



**Facultad de Ingeniería
Departamento de Ingeniería Química**

TRABAJO DE DIPLOMA
EN OPCIÓN AL TÍTULO DE INGENIERO QUÍMICO

Obtención del Aceite Esencial de *Cananga odorata*.

Autor: Anabel Morfa Hernández

Tutores: McS. Elisa María Chou Rodríguez

Lic. Iberlin Hidalgo Boza

Colaborador: McS. Rafael Martínez Guzmán

Cienfuegos, 2015



PENSAMIENTO

“La inteligencia consiste no sólo en el conocimiento, sino también en la destreza de aplicar los conocimientos en la práctica”.

Aristóteles



DEDICATORIA

*A lo único que ha hecho posible que en estos momentos este haciendo
esta dedicatoria en un Trabajo de Diploma: La Revolución.*

*A mi hija que por y para ella existo, a quien voy a educar con mi
ejemplo y espero sea digna continuadora de lo que hoy edificamos.*



AGRADECIMIENTOS

Agradezco la colaboración de todos aquellos que de una forma u otra han contribuido a que lleve hasta el final mis aspiraciones, a mi esposo Osley en quien no me ha faltado ni un solo instante, comprensión y apoyo.

A mis tutoras, la MsC. Elisa María Chou Rodríguez y la Lic. Iberlín Hídalgo Boza, los cuales han prestado su valiosa ayuda y un reconocimiento especial para la MsC. Lázara V. Hernández Figueredo, el Lic. Carlos A. Serra Pérez y el MSc. Rafael Martínez Guzmán que han participado como consultantes, colaborando todos con la presentación de este mi trabajo de diploma.

A todos los miembros de mi familia que han estado conmigo, en todo momento,

A mis profesores y compañeros de año que me ayudaron en esta etapa de mi vida y en especial a Leidis, Claudia y Mabelys.

A todos.....mil gracias.



SINTESIS

Resumen

El presente trabajo investigativo Obtención del Aceite Esencial de *Cananga odorata*, más conocido como aceite esencial de ylang-ylang tiene múltiples usos principalmente en la industria para la elaboración de cosméticos y perfumería, se obtiene a través del método de destilación con arrastre de vapor de sus flores las cuales son conocidas por su agradable aroma. El aceite esencial de esta planta tiene gran aceptación en el mercado internacional, su comercialización ya sea en producto bruto o refinado aporta grandes ganancias, por tal motivo es necesario, estudiar la posibilidad de explotar esa rica flora poco conocida en el país y que pueda hacer grandes aportes a la economía cubana, multiplicando las divisas del país a través de la exportación de un nuevo producto con un alto valor agregado. Para la producción de este aceite se montó un equipo de destilación en el laboratorio de la Fábrica de Ron Cienfuegos con el objetivo de realizar cinco corridas a las flores recolectadas procedente del árbol ubicado en la Universidad de Cienfuegos, como resultado de este estudio experimental se obtuvieron datos de temperatura a las cuales ocurre el proceso, además del rendimiento del aceite producido en dependencia de la cantidad de flores recolectadas, la época del año en que se cosecha y estado de maduración de las misma, un estudio de factibilidad económica realizado a una posible producción a escala piloto demuestra que la inversión es atractiva pues el VAN es de 68,81 mayor que 0, la TIR 51 % y el PRI indica que se recupera en cuatro años medio, y en cuanto a su valoración ambiental los desechos sólidos y líquidos del proceso no representan un peligro al medio ambiente.



