



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

**OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA DEL  
ACEITE ESENCIAL, EXTRAÍDO POR ARRASTRE DE VAPOR  
DE CÁSCARA DE CARDAMOMO**

**A NIVEL LABORATORIO CON PROPUESTA A ESCALAMIENTO INDUSTRIAL**

German Almengol Huitz Canastuj

Asesorado por Ing. Msc. Erwin Manuel Ortíz Castillo

Guatemala, 27 de julio de 2004



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DEL  
ACEITE ESENCIAL, EXTRAÍDO POR ARRASTRE DE VAPOR  
DE CÁSCARA DE CARDAMOMO**

A NIVEL LABORATORIO CON PROPUESTA A ESCALAMIENTO  
INDUSTRIAL

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

**German Almengol Huitz Canastuj**

ASESORADO POR ING. Msc. ERWIN MANUEL ORTÍZ CASTILLO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE  
INGENIERO QUÍMICO

Guatemala, 27 de julio de 2004

## **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:

### **OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DEL ACEITE ESENCIAL, EXTRAÍDO POR ARRASTRE DE VAPOR DE CÁSCARA DE CARDAMOMO**

**A NIVEL LABORATORIO CON PROPUESTA A ESCALAMIENTO INDUSTRIAL**

Tema que me fuera asignado por la dirección de la Escuela de Ingeniería Química con fecha 19 de mayo de 2004.

German Almengol Huitz Canastuj

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



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO/A	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
VOCEL I	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL II	Lic. Amahán Sánchez Alvarez
VOCAL III	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruíz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Videz Leiva
SECRETARIO/A	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

**TRIBUNAL QUE PRATICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO/A	Ing. Jorge Mario Morales G.
EXAMINADOR/A	Ing. William Guillermo Álvarez Mejía
EXAMINADOR/A	Ing. Otto Raúl de León de Paz
EXAMINADOR/A	Ing. Héctor Adolfo Ruiz (Q.E.P.D.)
SECRETARIO/A	Ing. Edgar Aurelio Bravatti Castro

## **AGRADECIMIENTO**

- A Monte de Oro, S.A. y  
Agronómicas de Guatemala, S.A.** Por el apoyo incondicional, prestado en todo momento al presente trabajo de graduación, el cual fue vital para poder concluir mi carrera universitaria.
- A Ing. Sergio Viscovich** Sencillamente gracias por todo.
- Al personal de planta  
Río Bravo, Suchitepéquez** Que la considero como una gran familia.
- Al personal del Laboratorio,  
área de extracción de aceite  
y compañeros de trabajo** Por su dedicación y paciencia en las extracciones.
- A Lili** Por su paciencia.
- A mis hermanos** Que financiaron mi carrera, gracias y misión cumplida.

## DEDICATORIA

- A Dios** Por haberme bendecido con la familia que me brindó.
- A mis padres** Pablo Huitz, Esperanza Canastuj (Q.E.P.D.) que lograron hacer de mí lo que siempre quise.
- A Flor** Gracias por tu apoyo y comprensión.
- A mis hijos** Hermann, Orlando y Juan Carlos, que siempre encontrarán un apoyo en mí.
- A mis hermanos** Jesús, Joaquina, Anibal (Q.E.P.D.), Mercedes, Tarcilo, Nazario y Pablo Wenceslado, en compensación a sus múltiples esfuerzos.
- A mis cuñados** José, Juan, Magnolia, Martha Lidia, Laura, Irma, con respeto.
- A mis sobrinos** Con el aprecio que siempre les he tenido.
- A mi amigo** Roque Nolberto Sajquim Sum (Q.E.P.D.), en memoria a lo que un día decidimos emprender.
- A mi asesor** Erwin Ortíz por su tiempo y paciencia en esta tarea.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Guatemala, 24 junio de 2004.

Ing. Julio Rivera Palacios  
Director, Escuela de Ingeniería Química  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos de Guatemala.  
Ciudad Universitaria  
Zona 12.

Estimado Ingeniero Rivera:

Por este medio comunico a Ud., que he asesorado el trabajo de graduación titulado: "OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DEL ACEITE ESENCIAL, EXTRAÍDO POR ARRASTRE DE VAPOR DE CÁSCARA DE CARDAMOMO", desarrollado por el estudiante universitario German Almengol Huitz Canastuj, para optar al título de Ingeniero Químico.

En mi calidad de asesor, procedí a supervisar el trabajo de protocolo, el trabajo de Laboratorio, y del informe final de graduación que resume lo efectuado y llegó a la conclusión que dicho informe es una fuente de información útil e importante en el campo de la obtención de aceite esencial extraído por arrastre de vapor de la cáscara de cardamomo y de la industria vinculada con dichos procesos.

Por lo anterior, considero que el trabajo desarrollado cumple con los requisitos exigidos por la Escuela de Ingeniería Química, por lo que dejé constancia de aprobación para su impresión y posterior divulgación.

En espera de que ustedes queden igualmente satisfechos con el presente trabajo, me suscribo atentamente,

Ing. Erwin Manuel Ortiz Castillo Msc.  
Profesor de Química Orgánica  
ASESOR

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Guatemala, 14 julio de 2,004

Ing. Julio Rivera  
Director, Escuela de Ingeniería Química  
Presente.

Ingeniero Rivera:

Respetuosamente me dirijo a usted, para infórmale por medio de la presente que he revisado el trabajo de graduación titulado "OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA DEL ACEITE ESENCIAL, EXTRAÍDO POR ARRASTRE DE VAPOR DE CÁSCARA DE CARDAMOMO" Subtitulado: A nivel Laboratorio con propuesta a escalamiento industrial, del estudiante German Almengol Huitz Canastuj.

El trabajo de graduación del estudiante Huitz Canastuj , cumple con los requisitos exigidos tanto por la Escuela de Ingeniería Química como por la Universidad , por lo que lo someto a su consideración.

Agradezco su atención a la presente y en espera de su aprobación, se suscribe de usted.

Atentamente,

Ing. Qco. José Eduardo Calderón García  
Profesor titular VIII  
Colegiado 244



El Director de la Escuela de Ingeniería Química Ing. Julio Rivera Palacios, después de conocer el dictamen del Asesor con el Visto Bueno del Jefe de Departamento al trabajo de Graduación del estudiante German Almengol Huitz Canastuj titulado: "OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA DEL ACEITE ESENCIAL, EXTRAÍDO POR ARRASTRE DE VAPOR DE CÁSCARA-DE CARDAMOMO" Subtitulo: A nivel laboratorio con propuesta a escalamiento industrial, procede a la autorización del mismo.

Ing. Julio Rivera Palacios

DIRECTOR ESCUELA INGENIERIA QUIMICA



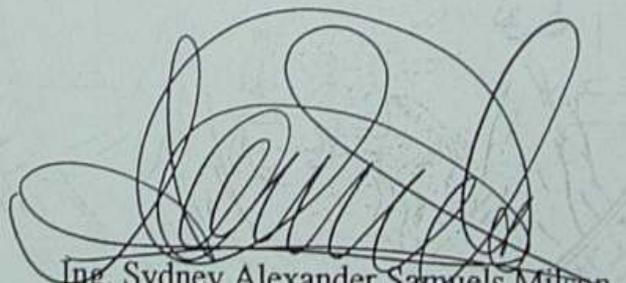
Guatemala, julio de 2,004.

Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Decanato  
Tels. 4769579 - 4760029 - 4423505 Exts. 101 - 102 - 114  
4439500 Ext. 1549  
Fax 4760365

Ref. DTG. 251-2004.

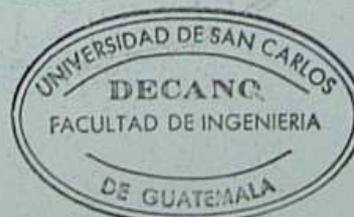
El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Química, al trabajo de graduación titulado: **OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA DEL ACEITE ESENCIAL, EXTRAÍDO POR ARRASTRE DE VAPOR DE CÁSCARA DE CARDAMOMO**, presentado por el estudiante universitario **German Almengol Huitz Canastuj** procede a la autorización para la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.



Ing. Sydney Alexander Samuels Milson  
DECANO

Guatemala, julio 27 de 2,004



/gdech

# ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES</b>	<b>III</b>
<b>LISTA DE SÍMBOLOS</b>	<b>IV</b>
<b>GLOSARIO</b>	<b>V</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>VIII</b>
<b>OBJETIVOS E HIPÓTESIS</b>	<b>X</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>XII</b>

## **1. MARCO TEÓRICO**

1.1	Origen del cardamomo	1
1.2	Origen del nombre	1
1.3	Introducción y difusión del cardamomo en Guatemala	2
1.4	Descripción de la planta de cardamomo	3
1.5	Aceites esenciales naturales	4
1.5.1	Origen del aceite del cardamomo	5
1.5.2	Sucedáneos del aceite esencial de cardamomo	5
1.5.3	Principales proveedores de aceites esenciales de cardamomo	5
1.5.4	Consumidores de aceite esencial de cardamomo	6
1.5.5	Mercado aceite de cardamomo	7
1.5.6	Ventajas e inconvenientes de los aceites esenciales	8
1.5.7	Aceite de cardamomo en Guatemala	9
1.5.8	Estándares sobre aceite esencial de cardamomo	9
1.5.9	Rendimientos	10

<b>2. METODOLOGÍA</b>	
2.1 Recursos	13
2.1.1 Humanos	13
2.1.2 Físicos	13
2.1.3 Financieros	13
2.2 Equipos	14
2.3 Procedimiento experimental	15
2.4 Obtención de parámetros fisicoquímicos	17
2.5 Determinación de componentes químicos del aceite crudo de cáscara de cardamomo	18
2.6 Propuesta para la extracción a escalamiento industrial de aceite de cáscara de cardamomo	20
2.7 Inversión inicial	24
2.8 Mano de obra y otras prestaciones	25
2.9 Manejo del vagazo	27
<b>3. CONSIDERACIONES</b>	<b>29</b>
<b>4. ACEITE DE CARDAMOMO</b>	<b>31</b>
4.1 Usos del aceite esencial de cardamomo	31
<b>5. RESULTADOS</b>	<b>35</b>
5.1 Discusión de resultados	36
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>45</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>47</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>49</b>
<b>APÉNDICES Y ANEXOS</b>	<b>53</b>

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### TABLAS

I.	Rendimientos de extracción	39
II.	Características fisicoquímicas	40
III.	Componentes químicos	41
IV.	Descripción botánica y su clasificación de cardamomo	61
V.	Principales variedades de cardamomo cultivadas en el mundo	62
VI.	Composición porcentual aproximada de aceite de cardamomo	63
VII.	Referencia según ISO 4733-1981, para aceite de cardamomo	64
VIII.	Requerimiento para cardamomo en cápsula ISO R-872	65
IX.	Exportación anual de cardamomo FOB Guatemala	66
X.	Exportación anual de aceites esenciales FOB Guatemala	67

### FIGURAS

1.	Cromatograma de aceite crudo de semilla	42
2.	Cromatograma de aceite crudo de cáscara I	43
3.	Cromatograma de aceite crudo de cáscara II	44
4.	Trampa de Clevenger y columna de condensación	53
5.	Equipo armado para la extracción por arrastre de vapor	54
6.	Molino y báscula	54
7.	Canales de comercialización	55
8.	Diagrama de instalación de equipo	56
9.	Diagrama de bloque	57
10.	Planta de cardamomo en detalles y cortes	58
11.	Mapa de Guatemala, áreas aptas para el cultivo de cardamomo	59
12.	Mapa de Guatemala, áreas aptas para el cultivo de cardamomo	60

## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
g	gramos
cm	centímetro
°C	grados Celsius
mL	mililitros
mm	milímetro
msnm	metro sobre nivel del mar
(p/p)	peso peso
(v/v)	volumen volumen
kg	kilogramo
FOB	puesto a bordo (Freight on board)
mg	miligramo
KOH	Hidróxido de potasio

## GLOSARIO

**Cromatografía** Es la separación física de dos o más compuestos, basada en la en la diferente distribución de dos fases, una de las cuales es estacionaria y la otra móvil.

**Cromatograma** Es la lectura del detector en donde los componentes de las muestras se separan, siendo éstas convertidas en respuestas del equipo, en señal eléctrica que es posible visualizar como registro gráfico.

**Densidad relativa** Relación entre la masa y el volumen de una sustancia; o entre la masa de una sustancia y la masa de un volumen igual a otra sustancia tomada como patrón que, normalmente, es el agua.

**Índice de acidez** Es el método más frecuente, usado para caracterizar grasas. Este simple procedimiento de titulación, es una medida de la hidrólisis que ha ocurrido en una grasa y se define como el número de miligramos de hidróxido de potasio requeridos para neutralizar los ácidos grasos libres en 1 gramo de grasas.

**Índice de esteres**

**o saponificación** Se define como el número de miligramos de hidróxido de potasio, requeridos para reaccionar con todos los ácidos grasos en 1 gramo de muestra.

**Índice de refracción**

Cambio que sufre un rayo de luz al atravesar una superficie diferente. Este dato puede ser un valor para averiguar la pureza de especies o sustancias químicas empleadas como perfumes.

**Liliatae monocotiledónea**

Posee un sólo cotiledón. La venación de sus hojas van en paralelo, haces vasculares dispersos. Con 20 o más anillos, sistema radicular moderno por completo adventísimo.

**Magnoleophyta (angiosperma)**

Es la familia más compleja de todas las plantas, en la cual las semillas jóvenes se encuentran encerradas en una estructura especial denominada cápsula; o sea que el ovario no está dispuesto al aire como las gimnospermas.

**Miscibilidad en etanol**

Capacidad de un líquido de poder formar sólo una fase homogénea con el etanol; siempre esta solubilidad se determina empleando alcohol de 70, 80 y 90 volúmenes 100.

