropiados para mantener la integridad. Los extractos pueden ser sometidos a procesos que incrementen el contenido de constituyentes caracterizados, disminuyan el contenido de compuestos no deseados, o ambos. Los extractos a los que no se les han añadido sustancias inertes y no ha sido sometido a ningún proceso, excepto el de la extracción, se les conoce como “extractos nativos” o “crudos”.

#### **4.1.4 Maceración**

Consiste en poner en contacto la materia vegetal y el solvente, durante varios días, con agitación ocasional, es un proceso lento que se conoce como *proceso de maceración simple o estática*. Cuando se requiere abreviar el tiempo de operación, se recurre a la agitación constante de la especie y el solvente denominándose *proceso de maceración dinámica*.

Este proceso tiene como resultado el equilibrio entre la especie y el solvente, dependiendo de factores relacionados con la especie como: naturaleza, tamaño de partícula, contenido de humedad y cantidad. Y factores relacionados con el solvente como: selectividad y cantidad.

La velocidad con la que se obtiene el equilibrio esta en función del tamaño de partícula de la especie, del grado de hinchamiento de las células (proporcionando permeabilidad a la pared celular y la difusión del solvente) y de las propiedades del solvente.

El rendimiento del extracto disminuye cuando la relación especie/solvente aumenta.

La maceración tiene como etapa final el prensado o centrifugación del residuo con el objeto de recuperar la parte del extracto retenido en él.

En Resumen a menos que se especifique lo contrario, el material crudo que se va a extraer, es reducido a pedazos de tamaño apropiado, mezclado con el solvente especificado y dejado en reposo a temperatura ambiente en un recipiente por tiempo apropiado, con frecuente agitación hasta que la materia soluble se disuelva. La mezcla se filtra, el material insoluble se lava con el mismo disolvente utilizado para la maceración y los filtrados se combinan y concentran a la consistencia deseada, bajo presión reducida y temperatura controlada.

#### **4.1.5 Percolación**

Consiste en pasar el solvente a través de la especie, hasta su completa extracción. Se utiliza una etapa preliminar de humedecimiento de la especie, para facilitar el paso del solvente, aumentando el contacto, evitando la formación de falsas vías que perjudican la eficiencia del proceso.

La etapa preliminar de humedecimiento aumenta la porosidad de la pared celular, facilitando la difusión de las sustancias extraíbles hacia el exterior de la célula. Esta etapa debe realizarse fuera del percolador, para evitar el exceso hinchamiento de la especie, que se comprimiría en las paredes del percolador interrumpiendo el paso del solvente.

En la manufactura de los extractos la percolación es el método más común. La materia cruda a ser extraída se reduce a pedazos de un tamaño apropiado, si es necesario, luego se mezcla íntimamente con una porción del disolvente especificado y se deja reposar por 15 minutos. La mezcla se transfiere al percolador y se añade cantidad suficiente del solvente especificado para cubrir toda la masa sólida. La mezcla se deja percolar lentamente (a una tasa no mayor de 1 ml/min. para 1000 gramos de material), cubriendo siempre la muestra con una capa de disolvente. El residuo puede ser sometido a presión y el fluido obtenido es combinado con el percolado. El percolado es concentrado, generalmente por destilación bajo presión reducida, de manera que los constituyentes de interés sean sometidos a la menor cantidad de calor posible.

## **4.2 Cromatografía en capa fina**

La cromatografía de capa fina es una técnica de separación en la cual la fase estacionaria es esparcida sobre un soporte (placa) de vidrio, metal o plástico, como una capa delgada y uniforme. Las soluciones de los analitos son depositadas sobre la placa y luego corridas. La separación se basa en adsorción, partición, intercambio iónico o en combinaciones de estos mecanismos y se lleva a cabo por la migración a través de la fase estacionaria de los solutos en un disolvente o mezcla apropiada de disolventes. Inicialmente, es necesario precondicionar las placas cromatograficas, lo cual se puede realizar corriéndolas en un disolvente apropiado y, al momento de uso, calentándolas en un horno de 100 a 105° C por una hora.

La técnica de capa fina es imprescindible cuando se requieren valorar componentes individuales, pues permite la separación de mezclas de sustancias.

## **4.3 Cromatografía de Gas**

La cromatografía de gas (GC) es una técnica de separación cromatografica basada en la diferencia de la distribución de las especies entre dos fases inmiscibles, donde la fase móvil es un gas acarreador que se mueve a través de la fase estacionaria contenida en una columna. Es aplicable a sustancias o sus derivados que sean volátiles bajo la temperatura empleada. La

cromatografía de gas se basa en mecanismos de adsorción, distribución de masas o exclusión de tamaño.

#### **4.4 Tamizaje Fitoquímico**

El tamizaje fitoquímico es una de las etapas iniciales de la investigación fitoquímica, que permite determinar cualitativamente los principales grupos de constituyentes químicos presentes en una planta y a partir de allí, orientar la extracción y/o fraccionamiento de los extractos para el aislamiento de los grupos de mayor interés. Consiste en la extracción de la planta con disolventes apropiados y la aplicación de reacciones de coloración y análisis por cromatografía en capa fina.