ÍNDICE

ÍNDICE

<i>Introducción</i>	<i>1</i>
<i>Capítulo 1: Estudio del ylang-ylang (Cananga odorata).....</i>	<i>4</i>
1.1. Historia del Árbol Cananga odorata	5
1.1.1. Descripción botánica, suelo, clima y propagación del árbol de Cananga odorata	6
1.1.2. Usos etnobotánicos.....	7
1.2. Localización del Árbol Cananga odorata en Cuba, específicamente en Cienfuegos	7
1.3. Aceites esenciales	10
1.3.1. Propiedades físico –química de los aceites esenciales.....	11
1.3.2. Métodos de extracción de los aceites esenciales	11
1.4. Aceite esencial de Cananga odorata (Ylang-Ylang).....	12
1.4.1. Composición del aceite esencial de Cananga odorata	12
1.4.2. Propiedades y uso del aceite esencial de Cananga odorata.....	14
1.4.3. Aplicación de técnicas de GC-MS al estudio de Aceites Esenciales de ylang-ylang.....	15
1.4.4. Métodos de Extracción de Aceite de ylang-ylang.....	16
1.4.5. Tratamientos de refinación de aceites esencial de ylang-ylang	19
1.4.6. Rendimiento del aceite esencial de Cananga odorata según método de obtención	20
1.5. Demanda y precios del aceite esencial de Cananga odorata en el mundo.....	21
<i>Capítulo II: Extracción del aceite Cananga odorata, utilizando el método de destilación por arrastre de vapor</i>	<i>23</i>
2.1.Descripción de la empresa LABIOFAM S.A	23
2.2. Propuesta para evaluación general del método destilación con arrastre de vapor	23
2.3.Descripción del método empleado para la extracción del aceite esencial ylang-ylang	24
2.3.1.Destilación con arrastre de vapor. Características del método.....	25
2.3.2.Relación de los pasos para la obtención del aceite.	30
2.3.3.Evaluación económica del método: Destilación	31
2.3.4. Evaluación ambiental del método: Destilación	35
<i>Capítulo III: Obtención del aceite de Cananga odorata a escala de laboratorio</i>	<i>36</i>

3.1. Características de la planta Cananga odorata localizada en la Universidad de Cienfuegos	36
3.2. Descripción experimental para la obtención del aceite	37
3.2.1. Descripción del proceso de obtención del aceite de ylang-ylang a partir del árbol Cananga odorata	37
3.3. Resultados obtenidos en la destilación de las flores de ylang-ylang del árbol de la Universidad de Cienfuegos	45
3.4. Evaluación económica	50
3.3. Evaluación del impacto ambiental	54
3.3.1 Materia prima	54
3.3.2 Efluentes y residuos sólidos	54
<i>Conclusiones Generales</i>	<i>56</i>
<i>Recomendaciones</i>	<i>57</i>
<i>Bibliografía</i>	<i>59</i>



INTRODUCCIÓN

Introducción

Dada la tendencia mundial hacia el consumo de productos naturales, los mercados internacionales de plantas medicinales y aromáticas y sus derivados, han registrado mucho dinamismo en los últimos años. Este desarrollo se viene presentando en diferentes áreas, destacándose los aromatizantes y saborizantes. (Colectivo de Autores, 2004).

Las aromas de la naturaleza han acompañado al ser humano siempre: las flores, el mar, los árboles... y *Cananga odorata* no es la excepción. El árbol es originario de la India, Java y Filipinas, pertenece de la familia *Anonaceae*. Crece únicamente en países tropicales. Aunque no es autóctono de Cuba, se ha adaptado bastante bien a las condiciones ambientales del país.

El ylang-ylang (*Cananga odorata*), es conocido por el agradable aroma que tienen sus flores, por lo que es la tercera flor utilizada en perfumería después de las rosas y el jazmín, debido a su elevado contenido de compuestos oxigenados. (Stashenko, Torres y Martínez, 1995).

El aceite esencial de esta planta tiene gran aceptación en el mercado internacional, su comercialización ya sea en producto bruto o refinado aporta grandes ganancias, por tal motivo es necesario, estudiar la posibilidad de explotar esa rica flora poco conocida en el país y que pueda hacer grandes aportes a la economía cubana, multiplicando las divisas del país a través de la exportación de un nuevo producto con un alto valor agregado, cuya obtención genere empleo en este campo, proteja y conserve el ecosistema.

Los principales exportadores de aceite esencial de ylang-ylang son Madagascar e Indonesia, junto con otros pequeños productores como Comoras, Sudáfrica y Marruecos. Estos países distribuyen el aceite crudo hacia los estados miembros de la Unión Europea, los cuales se encargan de realizarle los procesos de rectificación y refinación al producto para posteriormente comercializarlo. El principal comercializador de este aceite es Francia que

maneja en compañía de Reino Unido más del 80 % de las exportaciones totales de los países de la Unión Europea. (Colectivo de autores, 2012).