**Rotación óptica** El poder óptico de rotación que puede determinarse con un polarímetro.

- Tracheophyta** Se caracteriza por la presencia de tejidos y con un sistema de conducción bien desarrollado, que comúnmente se le denomina plantas vasculares.
- Terpenos** Es una clase de producto natural que se encuentra en las plantas y animales. El nombre deriva de la trementina (en inglés turpentine), que es rica en terpenos.
- Volátil** Propiedad de las sustancias para convertirse en vapor.
- Zingiberáceas** Comprenden hierbas rizomatosas. Contienen aceites esenciales y abarcan aproximadamente unas 1300 especies, en su mayoría intertropicales. Generalmente presentan frutos en cápsulas.

## RESUMEN

En el presente trabajo de graduación se le ha encontrado utilidad al subproducto de la agroindustria de cardamomo, denominado cáscara. A través de la extracción de aceite esencial crudo, por el método de arrastre de vapor, a nivel laboratorio, donde se obtuvo un rendimiento de 1.04% (p/p).

El aceite que se extrajo se analizó en la facultad de Farmacia e Ingeniería, determinándose las características fisicoquímicas siguientes: densidad, índice de refracción, rotación óptica, miscibilidad en etanol a 70% (v/v), índice de acidez e índice de ester, valores que se compararon con la de la norma ISO 4733 que son específicos para el aceite de cardamomo. En las dos pruebas que se realizaron, se encontró todos los valores dentro del rango de aceptabilidad de la norma.

Para determinación de los componentes químicos, se procedió a analizar una muestra de aceite de semilla de cardamomo, extraída bajo el mismo método que el utilizado para la cáscara. Luego, se realizaron cinco análisis de aceite de cáscara. Ambos por el método de cromatografía: gas-gas, con patrones de componentes estándares, disponibles en Laboratorio de Análisis de Química Instrumental, de la Facultad de Farmacia, encontrándose diferencias porcentuales principalmente en los siguientes componentes: 1.8 Cineol, el aceite crudo de semilla tiene 10% (v/v) de más que el aceite crudo de cáscara.

Acetato de Terpenilo, el aceite crudo de semilla, tiene 5% (v/v) de menos que el aceite crudo de cáscara.

1.8 Cineol y Acetato de Terpenilo constituyen aproximadamente el 70% (v/v) del aceite de cardamomo.

La incidencia en la calidad del aceite, debido a la variación porcentual de ambos componentes, no se analizó en el presente trabajo, pero se concluyó que el aceite crudo de semilla y el aceite crudo de cáscara son similares.

Se proyectó la extracción de aceite de cáscara de cardamomo, a escala industrial, con una inversión mínima de operación de 250 mil quetzales, con un costo fijo unitario de 190 Q/kg. Si se le carga los costos de inversión, que es de 85 Q/kg, tendríamos un total de 275 Q/kg. Para recuperar la inversión inicial en cinco años de operación, sería económicamente rentable para una empresa exportadora de cardamomo, como una actividad anexa, pero para una empresa independiente tendría que incrementar otros gastos como: alquiler, administración, materia prima, transporte y otros.

# OBJETIVOS

## General

- Aprovechar el desecho o subproducto de la agroindustria de cardamomo, mediante la extracción de aceite esencial crudo de la cáscara de cardamomo.

## Específicos

1. Determinar a nivel laboratorio el contenido de aceite esencial crudo, de la cáscara de cardamomo, por arrastre de vapor.
2. Determinar las características fisicoquímicas del aceite esencial crudo, de la cáscara de cardamomo y compararlas con las especificaciones ISO 4733.
3. Determinar los componentes químicos, del aceite crudo de cáscara de cardamomo, mediante el método de cromatografía gas-gas.
4. Hacer una propuesta para la extracción de aceite esencial crudo, de cáscara de cardamomo a escala industrial, si cumple con los objetivos anteriores.

## HIPÓTESIS

- a. Sí es posible obtener aceite esencial de cardamomo utilizando únicamente cáscara, o sea el subproducto como materia prima, a través de la extracción por arrastre de vapor.
- b. Los rendimientos de aceite esencial de cardamomo para el subproducto, están alrededor de 0.1 a 0.2% (p/p) en lo concerniente a la cáscara al cardamomo guatemalteco.
- c. El aceite esencial de cardamomo, obtenido del subproducto, no es de la misma calidad que el obtenido de las semillas de cardamomo, pero la diferencia es mínima, aunque los rendimientos sí varían notablemente.
- d. Debido a los volúmenes que se manejan en Guatemala, aproximadamente 500,000 kg de cáscara, que se genera como subproducto de la exportación, lo hace atractivo para la extracción de aceite a escala industrial.

## INTRODUCCIÓN

Guatemala exporta aproximadamente 17.8 millones de kilogramos de cardamomo, promedio anual. Esto lo convierte en mayor exportador a nivel mundial. Entre 2 a 4% (p/p) es desecho que queda después de la limpieza correspondiente del producto exportado; este subproducto que consiste básicamente en cáscara. Y hasta donde fue posible investigar, solamente cuatro empresas exportadoras en Guatemala producen aceite esencial crudo de cardamomo, de un total de catorce. Algunas se dedican exclusivamente a la extracción y venta de aceites esenciales, como es el caso de APAESA, pero estas empresas utilizan la materia prima en pergamino.

Lo que se asume es que un 70% de este subproducto no es aprovechado adecuadamente y, debido a los volúmenes de cardamomo que se manejan y la trayectoria que se tiene, convierte a Guatemala en el segundo mayor exportador de aceite esencial de cardamomo en el mundo. Se tiene referencia de que el aceite producido en el país es de buena calidad.

No se pretende disminuir o rebajar de calidad del aceite esencial de cardamomo por el hecho de extraerlo del subproducto, sino en aprovecharlo de alguna manera. En el presente trabajo se plantea utilizar la cáscara de la semilla de cardamomo como materia prima, para la extracción de su respectivo aceite esencial crudo por arrastre con vapor, con muestras reducidas en tamaño y con reflujo a nivel del laboratorio. Se presentan los siguientes resultados:

- a. Rendimientos obtenidos
- b. Características fisicoquímicas
- c. Comparación de resultados Ref. ISO 4733 tabla VII (pág. 64) que es específico para el aceite esencial de cardamomo.

Existen posibilidades de que el aceite crudo obtenido, utilizando como materia prima el subproducto, no esté en algún parámetro fisicoquímico dentro del rango de aceptabilidad de la norma ISO 4733. Pero, como se vende normalmente contra muestra, se puede llenar algún segmento no cubierto, posiblemente por el alto precio que éste tiene en el mercado. Esto proporciona una ventaja competitiva, ya que algunos consumidores redestilan, extraen o recompensan químicamente, los aceites esenciales.

Debido a que en las Verapaces se cultiva aproximadamente el 95% de toda la producción nacional, las muestras a analizar provienen de esta región. No se sabe de qué o a cuáles variedades pertenecen, pero por referencias bibliográficas se ha determinado que las especies Malabar y Mysore en su mayoría pertenecen al género y especie *elettaria cardamomum*.

De acuerdo a los resultados fisicoquímicos, se propone realizar las extracciones de aceite esencial crudo de cardamomo a escala industrial.

# 1. MARCO TEÓRICO

## 1.1 Origen del cardamomo

El cardamomo (*Elettaria cardamomum*) es una especie muy antigua. Su origen se sitúa en los bosques Monzónicos al sur de la India. Se cree que fue cultivada junto con la Curcuma, en los jardines de Babilonia, en el siglo VIII a.C. La primera constancia escrita figura entre los 1800 medicamentos enumerados por el famoso Evers Papyrus, descubierta en Egipto, que data del año 1550 a.C. Teofrasto, en su material médico y siguiendo al Dioscorides, lo clasificó como un medicamento.

En el año 65 de nuestra era, San Isidro de Sevilla, siglo VI, lo menciona en su lista de especies. Su empleo en Europa Medieval vendría a través de las cruzadas, ya que a partir de 1359 San Juan de Acres y Rodas, lo exportaron hacia Europa, en donde lo conocen con el nombre de amomo.

El navegante portugués Duarte de Barbosa, en 1514 es el primero en occidente que averigua la procedencia de esta planta, mencionándola como un producto que se crea en la costa de Malabar (India). El naturalista portugués, García de la Orta, (1490, 1570) estudia el cardamomo en la India. En 1563 habla también de las variedades que se producen en Ceilán. Así, durante el siglo XVII, los portugueses recolectaron cardamomo en la India, Ceilán y lo exportaron.

## 1.2 Origen del nombre

La palabra mono proviene de las antiguas lenguas semitas, cuya traducción sería muy fuerte, mientras que el término Kardamom, de origen griego, se utiliza para designar al berro. Por su parte, el nombre y su clasificación botánica *Elettaria* deriva del suscrito *Ela* y en la India se le designó por *Elettaria*, que significa semilla de *Ela*.

### **1.3 Introducción y difusión del cardamomo en Guatemala**

La fecha de introducción en América no se sabe exactamente, pero se dice que en Guatemala fue introducido en el año 1910, por don Oscar Majaus, a la finca Chinasa Yub, en el municipio de Cobán, departamento de Alta Verapaz. La difusión se desarrolló debido a las condiciones edefáticas y climáticas que se presentan en nuestro país, y por ello se extendió a otros departamentos de la república, pero, por cuestiones de mercado y precio, este producto adquirió importancia cuando en el mercado mundial estimuló una mayor atención, provocando nuevas áreas de cultivo en 1977.

Actualmente se cultiva en los departamentos de Alta Verapaz, Quiché, Huehuetenango, Quetzaltenango, San Marcos, Sololá, Retalhuleu, Suchitepéquez, Escuintla y se considera apta para el cultivo la franja transversal del norte.

De los varios estudios realizados presentamos dos mapas, donde se muestran las áreas aptas para el cultivo figura 11 y 12 (pág. 59 y 60).

En Guatemala, se cree que la mayor parte del cultivo pertenece a la variedad minúscula bulkill, que corresponde a la clase Malabar y Mysore. Básicamente, no se tienen identificadas las variedades según se pudo investigar, el señor Haroldo Wellman C. propietario de la finca Chobal localizada en un municipio de Cobán, ha logrado conservar diferentes variedades dentro de su plantación de cardamomo, al cual le asignó claves, para su identificación. Clon VA 1-79, 2-79, 4-79.

Sin embargo, para criterio de la presente investigación, asumiremos que la variedad de cardamomo comercializada en Guatemala se deriva de *Elettaria cardamomum* y de sus variedades originales, básicamente por su tamaño y coloración. La muestra que se va a analizar proviene de donde se encuentra la

mayor cantidad, ya que en la costa sur el cardamomo fue gravemente atacado por el virus del Mosaico, reduciendo su producción a un 60%, lo que ha provocado la disminución del área sembrada en esta región, concentrándose en el área de las Verapaces.

En Guatemala se tienen noticias de que un virus similar al Mosaico se presentó en la India, denominado Kate o Mármol. La enfermedad presentaba sintomatología parecida, hasta el momento el virus del Mosaico no está plenamente identificado en nuestro país, y se denominó Mosaico, debido a que en la hoja de la planta infectada aparece el patrón característico de un mosaico.

Esta enfermedad se detectó en 1975, en El Palmar, Quetzaltenango, por el Ing. Marco Aurelio Flores. En Alta Verapaz, se localizó en dos fincas llamadas: Sabas y San Isidro, donde se logró su erradicación. Quien realizó estudios acerca de este virus fue el doctor en Virología Denis González, de la Universidad de Cornell E.E.U.U. pero no encontramos publicaciones técnicas en el país al respecto y, debido a la gravedad de esta enfermedad, el Departamento de Sanidad Vegetal de Guatemala ha elaborado programas para el control y erradicación del virus en plantaciones.

#### **1.4 Descripción de la planta de cardamomo**

*Elettaria cardamomum* 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 nacen tallos florales horizontales (escapos) que pueden alcanzar altura 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.

### **1.5 Aceites esenciales naturales**

Son todos los componentes olorosos de las plantas, o frutos naturales, que se pueden separar de los otros materiales, por arrastre con vapor de agua. En su mayoría son mezclas de terpenos. Éstos se producen en cantidades limitadas, básicamente, de acuerdo a la demanda del mercado.

La exportación de éstos ha disminuido, en tanto que ha aumentado el consumo de similares sintéticos, esto se debe a varias razones:

- a. La cantidad limitada que se produce, debido a que la identidad en los aceites esenciales está determinada principalmente por el uso de la sustancia aromática, que normalmente se produce en una región determinada.
- b. Abastecimiento irregular y calidades variables, ya que por ser un producto natural, éste está en función de los factores climáticos y otros, de carácter ecológico, hacen que varíen en el transcurso del año.
- c. Factor importante en la calidad y controlables como períodos y tiempos de recolección, tratamiento antes y después, materia prima y producto.

Pero el creciente apogeo que está adquiriendo el consumo de productos naturales, en estos últimos años por la población en general, se ha generado que se preste mayor atención a los países productores que normalmente son los países en vías de desarrollo, como Guatemala.

### **1.5.1 Origen del aceite de cardamomo**

El aceite de cardamomo fue extraído y presentado en 1544, por el químico alemán Valerio Cordoux. Originalmente este aceite es producido por el sistema de extracción de la semilla, comúnmente denominado oro, *Elettaria cardamomun*. En Centroamérica, lo exporta Guatemala y recientemente El Salvador.

