



Obtención de aceite esencial de Cardamomo

Edison Gil Pavas
Alex Sáez Vega

RESUMEN

El presente estudio muestra un método simple y económico para la obtención de aceite esencial de cardamomo bajo la filosofía "cero emisiones". Para la implementación del proceso de extracción se realizaron ensayos preliminares y se tuvieron en cuenta factores de degradación térmica y se concluyó que el método a utilizar era la destilación con vapor o destilación por arrastre con vapor. El rendimiento del aceite extraído de la semilla de cardamomo fue del 5%, el cual se encuentra dentro del intervalo reportado en la literatura. Adicionalmente se muestra la caracterización del aceite extraído.

INTRODUCCIÓN

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 polimetilénica del grupo de los terpenos que responden la fórmula $(C_5H_8)_n$ (*monoterpenos*, $n=2$; *sesquiterpenos*, $n=3$; *diterpenos*, $n=4$; etc.) junto con otros compuestos casi siempre oxigenados (alcoholes, éteres, ésteres, 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, éstas se volatilizan fácilmente sin dejar ninguna huella ni mancha grasosa.

Los aceites esenciales se encuentran muy difundidos en el reino vegetal, especialmente en las Fanerógamas, en las cuales se hallan repartidas en unas sesenta familias (*Compuestas*, *Labiadas*, *Laureáceas*, *Mirtáceas*, *Rosáceas*, *Rutáceas*, *Umbelíferas*, etc.). Se pueden encontrar localizados en diferentes partes de la planta, por ejemplo: en las hojas (*albahaca*, *mejorana*, *menta*, *romero*, *salvia*, etc.), en las raíces (*cálamo*, *valeriana*, *vetíver*, etc.), en la corteza (*canela*, *cedro*, *sándalo*, etc.), en las flores (*jazmín*, *rosa*, *ylang-ylang*, etc.), en la cáscara del fruto (*limón*, *mandarina*, *naranja*, etc.), en los frutos (*anis*, *cardamomo*, *eneldo*, *hinojo*, etc.).

En ocasiones las diferentes partes de la misma planta suministran esencias distintas en su composición como, por ejemplo, los aceites extraídos de la raíz, el tallo y las hojas del hinojo. La canela de Ceilán encierra en la corteza una esencia rica en el aldehído cinámico, mientras que en sus hojas y en las raíces predominan el eugenol y el alcanfor, respectivamente. La cantidad y composición del aceite varía de una especie a otra, y dentro de los mismos géneros de la planta (Stashenko, 1998).

EDISON GIL PAVAS. M.Sc.

Email: egil@sigma.eafit.edu.co

ALEX SÁEZ VEGA.

E-mail: asaez@sigma.eafit.edu.co

Profesores departamento de ingeniería de procesos, Universidad EAFIT. Medellín-Colombia

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 polimetilénica del grupo de los terpenos.

COMPOSICIÓN QUÍMICA

Actualmente se conocen más de doscientos aceites esenciales de apreciado valor comercial en los cuales se han identificado alrededor de cuatrocientos componentes químicos. Junto con los terpenos, se encuentran compuestos oxigenados como alcoholes libres (*borneol, geraniol, linalol, nerol, mentol, terpineol*, etc.) o en forma de ésteres, aldehídos (*cinámico, benzaldehído, neral (citral, geranial), citronelal, salicílico*, etc.), cetonas (*alcanfor, carvona, fenchona, mentona, tuyona*, etc.), fenoles (*carvacrol, eugenol, isoeugenol, timol*, etc.), ácidos libres (*acético, benzoico, cianhídrico, cinámico, propiónico, valeriano*, etc.) en pequeñas cantidades o en forma de ésteres o éteres (Staskenko, 1998).

FACTORES QUE INFLUYEN SOBRE LA COMPOSICIÓN Y EL RENDIMIENTO DEL ACEITE ESENCIAL EN LA PLANTA

Sobre la composición del aceite esencial influyen muchos factores, entre ellos figuran:

- **CONDICIONES GEBOTÁNICAS DEL MEDIO** (Clima, altitud, tipo de suelo, cantidad de lluvias, etc.).