Estudios previos han determinado la composición química y forma de extracción del aceite esencial de las flores de ylang-ylangla manera más común es la destilación (Stashenko, Quiroz, Martínez, 1966). Sin embargo, en Cuba no se han reportado trabajos ya que existe poca experiencia, pero tomando como referencia extracciones realizadas en otros países como Colombia y Comoras y en otras plantas se ha logrado un avance en este tema.

En Cuba específicamente en Cienfuegos, se encuentran ejemplares distribuidos por cuatro municipios de la provincia, cada uno tiene características diferentes debido al suelo, temperatura y humedad a las que se encuentran expuestas.

El ejemplar objeto de estudio de esta investigación se encuentra ubicado en la Universidad Carlos Rafael Rodríguez, su plantación data a partir de 1986 con regeneración natural limitada en su entorno asociado a jardín del área docente, donde aparecen además pequeños ejemplares que confirman esta información; ubicados debajo de madrigueras de murciélagos. (Colectivo de Autores, 2014).

El estudio de extracción de aceites esenciales es poco conocido en el país, no obstante hay reporte de métodos como el de destilación con arrastre de vapor que se emplean en la fabricación de este producto desde una forma industrial hasta casera. Dado el mercado que hoy representa en el mundo la comercialización de este producto la empresa LABIOFAM S.A Sucursal Cienfuegos se propone obtener aceites esenciales de ylang-ylang.

Teniendo en cuenta que poseemos en la Universidad un árbol de este tipo, es que nos proponemos en este trabajo el estudio del mismo para ver la posibilidad de obtención de aceite esencial de sus flores por lo que planteamos el siguiente problema científico.

Problema de Investigación

¿Será la destilación por arrastre de vapor un método más adecuado para la extracción del aceite esencial de Cananga odorata a partir las flores del árbol que se encuentra en la Universidad de Cienfuegos?

Hipótesis de la Investigación

Con los medios y equipos que se poseen en la provincia se puede lograr obtener aceite esencial de ylang-ylang empleando el método de destilación con arrastre de vapor.

Objetivo General

1-Evaluar el método de destilación con arrastre de vapor para la extracción de aceite esencial de Cananga odorata a partir las flores del árbol que se encuentra en la Universidad de Cienfuegos.

Objetivos específicos

- 1- Realizar una búsqueda bibliográfica sobre los principales métodos de extracción de aceite esencial.
- 2- Formular una propuesta de evaluación que permita la determinación correcta de uno o varios de los principales métodos de extracción de aceite esencial.
- 3- Demostrar que dicha propuesta de evaluación es aceptada en LABIOFAM S.A Sucursal Cienfuegos.



CAPÍTULO 1

Capítulo 1: Estudio del ylang-ylang (*Cananga odorata*)

El árbol de *Cananga odorata* es una especie originaria de Asia tropical (Camboya, Filipinas, Indonesia, Laos, Malasia, Myanmar, Papua Nueva Guinea, Tailandia y Vietnam), donde crece en las forestas húmedas desde el nivel del mar hasta cerca los 1000 m de altitud en las zonas ecuatoriales. (Franke S., 2015).

El nombre del género deriva del indonesio, “Kananga”; el nombre de la especie y el adjetivo latino “odoratus, a, um” = perfumado, oloroso, con obvia referencia.

Los nombres más comunes que se le atribuyen a esta planta según el país donde se cultiva son: Macassarointree, per-fumetree, ylang-ylang tree (inglés); canangodorant, ilang-ilang (francés); kananga, kenanga (indonesio); ylang-ylang (italiano); cananga, ilanga (portugués); cadmia, cananga, ilang-ilang (español); ylang-ylangbaum (alemán). En la Figura 1.1 se muestra la planta y sus flores. (Franke S., 2015).



Figura 1.1.Árbol de Ylang-Ylang (flores).Fuente: (Leyva Ricardo M.A., 2008).

1.1. Historia del Árbol *Cananga odorata*

Cananga odorata, también conocido como ylang-ylang, fue originalmente nombrado Arbor sogrisan, fue cultivado por primera vez en Filipinas, y su aceite fue ampliamente producido en Manila en 1990, y antes de esa fecha, Filipinas mantuvo el monopolio mundial de este aceite. (Archila Calderón J.A., 2008).