### **1.5.2 Sucedáneos del aceite esencial de cardamomo**

De los componentes químicos del cardamomo, tabla VI (pág. 63), se sabe que sí es posible sintetizarlo, pero hasta el momento no se conoce ningún sustituto o sucedáneo sintético del aceite de cardamomo en el mercado y, en buena parte, se debe a que no es posible, por razones técnicas o económicas, sustituirlo. Posiblemente se debe a que este aceite esencial sirve como materia prima para extracción de componentes químicos específicos, mismos que éste contiene, para uso exclusivo de consumidores determinados que normalmente se encuentran en los países desarrollados y hay que tomar en cuenta que son estos mismos países los que producen las sucedáneas o similares sintéticos.

### **1.5.3 Principales proveedores de aceites esenciales de cardamomo**

Se sabe que Guatemala, después de la India, es el mayor exportador de este aceite esencial y también lo produce Sri Lanka, El Salvador, este último en cantidades menores. A criterio del autor de esta investigación, es necesario para continuar siendo el segundo mayor exportador, crear nicho de este producto. Tomando en cuenta que la situación actual permite posibilidades de mejorar nuestra posición, se hace imprescindible conocer las características del producto, utilizando como materia prima la cáscara, para que satisfagan las exigencias del mercado y así mejorar o mantener la calidad del producto.

#### **1.5.4 Consumidores de aceites esenciales de cardamomo**

Actualmente los consumidores pertenecen a los países desarrollados como Estados Unidos, Japón, Alemania, Francia, Italia, Países Bajos, Suecia, Finlandia e Inglaterra.

En su mayoría, estos consumidores emplean sus propias instalaciones para extraer aceite esencial, de materia prima importada, o refinar el aceite importado para consumirlo o reimportarlo, tal es el caso de Estados Unidos, Alemania y Reino Unido, pero debido a costos, podemos ser competitivos en:

- a. Espacio físico para el tratamiento de materia prima
- b. Traslado de materia prima
- c. Manejo de los desechos y residuos (como mínimo es un 95% (p/p)).

Nos hace atractivos que lo produzcamos localmente, pero para efectos de comercialización, controles técnicos y determinación de calidad, necesitamos establecer empresas mixtas para intercambio de tecnología y conocimiento, ya que para abrir mercado necesitamos:

- a. Ser aceptados definitivamente como proveedores de aceite esencial de cardamomo, como un ingrediente base de un producto alimentario, cosmético, farmacéutico u otro de uso industrial.
- b. Mantener volúmenes y calidades preestablecidas constantes y uniformes. Esto asegurará que se pueda emplear en aquello para lo cual se compró.

### **1.5.5 Mercado de aceite de cardamomo**

El mercado de este producto es bastante estable, con respecto a otros aceites similares que cayeron, como el caso de la citronela. Incluso aumenta ligeramente debido al aumento global de su consumo. Pero a pesar de que somos el segundo proveedor a nivel mundial y que se reconoce el producto como de buena calidad, nos es difícil competir con las empresas de los países consumidores ya que ellos rectifican o producen su propio aceite. En sus instalaciones y con la tecnología a su alcance, e inclusive reexportan agregando calidad al producto, especificando sus características químicas o cumpliendo a cabalidad con las exigencias del nuevo comprador, ya que la química moderna puede compensar o extraer los componentes específicos que se necesiten. Mientras, en Guatemala se vende por lotes y contra muestra, por lo que muy raras veces se certifica el producto y esto se hace por dos razones:

- a. Costos
- b. El laboratorio certificado debe ser reconocido por ambas partes

Nota: se tiene noticias de que el Laboratorio Nacional De Salud y el de Análisis Instrumental de USAC, está en proceso de certificarse por ISO.

Debido a que no se hace lo anterior, se ha creado controversia entre el comprador y el vendedor. Más de parte del vendedor, ya que éste no conoce las características exactas de su producto, lo que lo coloca en una posición desfavorable para regatear el precio, siendo ésta una de las razones principales de la presente investigación, ya que abarcará a través de muestras al azar, la zona de las Verapaces, donde se produce aproximadamente el 95% de cardamomo. En base a las muestras extraídas se determinaron las características físico químicas del aceite y se utilizó la Ref. ISO 4733-1981.

### **1.5.6 Ventajas e inconvenientes de los de los aceites esenciales**

#### **Inconvenientes**

1. Sabor bueno, pero incompleto
2. Sabor a menudo mal distribuido
3. Algunos se oxidan fácilmente (no se aplica al aceite de cardamomo)
4. No contiene ningún antioxidante natural
5. Se altera fácilmente
6. Muy concentrados, por lo tanto son difíciles de manipular y de pesar con precisión
7. No dispersa fácilmente, sobre todo el producto seco.

#### **Ventajas**

1. Higiénicos, exentos de bacterias
2. Sabor corriente, suficientemente fuerte
3. Calidad del sabor, conforme con la materia prima
4. No colorean el producto
5. Exentos de enzimas
6. Exentos de taninos
7. Estables, si se almacenan en buenas condiciones

#### **Presentación aceite de cardamomo como producto aromático**

Existen varias posibilidades de su presentación, como las que mostraremos en (pág.31), pero recordemos que la presente investigación está orientada al aceite esencial de cardamomo.

### **1.5.7 Aceite de cardamomo en Guatemala**

Al respecto se pudo encontrar muy poca información. En el Banco de Guatemala no tienen divididas las clases y tipos de los diferentes aceites esenciales, ya que lo tienen todo junto, bajo el rubro de aceite esencial, pero, aproximadamente en 1968, la Asociación de Productos de Aceites Esenciales, APAE, realizó estudios técnicos a nivel de laboratorio, distribuyendo los resultados a sus miembros. Luego, APAE se convirtió en APAESA, que es lo mismo sólo que en Sociedad Anónima. Estos últimos disminuyeron el presupuesto para gastos de publicación de investigación y desarrollo de los distintos aceites esenciales. A pesar de esto, se quedaron en el laboratorio de control de calidad y de rectificación de aceites esenciales.

### **1.5.8 Estándares sobre el aceite esencial de cardamomo**

Existen diversas medidas internacionales para la reglamentación de aceites esenciales de cardamomo, como las publicadas por Estados Unidos, Reino Unido y Francia, de las cuales mencionaremos las siguientes:

1. Asociación de Productos de Aceites Esenciales de E.E.U.U. EOA por sus siglas en inglés Essential Oil Association of Usa (EOA).
2. National Formulary (NF)
3. Codex Alimentarius Programa Conjunto FAO/OMS Food Chemical Codex
4. British Standards Institution Specification of Cardamom. Ref. 4596
5. Organización Internacional de Unificación de Normas Comité Técnico ISO/TC 54 (OIDUN) 4733-1981

Y bajo los siguientes registros:

CAS (EU)	85940-32-5
EINECS	2888-922-1
CAS (USA)	8000-66-6
FERRA	2241
FDA	182-20
COE	180

Debido al auge que ha tomado la norma ISO, nos basaremos en la reglamentación ISO-4733-1981.

### **1.5.9 Rendimientos**

Una parte importante para tener buenos rendimientos de aceite esencial es el manejo de la materia prima, ya que está se debe moler o reducir de tamaño y desencapsular, cuando sea el caso, momentos antes de su extracción.

#### **Caso A**

Se usa como materia prima únicamente la semilla del cardamomo denominada calidad oro. Se han reportado rendimientos hasta en un 8%, pero usualmente se tiene de 4 a 6% (p/p).

#### **Caso B**

Se utiliza la vaina o cápsula junto con una semilla. Esto es lo que normalmente hace en Guatemala quienes se dedican exclusivamente a la exportación de aceites esenciales, como en el caso del cardamomo, y se han reportado rendimientos de 2 a 4%.

### **Caso C**

Se utiliza únicamente la cáscara (subproducto) como materia prima. Se han reportado rendimientos de 0.1 al 0.2%, tal es el caso en el que se centrará el presente trabajo de investigación.



## 2. METODOLOGÍA

### 2.1 Recursos

#### 2.1.1 Humanos

- Asesor del trabajo de graduación, Ing. Msc. Erwin Manuel Ortíz Castillo.
- Estudiante realizador del trabajo de graduación, German A. Huitz Canastuj.
- Personal que labora en el beneficio de cardamomo.
- Personal de laboratorio de cardamomo, empresa exportadora.

#### 2.1.2 Físico

- Laboratorio de compañía exportadora ubicada en Río Bravo, Suchitepéquez.
- Hojas tamaño carta (papel bond).
- Computadora DELL Pentium III.
- Impresora Canon BJC-1000.
- Agua desmineralizada.

#### 2.1.3 Financieros

- La empresa exportadora en Río Bravo patrocinará los gastos incurridos en los análisis fisicoquímicos.
- Recursos propios del investigador.

## 2.2 Equipo

- Balón de vidrio de 500 mL
- Balón de vidrio de 1000 mL
- Columna de refrigeración
- Manguera de hule
- Varilla de soporte
- Pinzas de soporte
- Canicas (como perlas de ebullición)
- Tubos de ensayo
- Pipetas
- Frascos de vidrio
- Manta de calentamiento con regulador marca Thermoline Type 45500 - 120 Volt - 60 Hz- 15 amperios – 1800 watts
- Balanza marca OHAUS modelo 5200
- Fiel o patrón de 200g M III
- Molino doméstico marca Toastmaster (con capacidad para 57g)
- Trampa de vidrio graduada (denominada Clevenger)

## 2.3 Procedimiento experimental

- **Materia prima**

Se utilizó cáscara de cardamomo seco, que es un subproducto de cardamomo para exportación.

- **Origen de la muestra**

Tomando las Verapaces como universo de la muestra, donde se genera aproximadamente el 95% de toda la producción nacional, (principalmente Cobán) y la planta donde se realizará la investigación recibe 99% (p/p) proveniente de este lugar.

- **Toma y selección de muestra**

Se toma aleatoriamente de sacos de aproximadamente 30 kg c/u, donde normalmente colocan el subproducto las compañías dedicadas a la exportación, aproximadamente de 1 kg, y son colocadas en bolsas de nylon identificadas con fecha y año de cosecha, tomando en cuenta que dicha muestra pertenezca a la cosecha respectiva.

- **Tratamiento previo de la muestra**

Debido a que el aceite esencial está contenido en las células oleíferas del tejido vegetal, es necesario mejorar la extracción aumentando el área de contacto, lo cual se efectuó en la muestra a través de la reducción de tamaño por molienda, utilizando para ello un molino doméstico para evitar pérdida de sustancias aromáticas, puesto que aumenta la intensidad de olor al darles ese tratamiento. Lo que extraeremos durará un máximo de 30 minutos después de la molienda .

- **Obtención del aceite esencial crudo de cáscara de cardamomo**

Se efectuó por medio de arrastre de vapor con reflujo a nivel laboratorio en la Planta Río Bravo, Suchitepéquez, (380 msnm), usando como vehículo agua desmineralizada. Utilizamos este método, ya que la mayoría de aceites esenciales son obtenidos por extracción a base de vapor, y la mezcla de vapores se condensa por enfriamiento externo con agua fría en la que se obtiene un líquido en dos fases, separando el aceite por diferencia de densidad y por no ser miscible con el agua. Luego, por decantación o por pipeta, y hasta donde se pudo investigar, es como se extraen los aceites esenciales en la industria nacional.

#### **Procedimiento a nivel laboratorio**

- Se lleva al laboratorio las muestras y se procede a molerlas. Una a la vez, en un molino doméstico figura 6 (pág.54), utilizado para café durante 3 minutos, a velocidad normal hasta obtener aprox. 80g de producto molido por cada muestra.
- Se arma y se prepara el equipo para la extracción figura 5 (pág. 54).
- Luego se carga 40g en el balón de 1,000 mL y 20g en un balón de 500 mL de materia prima, molida fresca, agregándole agua destilada 300 y 600 mL respectivamente, colocándole 2 canicas de vidrio a cada balón como perla de ebullición. Enseguida se coloca en el equipo correspondiente (manta de calentamiento, balón, columnas de condensación sujetadas a un soporte ). Luego, se procede a calentar y a circular el agua fría en la columna de condensación, colocando un pedazo de algodón clínico en la parte final de la boquilla de la columna para evitar fuga de aceites volátiles, y se procede a calentarlo durante 2 hrs. Después de haber iniciado su ebullición, dejarlo para que se enfríe unos 30 minutos.

- El condensado se recibe en una trampa graduada, denominada Clevenger dando una separación en dos fases: aceitosa y acuosa, la lectura del contenido del aceite se mide en la Trampa Clevenger, figura 4 (pág. 53) de la fase superior, que es menos densa, la cual corresponde al aceite y por diferencia en la lectura graduada se obtiene dicho dato en mL.
- El aceite es extraído de la trampa Clevenger, a través de una pipeta graduada en 0.01 mL, colocada en tubos de ensayo, con sus respectivas tapaderas y rótulos. Se presentan veintitrés corridas dobles de 20 y 40g cada una, para determinar el rendimiento promedio que fue de 1.04% (p/p).

No se anuló ningún dato, ya que la cáscara de cardamomo como subproducto en cada lote tiene diferentes características tales como frescura, color, tiempo de exposición; lo que se refleja en la variación de los mL obtenidos y se calcula de la siguiente manera:

$$\% \text{ p/p} = \frac{\text{mL aceite obtenido}}{\text{g de cáscara de la muestra}} * \frac{0.93 \text{ g aceite}}{1 \text{ mL}} * 100$$

El método de extracción se describe en (pág. 16), y los datos se presentan en la tabla I (pág. 39).

## 2.4 Obtención de parámetros fisicoquímicos

Las características fisicoquímicas se analizaron a través de las muestras de aceite crudo de cáscara de cardamomo, que se obtuvo en laboratorio de la planta exportadora, ubicada en Río Bravo, Suchitepéquez. Fueron enviadas en tubo de ensayo cubiertas con papel aluminio y protegidas contra golpes, a los siguientes laboratorios:

- Laboratorio de Química Industrial del Centro de Investigación de la Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Escuela de Química, Unidad de Análisis Instrumental de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacias, Universidad de San Carlos de Guatemala.