Una solución de la muestra que va a ser analizada se aplica por medio de un capilar sobre la superficie de un adsorbente inerte (sílica, alúmina, etc.) distribuido sobre una placa de vidrio o aluminio. La placa se coloca verticalmente dentro de una cámara previamente saturada con el vapor del eluyente adecuado, de tal forma que la parte inferior de la placa que contiene la muestra entre en contacto con la fase móvil. El eluyente migra por capilaridad en la placa cromatográfica, separando por migración diferencial los diversos componentes de la mezcla. Después que ha ocurrido, se evapora el eluyente y la placa se analiza utilizando luz UV o luz visible, o aplicando reactivos que dan como resultado reacciones con las sustancias contenidas en la mezcla analizada.<sup>5</sup>



## **5. METODOLOGÍA**

### **2.1 Localización**

La parte experimental de la investigación se llevó a cabo en la Universidad de San Carlos de Guatemala en las siguientes instalaciones:

- Laboratorio de Ensayo Físico Químico de la Sección de Química Industrial del Centro de Investigaciones de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- LIPRONAT, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Universidad de San Carlos de Guatemala.

### **2.2 Recursos Humanos**

- Asesora Ingeniera Química Telma Maricela Cano Morales
- Coasesora Licenciada Sully Margot Cruz Velásquez

## 2.3 Metodología Experimental

Se utilizó el fruto de la planta *Elettaria cardamomum Maton* (cápsula indehiscente con 3 celdas y 3 segmentos; en cada celda se localizan de 5 a 7 semillas de color café oscuro y superficie áspera envueltas en una membrana incolora. Cada cápsula contiene un promedio de 18 semillas)<sup>3</sup>, proveniente de Cobán, municipio de Alta Verapaz y como solventes etanol y hexano puros.

Se procedió a la reducción del tamaño por medio de un molino, logrando así que la trituración rompiera las paredes celulares del fruto. Luego la molienda se colocó en un beacker previamente identificado, se agregó el solvente correspondiente y se colocó en una plancha con agitación magnética que proporcionó la maceración dinámica. El tiempo de maceración fue de 48 horas respectivamente para cada molienda. Pasado éste tiempo se filtró al vacío el material macerado, el filtrado recuperado se alimentó al rotavapor para su concentración final.

Este procedimiento se repitió para cada una de las diferentes clases de cardamomo empleados en cada experimento, con cada uno de los solventes evaluados.

### **2.3.1 Tamizaje Fitoquímico**

Se realizó el análisis de los principales grupos de constituyentes químicos presentes en la oleorresina de cardamomo obtenida; en la mayoría de los casos se realizó análisis cualitativo mediante el método cromatográfico de capa fina. El cual consistió en colocar dos microlitros de oleorresina de cardamomo en una placa de Silica gel  $60F_{24}$ , juntamente con diluciones de los estándares propios de cada procedimiento. Se utilizó luz UV o visible para observar la presencia o ausencia de fluorescencia de color particular para cada componente analizado.

Para el resto de los análisis se utilizaron otros factores, por ejemplo en la investigación de alcaloides la presencia de turbidez o precipitado dentro del tubo de ensayo era interpretada como existencia de complejos, en la investigación de taninos un cambio de color característico de la muestra daba como resultado presencia de taninos.

### **2.3.2. Análisis de Cromatografía de gas (GC)**

A través del laboratorio de Toxicología de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, se realizó un análisis de cromatografía de gas acoplada con espectrometría de masa (CG-MS) para cada una de las clases de oleorresina estudiadas, dando como resultado la identificación de los componentes mayoritarios que componen a cada una.



## 6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se utilizó el análisis de varianza factorial de dos factores de efectos fijos, ya que con ésta técnica estadística es posible separar y estimar las diferentes causas de variación, permitiendo asignar parte de las causas de variación a cada una de las variables de operación.

**Tabla IV. Arreglo rectangular para tratamientos con tres réplicas**

T Clase de Cardamomo	P Tipo de solvente	
	1= etanol	2= hexano
A = primera clase	Y1A1	Y2A1
	Y1A2	Y2A2
	Y1A3	Y2A3
B = segunda clase o intermedio	Y1B1	Y2B1
	Y1B2	Y2B2
	Y1B3	Y2B3
C = tercera clase	Y1C1	Y2C1
	Y1C2	Y2C2
	Y1C3	Y2C3

Donde:

Clase de cardamomo:

A= Primera clase

B= Segunda clase o intermedio

C= Tercera clase

El análisis de varianza a realizar es el siguiente:

**Tabla V. Sumatoria  $T_{\theta J}$  para el rendimiento de la oleorresina de cardamomo (*Elattaria cardamomum Maton*)**

P = Tipo de solvente	T = Clase de cardamomo			SUMATORIA $T_{\phi i}$
	Primera Clase	Segunda Clase	Tercera Clase	
Etanol	T1A	T1B	T1C	$T1\phi$
Hexano	T2A	T2B	T2C	$T2\phi$
SUMATORIA $T_{\theta J}$	$T_{\theta A}$	$T_{\theta B}$	$T_{\theta C}$	$T_{\phi\theta}$

- Suma de cuadrados para el factor tipo de solvente en cada clase de cardamomo a evaluar (P)

$$SSP = \frac{\sum_{i=t}^a (T\phi_i)^2}{bn} - \frac{T\phi\theta^2}{abn}$$

- Suma de cuadrados para el factor temperatura de maceración dinámica en cada clase de cardamomo a evaluar (T)

$$SST = \frac{\sum_{j=t}^b (T\theta_j)^2}{an} - \frac{T\phi\theta^2}{abn}$$

- Suma de cuadrados total para cada clase de cardamomo a evaluar

$$SSt = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n y_{ijk} - \frac{T\phi\theta^2}{abn}$$

- Suma de cuadrados para el error de cada clase de cardamomo a evaluar

$$SSE = SSP - SST - SSt$$

A fin de comprobar las hipótesis planteadas, se presentan los datos tabulados en la siguiente tabla para el análisis de varianza:

**Tabla VI. Análisis de varianza para cada clase de cardamomo a evaluar**

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado medio (varianzas)	Fi (observada)
P	SSP	a-1	$S_p^2 = SSP / a-1$	$f_p = S_p^2 / S_e^2$
T	SST	b-1	$S_T^2 = SST / b-1$	$f_T = S_T^2 / S_e^2$
ERROR	SSE	ab (n-1)	$S_e^2 = SSE / ab(n-1)$	
TOTAL	SSt	abn-1		

### 3.1 Análisis de hipótesis

Para la aceptación o rechazo de hipótesis se utiliza un nivel de significancia de 5%, por comparación de los  $f_i$  observados y sus valores críticos  $f_{5\%}$ .

