UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA

PROYECTO DE TITULACIÓN

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO QUÍMICO

PROCESAMIENTO, CARACTERIZACIÓN Y EXTRACCIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DE CARDAMOMO (ELETTARIA CARDAMOMUN) ENFOCADO EN LA INDUSTRIA

AUTORES:

AYALA MARMOLEJO XIMENA ELIZABETH
MURILLO ASPIAZU HAROLD PATRICIO

DIRECTOR

Q.F. Luis Felipe Zalamea Molina, Msc.

Guayaquil – Ecuador

2015

AGRADECIMENTO

Dios, me ha brindado una vida llena de experiencia y sobre todo felicidad.

Mi familia por el apoyo brindado en mi vida y por los valores que me han inculcado.

Mi tutor de proyecto Q.F. Luis Zalamea Molina por su paciencia y haber compartido conmigo su sabiduría y amistad.

Mi compañero Harold Murillo por haberme acompañado en esta travesía de aprendizaje y haber llegado a cumplir la meta.

XIMENA AYALA MARMOLEJO

AGRADECIMIENTO

Le agradezco a Dios por haberme guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad.

Le doy gracias a mis padres Patricio y Leonor por apoyarme en todo momento, por los valores que me han inculcado y por haberme dado la oportunidad de tener una excelente educación en el transcurso de mi vida. Sobre todo por ser un excelente ejemplo de vida a seguir.

A mi esposa Priscila por ser una parte muy importante de mi vida, por haberme apoyado en las buenas y en las malas, sobre todo por su paciencia y amor incondicional.

A mis hermanos por ser parte importante de mi vida y representar la unidad familiar.

Gracias Q.F. Luis Zalamea por creer en mí y haberme brindado la oportunidad de desarrollar el proyecto de investigación.

A Ximena por haber sido una excelente compañera y amiga, por haberme tenido la paciencia necesaria y por motivarme a seguir adelante en los momentos de complicación.

HAROLD MURILLO ASPIAZU

DEDICATORIA

En momentos de desmayo y desanimo me has dado las fuerzas y valor para no rendirme, todo lo que soy es por ti, gracias Dios por tanto amor.

Alma y Robert mis padres, mi vida entera, han recorrido conmigo este largo camino, este logro va dedicado a ustedes.

Marlon y Sharon mis hermanos, tantas alegrías que hemos tenido, como no quererlos si han estado siempre.

Mis compañeros y amigos del trabajo preocupándose de que todo me vaya bien, son únicos.

Contigo encontré la felicidad eres y serás mi amor eterno, gracias por tu paciencia y amor incondicional Ronald.

XIMENA AYALA MARMOLEJO

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios y a mis padres por la conclusión de este proyecto para el título de Ingeniero Químico.

A mi esposa por sus consejos y apoyo, mis hermanos, abuelos, primos, tíos y demás familiares quienes me dieron su apoyo hasta el final.

HAROLD MURILLO ASPIAZU

DERECHOS DE AUTORÍA

XIMENA ELIZABETH AYALA MARMOLEJO Y HAROLD PATRICIO MURILLO ASPIAZU declaramos bajo juramento que el trabajo de investigación aquí descrito es de nuestra entera autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional haciendo consultas en referencias bibliográficas que son descritas en este documento

A través de la presente declaración cedemos los derechos de propiedad intelectual a la **UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA,** según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual y su reglamento.

……..	……..
Ximena Elizabeth Ayala Marmolejo	Harold Patricio Murillo Aspiazu
C.I. 0928816073	C.I. 0925833329

CERTIFICACIÓN DE TUTOR

Q.F LUIS FELIPE ZALAMEA MOLINA Msc. certifico haber tutelado el proyecto de titulación.

“PROCESAMIENTO, CARACTERIZACION Y EXTRACCION DEL ACEITE ESENCIAL DE CARDAMOMO (ELETTARIA CARDAMOMUN) ENFOCADO EN LA INDUSTRIA”. *Q*ue ha sido desarrollada por **XIMENA ELIZABETH AYALA MARMOLEJO** y **HAROLD PATRICIO MURILLO ASPIAZU HAROLD PATRICIO** previa la obtención del título de INGENIERO QUÍMICO, de acuerdo al REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO DE GRADO DE TERCER NIVEL de la UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL, FACULTAD DE INGENIERÍA QUIMICA

……..

Q.F Luis Felipe Zalamea Molina, Msc.

RESUMEN

El Cardamomo es una planta muy valorada, pariente del jengibre se considera una especia de lujo (siendo la tercera más cara) por sus generosas características. Se presenta en unas vainitas del tamaño de un hueso de aceituna y en su interior esconde unas semillas intensamente aromáticas, con sabor también muy intenso, cálido algo entre cítrico, dulce y un sabor ligeramente picante. El Cardamomo contiene aceites esenciales necesarios en el organismo para su correcto funcionamiento, es un alimento nutritivo y energizante. A pesar de que el Cardamomo es una planta poco difundida en el país, su exportación está dando buenos réditos a la economía nacional.

El presente estudio investigativo muestra un método simple y económico para la obtención del aceite esencial de Cardamomo. El método a utilizar fue por hidrodestilacion del cual se reportó un rendimiento de 1,82%, los componentes del aceite se identificaron y cuantificaron por técnicas de cromatografía gaseosa asociada con espectrometría de masas, los componentes principales son el acetato de terpenilo (28.41%), eucaliptol (22.32%), α terpineol (5.09%), y al medir la actividad antioxidante por el método DPPH se registró un porcentaje de inhibición de 56,34%.

Palabras claves: Cardamomo, aceites esenciales, hidrodestilacion, cromatografía gaseosa, espectrometría de masas, acetato de terpenilo, eucaliptol, α terpineol

ABSTRACT

Cardamom is a highly valued plant, a relative of ginger is considered a kind of luxury (being the third most expensive) for their generous features. It comes in a string beans the size of an olive pit and hidden inside a strongly aromatic seeds, also very intense flavor, somewhere between citric warm, sweet and slightly spicy flavor. Cardamom contains essential oils needed for the body to function properly, it is a nutritious and energizing food. Although cardamom is a little known plant in the country, exportation is giving good returns to the national economy.

This research study shows a simple and economical method for obtaining the essential oil of cardamom. The method used was by hydrodistillation which a yield of 1.82% was reported, the oil components were identified and quantified by gas chromatography with mass spectrometry, the main components are ethyl terpenyl (28.41%) , eucalyptol (22.32%), terpineol (5.09%) α, and by measuring the antioxidant activity by the DPPH method percent inhibition of 56.34% was recorded.

Keywords: cardamom, essential oils, hydro-distillation, gas chromatography, mass spectrometry, terpenyl acetate, eucalyptol, α terpineol

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMENTO II

AGRADECIMIENTO III

DEDICATORIA IV

DEDICATORIA V

DERECHOS DE AUTORÍA VI

CERTIFICACIÓN DE TUTOR VII

RESUMEN VIII

ABSTRACT IX

ÍNDICE GENERAL X

ÍNDICE DE TABLAS XIV

ÍNDICE DE FIGURAS XV

INTRODUCCIÓN 1

CAPÍTULO 1 2

1.1 Tema 2

1.2 Problema 2

1.3 Planteamiento del problema 2

1.4 Limitación del proyecto 2

1.5 Alcance del trabajo 2

1.6 Objetivos 3

1.6.1 Objetivo general 3
1.6.2 Objetivos específicos 3
1.7 Idea a defender 3
1.8 Aporte 3
1.9 Justificación del trabajo 4
1.10 Hipótesis 4
1.11 Variables 4
1.11.1 Variables independientes 4
1.11.2 Variables dependientes 4
1.12 Operacionalización de las variables 5
CAPÍTULO II 6
MARCO TEÓRICO 6
2.1 Antecedentes investigativos 6
2.2 Semillas 6
2.2.1 Calidad sensorial 7
2.2.2 Constituyentes principales 7
2.3 Aportes nutritivos 7
2.4 Características 8
2.5 Cardamomo producción global 9
2.5.1 Mercados 10
2.5.2 Proveedores 14
2.5.3 Cardamomo en el Ecuador 16

2.5.4 Rentabilidad 19
2.5.5 Potencialidad productiva de Bolívar 20
2.6 Aceites Esenciales..... 22
2.6.1 Acetato de Terpinilo 22
2.6.2 α Terpineol 23
2.6.3 Pineno..... 23
2.6.4 Limoneno 24
2.6.5 Linanol 24
2.6.6 Eucalipto 25
2.6.7 Sabineno..... 26
2.7 Usos del aceite esencial del Cardamomo 26
2.7.1 Perfumería 26
2.7.2 Licores 26
2.7.3 Aromatizantes 27
2.7.4 Farmacéuticos..... 27
2.7.5 Repostería..... 27
2.7.6 Embutidos 27
2.8 Me ‘todos de extracción del aceite esencial de Cardamomo..... 27
2.8.1 Rendimientos 28
CAPÍTULO III..... 29
3.1 Diagrama de bloques del proceso de obtención de aceite de la semilla de Cardamomo..... 29
3.2 Desarrollo experimental..... 30
3.2.1 Metodología de la investigación 30
3.2.2 Métodos y Técnicas 30
3.2.3 Equipos y materiales 31

3.3 Proceso de obtención del aceiteeEsencial de Cardamomo 31

3.3.1 Preparación del Cardamomo (Elettaria Cardamomum) 31
3.3.2 Selección de la materia prima 31
3.3.3 Molienda 32
3.3.4 Hidrodestilación o destilación con agua..... 32
3.4 Balance de materia..... 33

3.4.1 Selección de Materia Prima..... 33
3.4.2 Molienda 34
3.4.3 Destilación..... 34
3.4.4 Agua..... 34
3.4.5 Porcentaje de rendimiento..... 35
3.5 Determinación de la capacidad antioxidante en las semillas de

Cardamomo por el método 1,1-difenil-2-picril-hidrazilo (DPPH)..... 35

3.6 Materiales, reactivos y equipos utilizados 36

3.6.1 Reactivos 36
3.6.2 Materiales y equipos 36
3.7 Método de preparación del reactivo DPPH 36

3.7.1 Solución DPPH 36
3.7.2 Ensayo DPPH 37
3.7.3 Procedimiento 38
3.7.4 Análisis de actividad antioxidante mediante método DPPH..... 38
CONCLUSIONES 41