En los cuales se obtuvo:

- Densidad
- Índice de refracción
- Rotación óptica
- Miscibilidad en etanol 70 grados Gay Lussac (70% v/v)
- Valor ácido
- Valor Ester (índice de saponificación )

Todo referido a 20°C y con las especificaciones solicitadas en la Norma ISO 4733 relativas al aceite de cardamomo , se presentan en la tabla II (pág.40). Las muestras analizadas de aceite crudo de cáscara de cardamomo sí cumplen con las referidas especificaciones.

## **2.5 Determinación de componentes químicos del aceite crudo de cáscara de cardamomo**

Para la caracterización de aceite de cáscara de cardamomo, las muestras fueron enviadas a la facultad de Farmacia para análisis de cromatografía. Se compararon principalmente con los siguientes compuestos: 1,8 cineol, a- acetato de terpenilo, ya que representan aproximadamente el 70% (v/v), ambos se utilizan como saborizantes y fragancias, siendo uno de los pocos componentes que se obtienen exclusivamente por aislamiento de aceites esenciales.

Se utilizó un cromatógrafo Perkin Elmer 8,500. con los componentes preliminares con referencia la tabla VI (pág. 63). Luego se realizó una corrida en cromatógrafo con aceite extraído únicamente con la semilla de cardamomo, con el mismo procedimientos indicado en (Pág. 15), para tener una comparación más real y directa del aceite crudo de cáscara de cardamomo.

Posteriormente se realizaron las corridas con aceite de cáscara de cardamomo que se presentan en la tabla III (pág. 41). De esta manera se determinó que el aceite de semilla y el de cáscara de cardamomo son similares. Adjuntamos cromatogramas en figura 1,2 y 3 (pág. 42,43 y 44).

## **2.6 Propuesta para la extracción a escalamiento industrial de aceite crudo de cáscara de cardamomo**

- a. Se realizará en marmitas de acero inoxidable con las siguientes características.
- b. Se debe usar una lámina de 4x8' de 1/16" y aprovechar el máximo de su área para realizar el cilindro y una lámina adicional para el sistema de cierre y otros.
- c. La tapadera y el fondo serán en forma cónica, siendo el fondo fijo y la parte superior movible para poder evacuar la cáscara resultante de la extracción denominado bagazo.
- d. Se debe colocar dicha marmita sobre un soporte tipo bay-ven para que se pueda inclinar y evacuar los residuos más rápidamente (bagazo).
- e. Debe llevar una base en la parte superior de la marmita para colocar un polipasto y levantar la tapadera en forma mecánica de carga y descarga de cáscara.
- f. Se colocará separadores para aprovechar de una mejor manera el vapor que será el vehículo de la extracción de dicho aceite.
- g. El vapor se generará a través de una caldera de fabricación nacional de 25 HP - 100 PSI, y será de aplicación directa a la cáscara en la marmita.
- h. Se debe colocar un regulador de presión a la entrada de vapor para tener control sobre la presión y temperatura en la marmita. Como medida de precaución, se colocará un termómetro en la parte superior y una válvula de seguridad para la marmita, figura 8 (pág. 56).

### **Cálculo de peso por lote de cáscara, colocado en la marmita**

Se debe aprovechar tres cuartos de volumen de la marmita y se puede calcular en base a la densidad de la cáscara.

### **Diseño de intercambiador de calor**

Debe ser en acero inoxidable y, por ser lo más económico, debe utilizarse agua a temperatura ambiente como un medio refrigerante.

### **Trampa de aceite**

Se realizará a través de un sello de agua y se aprovechará la propiedad de que no es miscible con el agua para su separación y obtención del aceite.

### **Sistemas laterales para el tratamiento del aceite**

- a. Se recomienda hacerlo pasar por un filtro prensa para mejorar su apariencia, ya que el aceite puede llevar sólidos en suspensión, y el filtro los eliminaría del aceite. Pero debe observarse primero como sale el producto inicialmente, y a partir de éste se debe valorar la colocación del filtro prensa.
- b. Para disminuir la oxidación, se debe burbujear nitrógeno para evacuar el oxígeno disuelto en el aceite, momentos antes de su almacenamiento.
- c. Se debe almacenar en recipientes herméticos impermeables a la luz y en frío (aprox. 20°C).
- d. Según hemos investigado, es posible utilizar garrafones plásticos y encajetados en madera para su despacho.

## Cálculo del volumen –peso de cada lote a trabajar

Datos aproximados:

- Volumen de la marmita 0.42 m<sup>3</sup>
- Volumen de operación (2/3) 0.28 m<sup>3</sup>
- Densidad de la cáscara de cardamomo 200 kg/m<sup>3</sup>
- Factor de corrección por aumento de volumen de la cáscara (n) 0.80

$$0.28\text{m}^3 \frac{200\text{kg}}{1\text{m}^3} (0.80) = 44.8 \text{ kg aprox. } 44\text{kg/lote}$$

Cálculo de tiempo y movimiento para el manejo del lotes de cáscara a extraerle el aceite.

- Carga de materia prima a las marmitas, cáscara y otros 30 min.
- Tiempo de extracción (propuesto) 120 min.
- Tiempo de descarga del bagazo 30 min.
- Periodo de refacción 30 min.
- Recolección de productos, limpieza y reportes 60 min.
- Tiempo de enfriamiento de marmita para poder manipular 90 min.

Estos tiempos son iniciales, y serán mejorados a medida que se desarrolle destreza.

## Producción de aceite

Para aprovechar los tiempos muertos en la extracción de aceite de la cáscara, debemos tener como mínimo tres marmitas y distribuir los tiempos y movimientos, según diagrama de bloque en figura 9 (pág. 57).

$$3 \text{ turnos} \times \frac{6 \text{ lotes}}{1 \text{ turno}} \times \frac{44 \text{ kg}}{1 \text{ lote}} = 792 \text{ kg de Cáscara a trabajar en 24 hrs.}$$

## Obtención de aceite

$$792 \text{ kg Cáscara} \times \frac{1.04 \text{ kg aceite}}{100 \text{ kg de Cáscara}} \times 0.80 \text{ *aprox.} = 6.6 \text{ kg de Aceite en 24 hrs.}$$

### Nota:

\*Es el valor de eficiencia supuesta en la extracción a nivel industrial con respecto a lo obtenido en el laboratorio.

Estos cálculos son para los meses de alta producción de cáscara y para el área de extracción. Con una persona por turno es posible operarla. Para las otras operaciones, se propone una persona adicional por turno que realizaría las siguientes tareas:

- Molienda de cáscara y transporte de la misma
- Manejo de desechos o bagazo
- Manejo de filtro prensa (si es necesario)
- Burbujear el aceite con nitrógeno
- Almacenar, envasar y despachar producto
- Manejo de marmitas por cualquier emergencia del operador normal

## 2.7 Inversión inicial

<b>Cant.</b>	<b>Descripción</b>	<b>Quetzales</b>
1	Caldera con instalación 25 HP, 100 PSI de fabricación nacional	75,000.00
3	Marmitas de acero inoxidable	30,000.00
3	Condensadores de acero inoxidable	21,000.00
3	Trampas para aceite de acero inoxidable	9,000.00
1	Molino	15,000.00
1	Galera (200 mts2)	75,000.00
	Infraestructura	10,000.00
	Imprevisto	15,000.00
	<b>Total</b>	<b>250,000.00</b>

### **Nota:**

No se incluyó el filtro prensa, ya que éste está en función de producto obtenido para poder valorar su utilización. Tiene un precio aproximadamente de Q48,000.00 (\$6,000).

## 2.8 Mano de obra y otras prestaciones

Sólo nos referiremos a la mano de obra directa, ya que la parte administrativa lo absorberá la empresa exportadora.

### Prestaciones en ley

• Bonificación incentivo laboral	24.37 %
• Séptimo día	16.67
• IGSS e INTECAP (patronal)	12.67
• Indemnización	9.77
• Vacaciones	4.11
• Aguinaldo	8.33
• Bono 14	8.33
• Feriados	3.00
Total	87.25

### Costo mínimo para obtener 1 kg de aceite

• Materia prima	Q 0.00
• Mano de obra	31.82
• Prestaciones en ley	27.76
• Horas extras (turno mixto y nocturno )	5.96 Q 65.54

### Otros

• Combustible (diesel )	Q 100.00
• Energía eléctrica	15.00
• Accesorios y otros	10.00 Q 125.00

Total Q 190.54

Este es el costo mínimo para producir 1 kg de aceite, a partir de la cáscara. Los costos de intereses y pago a capital de la inversión inicial, no se incluyen debido a que están en función de la tasa de interés y el plazo en tiempo de las amortizaciones. Si asumimos un interés del 20 % un plazo de 5 años de un préstamo de Q 250,000.00, tendríamos una amortización aproximada de Q 6,600.00 mensuales. Y si aplicamos 7 a 8 meses de operación, tendríamos 85 Q/kg para el pago de amortización de deudas. A la cáscara se le asignó un valor Q0.00 ya que se utiliza como criterio que es un desecho de la compañía exportadora.

## **2.9 Manejo de bagazo**

Después de obtener aceite esencial de cardamomo de la cáscara, queda un producto de rechazo denominado bagazo, o sea que continúa la cadena del desecho. En el presente trabajo de graduación sólo se dejará planteado su posible solución.

### **A. Como abono orgánico, debido a**

- No acarrea semilla de hierbas, ni larvas de insectos nocivos a la plantación.
- El bagazo húmedo es manejable para el acarreo a las plantaciones.
- El bagazo fresco o semi-descompuesto, actúa primero como cobertura en las plantaciones, principalmente en la época seca, y con ello evita la desecación de los suelos y la salida de las plantas no deseadas (monte).
- La velocidad de descomposición en húmedo es mayor que en seco.
- Es un abono orgánico, que cada día tiene más aceptación.

### **Inconvenientes**

1. Costo de almacenamiento y transporte a la plantación.
2. Los nutrientes contenidos en el bagazo están disponibles a la planta a un largo periodo (mínimo, un año).
3. La concentración de nutrientes es bajo, comparado con volúmenes de abonos preparados.

## **B. Como combustible**

La industria azucarera utiliza el bagazo de caña para la producción de energía eléctrica, se puede pensar en algo similar, por ejemplo, como combustible en la caldera.

### **Inconveniente**

Hay que secarlo y empacarlo mecánicamente (secadoras y empacadoras), para su preservación y almacenamiento.

## **C. Para alimentación animal**

- La riqueza nutritiva del bagazo es baja, pero puede servir como vehículo o material de relleno, combinándolo con melaza, harina de algodón, etc. Obteniéndose volúmenes requeridos, por ejemplo, para el ganado vacuno.
- Alimento para lombricultura (coqueta roja), lombrices que producen abono orgánico.

### 3. CONSIDERACIONES

Aproximadamente, del 2 al 4% (p/p) de la materia prima de cardamomo para exportación es cáscara. A ésta se le denomina subproducto, o rechazo. Guatemala exporta 17.8 millones de kilogramos anuales, promedio aproximadamente, tabla IX (pág. 66).

Este subproducto sería de beneficio, tanto para la empresa exportadora como para el país y se puede aprovechar. Ante ello, se propone utilizar esta materia prima para la obtención de aceite esencial de la cáscara de cardamomo, cuyo producto es de exportación. Además, se puede generar empleo y divisas para el país. Sin embargo, para que esto se pueda llevar a cabo, se necesita conocer algunos parámetros de medición, entre ellos, la calidad y el rendimiento.

Por lo anterior, consideramos importante conocer las características fisicoquímicas del producto, relacionadas con la extracción de aceite, por arrastre de vapor del subproducto y, por esta razón, nos referimos al nivel del laboratorio únicamente.

Sólo se establecerá la región de las Verapaces, como procedencia de las muestras, porque es la región de toda Guatemala donde se producen el 95% y la (s) variedad (es) no se puede determinar, principalmente porque es un subproducto.



## **4. ACEITE DE CARDAMOMO**

El cardamomo (*Elettaria cardamomum*) es una especie muy antigua y la primera constancia escrita figura entre los 1800 medicamentos enumerados por el famoso Ebers Papyrus, descubierta en Egipto, que data del año 1550 a.C. y la extracción de aceite esencial de cardamomo es descrita en el reporte de Valerius Cordoux que data de 1544. Esta planta es originaria de la India y se dice que fue introducida a Guatemala en el año 1910, por don Oscar Majaus, a la finca Chinasuyub, en el municipio de Cobán, departamento de Alta Verapaz. Su clasificación botánica está en tabla IV (pág. 61) según croquis. La composición química aproximada de aceite esencial del cardamomo, tabla VI (pág. 63) está dada por el Instituto de Investigación Tecnológica de Alimentos de la India, también se cuenta con el dictamen del Comité 150 Ref. ISO 4733-1981 para la estandarización fisicoquímica ISO, por sus siglas en inglés, Organización Internacional para la Estandarización.

Hasta donde se pudo investigar, no se ha publicado ningún sucedáneo sintético de este aceite, ya sea por secreto industrial o falta de actualización.

### **4.1 Usos del aceite esencial de cardamomo**

#### **Perfumería**

Donde compite con aceites simulados obtenidos por síntesis de los principales ingredientes 1,8-Cineol,  $\alpha$ -Acetato de Terpinilo, Terpeneol, Borneol y Terpenos, que se pueden obtener a precios muy competitivos.

#### **Licores**

Actualmente, la Industria Licorera Quezalteca ha elaborado un licor con sabor a cardamomo para exportación.

## **Aromatizantes**

En la industria del tabaco para cigarrillos, velas, como enmascarante de algunos malos olores como el aliento, en enjuagues bucales.

## **Farmacéuticos**

Como adorzante de drogas y en la fabricación de medicamentos estimulantes de las funciones gastrointestinales, también se le atribuye virtudes afrodisíacas.