- Comparación para  $f$

Comparación entre  $f_p$ ,  $f_T$ , y  $f_{5\%}(a-1, ab(n-1))$ ; con  $(a-1)$  y  $ab(n-1)$  grados de libertad:

Si  $f_p$  o  $f_T > f_{5\%}$  se rechaza  $H_0$  y se concluye que el efecto del factor P o T si difiere en el rendimiento de la oleorresina de cardamomo (*Elattaria cardamomum Maton*).

Si  $f_p$  o  $f_T < f_{5\%}$  se acepta  $H_0$  y se concluye que el efecto del factor P o T no difiere en el rendimiento de la oleorresina de cardamomo (*Elattaria cardamomum Maton*).



## 7. RESULTADOS

Con base en los resultados obtenidos en la parte experimental, el máximo rendimiento de oleorresina de cardamomo (*Elatarría cardamomum Maton*) proveniente de Cobán departamento de Alta Verapaz, se obtuvo para las extracciones realizadas a la segunda clase de cardamomo, utilizando como solvente etanol, presentando un rendimiento de 6.3%.

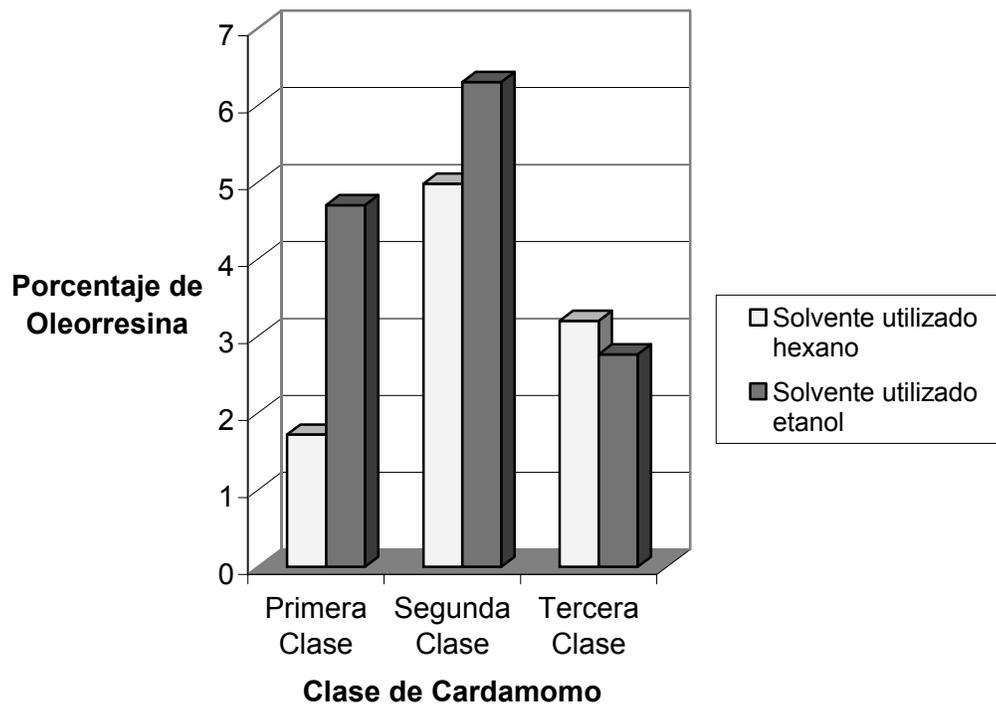
En los casos específicos propios para cada clase de cardamomo, se obtuvo un rendimiento máximo utilizando como solvente etanol para la primera y segunda clase de cardamomo, siendo sus rendimientos respectivos del 4.7% y 6.3%. Sin embargo para la tercera clase de cardamomo se obtuvo un rendimiento máximo utilizando como solvente hexano con un valor de 3.2%

A continuación en la tabla VII se tabulan los rendimientos en forma porcentual de la oleorresina de cardamomo (*Elatarría cardamomum Maton*) obtenida y en las figuras 1 y 2 se presentan los resultados de manera grafica.