RECOMENDACIONES..... 42

BIBLIOGRAFÍA..... 43

ANEXOS 45

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de las Variables 5

Tabla 2 Información nutricional semilla de Cardamomo..... 8

Tabla 3 Importaciones de Cardamomo de Arabia Saudita..... 13

Tabla 4 Importaciones de Cardamomo de la Union Europea..... 13

Tabla 5 Importaciones de Cardamomo de los EEUU..... 14

Tabla 6 Exportaciones de Cardamomo en el Ecuador 18

Tabla 7 Producto según Arancel..... 18

Tabla 8 Principales zonas de cultivo de plantas medicinales, aromáticas y semillas en el Ecuador..... 19

Tabla 9 Principales cultivos agrícolas permanentes en Bolívar, superficie, producción y porcentaje..... 21

Tabla 10 Equipos y Materiales..... 31

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Importaciones mundiales de Cardamomo por volumen, 2010 10

Figura 2 India, producción de Cardamomo e importaciones netas..... 15

Figura 3 Curva Absorbancia vs. Tiempo del Cardamomo 39

Figura 4 Curva Absorbancia vs. Tiempo del Cardamomo 39

Figura 5 Curva de Absorbancia vs. Tiempo 40

INTRODUCCIÓN

La planta es llamada la Reina de las Especias. Ese sembradío renace en el país luego de que entre 1984 y 1985 se cultivaron cerca de 1.200 hectáreas, pero por los bajos precios que alcanzó a nivel internacional, la mayoría de los productores lo eliminaron de sus áreas de cultivo.

Actualmente en Santo Domingo de los Tsáchilas gracias a la industrialización "sobreviven" solo cerca de 80 hectáreas; de las cuales 50 están cultivadas en ese sector, convirtiéndose en la mayor plantación del país.

En el mercado interno se ha advertido una producción de Cardamomo promedio de 18 toneladas por año, que es utilizada fundamentalmente para exportar, con una utilización interna mínima para productores de condimentos, procesadores de alimentos, hoteles y restaurantes.

El Cardamomo es un producto no tradicional de exportación, que puede tener importantes oportunidades por adentrarse a amplios mercados mundiales y con el cual se podría diversificar la producción del país.

Este cultivo genera alta rentabilidad, porque es muy apetecido en el exterior, por las fábricas de perfume.

Por cada hectárea se obtienen entre 40 y 60 quintales de semillas, lo cual significa un sembrío con buenas potencialidades para explotar, teniendo en cuenta que Estados Unidos importa anualmente 2.500 toneladas.

CAPÍTULO 1

1.1 Tema

Procesamiento, Caracterización y Extracción del aceite esencial de Cardamomo (*Elettaria Cardamomun)* enfocado para su utilización en la industria.

1.2 Problema

En el Ecuador el Cardamomo tiene una baja producción, no se han registrado sembríos grandes de este cultivo, por lo que hay desconocimiento de las bondades que posee y sus aplicaciones tanto en alimentos vegetales como en sus derivados.

1.3 Planteamiento del problema

Dar valor agregado a la semilla por el método de hidrodestilacion obteniendo su aceite esencial.

1.4 Limitación del proyecto

Baja producción de Cardamomo en el mercado

1.5 Alcance del trabajo

El proyecto investigativo estará centrado en la extracción y aprovechamiento del aceite contenido en la semilla, su caracterización y medición de antioxidante.

1.6 Objetivos

1.6.1 Objetivo general

- Obtener aceite esencial de Cardamomo mediante hidrodestilación.

1.6.2 Objetivos específicos

- Extraer el aceite esencial mediante hidrodestilacion.
- Caracterizar al aceite mediante cromatografía gaseosa.
- Medir por técnica de DPPH su capacidad antioxidante.

1.7 Idea a defender

Por el método de hidrodestilacion obtener el aceite esencial de Cardamomo el cual tiene aplicaciones en la industria alimenticia

1.8 Aporte

- Económico: La exportación de este producto permitirá mayores ingresos, captar la demanda y lograr ampliar en un futuro a otros mercados.

- Social: Fortalecer el sector agrícola y por lo tanto incentivar al mismo a buscar nuevos mercados de consumo.

- Productivo: Este proyecto es factible pues al analizar el mercado nacional, se conoce que el aceite esencial de Cardamomo es utilizado en la industria de la perfumería de exportación y por sus favorables características aromáticas puede ser utilizado en la industria de alimentos.

1.9 Justificación del trabajo

La oportunidad de exportar el Cardamomo ecuatoriano a nuevos mercados, nos creará la posibilidad de explorar nuevas fuentes de recursos naturales, mejorar el desarrollo agrícola y diversificar de producción

1.10 Hipótesis

A través de un análisis comprobar que el aceite de Cardamomo es antimicrobiana y antioxidante

1.11 Variables

1.11.1 Variables independientes

Procesamiento de la semilla (secado, trituración, extracción)

1.11.2 Variables dependientes

Caracterización y extracción del aceite esencial

1.12 Operacionalización de las variables

Tabla 1 Operacionalización de las Variables

DEPENDIENTE VARIABLE		DEFINICIÓN	CARACTERISTICA	NIVEL DE MEDICIÓN	EQUIPO O TÉCNICA	NORMAS
ACEITE ESENCIAL		Es un aceite muy aromático, con un sabor ligero a eucalipto, aunque mucho más intenso y dulce.	GC/MS Hidrodestilacion	Razón 250ul-37.5%	Clevenger	INEN 2101
CARACTERIZACIÓN		Medición	Análisis físico-químico	Intervalo		
PROCESO	Secado		Temperatura, Tiempo y Humedad.	Intervalo 50℃ 90%h	Estufa	INEN 1513
	Trituración		Tiempo	Intervalo	Molino	INEN 068
	Extracción		Temperatura y Tiempo.	Intervalo	Clevenger	INEN 2101

Elaborado por: Ximena Ayala, Harold Murillo

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes investigativos

Es una planta herbácea perenne y aromática que alcanza los 2 – 4 metros de altura de la familia de las zingiberaceas. El fruto, es una pequeña capsula ovoidal de color verde, contiene entre 15 y 20 semillas duras angulares de color café-oscuro que son caracterizadas por su fuerte olor aromático y sabor.(pepper trade, 2011)

El sabor es muy intenso y penetrante, dulce y ligeramente picante. Recuerda al aroma de los cítricos debido a que comparte el limoneno en su aceite esencial; y del eucalipto por su alto contenido en cineol. También contiene alcanfor. El Cardamomo es muy utilizado en Asia para preparaciones culinarias (por ejemplo curry) pues posee propiedades digestivas. Es considerado una de las especias más caras del mundo

2.2 Semillas

Las semillas de Cardamomo están en racimos de cápsulas fibrosas, que maduran cada una en su momento, así que hay que recolectar las cápsulas a mano, una a una, poco antes de la plena madurez, cuando la cápsula se abre, de la que sólo se utilizan sus semillas.

2.2.1 Calidad sensorial

Dulce y aromático, muy agradable. Como otras especias, se atribuye al Cardamomo virtudes afrodisíacas, y medicinales.

2.2.2 Constituyentes principales

El contenido de aceite esencial en las semillas es totalmente dependiente de las condiciones de almacenamiento, pero puede llegar a ser hasta un 8%. Entre sus componentes activos1,8-cineol (20 a 50%), a-terpenil acetato (30%), sabineno, limoneno (2 a 14%) y pineno, almidón y ácidos grasos.

Se exporta a los países europeos y principalmente, a Estados Unidos, donde se emplea en la industria de la perfumería y para dar aroma en los productos alimenticios (en el café, en el pan y los pasteles).

El negocio de aceite de Cardamomo es un reto para los exportadores, puesto que en su gran mayoría, los países europeos, como el Reino Unido, importan el Cardamomo bruto para manufacturar su propio aceite.

2.3 Aportes nutritivos

Contiene proteína, agua, aceite esencial, carbohidratos y mucha fibra. También es rico en almidón y ácidos grasos, es una buena fuente de minerales como el potasio, el calcio y el magnesio. Cien gramos de vainas contienen 1,119 mg de potasio (véase ¡Error! No se encuentra el origen de la eferencia.**)**

Además, estas vainas aromáticas son ricas en muchas vitaminas, incluyendo la riboflavina, niacina, y la vitamina C. El análisis científico del Cardamomo revela que es una excelente fuente dietética de limoneno, un producto químico que predominantemente se encuentra en la piel de cítricos. (FATSECRET, 2015)

Tabla 2 Información nutricional semilla de Cardamomo

Hechos Nutricionales	por 100 g
Energía	1301 kj 311 kcal
Proteína	10,76 g
Grasa	6,7 g
Grasa Saturada	0,68 g
Grasa Poliinsaturada	0,43 g
Grasa Monoinsaturada	0,87 g
Colesterol	0 mg
Carbohidrato	68,47 g
Fibra	28 g
Sodio	18 mg
Potasio	1119 mg

Desglose de Calorías:
- Carbohidrato (70%)
- Grasa (18%)
- Proteína (12%)

*Basado en un IDR de 2000 calorías

Fuente: www.fatsecret.cl/calorías-nutrición/genérico/Cardamomo

2.4 Características

- Esta semilla contiene proteína, agua, aceite esencial, carbohidratos y mucha fibra.