- **MÉTODO DE CULTIVO** (*Uso de fertilizantes, abono, pesticidas, otros químicos, etc.*).
- **ÉPOCA DE RECOLECCIÓN Y PARTE DE LA PLANTA** (*Raíz, tallo, hojas, semillas, etc.*).
- **MODO DE MANEJO Y ALMACENAMIENTO DEL MATERIAL VEGETAL** (*Fresco, seco, fermentado, etc.*).
- **MÉTODO DE OBTENCIÓN DEL ACEITE** (*Destilación, maceración, prensado, extracción con solventes, extracción con fluidos supercríticos, etc.*).
- **EDAD DE LA PLANTA Y ESTADO FENOLÓGICO.**

Entre los compuestos mayoritarios de los aceites esenciales figuran los terpenoides. Estos compuestos son las sustancias más abundantes en el mundo de los productos naturales y están formados por varias unidades isoprénicas, cuyo número sirve como criterio para la clasificación de los terpenos:



TABLA 1. Clasificación de los terpenos

Monoterpenos	2	C ₁₀
Sesquiterpenos	3	C ₁₅
Diterpenos	4	C ₂₀
Sesterterpenos	5	C ₂₅
Triterpenos	6	C ₃₀
Carotenoides	8	C ₄₀
Resinoides	n	(C ₅) _n

Durante los últimos 60 años los terpenoides han sido objeto de intensa investigación, por ejemplo en el área de química orgánica: estudio de mecanismos de reacciones (carbocationes y sus reordenamientos); en el establecimiento de relaciones tipo "estructura molecular - color", "estructura molecular - olor"; en el estudio de reactividad de sistemas cíclicos y en el análisis conformacional. En cuanto a su aplicación y comercialización, los terpenoides han sido productos tradicionales en la industria de la perfumería, en la elaboración de cosméticos, jabones, fragancias, aromatizantes de alimentos, colorantes naturales y otros productos utilizados como desinfectantes, detergentes, preparaciones farmacéuticas y suplementos vitamínicos. Aunque algunos terpenoides se aíslan de las plantas, muchos de ellos se sintetizan industrialmente en gran escala.

Los terpenoides presentes en las plantas y otros organismos vivos que los metabolizan están involucrados en numerosos procesos bioquímicos cumpliendo diversas funciones como hormonas sexuales, feromonas de insectos, sustancias reguladoras de crecimiento, insecticidas naturales, pigmentos, receptores en el proceso de visión en los animales. La distribución de terpenoides puede servir como base de la identificación taxonómica de plantas y microorganismos. Su implicación directa en interacciones "planta - insecto" y "planta - planta" yace en el fundamento de la naciente ciencia "Química ecológica".

Los terpenoides han sido productos tradicionales en la industria de la perfumería, en la elaboración de cosméticos, jabones, fragancias, aromatizantes de alimentos, colorantes naturales y otros productos utilizados como desinfectantes, detergentes, preparaciones farmacéuticas y suplementos vitamínicos.

En los últimos años se ha aislado y caracterizado un gran número de terpenoides (más de 15000) que se encuentran en la naturaleza. Existen por lo menos 38 tipos diferentes de esqueletos de monoterpenoides, alrededor de 200 de sesquiterpenoides y han sido descubiertas cerca de 500 moléculas individuales de iridoides, uno de los grupos de los monoterpenoides.

Los compuestos monoterpénicos forman parte de la mayoría de los aceites esenciales que se extraen de las flores, hojas y tallos de plantas aromáticas. Comúnmente se presentan como mezclas isoméricas muy complejas y de difícil separación. Solamente el alcanfor puede ser aislado en forma bastante pura a través de un proceso de cristalización de la esencia que lo contenga (Stashenko, 1998).

Los monoterpenoides, de acuerdo con su estructura, pueden dividirse en los siguientes grupos:

- Monoterpenoides acíclicos
- Monoterpenoides monocíclicos
- Monoterpenoides bicíclicos

CLASIFICACIÓN

Los aceites esenciales se clasifican con base en diferentes criterios: consistencia, origen y naturaleza de los compuestos mayoritarios, entre otros.

De acuerdo con su consistencia las esencias se dividen en: fluidas, bálsamos y oleorresinas. **Esencias fluidas** son líquidos muy volátiles a temperatura ambiente. **Bálsamos** principalmente contienen sesquiterpenoides y su consistencia es más viscosa, son poco volátiles y propensos a polimerizarse (*bálsamo de Copaiba, bálsamo de Perú*, etc.). **Oleorresinas** tienen el aroma característico de las plantas y son típicamente líquidos muy viscosos o sustancias semisólidas (*caucho, guttapercha, oleorresinas de pprika, de pimienta negra, de clavelo*, etc.) (Tabla 2).