## **Confitería**

En nuestro país se consume para la fabricación de dulces y gomas de mascar.

## **Repostería**

Se usa en los países escandinavos, para la fabricación de pasteles tradicionales.

## **Embutidos**

Para sazonar curtidos y salsas de carnes.

Los principales proveedores de los mercados son la India y Guatemala, y en menor cantidad, Sri Lanka, pero una parte importante de toda la producción de este aceite se realiza en los países consumidores donde se extrae de la semilla de cardamomo importada, que comúnmente se le llama oro. Inclusive, son las mismas empresas que en algunos casos nos compran aceite y lo emplean en su propio equipo para refinarlo o redestilarlo.

Guatemala es el mayor exportador a nivel mundial y el segundo en producción, después de la India, con aproximadamente 17.8 millones de kilogramos en promedio anual de exportación del cardamomo pergamino y cardamomo oro, según el Banco de Guatemala.

Datos exclusivos de aceite de cardamomo no se pudo encontrar, por lo que mostraremos la exportación de aceites esenciales, publicados por la revista Guatemala, en cifras, edición 1999, tabla X (pág. 67). Los países de mayor consumo son Estados Unidos, Canadá, Japón, Alemania, Francia, Italia, Holanda, Suiza, Suecia, Finlandia y Reino Unido. Pero alguno de esos países compran únicamente aceite refinado, que es de re-exportación, en el cual Guatemala tiene acceso limitado por su calidad, cantidad y precio que no es constante. Por lo anterior, básicamente Guatemala vende contra muestra, utilizando los canales comunes de comercialización. figura 7( pág. 55).



## 5. RESULTADOS

A nivel laboratorio y en la planta exportadora de cardamomo, ubicada en Río Bravo Suchitepéquez, se extrajo aceite crudo de cáscara de cardamomo, obteniéndose un contenido promedio de 1.04 % (p/p) en cuarenta y seis corridas, por el método de arrastre de vapor, con muestras molidas y reflujo, que se consignan en la tabla I (pág. 39).

Respecto a los valores fisicoquímicos obtenidos en laboratorio de la facultad de Farmacia e Ingeniería, se detallan en la tabla II (pág. 40) y se compararon con los requeridos según norma ISO 4733, los cuales están dentro de los rangos aceptables.

Para la caracterización de los componentes químicos del aceite crudo de la cáscara de cardamomo, se utilizó el método de cromatografía gas-gas y se procedió de la siguiente manera:

- Para tener una comparación directa, se extrajo muestras de aceite de la semilla de cardamomo, a nivel laboratorio con el mismo procedimiento descrito en (pág. 15) luego, se analizó a través de cromatografía.
- Se procedió a analizar el aceite obtenido de la cáscara, a nivel laboratorio, también por cromatografía.

Ambos resultados se presentan en la tabla III (pág. 41) con sus respectivos tiempos de residencia y en la que se determinó que los perfiles cromatográficos son similares, como se puede apreciar en los cromatogramas de las figuras 1,2, y 3 (pág.42,43 y 44).

El costo de producir un kg de aceite esencial crudo de cardamomo, por arrastre de vapor a partir de la cáscara, es de aproximadamente Q190.54, sin incluir gastos de administración, inversión, materia prima, transporte y alquiler de local.

Ya que se trabajó bajo la perspectiva de que se establecería como parte de las operaciones de la compañía exportadora y como, teóricamente, la cáscara es un subproducto de desecho, se le asigna un valor de Q 0.00. Y la inversión inicial para esta operación es de Q250,000.00, la cual se estaría recuperando en cinco años, que básicamente dependerá de la venta y precio obtenido en la transacción de dicho aceite.

## **5.1 Discusión de resultados**

En la extracción de aceite esencial crudo de cáscara de cardamomo por arrastre de vapor a nivel laboratorio, se obtuvo un rendimiento de 1.04%, que es superior a los valores planteados en la hipótesis de (pág. XI), 0.1 a 0.2 %. De los mililitros obtenidos se reportan también como % (p/p). Se utilizó una densidad de 0.93 g/mL, la cual fue determinada en el laboratorio.

Se considera que este valor es aceptable, ya que fue tomado de veintitrés extracciones de 20 y 40 g respectivamente, que suman cuarenta y seis pruebas, y las variaciones de volumen de aceite extraído se debe principalmente a que las características físicas de la cáscara no son uniformes en color, frescura, y otros.

Los resultados fisicoquímicos del aceite esencial crudo de cáscara de cardamomo, en lo que respecta a las especificaciones de ISO 4733, sí cumplen con todos los parámetros, lo que confirma que el aceite extraído de la cáscara corresponde al aceite esencial de cardamomo y como tal, se puede ofrecer bajo este rubro sin ningún problema.

Para la caracterización de los componentes del aceite esencial crudo de cáscara de cardamomo, se tomó como punto de partida los datos de la tabla VI (pág.63). Pero estos datos son sobre una investigación de cardamomo en la India. Y para tener una referencia directa de nuestro producto, se realizó una extracción de aceite exclusivamente de la semilla de cardamomo y se analizó a través de cromatografías, para utilizarlo como referencia de los datos obtenidos del aceite de cáscara de cardamomo, por el mismo método cromatográfico.

En base a lo anterior, se puede afirmar que los mismos componentes químicos están presentes en ambos aceites y lo que difiere únicamente son los porcentajes. Así con respecto a Cineol en el aceite de semilla es 36.92 % (v/v) y en el aceite de cáscara está alrededor de 26.8 % (v/v) teniendo una diferencia aproximada de 10 %. Con respecto al acetato de terpenilo, el aceite de cáscara tiene un 5 % de más que el aceite de semilla, pero como ya se mencionó, normalmente se vende el aceite contra muestra, lo que con este sistema se persigue conocer las exigencias del cliente y los precios de oferta.

En la parte industrial, la inversión inicial mínima es alrededor de Q250,000.00, que sería uno de los principales obstáculos, pero se considera que esta inversión puede ser recuperada en un plazo no mayor de cinco años. Con una producción de 6.6 kg por día y un promedio de 7 meses por año, se tendrá alrededor de 924 kg de aceite al año. Si se utiliza un criterio de Q190.00 por kg en costo fijo, más Q85.00 por kg como parte de amortización de inversión, se tendrá Q375.00 por kilogramo como costo mínimo aproximado, es decir \$ 47 por kg. Considerado este precio como punto inicial, sí es competitivo en el mercado internacional, por lo que llevar a cabo la extracción de aceite a partir de la cáscara de cardamomo a escala industrial, sí se justifica económicamente para la empresa exportadora de cardamomo, aunque no es

muy atractivo para una empresa que se dedique a esta actividad en forma independiente, debido a los siguientes aspectos:

- La materia prima no va a tener un precio de Q0.00 por kilogramo
- Alquiler del local
- Transporte de materia prima
- La producción es estacionaria (de 07 a 08 meses por año)
- Gastos administrativos, y otros

**TABLA I**

Rendimientos de extracción de aceite esencial crudo de cáscara de cardamomo, a nivel laboratorio con muestras de 20 y 40 g en cada corrida realizada en el laboratorio de la planta Río Bravo.

No.	20g Cáscara		40g Cáscara	
	mL	% (p/p)	mL	% (p/p)
1	0.2	0.93	0.3	0.70
2	0.4	1.86	0.2	0.47
3	0.3	1.40	0.4	0.93
4	0.1	0.47	0.2	0.47
5	0.2	0.93	0.3	0.70
6	0.4	1.86	0.3	0.70
7	0.2	0.93	0.3	0.70
8	0.2	0.93	0.5	1.16
9	0.3	1.40	0.5	1.16
10	0.2	0.93	0.5	1.16
11	0.3	1.40	0.5	1.16
12	0.3	1.40	0.4	0.93
13	0.4	1.86	0.3	0.70
14	0.4	1.86	0.4	0.93
15	0.4	1.86	0.4	0.93
16	0.4	1.86	0.4	0.93
17	0.5	2.33	0.4	0.93
18	0.3	1.40	0.3	0.70
19	0.4	1.86	0.5	1.16
20	0.3	1.40	0.4	0.93
21	0.4	1.86	0.4	0.93
22	0.4	1.86	0.5	1.16
23	0.3	1.40	0.4	0.93

Promedio: 1.04% (p/p)

## TABLA II

### Características fisicoquímicas

Datos obtenidos en facultad de Farmacia de la USAC para muestras de aceite de cáscara de cardamomo.

	Requerimientos ISO 4733	Reg. 307068	Reg. 307067
Densidad relativa 20/20 °C	Min. 0.919 Máx. 0.936	0.9362	0.9354
Índice de refracción	Min. 1.462 Máx. 1.468	1.4663	1.4633
Rotación óptica	+ 22° + 41°	+ 33.44°	+ 34.14°
Miscibilidad en etanol 70% v/v 20°C (solución clara)	1 vol. Aceite normal de 2 a 5 vol. Etanol	3.85	4.05
Índice de acidez	Máx. 6	1.22	1.32
Índice de ester (ó saponificación)	Min. 92 Máx. 150	138	134

(1) Xg aceite/100 mL alcohol a 1 vol. Aceite en X vol. Alcohol

(2) X mg KOH/g aceite a 1g aceite en mg KOH

(3) Se realizó en la facultad de Ingeniería

### TABLA III

#### Componentes químicos y comparación de semilla y cáscara

Datos cromatográficos de aceite esencial crudo de semilla y cáscara de cardamomo, realizados en la facultad de Farmacia, Unidad de Análisis Instrumental.

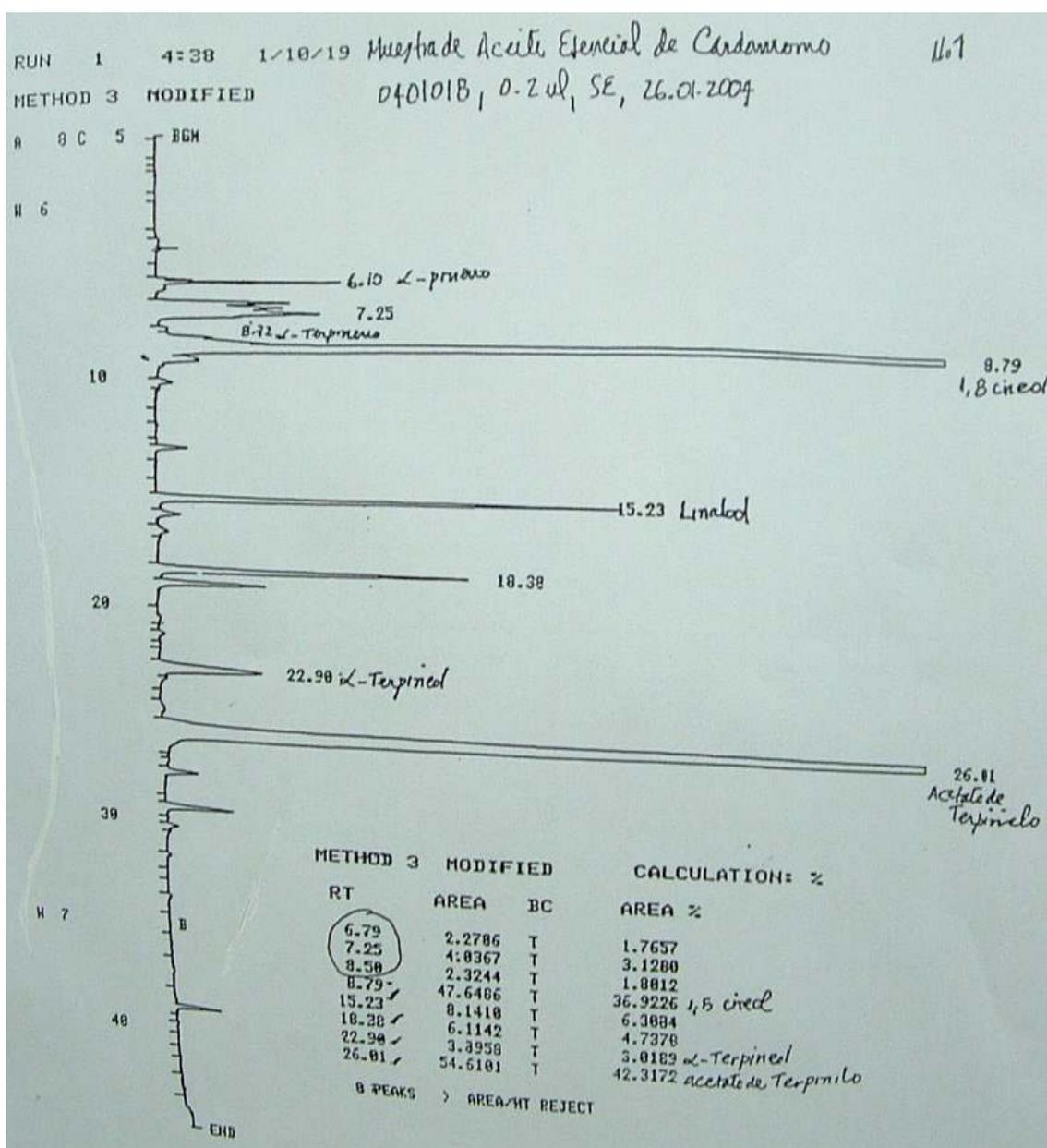
COMPUESTO	Aceite de semilla Reg. 0401018		Aceite de cáscara Reg. 0401019		Aceite de cáscara Reg. 401020	
	%	T.R.	%	T.R.	%	T.R.
Alfa-pineno	<1	6.10	1.06	6.10	1.52	6.14
Alfa-terpineno	<1	8.72	1.64	8.72	1.52	8.72
1.8 Cineol	36.92	8.79	26.86	9.02	26.8	9.02
Lina Lool	6.31	15.23	5.64	15.60	5.57	15.60
Alfa-terpineol	3.02	22.90	3.23	23.42	3.03	23.41
Acetato de terpenilo	42.32	26.01	46.56	26.26	47.28	26.21