El árbol fue introducido en las Islas Reunión, colonias francesas, a través de una expedición francesa en 1770, dirigida por el capitán d' Etchevery, en la misma se colectaba un conjunto de especies dentro de las cuales se encontraba el ylang-ylang, planta procedente de las Filipinas. En el siglo XX la plantación fue introducida en Madagascar, especialmente en las islas de Nossi-Be, luego fue introducida en las islas Comoro donde las condiciones eran ideales para su crecimiento. (Caldas Borrero, 1979).

El ylang-ylang fue introducido a Colombia durante la década de 1930 y mostró una gran adaptación a las condiciones climáticas y geobotánicas del país. Se ha cultivado principalmente en el Valle del Cauca, y se encuentra difundido en los departamentos de Tolima, Quindío, Caldas, Risaralda y Santander. (Caldas Borrero, 1979).

El cultivo comercial y la producción de flores de ylang-ylang están ahora concentrados en Indonesia y Madagascar, con pequeñas cantidades de aceite producido en Reunión, islas Comoro y las Filipinas. (Caldas Borrero, 1979).

El área de cultivo de *Cananga odorata* en Indonesia se ha incrementado de acuerdo con las estadísticas oficiales, desde 86.000 hectáreas en 1985 hasta 160.000 hectáreas en 1995, con producción de 120 toneladas de aceite por año, la mayoría del cual es exportado. (Weiss, 1997).

En Cuba existe esta planta desde principios de este siglo XX, fue introducida por la Estación Experimental de Agronomía, pero no se ha extendido mucho en el país. Existen varios árboles grandes diseminados por las provincias del territorio principalmente en los jardines botánicos. (Roig J.T., 1988).

1.1.1. Descripción botánica, suelo, clima y propagación del árbol de *Cananga odorata*

El árbol de *Cananga odorata* (Hook Fil. Et Thomson), forma genuina, pertenece a la familia de las Annonaceae, es de crecimiento recto y vertical que puede alcanzar hasta 40 metros de altura con troncos de más de 1 metro de diámetro en su porción basal. Posee una copa perfectamente cónica que de lejos le hace parecer una conífera. Inconfundible por sus ramas extraordinariamente largas y delgadas, curvadas hacia arriba y con hojas a todo lo largo. Las flores de color amarillo-verdoso son muy atractivas y exóticas, y liberan un aroma que se percibe a mucha distancia. (Colectivo de Autores, 2011).

Las ramas se secan y caen enteras y pesadamente, constituyendo una amenaza a los seres humanos por lo que más tarde se decidió, antes que tomaran un cierto tamaño podarlos de forma tal que sus ramas continuaran creciendo hacia abajo para así poder recolectar mejor sus semillas y flores.

Se reproduce por medio de semillas las cuales muestran ciertas dificultades para germinar y desarrollarse normalmente en condiciones de vivero. Los árboles jóvenes pueden crecer hasta 2 metros de altura por año. No se recomienda plantar estos árboles cerca de las viviendas ni oficinas, no solamente por las grandes dimensiones que alcanzan en pocos años de plantado, sino también porque cuando florece su penetrante aroma puede causar molestias como son: dolores de cabeza e irritaciones nasales a las personas luego de una prolongada exposición. (Colectivo de Autores, 2011).

El ylang-ylang requiere de suelos fértiles, arenosos ricos en materia orgánica. Crece mejor en áreas tropicales, especialmente cerca de la costa, donde la lluvia es bien distribuida y las

temperaturas de verano son moderadas. (Cabarroí Hernández M. y Fuentes Fiallo V.R., 2010).

1.1.2. Usos etnobotánicos

La madera es utilizada en la fabricación de tambores (por su gran resonancia) e implementos domésticos. El ylang-ylang se ha utilizado en medicina tradicional contra la diarrea, malaria, oftalmia, cefalalgia, gota, como carminativo y estomático. (Archila Calderón J.A., 2008).

1.2. Localización del Árbol *Cananga odorata* en Cuba, específicamente en Cienfuegos

El árbol *Cananga odorata* es poco abundante en el país, existiendo pocas especies distribuidas por provincias, en la bibliografía revisada solamente existen reportes de su localización en la Habana, Camagüey, Oriente y en Cienfuegos, provincia donde se realiza el estudio de este trabajo.