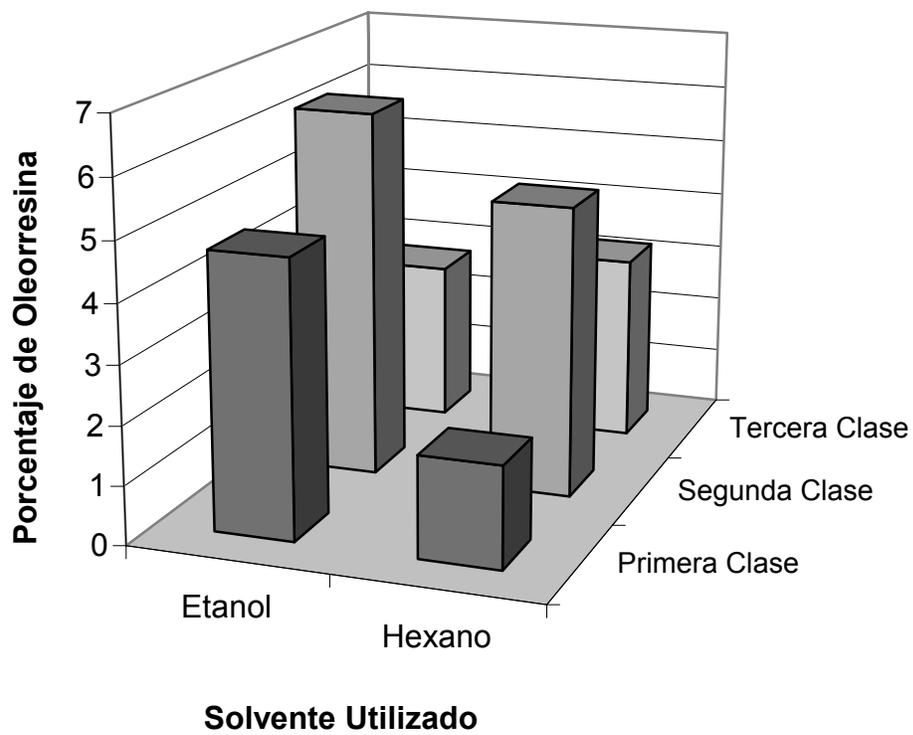
**Tabla VII. Rendimiento porcentual de oleorresina**

Solvente Utilizado	Clase de Cardamomo		
	1ª Clase	2ª Clase	3ª Clase
Etanol	4.70	6.30	4.61
	5.60	6.30	3.68
	4.70	6.30	3.68
Hexano	1.72	4.56	2.40
	1.72	6.22	3.20
	1.72	4.56	2.00

**Figura 1. Rendimiento del porcentaje de oleorresina de cardamomo (*Elattaria cardamomum* Maton) contra clase de cardamomo utilizado.**



**Figura 2. Rendimiento del porcentaje de oleorresina de cardamomo (*Elettaria cardamomum* Maton) contra solvente utilizado**



Del análisis de varianza, según los valores observados para  $f_p$  y  $f_t$  se tienen los siguientes resultados:

El valor de  $f_p$  observado fue de 1.918, siendo su valor crítico con 1 y 2 grados de libertad de 18.50. Por ser menor el valor observado que el crítico, **se confirma la hipótesis nula**; por lo tanto, el tipo de solvente utilizado no afecta significativamente el rendimiento de oleorresina.

El valor de  $f_t$  observado fue de 3.47, siendo su valor crítico con 2 y 2 grados de libertad de 19. Por ser menor el valor observado que el crítico, **se confirma la hipótesis nula**; por lo tanto, la clase de cardamomo utilizado no afecta significativamente el rendimiento de oleorresina.

**Tabla VIII. Resultados del Tamizaje Fitoquímico**

Investigación de:	OLEORRESINA OBTENIDA PARA CADA CLASE DE CARDAMOMO ANALIZADA					
	Solvente utilizado Etanol			Solvente Utilizado Hexano		
	1 <sup>a</sup> Clase	2 <sup>a</sup> Clase	3 <sup>a</sup> Clase	1 <sup>a</sup> Clase	2 <sup>a</sup> Clase	3 <sup>a</sup> Clase
Alcaloides	-	-	-	X	X	X
Flavonoides y Antocianinas	-	-	-	-	-	-
Antraquinonas ( X ) antronas y antranolas ( X <sup>“</sup> )	X	X	X	X <sup>”</sup>	X <sup>”</sup>	X <sup>”</sup>
Cumarinas	X	X	X	X	X	X
Cardenólicos y bufadienólicos: saponinas esferoidales (X) y triterpenoides (X <sup>”</sup> )	X <sup>”</sup>	X	X	X	X	X
Principios Amargos	-	-	-	-	-	-
Taninos	-	-	-	-	-	-
Aceites Volátiles	X	X	X	X	X	X
Sesquiterpenlactonas	X	X	X	-	-	-
Valepotriatos	-	-	-	-	-	-

Fuente: Datos originales del tamizaje fitoquímico realizado en LIPRONAT.

**Tabla IX. Frentes de retención (Rf)**

Presencia de:	Solvente utilizado etanol			Solvente utilizado hexano		
	1 <sup>a</sup> Clase	2 <sup>a</sup> Clase	3 <sup>a</sup> Clase	1 <sup>a</sup> Clase	2 <sup>a</sup> Clase	3 <sup>a</sup> Clase
Alcaloides	-	-	-	0.94	0.95	0.94
Antraquinonas	0.98	0.98	0.98	0.99	0.98	0.98
Cumarinas	0.78	0.71	0.77	0.75	0.72	0.83
Cardenólicos	0.77	0.76	0.75	0.78	0.75	0.76
Sesquiterpenlactonas	0.93	0.82	0.80	-	-	-
Aceites Esenciales						
Primera Banda B1	0.005	0.005	0.529	0.529	0.529	0.005
Segunda Banda B2	0.584	0.584	0.584	0.584	0.584	0.570
Tercera Banda B3	0.774	0.747	0.747	0.774	0.760	0.733

Fuente: Datos originales del tamizaje fitoquímico realizado en LIPRONAT.