- Rico en almidón y ácidos grasos.
- Sirve para aliviar la intolerancia que sufren algunas personas al gluten contenidos en los cereales como avena, trigo, cebada, etc. (BOTANICAL ONLINE SL, 2015)

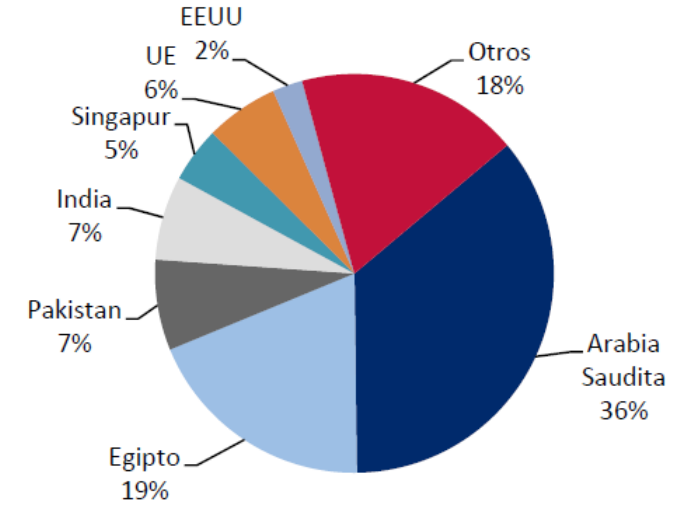
2.5 Cardamomo producción global

Las plantas de Cardamomo se tardan tres años en dar fruto y son comercialmente productivas durante cuatro a seis años antes de que empiecen a reducir su rendimiento. Las vainas que crecen en intervalos a lo largo de la panoja tienen semillas marrones o negras tan pequeñas que se necesitan cuatro vainas para llenar un cuarto de una cucharadita, lo que hace al Cardamomo una de las especies más caras del mundo.

De acuerdo a los datos más recientes, la producción mundial de Cardamomo pequeño y grande fue aproximadamente de 70,000 TMs en 2006, con Guatemala e India representando el 45 y 21 por ciento de la producción mundial respectivamente. Guatemala solo produce el Cardamomo pequeño mientras que India produce ambos tipos. Guatemala e India siguen dominando la producción de Cardamomo, pero desde el 2003 Indonesia se ha convertido en otro importante productor. En el 2006, Indonesia fue el tercer productor más grande con un 18 por ciento de la producción total. En términos de la producción de Cardamomo grande,

Indonesia fue el país de mayor producción con un 45 por ciento de la producción, Nepal (23 por ciento), India (15 por ciento) y China (14 por ciento) produjo el resto del Cardamomo grande en el 2006.

Figura 1 Importaciones mundiales de Cardamomo por volumen, 2010



Fuentes: UN Comtrade, USITC y Eurostat

2.5.1 Mercados

El Medio Oriente, Asia del Sur, Asia del Sureste y Europa son los mercados que más consumen el Cardamomo. Entre el 2006 y 2008, la demanda mundial creció dramáticamente de 31,448 TMs a 37,712 TMs. Luego de la crisis mundial de 2008, las importaciones disminuyeron dramáticamente a 25,566 TMs, pero aumentaron un poco en el 2009 a 26,946 TMs.

Arabia Saudita es el importador más grande de Cardamomo. El consumo de café parece ser el motor de la demanda de Cardamomo en Arabia Saudita. El café molido con Cardamomo en cualquier tienda al detalle en Arabia Saudita normalmente tiene entre cinco y diez gramos de especie molida por cada 250 gramos de café.

Sin embargo, en ocasiones especiales o para agradar a un invitado con una muestra de generosidad se utilizan grandes cantidades de Cardamomo. Durante el período entre Ramadán (agosto 2011) y Hajj (noviembre 2011), el peregrinaje musulmán a Meca, el consumo tiende a aumentar ya que entre uno y dos millones de musulmanes visitan el país durante este periodo de tres meses.

La gran mayoría de las importaciones de Arabia Saudita vienen de Guatemala. En el 2006, Arabia Saudita obtuvo el 94 por ciento de sus cargamentos de Cardamomo por volumen de Guatemala, mientras que en el 2010 esta cifra bajó a 78 por ciento. Arabia Saudita importa un por ciento menor de India, pero que ha ido aumentando con el tiempo. En 2006, Arabia Saudita importó 5 por ciento de su Cardamomo de India mientras que en 2010 esta cifra aumento a 18 por ciento. En general, los volúmenes de importación de Arabia Saudita fluctuaron entre 7,188 TMs y 10,300 TMs del 2006 al 2010 mientras que el valor de importación aumentó de US$43.7 millones a US$154.1 millones durante este periodo.

India es el consumidor principal de Cardamomo a nivel mundial, pero sus importaciones son menores que las de Arabia Saudita. A diferencia de Arabia Saudita, India produce una cantidad considerable de Cardamomo que se consume en el país. Tomando en consideración los flujos internacionales de comercio (importaciones y exportaciones) y la producción doméstica, India consumió aproximadamente 18,100 TMs de Cardamomo en el 2009.

Unión Europea. De 2006 a 2010, las importaciones de Cardamomo de la UE disminuyeron de 1,666 TMs a 1,593 TMs. Alemania (con importaciones de 445 TMs), los Países Bajos (431 TMs) y el Reino Unido (414 TMs) fueron los importadores principales dentro de la UE en el 2010. Tradicionalmente el Reino Unido ha sido el importador más grande ya que el Cardamomo es popular dentro de la gran comunidad asiática en el país. En el continente europeo se ha convertido en un ingrediente popular en postres y productos de panaderías.

Como Arabia Saudita, las importaciones de la UE son mayormente de Cardamomo de Guatemala. En el 2010, la UE importó 1,368 TMs de Guatemala y solo 225 TMs del resto del mundo incluyendo 159 TMs de India. A pesar de que los volúmenes de importación de la UE han estado relativamente estables durante este período, el valor ha aumentado dramáticamente de US$5.4 millones en 2006 a US$27.7 millones en 2010 debido en gran parte a aumentos en precios.

Estados Unidos. EEUU continúa siendo un importador pequeño de Cardamomo. De 2006 a 2010, las importaciones en EEUU aumentaron de 512 TMs a 660 TMs. Guatemala es el proveedor principal. En el 2010, EEUU importó 458 TMs de Guatemala y 202 TMs del resto del mundo incluyendo 177 TMs de India. Parecido a UE, EEUU tuvo aumentos grandes en los valores de importación durante este periodo de US$2 millones en 2006 a US$13.4 millones en 2010.

Tabla 3 Importaciones de Cardamomo de Arabia Saudita

Proveedores	2006		2007		2008		2009		2010	
	TMs	$000s	TMs	$000s	TMs	$000s	TMs	$000s	TMs	$000s
Guatemala	9,742	$39,840	8,310	$46,770	9,695	$96,799	7,164	$72,014	7,563	$129,392
India	492	$3,572	571	$4,891					1,765	$22,445
Otros	107	$354	113	$687			24	$243	353	$2,347
Total	**10,342**	**$43,766**	**8,994**	**$52,349**	**9,695**	**$96,799**	**7,188**	**$72,257**	**9,681**	**$154,184**

Fuente: UN Contrade
Harmonized Code; 090830 Cardamons

Tabla 4 Importaciones de Cardamomo de la Union Europea

Proveedores	2006		2007		2008		2009		2010	
	TMs	$000s	TMs	$000s	TMs	$000s	TMs	$000s	TMs	$000s
Guatemala	1,346	$4,012	1,316	$6,025	1,292	$12,543	1,365	$12,944	1,368	$24,234
India	202	$902	220	$1,073	167	$1,024	199	$1,353	159	$2,570
Otros	118	$551	106	$596	132	$1,193	57	$607	66	$937
Total	**1,666**	**$5,465**	**1,642**	**$7,694**	**1,591**	**$14,760**	**1,621**	**$14,904**	**1,593**	**$27,741**

Fuente: EUROSTAT
Harmonized Code: 09083000 (CN8): Cardamons

Tabla 5 Importaciones de Cardamomo de los EEUU

Proveedores	2006		2007		2008		2009		2010	
	TMs	$000s	TMs	$000s	TMs	$000s	TMs	$000s	TMs	$000s
Guatemala	468	$1,898	512	$2,562	565	$6,172	465	$5,515	458	$11,042
India	38	$151	45	$149	62	$354	56	$545	177	$2,021
Otros	5	$29	34	$83	20	$162	18	$161	25	$416
Total	**512**	**$2,078**	**591**	**$2,794**	**647**	**$6,688**	**539**	**$6,221**	**660**	**$13,478**

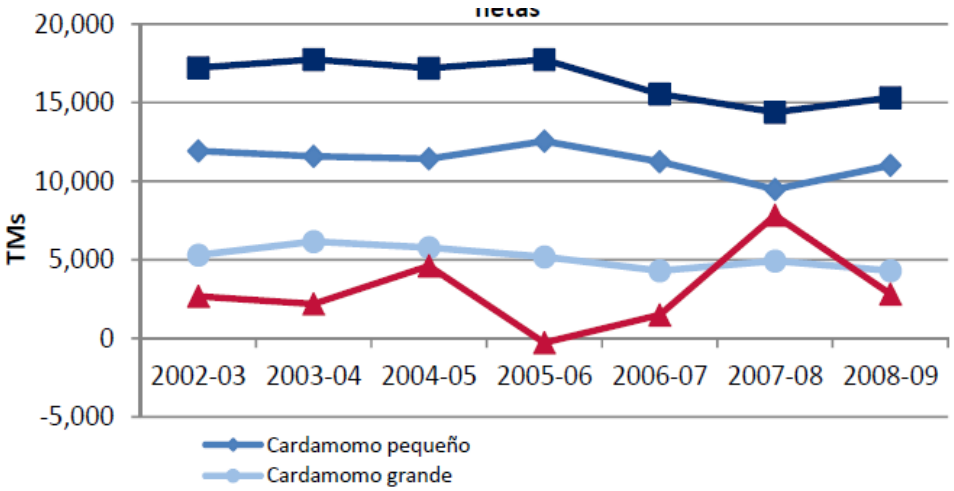
Fuente: EUROSTAT
Harmonized Code: 09083000 (CN8): Cardamons

2.5.2 Proveedores

Guatemala es el proveedor principal de Cardamomo en el mundo con una producción anual de aproximadamente 23,000 TMs. Guatemala exporta la mayoría de su producción al Medio Oriente y pequeñas cantidades a la UE. Debido a su sitial como líder del mercado, la producción de Cardamomo impacta los precios globales enormemente. Cuando la calidad y/o cantidad de la especie disminuye en Guatemala, los precios mundiales aumentan. En el 2007, el valor de la exportación del Cardamomo guatemalteco alcanzó niveles históricos de US$137.2 millones. En el 2009, la cifra aumentó aún más al alcanzar exportaciones de US$172.3 millones. En términos comerciales, cinco o seis compañías representan el 80 por ciento de las exportaciones.