TABLA 2. Clasificación de los aceites esenciales

Clasificación	Descripción
Fluidos	Líquidos muy volátiles a temperatura ambiente: esencias de menta, salvia, limón, albahaca, etc.
Bálsamos	De consistencia espesa, poco volátiles y propensos a polimerizarse: bálsamo de copaiba, bálsamo de Perú, etc.
Oleorresinas	Líquidos muy viscosos o sustancias semisólidas: caucho, guttapercha, oleorresina de pprika, etc.
Naturales	Se obtienen directamente de la planta y no se someten posteriormente a ninguna modificación física o química: esencias de plantas aromáticas y flores.
Artificiales	Se obtienen a través de los procesos de enriquecimiento de la misma esencia con uno de sus componentes principales, o son la mezcla de varias esencias naturales, por ejemplo, esencia de anís enriquecida con anetol.
Sintéticas	Mezclas de diversos productos químicos obtenidos sintéticamente.
Monoterpenoides	Esencias de albahaca, salvia, menta, etc.
Sesquiterpenoides	Esencias de ciprés, copaiba, jengibre, etc.
Compuestos oxigenados	Esencias de geranio, jazmín, lavanda, ylang-ylang, etc.



Por su origen las esencias se clasifican como naturales, artificiales y sintéticas. Las **esencias naturales** se obtienen directamente de la planta y no se someten posteriormente a ninguna modificación fisicoquímica o química, son costosas y variables en su composición. Las **esencias artificiales** se obtienen a través de los procesos de enriquecimiento de la misma esencia con uno de sus componentes, o son las mezclas de varias esencias naturales extraídas de distintas plantas, por ejemplo, la mezcla de esencias de rosa, geranio y jazmín enriquecida en linalol, o la esencia de anís enriquecida en anetol.

Las **esencias sintéticas** son mezclas de diversos productos obtenidos por medio de procesos químicos. Se utilizan ampliamente en la preparación de sustancias aromatizantes y saborizantes (*esencias de vainilla, limón, fresa, etc.*) (Tabla 2).

APLICACIONES

Actualmente se han analizado más de tres mil aceites esenciales de un gran número de especies botánicas. Más de doscientos aceites tienen un alto valor comercial y se utilizan ampliamente en diferentes ramas de la industria (*alimentos, jabones, ambientadores, perfumes, cosméticos, licores, insecticidas, fármacos, etc.*).

Las esencias naturales son empleadas como aromatizantes (*anís, cardamomo, clavo, menta, tomillo, naranja, etc.*) y/o saborizantes (*anís, eneldo, hinojo, limón, naranja, etc.*), como ingredientes de algunos preparados farmacéuticos (*caléndula, eucalipto, manzanilla, menta, salvia, etc.*) o son base de perfumes y productos cosméticos finos (*albahaca, geranio, jazmín, salvia, rosa, ylang-ylang,*

etc.), *desodorantes, lociones, jabones líquidos (orégano, salvia, yerbabuena, etc.)*, pastas dentífricas (*anís, eucalipto, menta, orégano, tomillo, etc.*). Algunos de los aceites esenciales poseen propiedades insecticidas y fungicidas (*ajenjo, citronella, ciprés, enebro, eucalipto, pino, etc.*) y se utilizan en los preparados especiales.

El valor comercial y el uso del aceite esencial dependen básicamente de su composición química, la cual a su vez está condicionada por diversos factores de tipo botánico y agrícola. La composición final del aceite depende fuertemente del método de extracción.

PROPIEDADES

Las esencias son generalmente líquidas a la temperatura ambiente, incoloras cuando se encuentran puras y poseen el aroma peculiar de las plantas de las cuales se extraen. Las esencias de ajenjo y manzanilla presentan un color azul, debido a que contienen el hidrocarburo sesquiterpénico, chamazuleno.

Por exposición al aire los aceites esenciales se tornan espesos y se colorean intensamente. El olor de las esencias es extraordinariamente variable y constituye su característica más definida; son muy poco solubles en agua, pero solubles en solventes orgánicos (*acetona, éter, pentano, alcohol etílico concentrado, etc.*).