**Tabla X. Síntesis del Análisis de cromatografía de gas acoplada con espectrometría de masa (CG-MS)**

Compuesto	% Area	Solvente utilizado etanol			Solvente utilizado hexano		
		1 <sup>a</sup> Clase	2 <sup>a</sup> Clase	3 <sup>a</sup> Clase	1 <sup>a</sup> Clase	2 <sup>a</sup> Clase	3 <sup>a</sup> Clase
Limonene	58.67				X		
	42.82	X					
	65.85					X	
	46.63		X				
$\alpha$ -terpinenyl acetate	11.55				X		
1-P-menthen-8-Y-L- acetate	16.16	X					
	9.73					X	
Camphene	14.12		X				
	18.15			X			
1-8-cineole	69.21						X
Terpinolene	4.37						X
1-Limonene	56.85			X			

Fuente: Informe de Laboratorio de Toxicología, Análisis de CG-MS

## 8. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En el presente trabajo de graduación se determinó el rendimiento de la oleorresina de tres distintas clases de cardamomo (*Elattaria cardamomum Maton*), extraída por maceración dinámica con dos solventes distintos.

La diferencia entre cada clase de cardamomo analizada radica en el tiempo de secado de cada uno; el denominado primera clase se caracteriza por que la cáscara que recubre el grano es color verde y está completamente cerrada, en la segunda clase la cáscara verde empieza a abrirse visualizándose los granitos de oro, y por ultimo el tercera clase es un fruto abierto y quemado, existe una combinación entre el color de éstas cáscaras observándose amarillo, verde y café.

Se procedió a la molienda, peso y adición de los solventes respectivos para cada clase de cardamomo. Luego de la maceración dinámica cuya duración fue de 48 horas para cada muestra, se procedió al filtrar el macerado, dando como resultado un filtrado color amarillo para las muestras en las cuales se utilizó hexano como solvente y verde para las muestras en las cuales se utilizó etanol como solvente.

En el rotavapor , las muestras con las que se logró obtener una oleorresina con apariencia aceitosa fueron las que utilizaron como solvente etanol , además de presentar en el fondo del balón del rotavapor pequeños cristales que aumentaban en volumen conforme la muestra se concentraba.

Las muestras que contenían como solvente hexano presentaron una apariencia de menor viscosidad y no se depositaron cristales en el fondo del balón del rotavapor mientras transcurría el tiempo de concentración.

Las oleorresinas obtenidas para cada clase de cardamomo difirieron entre ellas en dos aspectos: a) la oleorresina extraída con etanol presentó un color verde olivo y una apariencia viscosa similar a la de los aceites, b) la oleorresina extraída con hexano presento un color café-amarillo y una apariencia menos viscosa que la anterior.

El primer factor evaluado fue el tipo de solvente a utilizar ( $f_p$ ) y su valor observado para la razón de varianzas fue de 1.918, su valor crítico se presentó con un nivel de significancia de un 5% en 18.50. Por ser menor el valor observado que el crítico ( $1.918 < 18.50$ ), se acepta la hipótesis nula ( $H_0$ ) con una confiabilidad del 95%, por lo tanto el tipo de solvente a utilizar no afecta significativamente el rendimiento de oleorresina.

Para el segundo factor evaluado, clase de cardamomo ( $f_t$ ), el valor observado para la razón de varianzas  $f_t$  fue de 3.47, su valor crítico se muestra con un nivel de significancia de un 5% en 19. Por ser menor el valor observado que el valor crítico ( $3.47 < 19$ ), se acepta la hipótesis nula ( $H_0$ ) con una confiabilidad del 95%, por lo tanto la clase de cardamomo a utilizar no afecta significativamente el rendimiento de oleorresina.

El mayor rendimiento de oleorresina se obtuvo para la segunda clase de cardamomo utilizando como solvente etanol con el 6.3%. Sin embargo, de acuerdo a los resultados del análisis de varianza se puede establecer que el rendimiento de oleorresina no se ve afectado significativamente por ninguna de las tres clases de cardamomo estudiadas, ni por el tipo de solvente utilizado (etanol, hexano).

El análisis realizado a través del tamizaje fitoquímico demuestra que cada una de las oleorresinas extraídas con su respectivo solvente para cada una de las distintas clases de cardamomo contiene aceite esencial de una manera uniforme, quedando demostrado en los resultados que se encuentran tabulados en la tabla 8, que cada oleorresina presentó tres bandas, en las cuales el frente de retención es similar.

En la tabla 7, se observa la presencia de antraquinonas, cumarinas, cardenólicos, bufadienólicos en todas las oleorresinas obtenidas, la única variación es la presencia de alcaloides únicamente en las tres clases de oleorresina extraídas con hexano., por lo que se puede concluir que con los dos solventes utilizados (etanol, hexano) se extraen mayoritariamente los mismos componentes.

Así mismo en el análisis de cromatografía de gas, cuya síntesis se encuentra tabulada en la tabla 9, se observa que para las oleorresinas de primera y segunda clase utilizando como solvente tanto etanol como hexano, el compuesto mayoritario presente en porcentaje en área es el Limonene.

Mientras que en la oleorresina de tercera clase utilizando como solvente hexano el compuesto presente con un mayor porcentaje de area es el 1-8-cineole y utilizando como solvente etanol es el 1-Limonene.

Confirmándose así, la presencia de los componentes mayoritarios existentes en el cardamomo, en las oleorresinas extraídas difiriendo de los aceites esenciales en que el componente mayoritario en la mayoría de éstas es el Limonene.