A pesar de que la provincia está ubicada geográficamente en una zona costera, este árbol se encuentra localizado según inventario realizado por LABIOFAM en ocho lugares, distribuidos en cuatro municipios como son: Rodas, Palmira, Cienfuegos y Cumanayagua, los terrenos están caracterizado principalmente por suelos pardos con carbonatos, y alturas sobre el nivel medio del mar que van desde 1,8 m en O'bourque hasta 36 m en El Nicho. En la Figura 1.2 representamos una localización de este árbol por la provincia de Cienfuegos.

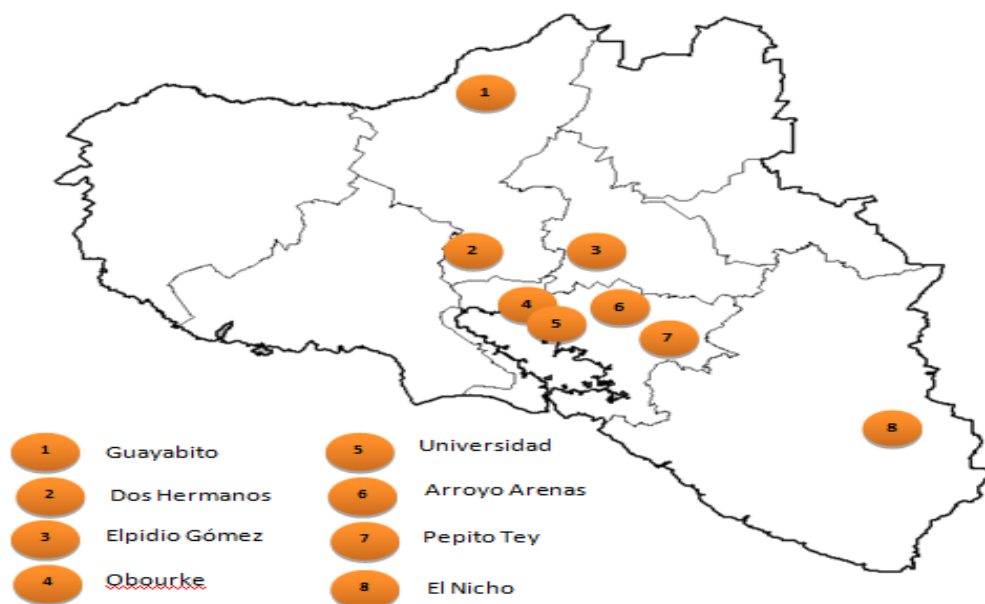


Figura 1.2. Localización Geográfica del árbol *Cananga odorata*. Fuente: (Colectivo de Autores, 2014)

Como se puede observar en la figura este árbol se encuentra localizado en cuatro de los ocho municipios que tiene la provincia y solo existen 15 ejemplares, los mismos se plantaron con fines ornamentales ya que aportan gran frescura por su frondosidad y la fragancia de sus flores. En la Tabla 1.1 se detalla la ubicación geográfica, así como sus características en cuanto a la altura de los árboles y el tipo de suelo en el que se encuentran plantado.

Tabla 1.1. Ubicación y características de los arboles de *Cananga odorata* en Cienfuegos.

No	Ubicación Geográfica	No Ejemplares	Altura (m)	Tipo de Suelo
1	Calle 6 ^{ta} entre B y Playa, Barrio Obourke, Municipio Cienfuegos	1	1,8	Pardo con Carbonatos. Típico
2	Carretera Rodas Universidad Carlos Rafael Rodríguez, Municipio Cienfuegos	1	18,4	Pardo con Carbonatos. Típico

3	Asentamiento Dos Hermanos Municipio de Rodas	4	32,6	Fersialítico Pardo Rojizo. Típico
4	Asentamiento Elpidio Gómez Municipio Palmira	1	39,3	Pardo con Carbonatos. Típico
5	Finca Arroyo Arenas Municipio Cienfuegos	1	23,2	Pardo con Carbonatos. Típico
6	Asentamiento Pepito Tey Municipio Cienfuegos	5	6,5	Pardo Sin Carbonatos. Típico
7	Finca Frutales. El Nicho Municipio Cumanayagua	1	36,0	Ferralítico Rojo Lixiviado. Típico
8	Asentamiento Guayabito, Municipio Rodas	1	35,0	Pardo con Carbonatos. Típico

Fuente: (Colectivo de Autores, 2014).