India es el segundo productor más grande de Cardamomo en el mundo y fue alguna vez el líder en exportación mundial con el 56 por ciento del mercado mundial en el 1970. Guatemala sobrepasó a India durante la época de producción de 1979/1980. La participación de India en el mercado mundial ha disminuido debido a precios domésticos muy altos, costos altos de producción y rendimientos bajos. La producción de Cardamomo requiere mano de obra intensa y la mano de obra representa el 60-70 por ciento del costo total de producción Véase Figura 2 India, producción de Cardamomo e importaciones netas

Figura 2 India, producción de Cardamomo e importaciones netas



Fuente: Spice Board of India, UN Contrade
**Datos de importación y exportacion de 2003,2004 etc.*

En general, la producción total de Cardamomo (es decir, Cardamomo grande y pequeño) sobrepasó las 15,000 TMs por año de 2003 a 2009. La única excepción ocurrió durante la temporada 2007-08 cuando la producción total

igualó las 14,390 TMs. India usualmente importa más Cardamomo del que exporta debido al alto consumo doméstico. Un análisis de los datos de importación muestra que India importó 4,554 TMs en 2003 y 5,846 TMs en 2009, mientras que exportó 1,714 TMs en 2003 y 3,025 TMs en 2009. La diferencia entre las importaciones y exportaciones se agudiza durante los años de producción doméstica baja. Por ejemplo, durante la temporada de baja producción de 2007-08, las importaciones netas de India (es decir, importaciones menos exportaciones) fueron 7,816 TMs de Cardamomo para complementar la producción.

2.5.3 Cardamomo en el Ecuador

2.5.3.1 Análisis interno producción Cardamomo

Las zonas más apropiadas para sembrar Cardamomo son: Santo Domingo de los Tsáchilas, Quevedo, El Empalme, Los Ríos, La Concordia, Quinindé, El Carmen, Tena, Coca y Lago Agrio, que reúnen las características climatológicas exigidas, como una temperatura con promedio anual de 22 a 28 grados.

En el sector de San Luis de Pambil, provincia de Bolívar, se pueden notar claramente las bondades de su suelo y clima para desarrollar un cultivo considerado exótico para el sembrío del Cardamomo.

En ese sector, que está a 450 metros de altura, la luminosidad no es muy fuerte, el manejo es orgánico y el suelo franco-arenoso, permitiendo que las

plantas alcancen los cinco metros de altura; mientras que en la India (de donde es originaria), llega a la mitad.

La planta es llamada la Reina de las Especias. Ese sembradío renace en el país luego de que entre 1984 y 1985 se cultivaron cerca de 1.200 hectáreas, pero por los bajos precios que alcanzó a nivel internacional, la mayoría de los productores lo eliminó de sus áreas de cultivo.

Actualmente en Santo Domingo de los Tsáchilas gracias a la industrialización "sobreviven" solo cerca de 80 hectáreas; de las cuales 50 están cultivadas en ese sector, convirtiéndose en la mayor plantación del país.

En el mercado interno se ha advertido una producción de Cardamomo promedio de 18 toneladas por año, que es utilizada fundamentalmente para exportar, con una utilización interna mínima para productores de condimentos, procesadores de alimentos, hoteles y restaurantes.

El Cardamomo es un producto no tradicional de exportación, que puede tener importantes oportunidades por adentrarse a amplios mercados mundiales y con el cual se podría diversificar la producción del país.

2.5.3.2 Exportaciones Cardamomo en el Ecuador

En los últimos años, el cultivo de Elettarian cardamomum, ha tomado gran importancia en Ecuador, convirtiéndose en una alternativa laboral y económica en zonas rurales, generando divisas y potencial de diversificación agrícola. Véase en **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

Tabla 6 Exportaciones de Cardamomo en el Ecuador

SUBPARTIDA NANDINA	DESCRIPCION NANDINA	PAIS	TONELADAS	FOB - DOLAR
0908300000	AMOMOS Y CARDAMOMOS	ESTADOS UNIDOS	27.5	181.20
		SIRIA, REP.ARABE	5.4	12.4
		ALEMANIA	0.3	38.00
		COLOMBIA	5.6	34.94
		PERU	14.00	4.60
TOTAL GENERAL:			**52.8**	**271.1**

Fuente: Banco Central del Ecuador (BCE)

2.5.3.3 Descripción del producto según arancel

Por el análisis del sector se ha tomado la siguiente nomenclatura arancelaria. Véase **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

Tabla 7 Producto según Arancel

SUBPARTIDA NANDIDNA	DESCRIPCION	TONELADAS	MILES DE USD FOB
0908300000	AMONOS Y CARDAMOMOS	52,8	271,1
TOTAL GENERAL:		52,8	271,1

Fuente: Banco Central del Ecuador (BCE)

2.5.4 Rentabilidad

Este cultivo genera alta rentabilidad, porque es muy apetecido en el exterior, por las fábricas de perfume.

Por cada hectárea se obtienen entre 40 y 60 quintales de semillas, lo cual significa un sembrío con buenas potencialidades para explotar, teniendo en cuenta que Estados Unidos importa anualmente 2.500 toneladas. El Cardamomo puede desarrollarse en climas desde los 500 hasta los 1.300 metros de altura sobre el nivel del mar. Por eso hay cultivos en Puerto Quito. Es preferible vender la semilla seca y no en polvo porque pierde su aroma. El aroma de esta semilla es el atractivo de la planta. Sirve mucho para la pastelería.

Tabla 8 Principales zonas de cultivo de plantas medicinales, aromáticas y semillas en el Ecuador

EN LA SIERRA	
Provincia	**Productores/Procesadores**
Chimborazo, Bolivar	CEDEIN, ERPE, Casa Cayambe
Imbabura, Loja	AGROALEGRE, ILE
Pichincha	Asociación Mujeres de Olmedo
Cotopaxi, Tungurahua	Aromas del Tungurahua
EN LA COSTA	
Guayas	Península de Santa Elena

FUENTE: CORPORACIÓN FINANCIERA NACIONAL (CFN)

2.5.5 Potencialidad productiva de Bolívar

Bolívar es una provincia mediterránea porque no tiene salida al mar, sin embargo tiene estribaciones de cordillera hacia el oriente y trópico o litoral hacia el oeste. Cuenta con una extensión del 4.183 Km^2.

En relación a los cultivos permanentes, de igual manera, la provincia de Bolívar tiene una larga tradición de cultivo, debido a su gran fertilidad y disponibilidad de tierra en distintos pisos, véase (**¡Error! No se encuentra el rigen de la referencia.**) seleccionados significaron el empleo de cerca de 82 mil ha., con un volumen de producción de 252 milt.m, lo que implica un aporte del 99,9% en área y 99,9% en volumen, de estos cultivos en Bolívar.

En menor proporción, pero con un aporte significativo se puede mencionar una gran variedad de frutas de clima templado, que se ubican en las zonas altas y estribaciones de la cordillera, entre las que se pude mencionar: Mora, Mandarina, Maracuyá, Naranjilla, Limón, Papaya, Orito, Aguacate, Zapote, Mango, Tomate de árbol, Toronja, Cardamomo, Palmito, Palma africana, Achiote, Piña, Lima, Granadilla, Babaco, Pitahaya, Durazno, Guaba, Ají, Manzana, Pera, Claudia, Taxo, Frutilla o fresas, Pimienta dulce y Pimienta negra.

Estos cultivos ocupan 4.078 ha. y generan un volumen de producción de 15.673 t.m, es decir el 5% del área de Bolívar en cultivos permanentes y el 6% del volumen producido.

Tabla 9 Principales cultivos agrícolas permanentes en Bolívar, superficie, producción y porcentaje

		BOLIVAR		ESTRUCTURA PORCENTUAL	
No.	Cultivo	Superficie Cosechada (ha.)	Cantidad Cosechada (t.m.)	Superficie Cosechada (%)	Cantidad Cosechada (%)
1	Naranja	18.316	124.040	22%	49%
2	Cacao	16.992	958	21%	0%
3	Banano	13.277	86.623	16%	34%
4	Café	11.540	304	14%	0%
5	Plátano	11.318	24.445	14%	10%
6	Caña de azúcar otros	5.998	0	7%	0%
7	Mora	1.004	1.361	1%	1%
8	Mandarina	698	164	1%	0%
9	Maracuyá	564	7.750	1%	3%
10	Naranjilla	397	1.478	0,5%	1%
11	Limón	351	1.104	0,4%	0%
12	Papaya	231	1.933	0,3%	1%
13	Orito	192	513	0,2%	0%
14	Aguacate	178	26	0,2%	0%
15	Zapote	132	170	0,2%	0%
16	Mango	111	168	0,1%	0%
17	Tomate de árbol	59	619	0,1%	0%
18	Toronja	44	11	0,1%	0%
19	Cardamomo	32	10	0,0%	0%
20	Palmito	18	127	0,0%	0%
21	Otros Cultivos	66	238	0,1%	0%
TOTAL PROVINCIA		81.518	252.042	100%	100%

FUENTE: III CENSO AGRPOECUARIO NACIONAL

2.6 Aceites Esenciales

Los aceites esenciales son una mezcla de componentes volátiles, producto del metabolismo secundario de las plantas. Las esencias son mezclas más o menos complejas en cuya composición entra una porción de hidrocarburos de la serie polimetilenica del grupo de los terpenos que responden la formula (C5H8)n (monoterpenos, n=2; sesquiterpenos, n=3; diterpenos, n=4; etc.) junto con otros compuestos casi siempre oxigenados (alcoholes, éteres, esteres, aldehídos y compuestos fenólicos) que son los que transmiten a los aceites esenciales el aroma que las caracteriza.

Se les llama aceites por su apariencia física y consistencia que es bastante parecida a los aceites grasos, pero se distinguen de ellos, porque al dejar caer unas gotas de esencia sobre el papel, estas se volatilizan fácilmente sin dejar ninguna huella ni mancha grasosa. (ECURED, 2015)

2.6.1 Acetato de Terpinilo

El acetato de terpenilo (o de terpineol) generalmente comercializado como una mezcla de isómeros es un líquido ligeramente amarillo y de olor característico, los isómeros son ésteres formados con compuestos el grupo de los monoterpenos.