## CONCLUSIONES

1. El mayor rendimiento de oleorresina de cardamomo -*Elattaria cardamomun Maton*- fue de 6.3% y se obtuvo de la extracción con etanol para la segunda clase de cardamomo.
2. El menor rendimiento de oleorresina de cardamomo -*Elattaria cardamomun Maton*- fue de 1.72% y se obtuvo de la extracción con hexano para la tercera clase de cardamomo.
3. El rendimiento de oleorresina de cardamomo -*Elattaria cardamomun Maton*- de la extracción por maceración dinámica no depende significativamente del solvente que se utilice.
4. La clase de cardamomo -*Elattaria cardamomun Maton*- a utilizar para la extracción con maceración dinámica de oleorresina no afecta significativamente el rendimiento de la misma.
5. El componente mayoritario para la primera y segunda clase de cardamomo -*Elattaria cardamomun Maton*- extraídas por etanol y hexano es el Limonene, presentando entre éstas un mayor porcentaje en área la segunda clase de cardamomo extraída con hexano, con un 68.85%. \*

6. El componente mayoritario para la tercera clase de cardamomo que se obtuvo de la extracción con hexano es el 1-8-cineole, con un porcentaje en área de 69.21%.\*
  
7. El componente mayoritario para la tercera clase de cardamomo que se obtuvo de la extracción con etanol es el 1-Limonene, con un porcentaje en área de 56.85%.\*

\* Estos porcentajes representan el área ocupada por el componente en el cromatograma respectivo.

## RECOMENDACIONES

1. Utilizar como solvente para la extracción de oleorresina de cardamomo el etanol puro; por su baja toxicidad, empleo común y bajo costo.
2. Realizar estudios de costos que tengan como objetivo aprobar o no la rentabilidad económica de la extracción de oleorresina de cardamomo -*Elattaria cardamomun Maton*- utilizando como solvente etanol puro.
3. En futuras investigaciones continuar con la evaluación del rendimiento y caracterización de oleorresina de cardamomo -*Elattaria cardamomun Maton*- evaluando las clases: oro, quinta y cuarta clase.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Cáceres, Armando. **Plantas de uso medicinal en Guatemala.** (Guatemala: Editorial Universitaria, 1999) pp. 117-119
2. Pacay Margarita, “Cardamomo, Fruto con fragancia”, **Prensa Libre**, 2005.
3. Alvarado Cano Manuel, “ El Cultivo del Cardamomo”, **Ministerio de Agricultura**, Dirección General de Servicios Agrícolas, p. 1



## BIBLIOGRAFÍA

1. López Mazín, Julio Gabriel. Evaluación del rendimiento de oleorresina de las hojas de laurel (*Listea Guatemalensis*) de Tecpán, Chimaltenango en función del tamaño de partícula, utilizando dos solventes distintos a nivel planta piloto. Tesis Ing. Química Guatemala, universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2004. 38 pp.
2. “Costos de producción temporada 2004-2005”, Banco de Guatemala, Departamento de Estadísticas Económicas. 2006
3. “Estadísticas de producción, exportación, importación y precios medios de los principales productos agrícolas”, Banco de Guatemala, Departamento de Estadísticas Económicas. 2004
4. Solís Pablo, Nilka Guerreo. **Manual de caracterización y análisis de drogas vegetales y productos fitoterapéuticos.** Guatemala: s.e. 2004. pp. 64, 75,83-84



# APÉNDICE A

## DATOS ORIGINALES

Tabla XI. Datos originales de gramos de oleorresina

Solvente Utilizado	Clase de Cardamomo		
	1ª Clase	2ª Clase	3ª Clase
Etanol	4.70	6.30	4.61
	5.60	6.30	3.68
	4.70	6.30	3.68
Hexano	1.72	4.56	2.40
	1.72	6.22	3.20
	1.72	4.56	2.00

## APÉNDICE B

### DATOS CALCULADOS

Tabla XII. Sumatoria T $\theta$ J para el rendimiento porcentual de la oleorresina

T = Clase de Cardamomo				
P = TIPO DE SOLVENTE	Primera Clase	Segunda Clase	Tercera Clase	SUMATORIA T $\Phi$ i
hexano	1.72	4.98	3.20	9.90
etanol	4.70	6.30	2.76	13.76
SUMATORIA T $\theta$ J	6.47	11.28	5.96	23.66

**Tabla XII. Cuadro resumen del análisis de varianza**

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado medio (varianzas)	$f_i$ (observada)	$f_i$ crítica 5 %
P	2.49	1	2.49	1.918	18.50
T	9.011	2	4.505	3.47	19
ERROR	2.59	2	1.2982		
TOTAL	14.097	5			

## APÉNDICE C

Procedimiento experimental utilizado para la extracción de oleorresina de cardamomo (*Elattaria cardamomun Maton*)

Figura 3. Molienda



**Figura 4. Pesado**



**Figura 5. Maceración Dinámica**



**Figura 6. Filtración al vacío**



**Figura 7. Rotavapor**



**Figura 8. Obtención de oleorresina**



**Figura 9. Medición y almacenamiento de oleorresina**



## APÉNDICE D

### Procedimiento utilizado para el análisis de tamizaje fitoquímico

Figura 10. Cámara de Saturación



Figura 11. Placa de Silica gel 60F<sub>254</sub>



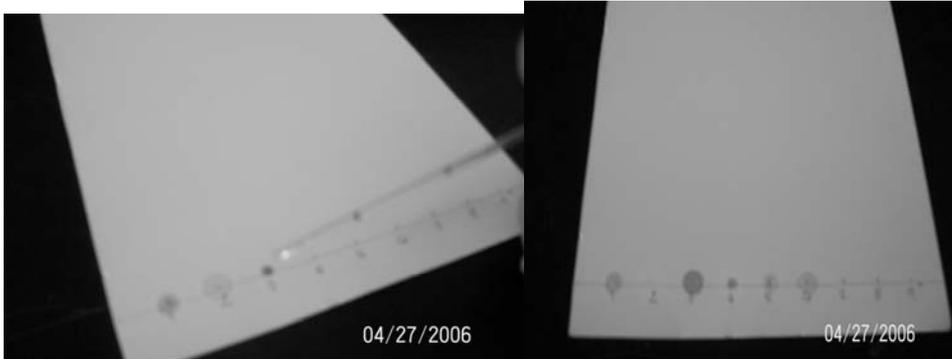
**Figura 12. Análisis realizados utilizando tubos de ensayos**