Como se muestra en la Tabla 1.1 los ejemplares sembrados de la *Cananga odorata* tienen una altura que varía desde 1,8 m hasta 39,3 m, lo cual demuestra que existen árboles que fueron sembrados hace muchos años y otros de reciente plantación sobre todo los del Jardín Botánico, como características de los suelos se puede decir que el 62,5 % de las plantas están sembradas en suelos de tipo pardos con carbonato, a continuación se hace una reseña de algunos sitios donde se encuentran. (Colectivo de Autores, 2014).

Estos 15 árboles que se encuentran en la provincia de Cienfuegos pueden producir alrededor de 1,25 kg de aceite esencial al año, las hojas se puede usar para extraer aceites desde los dos años y su mayor producción se encuentra alrededor de los 15 - 20 años. (Colectivo de Autores, 2014).

Sitio Universidad: ejemplar que data a partir de 1986 con regeneración natural limitada, en su entorno asociado a jardín del área docente, donde aparecen además pequeños ejemplares que confirman esta información; ubicados debajo de madrigueras de murciélagos.

Sitio Dos Hermanos: en este lugar existen dos ejemplares en producción de aproximadamente 73 años de edad, con otros ejemplares de diferentes grados de desarrollo, dispersos en el entorno y próximos al área de goteo de los mismos (proveedor de frutos para semillas).

Sitio Elpidio Gómez: existe un ejemplar relativamente joven y en producción del que se ha cosechado frutos para semillas.

Sitio O'Bourke: de este ejemplar se prevé recolectar frutos durante el presente año para su reproducción. Se ha comprobado visualmente que la floración máxima ocurre en febrero a diferencia del de la Universidad que ocurre en abril.

Sitio Finca Arroyo Arena: la presencia de este ejemplar en el patio de la casona, según su dueña, data desde hace 70 años y fue traída por el técnico de fruticultura Cañizares; se encuentra muy agobiado por otros árboles lo que ha limitado su desarrollo. Se prevé cosecharle frutos para semillas este año. (Colectivo de Autores, 2014).

Actualmente con la localización de estos árboles se pretende fomentar la reproducción de los mismos, luego del estudio de las condiciones demográficas para obtener una mejor siembra y producción de sus flores, las cuales se emplean para la obtención de aceite esencial muy utilizado en el mundo en la perfumería por su rica fragancia.

1.3.Aceites esenciales

Los aceites esenciales son sustancias aromáticas de base lipídica encontrada prácticamente en todas las plantas, son muy numerosas y están ampliamente distribuidas en las distintas partes de las plantas: raíces, tallos, hojas, flores y frutos. Los aceites esenciales son componentes heterogéneos de terpenos, sesquiterpenos, ácidos, ésteres, fenoles y lactonas, separables por métodos químicos o físicos como la destilación, la refrigeración, la centrifugación, entre otros. (Peredo-Luna H.A., Palou-García E. & López-Malo A., 2009).

1.3.1. Propiedades físico –química de los aceites esenciales

 **Características físicas de los Aceites Esenciales** (Colectivo de Autores, 2002).

Los aceites esenciales son líquidos volátiles a temperatura ambiente. Recién destilados son incoloros o ligeramente amarillos. Su densidad es inferior a la del agua (la esencia de sasafrás o de clavo constituyen excepciones). Casi siempre dotados de poder rotatorio, tienen un índice de refracción elevado. Son solubles en alcoholes, así como alcohol de alta gradación y en disolventes orgánicos habituales como éter o cloroformo. Son liposolubles y muy poco solubles en agua, pero son arrastrables por el vapor de agua. Los aceites se clasifican en terpenoides y no terpenoides esto depende de la estructura de la cadena que forma el compuesto. (Colectivo de Autores, 2002).

Otra clasificación de los aceites es en base a su **consistencia, origen y naturaleza química** de los componentes mayoritarios, en estos tenemos la esencia, bálsamos y resinas las cuales se encuentran en forma natural, artificial y sintética. (Colectivo de Autores, 2002).

1.3.2. Métodos de extracción de los aceites esenciales

Los aceites esenciales se pueden obtener básicamente por cuatro métodos:

-  Destilación con vapor o arrastre con vapor.
-  Extracción con solventes.