COMPUESTO	Aceite de cáscara Reg. 0406356		Aceite de cáscara Reg. 0406357		Aceite de cáscara Reg. 0406358	
	%	T.R.	%	T.R.	%	T.R.
Alfa-pineno	1.2	3.5	<1	3.40	<1	3.30
Alfa-terpineno	1.4	4.93	1.9	5.09	1.3	4.71
1.8 Cineol	28.1	5.25	27.1	5.40	26.0	4.97
Lina Lool	5.2	9.87	5.3	9.91	5.0	9.42
Alfa-terpineol	2.4	15.88	3.0	15.79	2.9	15.20
Acetato de terpenilo	48.0	18.72	47.1	19.19	49.5	18.01

T.R.= Tiempo de residencia

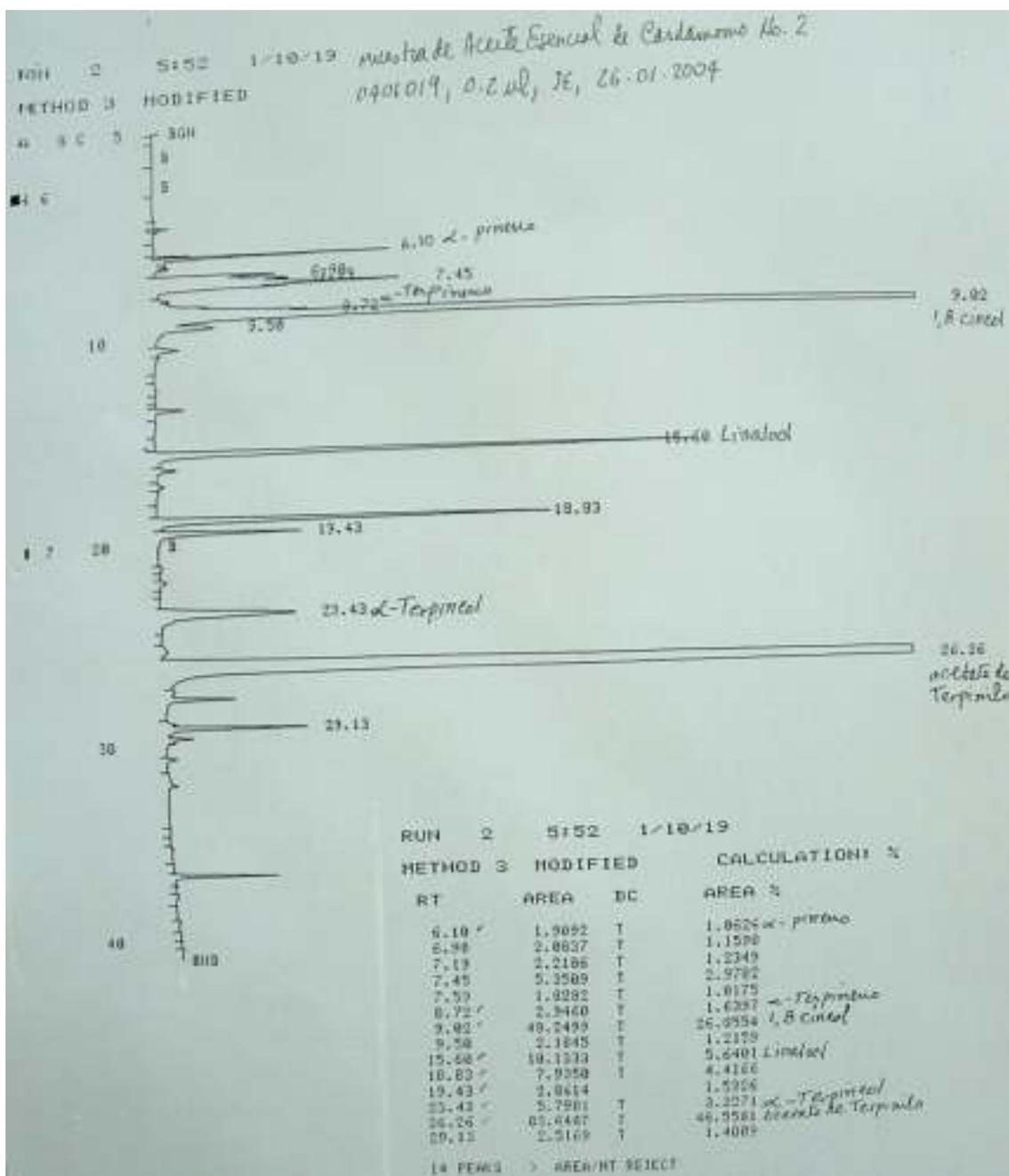
# FIGURA 1

## CROMATOGRAMA DE ACEITE ESENCIAL CRUDO DE SEMILLA DE CARDAMOMO



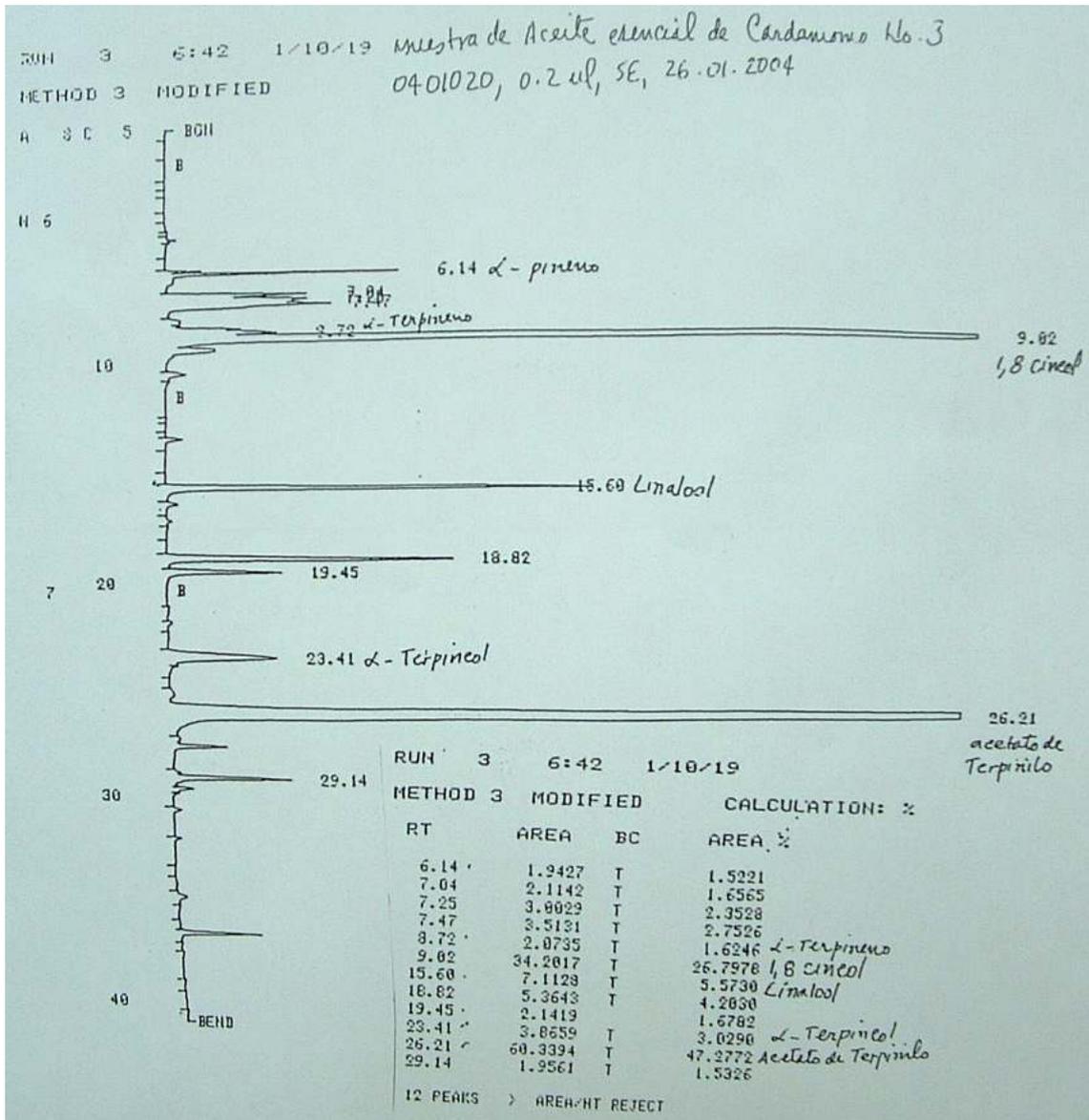
## FIGURA 2

### CROMATOGRAMA DE ACEITE ESENCIAL CRUDO DE CÁSCARA DE CARDAMOMO I



**FIGURA 3**

**CROMATOGRAMA DE ACEITE ESENCIAL CRUDO DE CÁSCARA DE CARDAMOMO II**



## CONCLUSIONES

A nivel laboratorio, se obtuvo rendimiento del 1.04% (p/p) de aceite crudo de cáscara de cardamomo, con el método de extracción por arrastre de vapor.

De las propiedades fisicoquímicas, densidad, índice de refracción, rotación óptica, miscibilidad en etanol al 70%, índice de acidez e índice de ester, determinados en el laboratorio por las muestras de aceite crudo de cáscara de cardamomo, están dentro de los requerimientos especificados en la norma ISO 4733.

Los componentes químicos, determinados a través de cromatografía gas-gas, del aceite crudo de semilla y del aceite crudo de cáscara de cardamomo, se encontraron los mismos; lo que varió fueron los porcentajes, pero, básicamente, ambos aceites son similares en lo que respecta a sus componentes químicos.

Para una empresa exportadora de cardamomo ya establecida, sí es factible económicamente la extracción de aceite crudo de cáscara de cardamomo, a nivel industrial, con una inversión inicial mínima de Q. 250 mil y un costo fijo de 190 Q/kg y con la carga de inversión tendría un costo total aproximado de 275 Q/kg de aceite, con una recuperación de cinco años.



## RECOMENDACIONES

1. A pesar de obtener provecho la extracción de aceite crudo de cáscara de cardamomo, el desecho continua. Se deja la inquietud a futuros trabajos el de investigar sobre su utilización como alimento animal de bovinos o de coqueta roja, abono orgánico, combustible, u otros.
2. El aceite crudo de cáscara de cardamomo tiene aproximadamente 10% menos de 1.8 cineol y 5% más de acetato de terpenilo, por lo que en una próxima investigación se determinaría el grado de incidencia sobre la calidad o precio de dicho aceite.



## BIBLIOGRAFÍA

1. Alvarado, Oscar Ovando. **El cultivo de cardamomo. Análisis de la situación actual.** Banco Nacional de Costa Rica, San José Costa Rica, 1986.
2. Alpide, José Luis. **El Cardamomo a fuego lento.com**  
[www.koldoroyo.es/noticias/20/mmas/alpide/ss/](http://www.koldoroyo.es/noticias/20/mmas/alpide/ss/).
3. Banco de Guatemala, **Departamento de Estadísticas Económicas.** Inciso Arancelario 09083020 Cardamomos Marzo, 1998 y sección estadísticas cambiarias, 2003.
4. Cano Alvarado, Manuel Francisco. **El cultivo de cardamomo. Laboratorio de Parasitología Departamento de Sanidad Vegetal.** DIGESA, Ministerio de Agricultura, Guatemala 1981.
5. Centro de Comercio Internacional UNCTAD-GATT, **Los mercados de algunos aceites esenciales y oleoresinas.** Ginebra, Suiza, 1974.
6. Cisneros Ortiz, Ricardo. Destilación Industrial del Aceite de Citronela. Tesis Ing. Química Guatemala, universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1988.
7. De LEÓN, Carlos A. **Cultivo y comercialización del cardamomo.** Instituto Centro Americano de Administración de Empresas INCAE, Managua, Nicaragua, 1980.
8. Globa InfoGroup **En Cifras** Guatemala volumen 1 número 1. Edición, 1999.

9. Instituto de agricultura, recursos naturales y ambiente IARNA. **Programa de fortalecimiento académico de las sedes regionales (PROFASR) 1994 “Manual para el cultivo de cardamomo”**. Universidad Rafael Landívar, Guatemala. Radio NEDERLAND TRAINING CENTRE (pág. 4-5-6 y 7).
10. International Standard, Descriptors, **Essential oils, Cardamomo, materials specifications**. Ref. No. ISO 4733-1981.
11. J.O. Swahn, **The lore of spices their history and use around the world, has been originated, designed and produced by AB Nordbok**. Gorhenburg, Sweden, New York, 1991.
12. R. Hardman. **Spices And Herbs: Their families secretory tissues and pharma centical aspects**. Reader in Pharmacognosy, University of Bath, England.
13. R.O.B. Wijesekera and A.L. **Jaya wardena Recent developments in the production of spice and their essential oils in Ceylon, Section of Natural Products, CISIR**. Colombo, Ceylon.
14. ROSEKARTEN, F. **The book of spices, publishing Company Wynne Wood**. Pennsylvania, Usa, 1969.
15. Ruiz Valenzuela, Vivianne Patricia Evaluación del rendimiento de extracción de aceite esencial de cardamomo a partir de semilla de Elettaria Cardamomum de tres calidades distintas cultivadas en el departamento de Suchitepéquez. Tesis Ing. Química Guatemala, universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2002.
16. Tropical Products Institute, **Conference Proceedings Spices Held at the London School of Pharmacy Bronswich**. Square London WC in Tax 10<sup>th</sup> 14<sup>th</sup> April 1972 56/62 Gray’s in Road London WC1X8LU, 1973.