El terpineol está presente en el aceite esencial de pino, y el isoméro presente en mayores cantidades es el alfa-terpineol (GRUPO COSMOS, 2015)

2.6.2 α Terpineol

Nombre químico: 2 (4-Metil-1-ciclohexano-3-enil) 2-propanol, el terpineol es un alcohol natural del monoterpeno que se ha aislado de una variedad de fuentes tales como el aceite de pino, existen tres isómeros, alfas, beta, y el gamma-terpineol; los dos últimos se diferencian solamente por la localización del doble enlace. El terpineol es generalmente una mezcla de estos isómeros, con alpha-terpineol como el componente principal. El terpineol tiene un olor agradable similar a la lila y es un ingrediente común en perfumes, cosméticos, y sabores. Aunque es natural, el terpineol es comúnmente manufacturado del alfapineno más fácilmente disponible. (ALDRICH, 2007)

2.6.3 Pineno

($C_{10}H_{16}$) es un compuesto químico de la familia de los Monoterpenoides bicíclicos, se encuentra en la resina, tallos y hojas de varias plantas. Hay dos isómeros estructurales de pineno que se encuentran en la naturaleza:.α-pineno y β-pineno. Como el nombre sugiere, ambas formas son componentes importantes de la resina del pino, canfeno, terpineol, terpinoleno, acetato de terpinilo y dipenteno.

Tienen una amplia actividad antibiótica, incluso frente a patógenos resistentes a los antibióticos. (LA NEU, 2014)

2.6.4 Limoneno

El Limoneno es el carbohidrato cíclico principal componente del aceite esencial de la piel de los limones y de otros cítricos, y de allí obtiene su nombre. Es el segundo terpeno más ampliamente distribuido en la naturaleza y es un producto intermedio en la biosíntesis de otros terpenos. El limoneno no lo encontramos en los insectos, a diferencia del pineno, pero también tiene actividad repelente además de insecticida. El limoneno está ampliamente utilizado en la industria alimentaria y farmacéutica como saborizante. Últimamente se está estudiando su uso en formulaciones de parches dérmicos para mejorar la absorción transdérmica de los principios activos. *(VERGARA, 2015)*

2.6.5 Linanol

El Linalol es un alcohol de monoterpeno lineal y resulta de entre los principales compuestos del aceite esencial de la lavanda, pero es también presente en muchas otras plantas. El linalol está ampliamente utilizado como fragancia en la industria de productos de limpieza e higiene, como producto intermedio en la industria química y como insecticida frente a moscas y cucarachas, aun no siendo efectivo como repelente.

En adición a estos efectos, el linalol tiene propiedades anticonvulsivas inhibitorias de la actividad glutamatérgica y es capaz de reducir la liberación de neurotransmisores de las neuronas estimuladas por

glutamato. Con todo esto podemos argumentar que los efectos sedantes, ansiolíticos y anti-convulsivos tienen su mecanismo de acción en la modulación de los neurotransmisores glutamato (RD NATTURAL SALUZVIR, 2015)

2.6.6 Eucalipto

EL Eucaliptol, o 1,8-cineol, es un éster de monoterpeno que compone en práctica casi la totalidad del aceite esencial de eucalipto, de donde obtiene el nombre, pero está ampliamente distribuido en el reino vegetal. Tiene actividad repelente e insecticida, aunque es producido por ciertas orquídeas para atraer a los machos de abejas y es utilizado para atraer las abejas.

El eucaliptol, el careno y el felandreno se encuentran en concentraciones de cerca del 5%, y el terpinoleno alrededor del 20% del total de terpenos en las variedades sativa, mientras que siempre en concentraciones inferiores al 1% en las variedades indica. Teniendo en cuenta que el eucaliptol es el único de estos que se ha demostrado por el momento que es activo en el SNC, que es cuasi único de las variedades sativa y que las variedades sativa tienen un efecto euforizante distintivo a las variedades indica, podemos hipotetizar que la sinergia entre THC y eucaliptol es lo que da la diferencia cualitativa del efecto activador de las variedades

sativa, así como el mircenopodría ser el responsable del efecto hipnótico de las variedades indica.(cerezo, 2015)

2.6.7 Sabineno

Es un monoterpeno bicíclico natural con la fórmula molecular C10H16. Es aislado de los aceites esenciales de una variedad de plantas, incluyendo la enziama (Quercusilex) y el abeto rojo (Piceaabies). Cuenta con un sistema de anillos con ciclopentano fusionado con un anillo de ciclopropano.

Es uno de los compuestos químicos que contribuyen al sabor picante de la pimienta negra y es un importante componente del aceite de semilla de zanahoria. También se produce en el aceite de árbol del té en una concentración baja. También está presente en el aceite esencial obtenido de la nuez moscada.(fundacion- canna, 2015)

2.7 Usos del aceite esencial del Cardamomo

2.7.1 Perfumería

Donde compite con aceites simulados obtenidos por síntesis de los principales ingredientes 1,8-Cineol, a-Acetato de Terpenilo, Terpineol y Terpenos, que se pueden obtener a precios muy competitivos.

2.7.2 Licores

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

2.7.3 Aromatizantes

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

2.7.4 Farmacéuticos

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

2.7.5 Repostería

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

2.7.6 Embutidos

Para sazonar curtidos y salsas de carnes.

2.8 Métodos de extracción del aceite esencial de Cardamomo

El aceite esencial de Cardamomo se obtiene de las semillas empleando diferentes métodos, por extracción con solventes (hexano), por arrastre de vapor, por hidrodestilacion.

El método ideal sería aquel que extrajera totalmente la esencia, es decir, que no produjera variaciones en su composición. Este objetivo no es fácil de lograr, por la pequeña cantidad en que se encuentran en el vegetal

2.8.1 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.

2.8.1.1 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).

2.8.1.2 Caso B

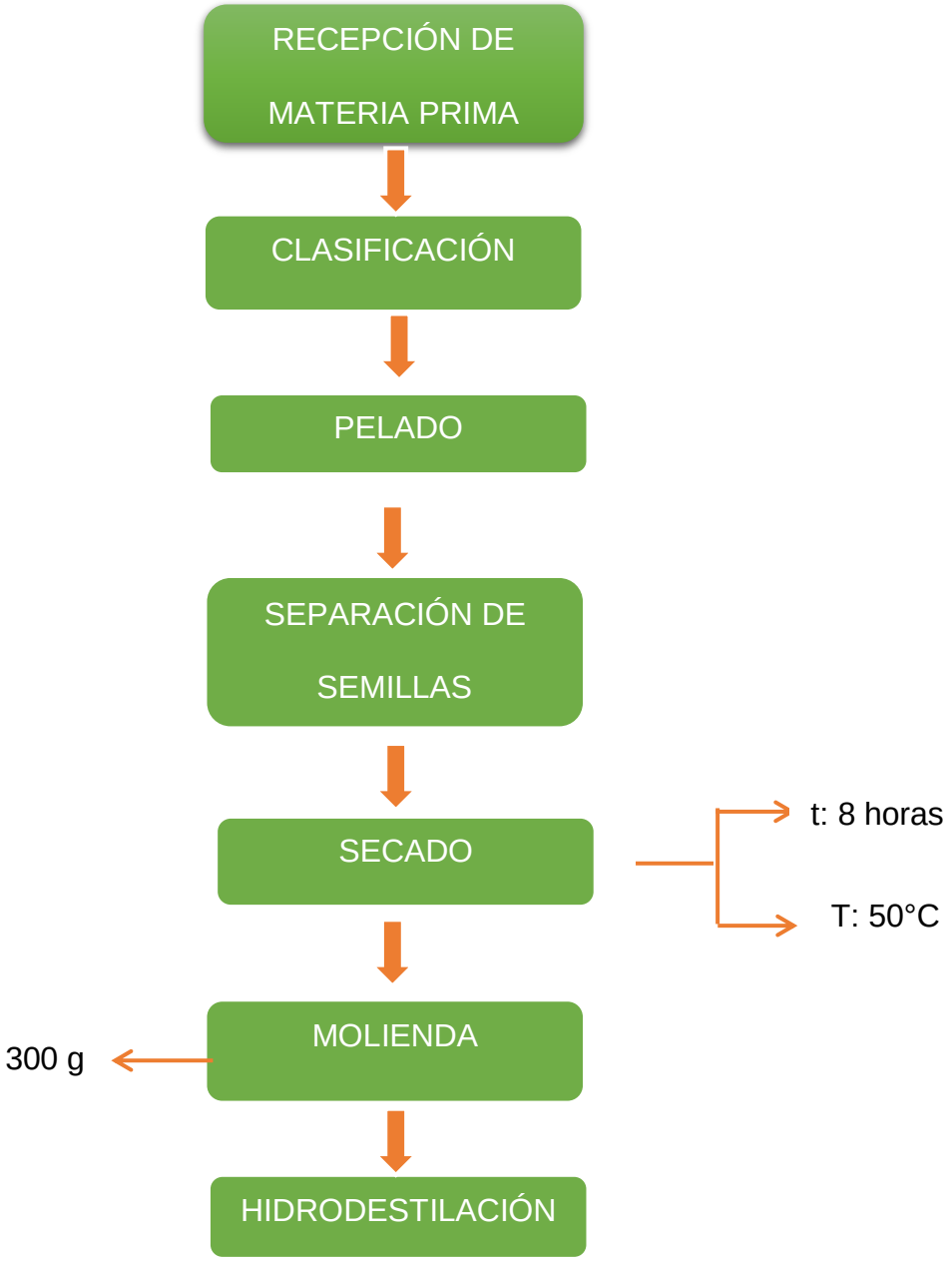
Se utiliza la vaina o cápsula junto con una semilla. Esto es lo que normalmente hace en Guatemala quienes se dedican exclusivamente a la exportación de aceites esenciales, como en el caso del Cardamomo, y se han reportado rendimientos de 2 a 4%

2.8.1.3 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

CAPÍTULO III

3.1 Diagrama de bloques del proceso de obtención de aceite de la semilla de Cardamomo.



3.2 Desarrollo experimental

3.2.1 Metodología de la investigación

El presente proyecto pone en consideración el aprovechamiento de las semillas de Cardamomo para la obtención de una esencia para mejorar el sabor y el aroma de un determinado alimento. Por su contenido de aceites esenciales y su agradable aroma, se lo utilizará como saborizante en repostería, jugos, confites y para aromatizar licores, café, té y vinos, sus múltiples usos lo han ubicado en segundo lugar de consumo a nivel mundial después del azafrán. Se conoce además que entre sus componentes activos encontramos un 4% de aceite volátil sobresaliendo el limoneno, mismo que resalta en el Cardamomo.