PROPIEDADES FISCOQUÍMICAS

Históricamente, antes del uso de las técnicas modernas del análisis químico instrumental (GC/MS, RMN- H^1 , RMN- C^{13} , FT-IR, Cromatografía multidimensional, análisis "**headspace**", etc.) la caracterización de aceites esenciales se

limitaba a las siguientes determinaciones de propiedades "macroscópicas":

- Solubilidad en varios solventes
- Punto (intervalo) de ebullición
- Gravedad específica
- Rotación óptica
- Índice de acidez
- Número de éster
- Contenido de alcoholes y cetonas, y otros.

La evaluación de estas constantes fisicoquímicas se realiza como un estudio preliminar con el fin de descubrir adulteraciones de los aceites volátiles, sobre todo para los que poseen alto valor comercial (Stashenko, 1998).

El valor comercial y el uso del aceite esencial dependen básicamente de su composición química, la cual a su vez está condicionada por diversos factores de tipo botánico y agrícola. La composición final del aceite depende fuertemente del método de extracción.

ESTABLECIMIENTO DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LOS ACEITES ESENCIALES

Anteriormente, la identificación de los componentes individuales del aceite se convertía en una operación larga y de "tiempo-consumible", que incluía el aislamiento y purificación de éstos (*Cromatografía de capa delgada, cromatografía en columna, destilación fraccionada, etc.*) para su posterior determinación estructural por métodos químicos tradicionales (*Obtención de derivados, reacciones de coloración, pruebas de grupos funcionales, etc.*).

El estudio de diferentes variables (*Cultivo, condiciones geobotánicas, métodos de extracción, época de recolección y partes de la planta, métodos de almacenamiento y manejo del material vegetal, edad, actividad biológica, propiedades organolépticas, etc.*) que condicionan la CALIDAD y la APLICABILIDAD del aceite esencial y, por ende, su precio y aceptabilidad en el mercado, se realiza a través del establecimiento de la composición química del aceite. (Stashenko, 1998).

MÉTODOS DE SEPARACIÓN E IDENTIFICACIÓN DE ACEITES ESENCIALES

- Métodos químicos de separación (*Obtención de derivados*).
- Destilación fraccionada.
- Cromatografía de capa fina.
- Cromatografía preparativa.
- Cromatografía en columna.
- Cromatografía líquida de alta eficiencia (*Obtención de fracciones*).
- Cromatografía de gases (*Columnas capilares de alta eficiencia*).

Los métodos modernos de análisis de aceites esenciales están fundamentados básicamente en la cromatografía de gases capilar usando detectores convencionales, principalmente, de ionización en llama (FID) y selectivo de masas (MSD) (Stashenko, 1998).

SEMILLAS DE CARDAMOMO

El Cardamomo es originario de la India y de Sri Lanka, introducido en Centroamérica en 1910 donde se inició la explotación comercial desde 1978. El nombre científico es "*Elletaria Cardamomum*" y su nombre común cardamomo.

El cardamomo pertenece a la familia de las Zingiberaceas, es planta perenne con raíces hasta 1.5 metros de largo y tallos de 2 a 4 metros de altura provenientes de rizomas de los que nacen los tallos florales con longitud aproximada de 90 cm., las flores aparecen en los nudos de los tallos, el fruto es una cápsula oblonga, terminado en un ápice corto, mide desde 0.5 a 2.5 cm. de largo, en su interior se encuentran las semillas que son pequeñas, piramidales de aproximadamente 4 mm. de largo por 3 mm de ancho, de color negro y cubiertas por un arilo delgado, dentro de cada cápsula se encuentran de 15 a 26 semillas (2).

El contenido nutricional del cardamomo en 100 gramos de producto seco molido, es el siguiente (3):

TABLA 3. Información Nutricional del Cardamomo

Proteína	10.9 g
Kilocalorías	311
Agua	8.3 g
Grasa total	6.7 g
Ácidos grasos saturados	0.88 g
Ácidos grasos monoinsaturados	0.67 g
Poliinsaturados	0.43 g
Colesterol	0.0 g
Carbohidratos	52.5 g
Fibra cruda	11.3 g
Cenizas	5.5 g
Calcio	0.006 g
Fósforo (P)	0.178 g
Hierro (Fe)	0.014 g
Sodio (Na)	0.018 g
Potasio (K)	1.119 g
Magnesio (Mg)	0.228 g
Zinc (Zn)	0.717 g
Comestible	100%