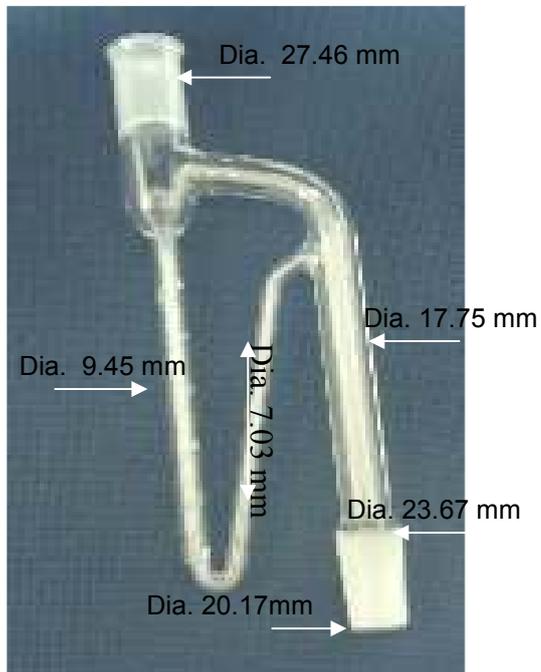
17. Villalobos Flores, Roberto. **Análisis del mercado de cardamomo**. Ministerio de Agricultura y Ganadería No.2-87, San José Costa Rica, 1987.
18. W. Purseglove. **Tropical Crops** vol 2 Longman Group Limited. London 1972.
19. Y.S. Lewis. **The importance of selecting the proper variety of a spice for oil and oleoresin extraction**. Central Food Technological Research Institute, India 1972.



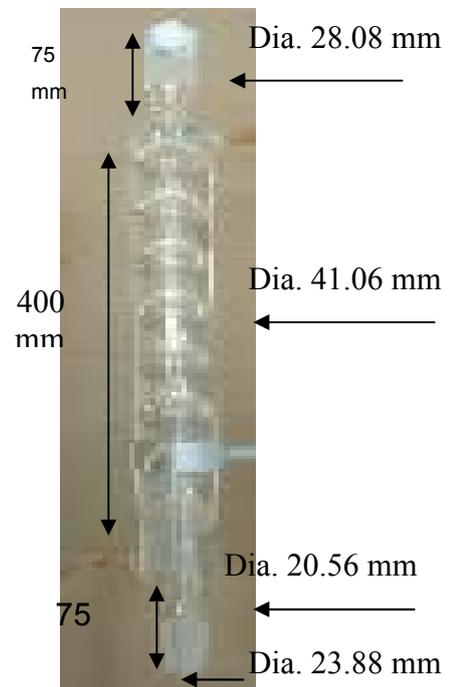
## APÉNDICES Y ANEXOS

FIGURA 4

TRAMPA CLEVENGER KIMAX 24/40 5 ml



COLUMNA DE CONDENSACIÓN



**FIGURA 5**

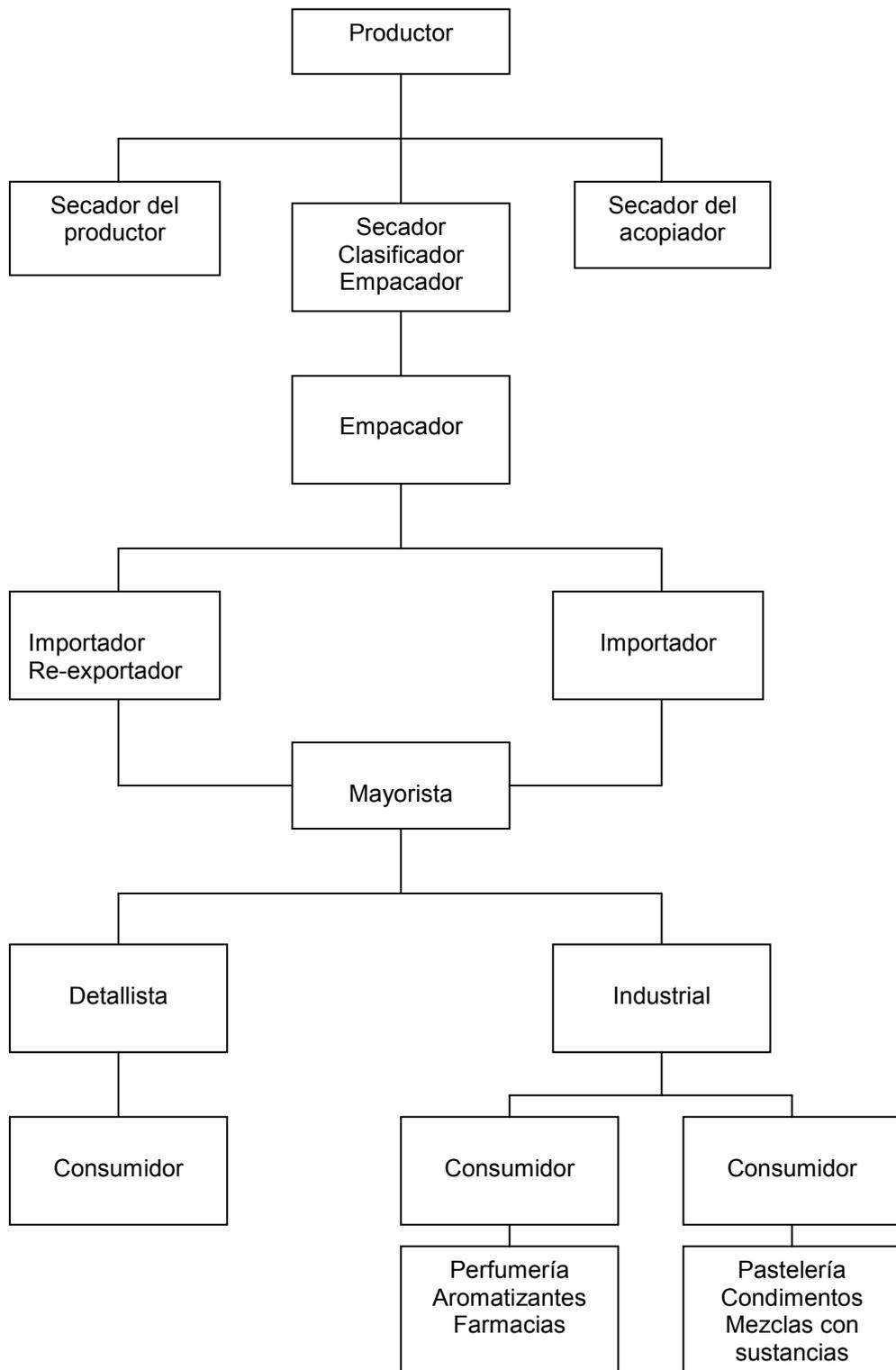


**FIGURA 6**



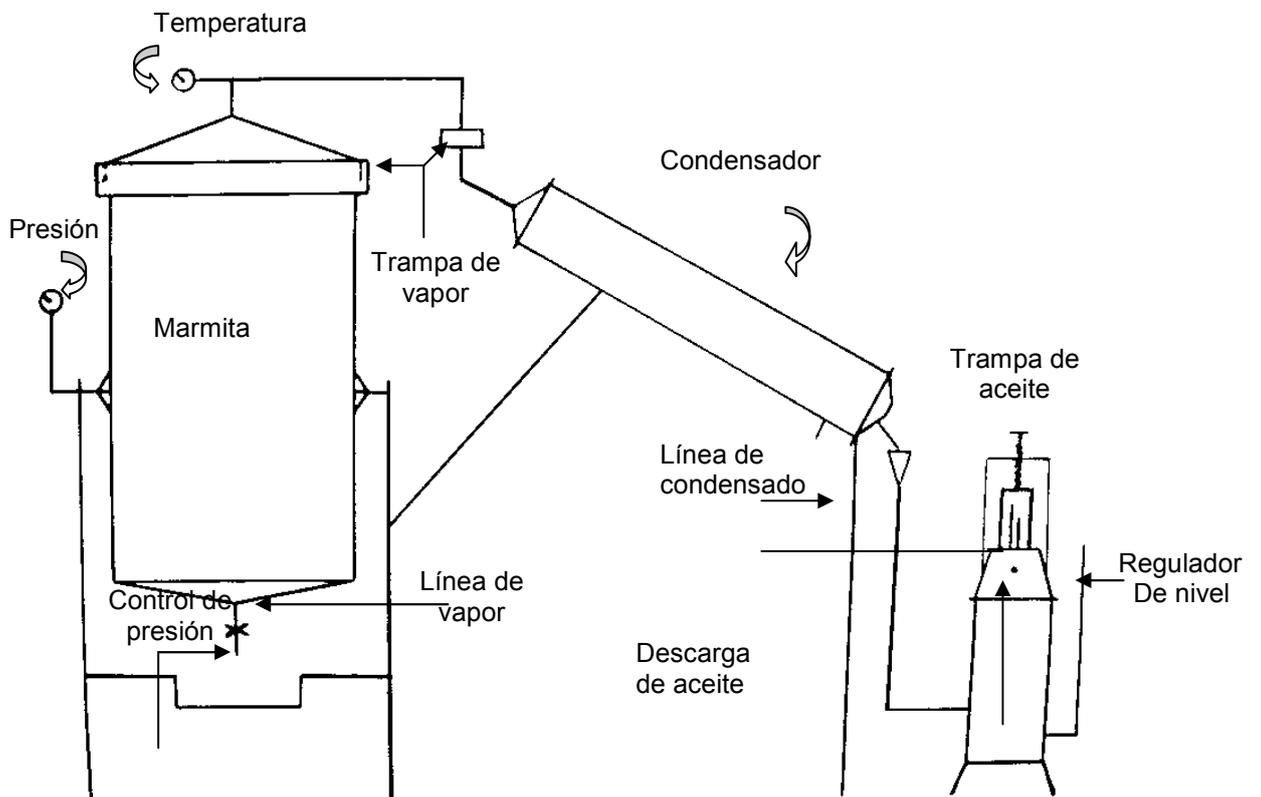
**FIGURA 7**

**CANALES DE COMERCIALIZACIÓN**



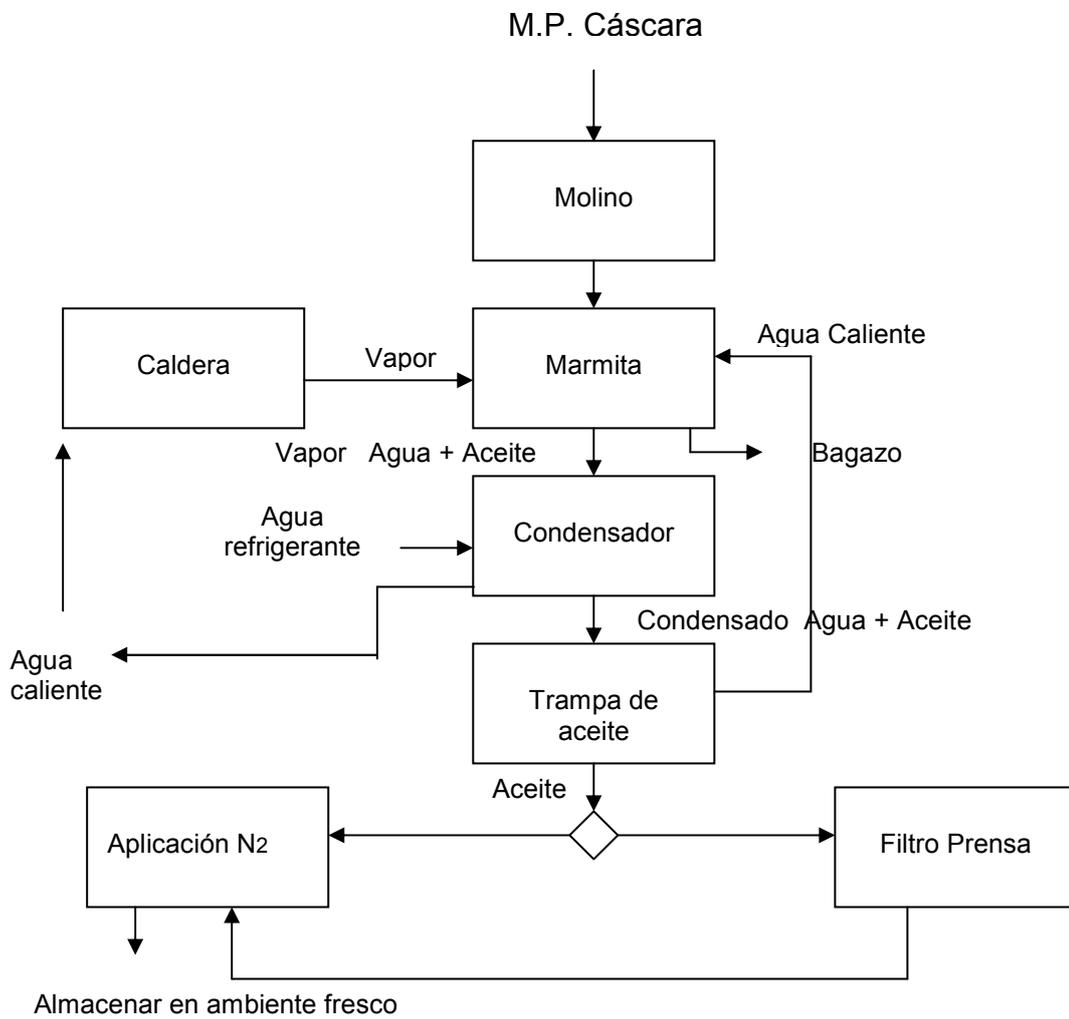
**FIGURA 8**

Diagrama de instalación de equipo para extracción de aceite crudo de cáscara de cardamomo, a nivel industrial