3.2.2 Métodos y Técnicas

- ✓ Hidrodestilación
- ✓ Cromatografía Gaseosa
- ✓ Método Dpph

3.2.3 Equipos y materiales

Tabla 10 Equipos y Materiales

Equipos	Materiales
Destilador Simple	Balón de Destilación
Bureta	Malla de Asbesto
Balanza	Molino de bolas
Mechero	Pipeta
Cromatógrafo Gaseoso	Pipeta de Microlitro
Espectrofotómetro	

Elaborado por: Ximena Ayala, Harold Murillo

3.3 Proceso de obtención del aceite Esencial de Cardamomo

3.3.1 Preparación del Cardamomo (Elettaria Cardamomum)

Las semillas de Cardamomo son sometidos a un proceso de selección para separar las vainitas de las semillas que es donde se concentra la mayor cantidad de aceite esencial

3.3.2 Selección de la materia prima

Se realiza selección de vainas de las semillas y separación de las semillas secas

3.3.3 Molienda

Se realiza una reducción de tamaño debido que a menor tamaño de las partículas mayor será el rendimiento ya que hay un mejor contacto con la matriz vegetal**.**

3.3.4 Hidrodestilación o destilación con agua

En este método al material vegetal se le adiciona agua, luego se deja en presencia de calor hasta el punto de ebullición, el vapor penetra hacia el principio activo del Cardamomo y disuelve una parte del aceite esencial presente en las estructuras contenedoras. Esta solución acuosa se difunde a través de las membranas de las células y el aceite se vaporiza inmediatamente desde la superficie; el proceso continúa hasta que se remueve todo el aceite contenido en las semillas.

Los vapores salen del destilador a través del cuello de cisne, por medio de una manguera, pasando luego a un sistema de condensación (condensador de serpentín) el cual utiliza agua como refrigerante, que es recirculada hacia el condensador por medio de una bomba, a continuación, éste vapor condensado y el aceite esencial, se recolectan en un separador de fases ó florentino. El destilador es calentado a fuego directo en su parte inferior por una fuente de calor de gas natural. Estos sistemas son muy utilizados en zonas rurales, debido a múltiples ventajas tales como: son fáciles de instalar, se pueden llevar de un sitio a otro, son económicos, seguros, fáciles de operar y presentan un consumo energético bajo.

3.4 Balance de materia

Nomenclatura:

- **Cd=** Cardamomo
- **H2O=** Agua
- **Ae=** Aceite esencial

3.4.1 Selección de Materia Prima

300 g de Cardamomo cantidad de materia prima a utilizar considerando que el residuo es el 10% de su peso total

$$ENTRA = SALE$$

$$Cd = Cd + Residuo$$

$$300\ \ g \quad = 300\ g * 0.9 + \ 300\ g * 0.1$$

$$300\ g = 270\ g + 30\ g$$

$$300\ g = 300\ g$$

3.4.2 Molienda

En esta operación se tomaron datos Experimentales, es decir el peso obtenido en el proceso de selección.

$$ENTRA = SALE$$

$$Cd = Cd$$

$$300\ g \quad = 300\ g$$

3.4.3 Destilación

En el balón de destilación se colocaron 300 g de materia prima junto con 500 ml de H_2O destilada, se calentó hasta que el H_2O alcanzó su punto de ebullición, se evaporo gran parte de su volumen para luego condensarse y caer en el separador donde se obtuvo aceite esencial

3.4.4 Agua

$$ENTRA = SALE$$

$$Vt = V1 + V2$$

V1= *Volumen de agua que se evapora*

V2= *volumen de agua que es retenida por la muestra = 294,55 ml*

Vt= *Volumen Total = 500ml*

$$\boldsymbol{V1} = Vt - V2$$

$$\boldsymbol{V1} = 500 - 294{,}5$$

$$\boldsymbol{V1} = 205{,}45ml$$

3.4.5 Porcentaje de rendimiento

300 g Cardamomo

500 g Agua – 500 ml H_2O

5,45 g Aceite Esencial - Ae

$$ENTRA = SALE$$

$$\%\ \boldsymbol{de\ Rendimiento} = \frac{5.45\ g}{300\ g}\ x\ 100 = \ 1{,}82\%$$

3.5 Determinación de la capacidad antioxidante en las semillas de Cardamomo por el método 1,1-difenil-2-picril-hidrazilo (DPPH)

Este método se basa en la reducción del radical DPPH· por los antioxidantes de la muestra [Brand-Williams et al., 1995].

Este radical presenta una coloración púrpura, con un máximo de absorbancia a 517 nm. La desaparición de esta coloración indica la actividad antioxidante de la muestra analizada.

3.6 Materiales, reactivos y equipos utilizados

3.6.1 Reactivos

Es el conjunto de solventes y estándares empleados en el desarrollo experimental son el grado analítico. Etanol. El radical libre 1,1-difenil-2-picril-hidrazilo. NIMMY CHACKO*, AMBILY THOMAS 2012

3.6.2 Materiales y equipos

3.6.2.1 Aparatos

- Espectrofotómetro GENESIS 10

3.6.2.2 Productos

- 2,2-difenil-1-picrilhidrazil (radical DPPH)
- Metanol

3.7 Método de preparación del reactivo DPPH

3.7.1 Solución DPPH

Disolver 0.019716 g de DPPH en un matraz volumétrica de 500 ml. En metanol, esta solución obtenida es la solución DPPH; la cual se debe cubrir con papel aluminio y se guarda en refrigeración, su uso no debe extenderse por más de una semana.

3.7.2 Ensayo DPPH

- Colocar en una estufa las semillas de Cardamomo, con el objetivo de secar la misma por un tiempo aproximado de 24 a 48 horas.
- Triturar la semilla seca de Cardamomo.
- Moler la semilla seca y triturada de Cardamomo hasta obtener un polvo.
- Colocar 5 g. de muestra (polvo) y añadir 100 ml de metanol
- Dejar reposar la muestra en el metanol durante 24 horas.
- Filtrar la muestra, al líquido filtrado obtenido la llamaremos Solución Madre
- Llevar el espectrofotómetro a cero con metanol.
- Asegurar la absorbancia inicial a 517 nm de la solución diluida de DPPH que es alrededor de 1,1 ± 0,02.
- Con una micro pipeta añadir una alícuota de 50 µL de la muestra (puede ser acuoso o fase orgánica) con 2 ml de la solución de DPPH dentro de un vial de plástico limpio.
- Dejar que la muestra y el DPPH reaccione en un agitador en la oscuridad y cerrar los viales. La temperatura ambiente debe ser 20 ° C.
- En diferentes intervalos de tiempo (15 minutos) transferir la solución a una cubeta de vidrio limpio. Golpear la cubeta hasta eliminar las burbujas y tomar la lectura del espectrofotómetro a 517 nm.

- Repetir las lecturas a través del tiempo hasta que se observe que no hay cambios significativos en la absorbancia. El punto final de la absorbancia es usado para calcular la actividad antioxidante.

Se utilizó un espectrofotómetro y celdas de plástico. Además de pipetas de volumen variable de 100 – 1000 µl BOECO serie 11032384, sometida periódicamente a procesos de calibración. El control de tiempos se efectuó con cronómetros y el control de temperatura con baño termostático.

3.7.3 Procedimiento

Se introduce en la cubeta del espectrofotómetro 2 ml de la disolución de DPPH 0.1 mm en metanol. Se le añade 100 µl del extracto del Cardamomo obtenido previamente y se va leyendo la absorbancia a 517 nm, para determinar la concentración del radical. Si la disminución de la absorbancia es muy rápida, se realizara una dilución apropiada del extracto. Se determina el tiempo en que la concentración de DPPH se reduce a la mitad y el porcentaje de inhibición a los 30 minutos.

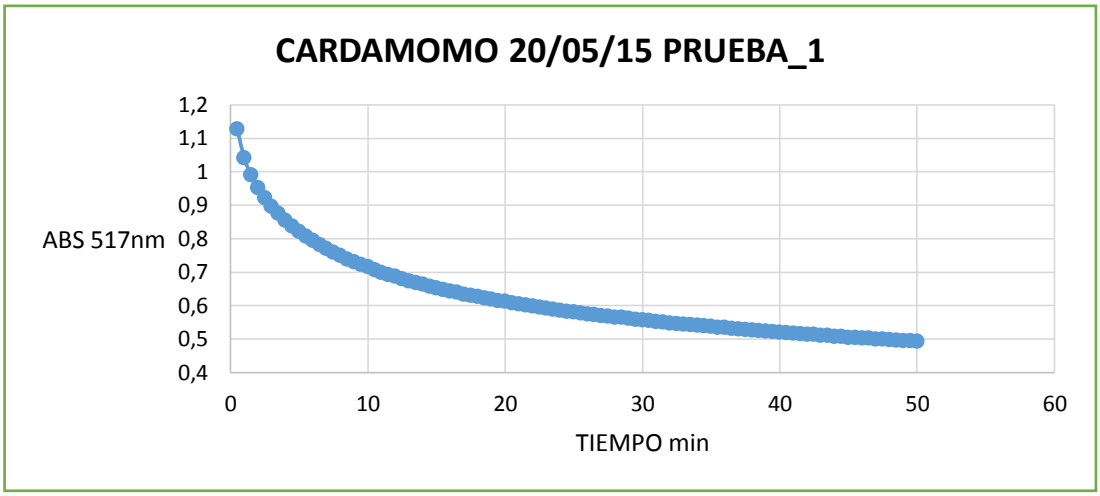
3.7.4 Análisis de actividad antioxidante mediante método DPPH