 Extracción con fluidos supercríticos.

 Extracción en forma mecánica.

La selección de cada uno de estos métodos esta en dependencia del tipo de planta o parte de la planta (raíces, tallo, hojas, flores, frutos, semillas) a utilizar para la extracción del aceite esencial, así como la calidad que se requiere en su obtención, el más comúnmente empleado es el de destilación con arrastre de vapor ya que tiene como ventaja la extracción de un aceite puro, libre de solventes, bajo costo de inversión y la tecnología empleada no es sofisticada. (Sánchez Castellanos F.J., 2006).

1.4.Aceite esencial de *Cananga odorata* (Ylang-Ylang)

El aceite esencial ylang-ylang se obtiene principalmente por destilación de las flores totalmente desarrolladas del árbol *Cananga odorata*, las cuales en plena madurez contienen la máxima cantidad de aceite y de la mejor calidad, es un líquido amarillo con olor fuerte, dulce y agradable aroma floral.

1.4.1. Composición del aceite esencial de *Cananga odorata*

En 1952, Guenther reportó por primera vez algunos compuestos aislados e identificados por varios autores en el aceite de ylang-ylang de las islas Comoro y Filipinas. (Güenther, E., 1995), y en 1968, Schmidt y Grimahicieron el primer estudio detallado de los constituyentes más volátiles del aceite de ylang-ylang. (Schmidt, W., Rimm, W., 1967).

En general la composición química del aceite esencial de las flores de ylang-ylang consiste en sesquiterpenos, alcoholes, ésteres, éteres, fenoles y aldehídos, en la Tabla 1.2 se presentan los principales componentes de este aceite.

Tabla 1.2. Componentes principales del aceite de ylang-ylang (*Cananga odorata*)

Mono y sesquiterpenos α -Pineno α -Farneseno Cadineno Trans-Cariofileno Ylangeno y-Muuroleno	Alcoholes Linalool Farnesol Geraniol Safrol	Acetato de geranilo Acetato de bencilo Acetato de metilo Silicato de metilo
	Ésteres Benzoato de bencilo	Fenoles <i>p</i> -Cresol Eugenol Isoeugenol

Fuente: (Archila Calderón J.A., 2008).

En el mercado existen aceites de ylang-ylang y de Cananga; los dos provienen de diferentes variedades del mismo árbol. El aceite de ylang-ylang se obtiene de la *Cananga odorata* baill, forma genuina, y el de Cananga, de *Cananga odorata* forma macrofila, se considera mucho más fino, costoso y apreciado el de ylang-ylang. En ambos se encuentran los mismos compuestos, pero en diferentes porciones, por ejemplo, el aceite de ylang-ylang contiene más ésteres y menos sesquiterpenos y alcoholes sesquiterpénicos.

El aceite de ylang-ylang se clasifica comercialmente en cuatro categorías: extra, primera, segunda y tercera.

Es importante señalar que la aplicación industrial del aceite depende de su calidad. Por ejemplo la categoría extra se usa en perfumería; la primera y la segunda en cosmética y la tercera, para preparar jabones.

Las diferentes categorías del aceite esencial son obtenidas destilando las flores en diferentes fracciones y tiempos. Estas fracciones tienen diferentes propiedades físico-químicas como se observan en la Tabla 1.3.

Tabla 1.3. Especificaciones del aceite de Ylang-Ylang.

	Primera destilación (Extra)	I Calidad (primera)	II Calidad (segunda)	III Calidad (tercera)
Apariencia	Líquido amarillo	Líquido amarillo pálido	Líquido amarillo pálido	Líquido amarillo pálido
Valor ácidos	2.8 (máx.)	2.8 (máx.)	2.8 (máx.)	2.8 (máx.)
Valor ésteres	130-182	89-130	56-89	34-56
Olor	Floral, suave	Floral	Floral	Floral
Rotación óptica	-25° a -40° a 20 °C	-33° a -60° a 20 °C	-40° a -68° a 20 °C	-35° a -67° a 20 °C
Solubilidad	1:0.5 (90 % etanol)	1:0.5 (90 % etanol)	1:0.5 (90 % etanol)	1:0.5 (90 % etanol)
Gravedad específica a 20 °C	0.946-0.982	0.928-0.949	0.918-0.933	0.906-0.923
Índice de refracción a 20 °C	1.4980-1.5090	1.5000-1.5090	1.5057-1.5117	1.5070-1.5150

Fuente:(Archila Calderón J.A., 2008).