**FIGURA 9**

Diagrama de bloque para la extracción de aceite crudo de cáscara de cardamomo, a nivel industrial



## FIGURA 10

### CARDAMOM *Elettaria cardamomum* Maton



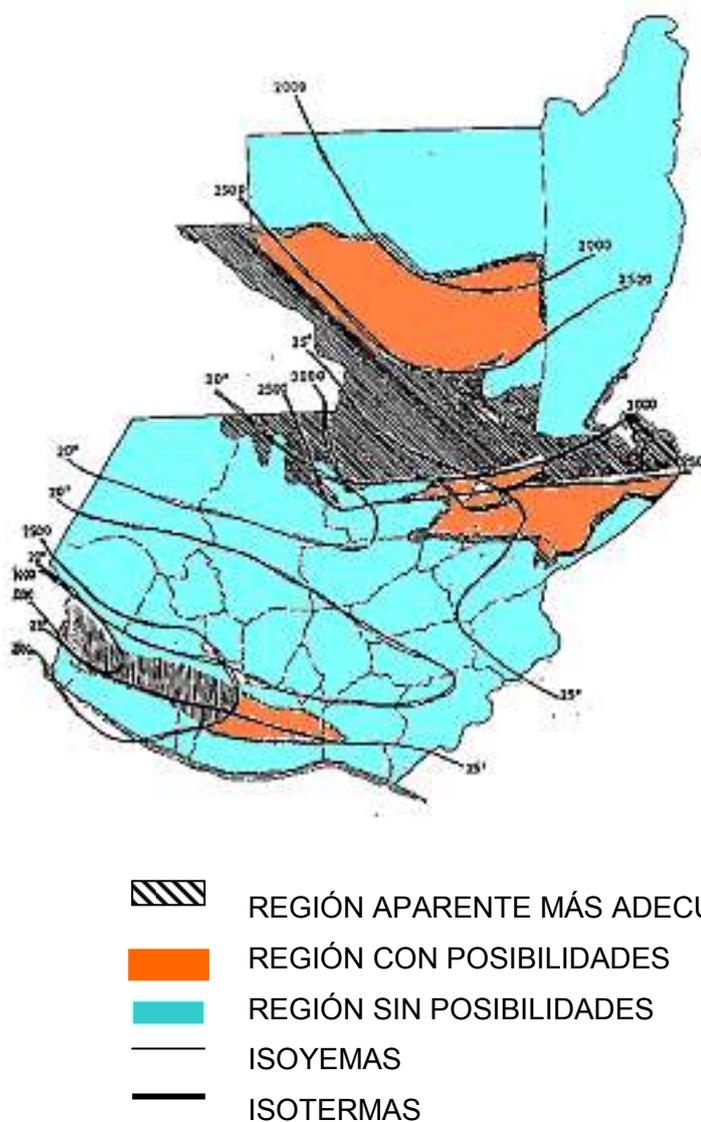
Rosergarten, F. *The book of spices*, publishing company Wynne Wood, Pennsylvania, USA 1969

#### A. Hoja

- |  |                                     |
|--|-------------------------------------|
| 1. Flor                                | 6. Sección transversal              |
| 2. Sección vertical de la flor         | 7,8,9. Varias vistas del ovario     |
| 3. Estambres, frente y vistas del lado | 10. Sección Transversal de la fruta |
| 4. Pistilo con porción del embrión     | 11,12,13. Semillas (oro)            |
| 5. Sección vertical del ovario         | 14. Sección vertical de la semilla  |

### FIGURA 11

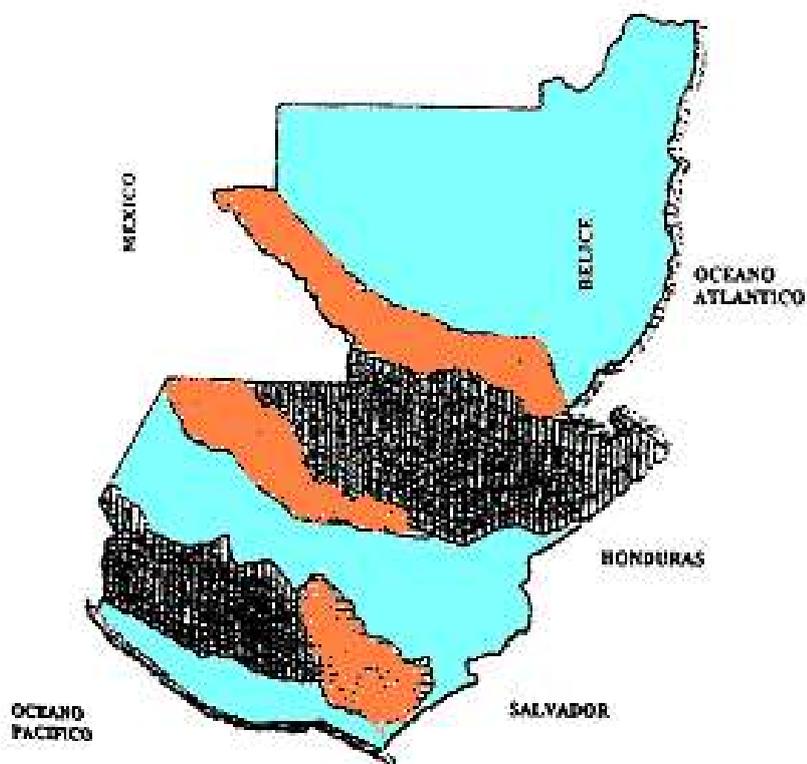
#### Regiones aptas para el cultivo de cardamomo en Guatemala



Tomado de GARZA. H.A. **Respuesta del cardamomo (*Elettaria Cardamomum*) a la Fertilización bajo condiciones de campo en la finca Armenia San Marcos, Guatemala.** Tesis Grad. Fac. Agronomía, 1978.

**FIGURA 12**

Regiones aptas para el cultivo de cardamomo en Guatemala



MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA



APTAS PARA EL CULTIVO



MENOS APTAS PARA EL CULTIVO



SIN POSIBILIDADES PARA EL CULTIVO

## TABLA IV

### GENERALIDADES

#### Descripción botánica

Según croquis (1) la clasificación botánica del cardamomo es la siguiente:

DIVISIÓN:	TRACHEOPHYTA
SUB-DIVISIÓN	MAGNOLEOPHYTA (angiospermae)
CLASE:	LILIATAE (monocotiledónea)
SUB-CLASE:	COMMELINIDAE
ORDEN:	ZINGIBERALES
FAMILIA:	ZINGIBERACEAS
GÉNERO:	ELETTARIA
ESPECIE:	CARDAMOMUM

## TABLA V

### Principales variedades de cardamomo cultivadas en el mundo

#### 1) *Elettaria cardamomum*

Variedades:

- minúscula burkill
- mejor thwaites

Nombre común:

- Cardamomo Malabar y Mysore
- Cardamomo de Ceylan

#### 2) *Aframomum cardamomum*

Variedades:

- *afmomum melegueta*
- *afmomum augustifolium*
- *afmomum koromina*
- *afmomum hamburyi*

Nombre común:

- Malagueta
- Cardamomo de Madagascar
- Cardamomo de Etiopía
- Cardamomo de Camerún

#### 3) *Amomum cardamomum*

Variedades:

- *amomum kepulaga*
- *amomum sulatum*

Nombre común:

- *amomum aromticum*

- Cardamomo Redondo
- Cardamomo de Nepal
- Cardamomo de Bengala o Indochina

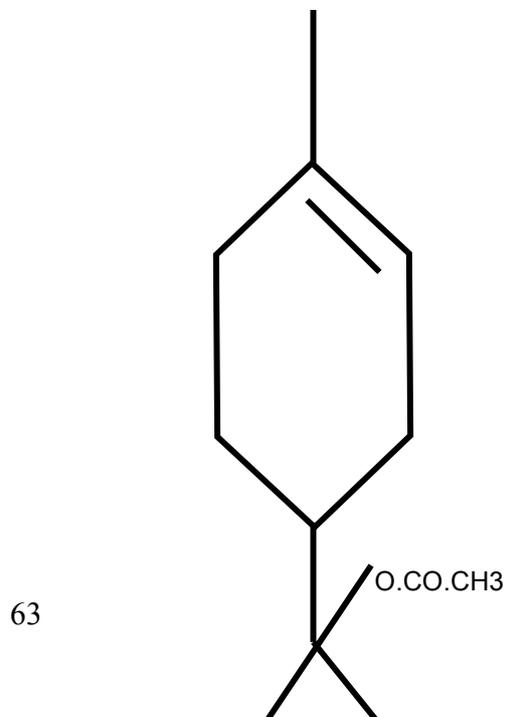
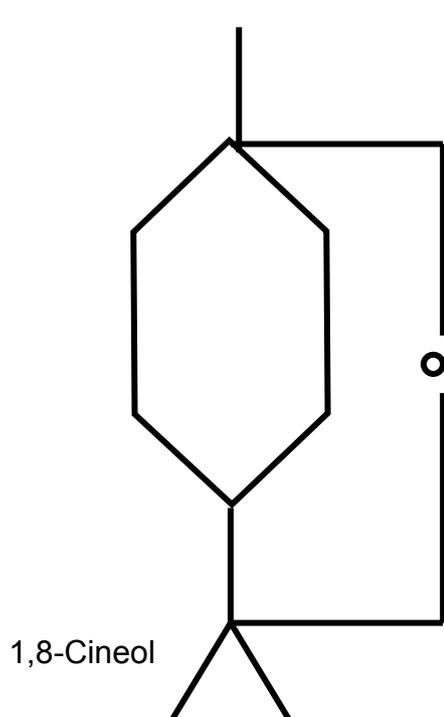
Fuente: **Banco de Guatemala, informe económico Abril-Septiembre 1979.** 2 y 3 denominados falsos cardamomos.

**TABLA VI**

**COMPOSICIÓN APROXIMADA DEL ACEITE DE CARDAMOMO**

CONSTITUYENTES	MYSORE	MALABAR	CEYLON
Hidrocarbones	7.7	7.9	61.3
<i>1,8-Cineol</i>	41.0	26.5	3.3
<i>a-Acetato de terpenilo</i>	30.0	34.5	0.1
<i>Linalool</i>	0.4	3.7	3.7
<i>Acetato de Linalilo</i>	1.6	7.7	0.3
<i>Nerol</i>	1.4	0.6	0.8
<i>Garaniol</i>	0.7	0.7	0.3
<i>Otros</i>	17.2	18.4	30.2

Instituto Tecnológico de Investigación del Centro de Alimentos de la India



**ACEITE DE CARDAMOMO ISO 4733-1981**

**3. Definición aceite de cardamomo**

El aceite obtenido por destilación con vapor de la fruta de *Elettaria cardamomo*, (Linnaeus) Maton; var. *Minúscula* Burkill

**4. Requerimientos**

- 4.1 Apariencia:           Líquida
- 4.2 Color:                Casi sin color hacia amarillo
- 4.3 Olor:    Característico, condimentos, alcanforado
- 4.4 Densidad relativa a 20/20 °C :   Mínimo: 0.919   Máximo: 0.93
- 4.5 Índice de refracción 20 °C    Mínimo: 1,462   Máximo: 1,468
- 4.6 Rotación Óptica 20 °C   Rango + 22° a + 41°
- 4.7 Miscibilidad en 70% (v/v) en etanol 20 °C  
1 volumen del aceite no requerirá más de 2 a 5 volúmenes de 2 a 5 volúmenes de 70% (v/v) etanol a 20 °C Para dar una solución clara
- 4.8 Valor ácido    Máximo: 6

4.9 Valor de ester Mínimo: 92 Máximo: 150

4.10 Contenido de cineol , será completado después

## TABLA VIII

### CUADRO DE REQUERIMIENTOS PARA CARDAMOMO

CARACTERÍSTICAS	REQUISITOS
% de humedad (m/m), máxima	13.0
Aceites volátiles, % mL/100g	4.0
% de ceniza total (m/m) (base seca)	9.2

**Fuente:** ISO Recommendation R-882 Spice and condiments

**NOTA:** La determinación de humedad y ceniza es sobre toda la cápsula.

**Aceites volátiles:** Únicamente sobre la semilla.

## TABLA IX

DATOS ANUALES DE EXPORTACIONES DE CARDAMOMO FOB  
GUATEMALA, 1994 AL 2003

AÑO	kg	\$	\$/kg
1994	13,292,803	42,332,477	3.18
1995	13,922,608	40,744,149	2.93
1996	21,554,851	39,385,077	1.83
1997	21,405,283	37,971,007	1.77
1998	17,441,743	36,713,697	2.10
1999	13,235,694	56,547,482	4.27
2000	14,347,739	79,443,297	5.54
2001	15,062,100	96,093,900	6.38
2002	19,157,900	93,293,600	4.87
2003	28,590,800	78,865,400	2.76

Banco de Guatemala departamento de Estadísticas Económicas, inciso arancelario  
09083020 cardamomo.

**TABLA X**

	AÑO	VALOR	%	
Exportaciones FOB de como producto no del mundo, 1987 al (US), exclusivo	1985	1.6	1.02	aceites esenciales tradicional al resto 2003 en millón \$ Guatemala.
	1986	1.5	1.18	
	1987	1.7	0.99	
	1988	2.4	1.21	
	1989	2.6	1.16	
	1990	1.3	0.51	
	1991	1.6	0.53	
	1992	1.1	0.34	
	1993	0.9	0.27	
	1994	1.1	0.30	
	1995	1.4	0.36	
	1996	1.1	0.20	
	1997	1.2	0.23	
	1998	1.40	0.22	
	1999	1.79	0.28	
	2000	1.73	0.24	
	2001	1.35	0.30	
2002	2.05	0.09		
2003	1.11	0.05		