El cultivo del cardamomo requiere de buena sombra para enriquecer el suelo, la flora y la fauna. Para ello se recurre a árboles propicios como: nogal, cedro, guayacán, cámbulo, pizamo, pisquín, leucaena, higuera, guandúl y matarratón, de los cuales se aprovecha el recurso maderable. La altura a la cual se debe realizar el cultivo oscila entre los 1200 y 1800 metros, con precipitaciones ideales por encima de los 2000 mm-año, lo que equivale a bosque húmedo. Como fertilizante se emplea el humus de lombricultura y para combatir las plagas se emplean controladores biológicos que no producen contaminación, al final se obtiene un producto de buena calidad y sana, que es lo que demanda el mercado internacional.

El cardamomo se produce durante todo el año, para su recolección se realizan cortes cada dos meses. Un cultivo nuevo empieza a dar cosecha entre dos y tres años después de la siembra, con una vida productiva hasta de 12 años.

USOS Y PROPIEDADES

El cardamomo tiene varios usos, pero se utiliza de manera especial como aromatizante y condimento. Del fruto seco se extrae la esencia, los árabes lo mezclan con café, azafrán, clavo y azúcar para preparar una bebida denominada Gahwa. En alimentación se usa para preparación de carnes, sopas, arroz y confitería, como conservador suave. El aceite de cardamomo se utiliza en la industria para aromatizar salsas, licores y cigarrillos. También en la industria cosmética se utiliza, en la preparación de perfumes. En la industria farmacéutica, como odorizante de drogas y en medicamentos que estimulan las funciones gastrointestinales. Al cardamomo se le atribuyen propiedades diuréticas, digestivas, estimulantes y afrodisiacas (2,3).

ACEITE ESENCIAL DE CARDAMOMO

El aceite esencial de cardamomo se obtiene de la semilla empleando diferentes métodos, por extracción con fluidos supercríticos (CO₂), por extracción con solventes (hexano) o por arrastre con vapor. El método más simple y económico es por arrastre con vapor. En la siguiente tabla se muestran las composiciones de los diferentes constituyentes empleando los tres métodos, sin embargo es de anotar que la composición del aceite varía de acuerdo a la procedencia de la semilla (4,5):

TABLA 4. Constituyentes del Aceite de Cardamomo

	CO ₂	Hexano	Arrastre
	29.8	16.9	23.3
	4.3	2.5	4.9
	2.6	2.3	2.1
	38.9	57.7	28.6
	4.7	5.3	2.7
	1.3	2.6	14
	2.5	2.2	3.8
	2.7	1.9	2.9
	1.5	1.7	2.3

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

De acuerdo al diseño del equipo para la obtención de aceites esenciales, ensayos preliminares realizados en el mismo y considerando factores de degradación térmica, se seleccionaron las condiciones de operación, temperatura, presión, flujos y tiempo de duración del proceso de extracción (6,7).

El material empleado para la extracción del aceite fueron semillas de cardamomo, las que previamente se molian, con el fin de incrementar el área superficial del material y por ende la transferencia de masa, posteriormente este material se deposita en talegas de tela porosa, las cuales se colocan en la cámara de extracción. La cámara se sella por la parte superior y se procede a realizar la extracción. Las condiciones de operación fueron las siguientes:

- Presión: 12 psig
- Temperatura: 114.89 °C
- Tiempo de extracción: 1 hora
- Flujo de agua de refrigeración: 0.4437 m³/hr
- Flujo de vapor: 0.040 m³/hr
- Flujo de ACPM: 0.02271 m³/hr
- Cantidad de semillas de cardamomo: 5 kg

El suministro de vapor es realizado con una caldera tipo piro-tubular de 20 BHP de potencia, con una capacidad de 314 kg de vapor/hr.