**Figura 13. Analito utilizado: 2 microlitros**



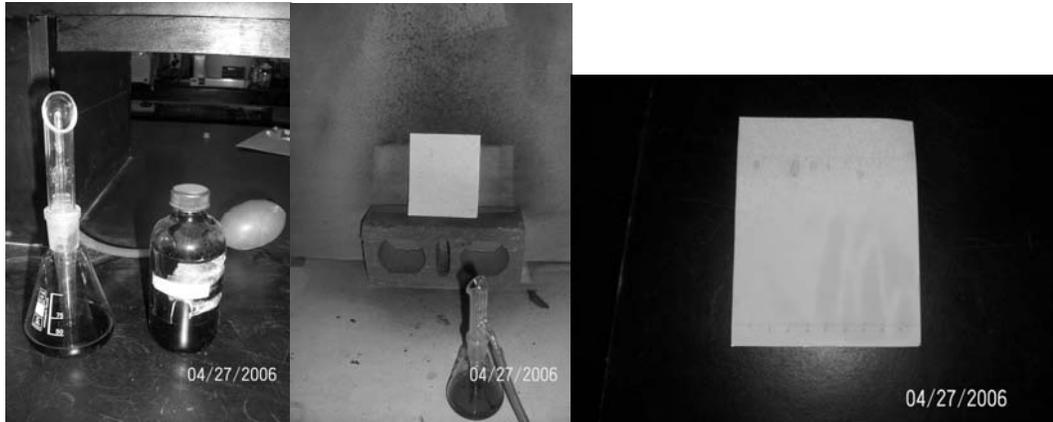
**Figura 14. Aplicación de las micro muestras en las placas de Silica gel**



**Figura 15. Introducción de la placa de Silica gel en la cámara de saturación**



**Figura 16. Asperjado de la placa de Sílica gel con el reactivo de detección**



**Figura 17. Análisis de la placa Sílica gel a través de luz UV**





# ANEXO

## CROMATOGRAMAS UTILIZANDO COMO SOLVENTE ETANOL

Figura 18. Cromatograma para la primera clase de cardamomo (*Elattaria cardamomum Maton*)

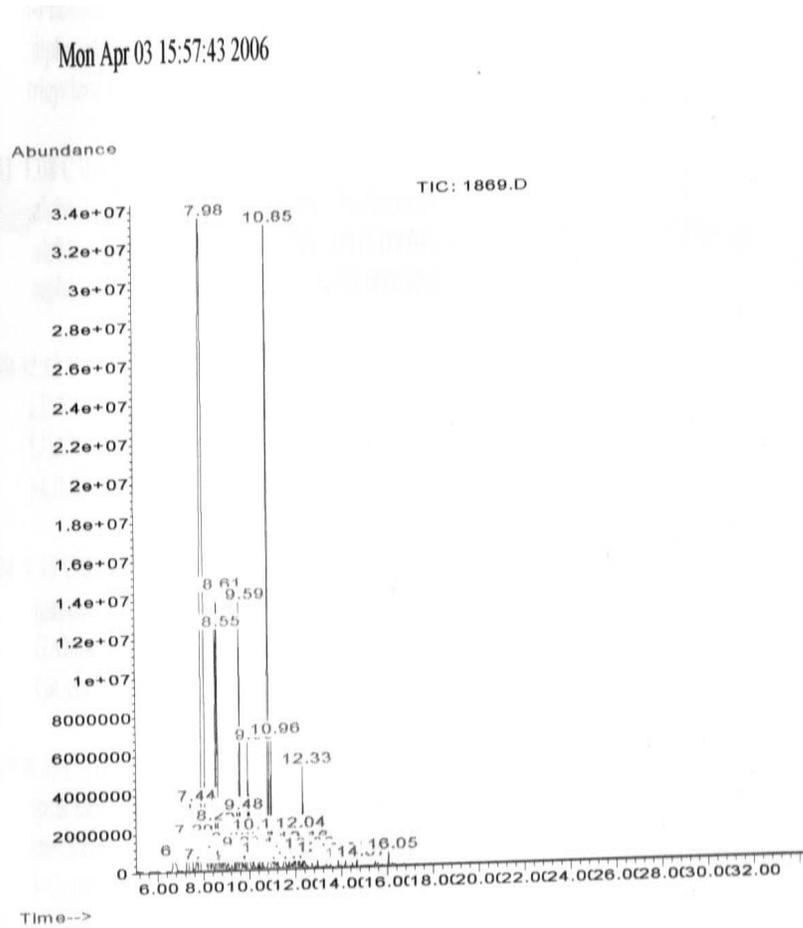


Figura 19. Cromatograma para la segunda clase de cardamomo (*Elattaria cardamomum Maton*)