3.7.4.1 Semilla de Cardamomo: 20/05/15

Cantidad de extracto usado: 250 µl

%inhibición = 37.5

Figura 3 Curva Absorbancia vs. Tiempo del Cardamomo

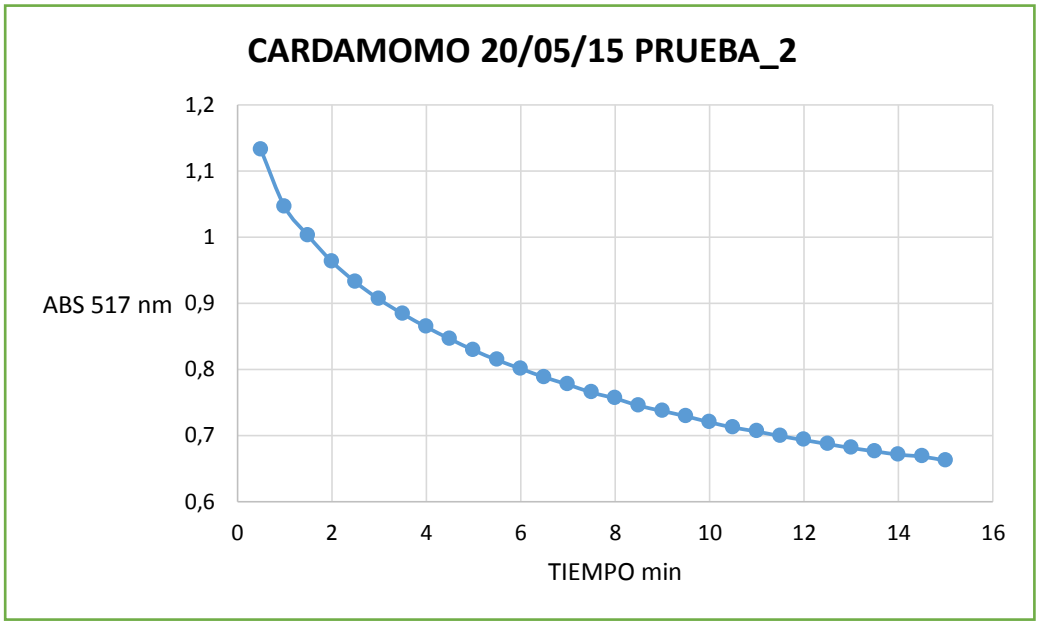


3.7.4.2 Semilla de Cardamomo: 20/05/15

Cantidad de extracto usado: 500 µl

%inhibición = 41.5194

Figura 4 Curva Absorbancia vs. Tiempo del Cardamomo

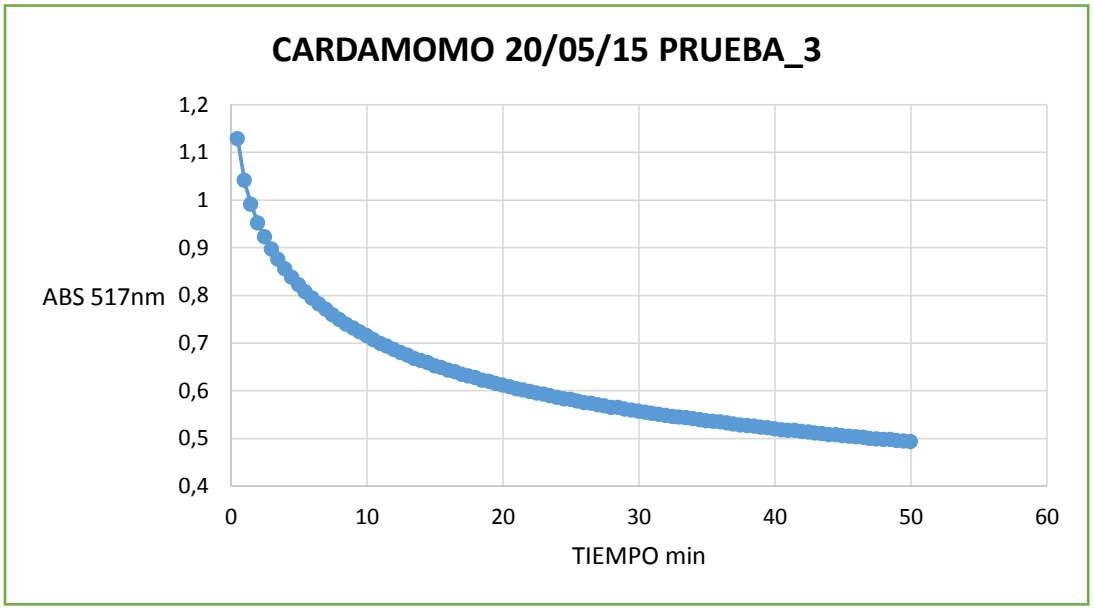


Semilla de Cardamomo: 20/05/15

Cantidad de extracto usado: 500 µl

%inhibición = 56.3442

Figura 5 Curva de Absorbancia vs. Tiempo



Elaborado por: Ximena Ayala, Harold Murillo

CONCLUSIONES

- Mediante el proceso de hidrodestilacion se obtuvo el rendimiento del aceite esencial 1,82%
- El análisis de GC/MS reportó que los componentes principales son el acetato de terpenilo (28.41%), eucaliptol (22.32%), α terpineol (5.09%)
- En el análisis de actividad antioxidante se reportó un porcentaje de inhibición de 56.34% utilizando 500 µl de extracto de Cardamomo

RECOMENDACIONES

- Preferible trabajar con la semilla seca y triturada de Cardamomo hasta obtener un polvo para una mejor extracción del aceite esencial.
- Cuando el material ya se encuentra desmenuzado debe ser extraído lo más pronto posible para reducir al mínimo la pérdida de aceite esencial crudo por evaporación.
- Incentivar el cultivo del Cardamomo para producción industrial de producto finales de carácter alimenticio y medicinal.

BIBLIOGRAFÍA

ALDRICH, S. (2007). *CATALOGO PRODUCTOS*. Obtenido de http://www.sigmaaldrich.com/catalog/product/aldrich/w304506?lang=en&region=EC&gclid=CJHIibXR1McCFUGRHwodsd0Lmw

BOTANICAL ONLINE SL. (2015). *PROPIEDADES ELETTARIA CARDAMOMUM*. Obtenido de http://www.botanical-online.com/cardamomo_planta.htm

cerezo. (2015). quimica internacional. *eucaliptol*.

Gobierno de Gautemala. (2014). Perfil comercial del Cardamomo. Noviembre 2015. http://web.maga.gob.gt

ECURED. (2015). Obtenido de ACEITES ESENCIALES: http://www.ecured.cu/Aceites_esenciales

FATSECRET. (2015). *NURICIÓN CARDAMOMO*. Obtenido de www.fatseret.cl/calorias-nutrición/generico/cardamomo

fundacion- canna. (2015). lineas de especies cardamomo. *seiserre*.

Luis Rios, Guillermo Lopera, Rosario Caicedo. (Marzo 2007). EXTRACCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE ACEITE DE CARDAMOMO (Elettaria cardamomum). Dyna.

GRUPO COSMOS. (2015). *COSMOS CORPORATION*. Obtenido de http://www.cosmos.com.mx/wiki/44cv/acetato-de-terpenilo

LA NEU. (23 de NOVIEMBRE de 2014). *HEBOLARI Y DIETETICA*. Obtenido de http://www.herbolarilaneu.com/index.php

pepper trade. (2011, september 11). capsule rot spreads in cardamom. *india-clump*.

ROXANA AVILES, MARINA JÁCOME. (2002). Proyecto de factibilidad para la exportacion de cardamomo al mercado holandes. UTE.

N.K. Leela*, D. Prasath y M.N. Venugopal. (septiembre 2008). Essential oil composition of selected cardamom genotypes at different maturity levels. Indian J. Hort

RD NATTURAL SALUZVIR. (2015). *RD NATTURALSALUZVIR*. Obtenido de www.rdnattural.es/blog/tomillo-linalol

VERGARA, K. (2015). *TERPENOS*. Obtenido de CANNABIS: http://www.cannabisconsciente.com/category/noticias/

ANEXOS

- **ANÁLISIS CROMATOGRÁFICO DE LOS COMPONENTES DEL ACEITE ESENCIAL DE CARDAMOMO**

Area Percent Report

Data Path : C:\MSDCHEM\1\DATA\2014.MUESTRAS\
Data File : cardamomo 4 280114.d
Acq On : 05 may 2015 14:55
Operator :
Sample : cardamomo 4 280114
Misc : concentrado 4 extracciones
ALS Vial : 1 Sample Multiplier: 1

Integration Parameters: autoint1.e
Integrator: ChemStation

Method : C:\MSDCHEM\1\METHODS\FINCA
Title :