RESULTADOS

Al aceite obtenido se le evaluaron las propiedades fisicoquímicas y su composición se determinó por cromatografía. Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

- Rendimiento de la extracción: 5%.
- Gravedad específica: 0.9251
- Rotación óptica: + 61.85°
- Índice de refracción: 1.4632
- Punto de ebullición: 36 °C.
- Número de acidez: 0.58905
- Color: Amarillo claro
- Insoluble en agua.
- Soluble en etanol

El análisis cromatográfico fue realizado en un cromatografo tipo GC-MS Perkin Elmer Autosystem-Qmass 910, con las siguientes condiciones de operación :



- Gas de arrastre: Helio.
- Flujo de helio: 45.5 ml/min
- Tipo de inyección: Split.
- Rampa de calentamiento:
 - Temperatura inicial: 50 °C (permanece ahí durante 5 minutos).
 - Se calienta a 10 °C/min. hasta 150 °C.
 - En 150°C permanece 0 minutos.
 - Se calienta a 15 °C/min. hasta 220 °C.
 - En 220 °C permanece durante 5 minutos y finaliza la corrida.
- Temperatura del inyector: 220 °C.
- Temperatura del detector: 220 °C.
- Presión: 16 psi.
- Columna capilar carbowax

Los resultados se muestran en la **tabla 5**.

TABLA 5. Composición del Aceite Esencial de Cardamomo obtenido

a-Pineno	2.234*10 ⁻³
b- Felandreno	0.0144
b- Pineno	2.49*10 ⁻³
Eucaliptol	0.2492
3-Careno	0.08
α- Terpenil acetato	0.6409
2,6 Octadienal, 3,7 dimetil	8.8*10 ⁻³
1 Benzociclohepteno	2.1*10 ⁻³

CONCLUSIONES

- Para Colombia, país agroindustrial la implementación de este sistema de extracción de aceite esencial de cardamomo a escala de pequeños y medianos agricultores se constituye en una buena alternativa para obtener un producto con mayor valor agregado,

siempre y cuando se haga un exhaustivo análisis de mercado de este aceite en particular.

- A pesar de la extensa revisión bibliográfica, no se encontró el movimiento del aceite esencial de Cardamomo en Exportaciones e Importaciones a nivel Colombiano ni mundial, lo que nos impide asegurar categóricamente el éxito de una empresa dedicada a la obtención de aceite esencial de Cardamomo.
- Se sugiere para la obtención de aceites esenciales de cítricos y plantas como el Eucalipto y el Limoncillo implementar otras técnicas de extracción como Hidrodestilación, por ejemplo, ya que el arrastre con vapor directo que se utilizó presentó con estas especies muy bajo rendimiento y en el caso de los cítricos presentó además contaminación, posiblemente pectinas arrastradas.

CERO EMISIONES

- Se sugiere mezclar el agua condensada (luego de separar el aceite), con detergentes para el lavado de pisos y baños (8).
- En la utilización de la torta de Cardamomo se sugiere el cultivo de *Pleurotus ostreatus*, añadiéndole 0.6% de urea para incrementar el nitrógeno en el sustrato a un 1% aproximadamente, y para el cultivo de Champiñones se debe incrementar el nitrógeno hasta un 2% (9).
- Este proyecto debe continuarse, utilizando sistemas de extracción que se puedan adaptar e implementar fácilmente al equipo como una marmita para realizar Hidrodestilaciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cardamom Oil. WWW.aqua-oleum. co.uk. (Octubre de 1999).
- Cultivares S.A.
- Cruz C., Gabriel. (1987) El Cultivo del Cardamomo: Una Alternativa de Producción y Diversificación para Caldas. En: *Revista Agronomía*. Manizales. Vol. 1, No 2. Pag 34-36. 1987.
- El Colombiano, octubre 7 de 1999.
- Instituto de Comercio Exterior INCOMEX. Banco de Datos de Comercio Exterior -BACEX. Junio 6 de 1997.
- Meyer-Warnod B. (1984). "Natural Essential oil". Technical and Commercial Developments in Perfumery Materials, april-may.
- Pauli, Gunter. (1996). Avances, Medellín: Editorial Universidad EAFIT.
- Pauli, Gunter. (1997). Upsizing "Ciencia generativa". Manizales: Editorial Universidad de Manizales.
- Sáez V., Alex y Gil Pavas, E. (1999) "Evaluación a escala de planta piloto del proceso industrial para la obtención de aceite esencial de cardamomo, bajo la filosofía "cero emisiones". Medellín: Universidad EAFIT. 1999.
- Stashenko Elena E. (1998). "Aceites esenciales: Técnicas de extracción y análisis". Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander
- Zuluaga, Olga y Velázquez Eliana. (1997). "Diseño de un proceso industrial para la obtención de aceites esenciales de dos especies nativas Colombianas. Tesis de Grado. Medellín: Universidad EAFIT.