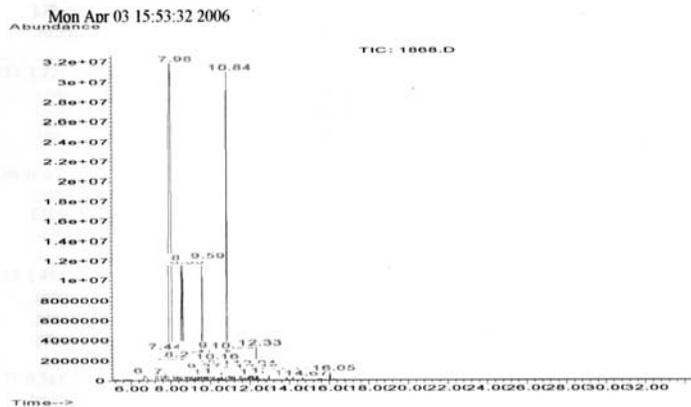
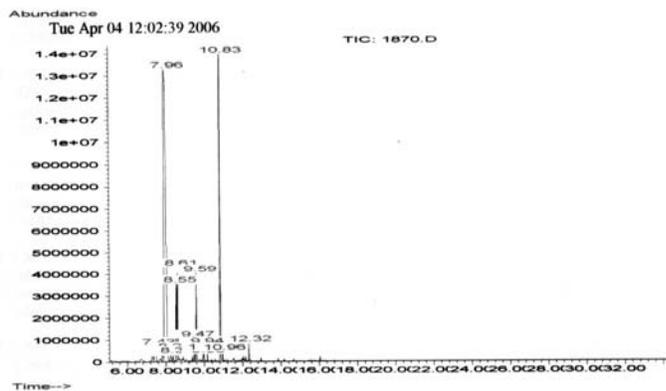


Figura 20. Cromatograma para la tercera clase de cardamomo (*Elattaria cardamomum Maton*)



# CROMATOGRAMAS UTILIZANDO COMO SOLVENTE HEXANO

Figura 21. Cromatograma para la primera clase de cardamomo (*Elettaria cardamomum Maton*)

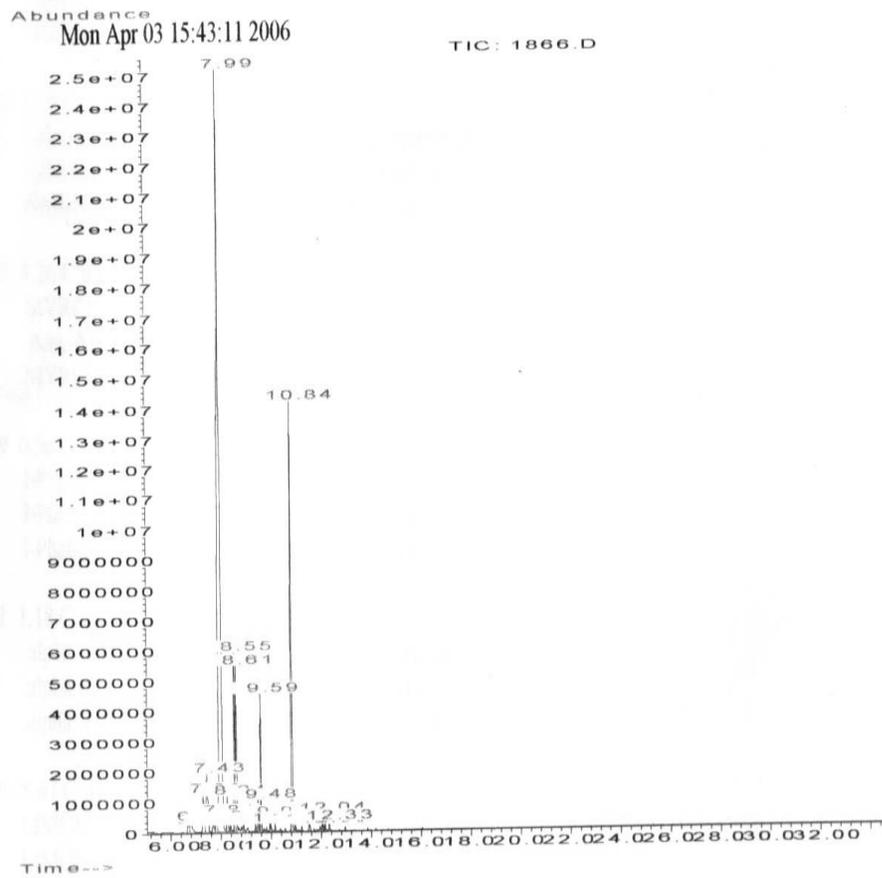


Figura 22. Cromatograma para la segunda clase de cardamomo (*Elattaria cardamomum Maton*)

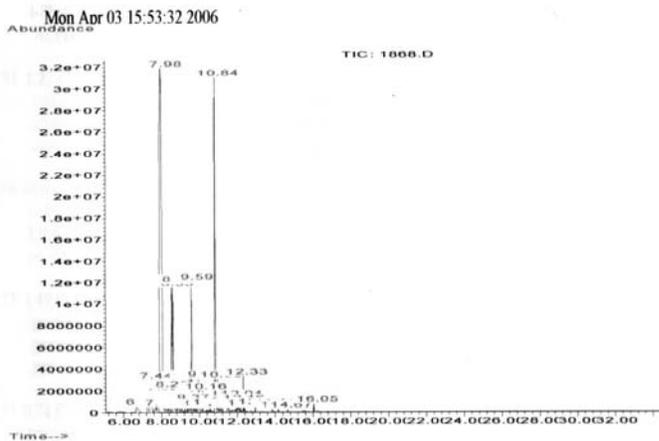


Figura 23. Cromatograma para la tercera clase de cardamomo (*Elattaria cardamomum Maton*)