Signal : TIC: cardamomo 4 280114.d\

peak #	R.T. min	first scan	max scan	last scan	PK TY	peak height	corr. area	corr. % max.	% of total	
1	16.769	3862	3883	3905	BV	5433822	177212414	2.65%	0.753%	α THUYENE
2	17.110	3905	3963	4022	PB	19433009	748892427	11.21%	3.184%	α PINENE
3	18.589	4272	4308	4335	VV	23177505	1004171045	15.03%	4.270%	β PHELLANDRENE (3)
4	18.795	4335	4356	4392	VV 3	5751869	200041689	2.99%	0.851%	β PINENE
5	19.210	4392	4453	4511	VB	18550308	881854969	13.20%	3.750%	MYRCENE
6	19.846	4540	4602	4646	BB 2	856773	37075196	0.55%	0.158%	
7	20.374	4695	4725	4754	BV 3	6811860	413442975	6.19%	1.758%	TERPILENE
8	20.563	4754	4769	4806	VV 2	1105816	67891021	1.02%	0.289%	
9	21.013	4806	4874	4910	PV 2	38829237	5250463232	78.56%	22.325%	EUCALYPTOL (1)
10	21.457	4954	4978	5015	BB 2	1656478	52396981	0.78%	0.223%	
11	21.987	5052	5102	5126	BV	15516355	570147339	8.53%	2.424%	GAMA TERPINENE
12	22.162	5126	5143	5164	VV 2	3279976	109186240	1.63%	0.464%	4 THUJANOL
13	22.330	5164	5182	5218	VB 3	1096360	37089894	0.55%	0.158%	
14	23.180	5356	5380	5395	VV	6103425	208895143	3.13%	0.888%	TERPINOLENE
15	23.370	5395	5425	5468	VB	21094422	1190300024	17.81%	5.061%	LINALOOL (4)
16	24.140	5585	5605	5626	BV	968881	34660808	0.52%	0.147%	
17	24.296	5626	5641	5676	VB 2	1863517	64036005	0.96%	0.272%	
18	24.910	5743	5784	5808	BV 7	1209643	50706513	0.76%	0.216%	
19	25.848	5959	6004	6019	BV 3	1843694	112398090	1.68%	0.478%	
20	26.455	6095	6145	6180	VV	18378945	885034005	13.24%	3.763%	TERPINEN 4-OL
21	26.690	6180	6200	6210	VV 4	2203315	80980995	1.21%	0.344%	
22	26.861	6210	6240	6272	VV	21456594	1199022121	17.94%	5.098%	α TERPINEOL (5)
23	27.146	6272	6307	6344	VV 7	887927	49139098	0.74%	0.209%	
24	28.314	6557	6579	6622	VB	6763348	266617074	3.99%	1.134%	NERAL
25	28.988	6676	6737	6757	BV 2	6982986	337184573	5.05%	1.434%	GERANOL
26	29.194	6757	6785	6800	VV	20719920	992139330	14.85%	4.219%	LINALYLE FORMIATE (6)
27	29.335	6800	6818	6878	VB	8169490	307684133	4.60%	1.308%	GERANIAL
28	31.356	7175	7202	7224	BV 4	3091562	137682183	2.06%	0.585%	METHYL GERANATE
29	32.760	7287	7441	7466	BV 5	37677797	6682963362	100.00%	28.416%	TERPENYLE ACETATE (7)
30	33.294	7517	7531	7550	VB	3374381	106746400	1.60%	0.454%	GERANYL ACETATE
31	33.618	7575	7587	7630	BB	1881546	67991380	1.02%	0.289%	
32	35.372	7864	7885	7897	BV 2	1999825	67738859	1.01%	0.288%	
33	37.325	8202	8217	8229	BV 4	868421	31791987	0.48%	0.135%	
34	37.533	8229	8252	8265	VV 3	1438724	51580705	0.77%	0.219%	
35	38.768	8444	8462	8477	BV	2823775	96853632	1.45%	0.412%	
36	39.316	8523	8555	8595	BB	17337310	669389047	10.02%	2.846%	NEROLINOL
37	39.863	8638	8648	8693	BB 2	886052	31522225	0.47%	0.134%	
38	43.423	9227	9253	9282	BV 2	2085611	70625941	1.06%	0.300%	
39	43.677	9282	9297	9341	VB	1796289	62650979	0.94%	0.266%	
40	44.117	9342	9371	9409	BB	2303093	77588513	1.16%	0.330%	
41	44.471	9415	9432	9474	BB	859121	34836396	0.52%	0.148%	

Sum of corrected areas: 23518624944

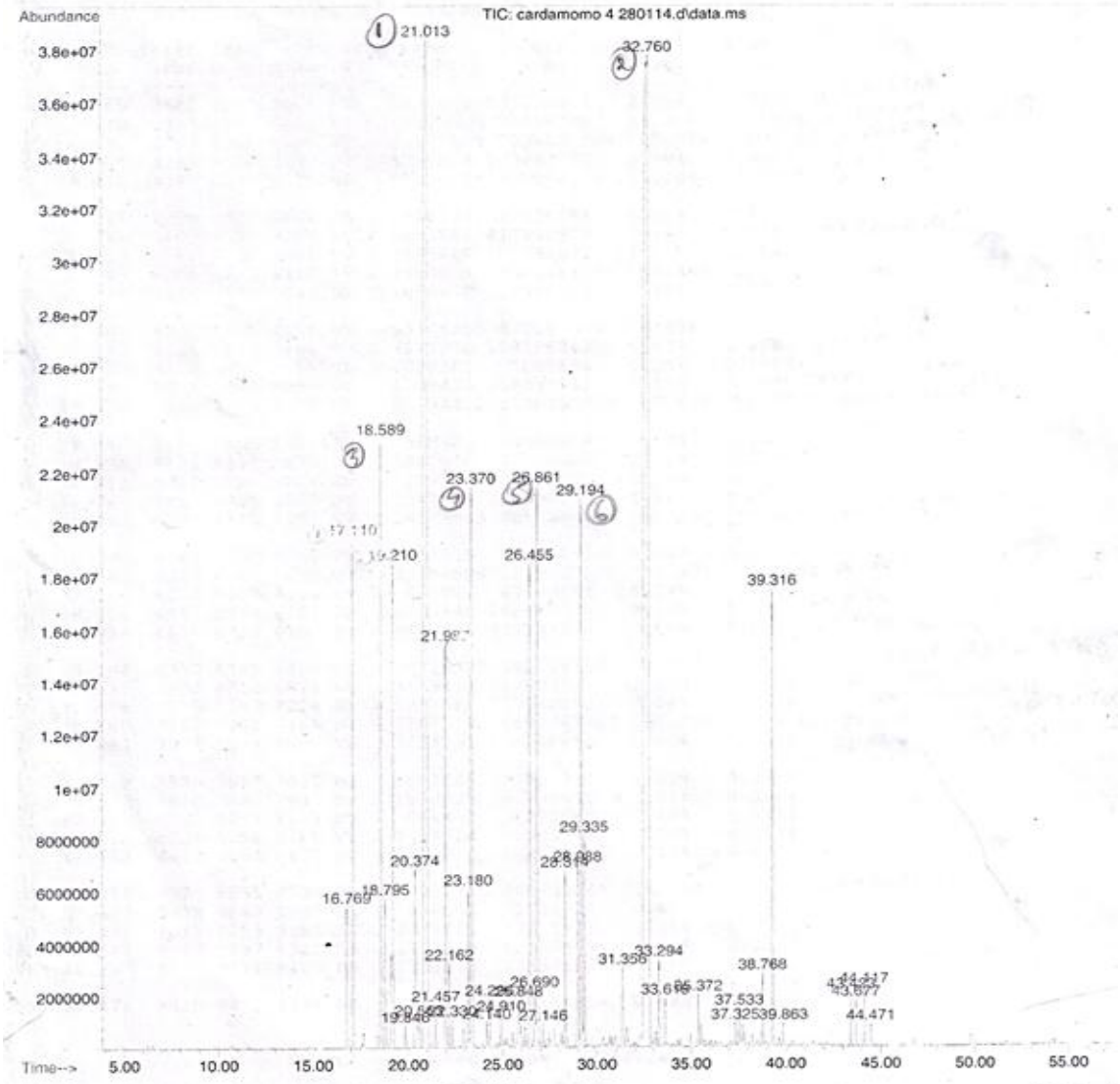
FINCA YL MS SOLO.M Tue Jan 28 15:55:34 2014 Page: 1

Area Percent Report

```
Path : C:\MSDCHEM\1\DATA\2014.MUESTRAS\
File : cardamomo 4 280114.d
On   : 05 may 2015   14:55
Operator :
Sample   : cardamomo  4 280114
Misc     : concentrado 4 extracciones
ALS Vial : 1   Sample Multiplier: 1

Integration Parameters: autoint1.e
Integrator: ChemStation

Method   : C:\MSDCHEM\1\METHODS\FINCA YL MS SOLO.M
Title    :
```



Laboratorio de microbiología, Facultad de Ingeniería Química

- **Preparación de la muestra para obtención de aceite esencial de la semilla de Cardamomo**

Elaborado por: Ximena Ayala, Harold Murillo

Elaborado por: Ximena Ayala, Harold Murillo

- **Cantidad utilizada de semillas de Cardamomo**

Elaborado por: Ximena Ayala, Harold Murillo

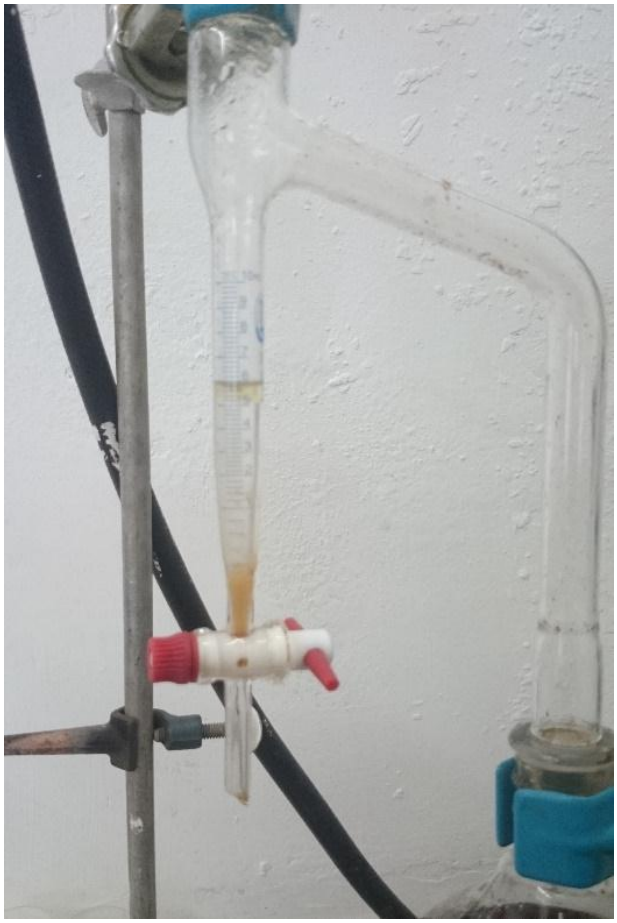
- **Agua destilada a la muestra de Cardamomo**

Elaborado por: Ximena Ayala, Harold Murillo

- **Equipo de Hidrodestilación**

Elaborado por: Ximena Ayala, Harold Murillo

- **Separación fase de agua, fase de aceite**



Elaborado por: Ximena Ayala, Harold Murillo

- **Retiro del aceite esencial**

Elaborado por: Ximena Ayala, Harold Murillo

- **Cantidad de aceite extraído de la semilla de Cardamomo**

Elaborado por: Ximena Ayala, Harold Murillo

Elaborado por: Ximena Ayala, Harold Murillo