1.4.2. Propiedades y uso del aceite esencial de Cananga odorata

Ylang-ylang significa "flor de flores". El Aceite de ylang-ylang es un aceite muy usado sobretodo en cosméticos. Se considera el rey de los perfumes y se emplea abundantemente como fijador de los perfumes florales. (Colectivo de Autores, 2012).

Es un armonizador, antidepresivo, antiséptico, eufórico, sedante, afrodisíaco, hipotensivo y tonificante. Estimula la producción de adrenalina. Tonifica el corazón. Aplaca los estados de ánimo negativos como la irritación y la ansiedad. Para casos de insomnio poner una gota de aceite en la almohada. (Cabarroí Hernández M. & Fuentes Fiallo V.R., 2010).

Se puede utilizar en preparados cosméticos, jabones de baños y es adecuado para pieles secas o maduras. Además se puede combinar con otras esencias florales, esencias cítricas, incienso, geranio, vetiver. El aceite esencial 100 % puro de ylang-ylang es un relajante por excelencia, además se emplea en el tratamiento del asma. Con propiedades antiinflamatorias, sobre todo reguladoras y relajante. (Colectivo de Autores, 2012).

Se emplea principalmente en inhalaciones, vaporizaciones, fricciones y masajes, añadiendo unas gotas en el champú, ayuda a reducir la grasa en el cabello y en el cuero cabelludo, la loción o emulsión con este aceite ayuda a controlar el acné y la piel grasa, aplicado sobre los pies, actúa suavizando callos y durezas. (Colectivo de Autores, 2002).

Entre las precauciones del aceite esencial de ylang-ylang tenemos: (Colectivo de Autores, 2012).

- No se recomienda el uso ingerido del aceite de ylang-ylang a menos que sea prescrito por un terapeuta o médico experto.
- No usar aceites esenciales durante los 3 primeros meses del embarazo y mantener fuera del alcance de niños.
- Altamente concentrado, no usar sin diluir sobre la piel. Puede ser irritante para la piel sensible.
- No usar en caso de alergia a alguno de sus componentes. Comprobar reacción antes de utilizarlo.
- Mantener alejado del calor y la luz del sol.

1.4.3. Aplicación de técnicas de GC-MS al estudio de Aceites Esenciales de ylang-ylang

Para el estudio de la composición química de los aceites esenciales, se ha demostrado que el mejor método es la técnica instrumental de cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas. La combinación de un cromatógrafo de gases con un espectrómetro de masa es hoy en día una herramienta excepcionalmente útil y versátil para la identificación y la cuantificación de los componente presentes en las mezclas orgánicas; un significativo progreso en el desarrollo de este método se logró debido al uso de las columnas capilares de alta eficiencia, a la aplicación de diferentes técnicas de ionización y la utilización de software especializados, incorporados en un sistema de datos. (Leyva Ricardo M.A., 2008).

1.4.4. Métodos de Extracción de Aceite de ylang-ylang

Como se explicó en epígrafes anteriores existen cuatro métodos para la obtención de los aceites esenciales, según la bibliografía revisada solo hay referencia del empleo de dos métodos para la obtención del aceite esencial de ylang-ylang, el de destilación con arrastre de vapor y la hidrodestilación asistida por la radiación de microondas. A continuación realizamos una breve descripción de estos métodos:

- **Destilación por arrastre de vapor**

El termino destilar proviene del latín "destilare" que es la acción de separar por medio de calor, alambiques u otros vasos, una sustancia volátil llamada esencia de otras más fijas, enfriando luego su vapor para reducirla nuevamente a líquido. Por efecto de la temperatura del vapor (100 °C) en un cierto tiempo, el tejido vegetal se rompe liberando el aceite esencial (Colectivo de autores AHUALIZTLI, 2014).

La destilación por arrastre de vapor es una técnica aplicada en la separación de sustancias poco solubles en agua y se emplea para separar una sustancia de una mezcla que posee un punto de ebullición muy alto y que se descompone al destilar, también se emplea para purificar sustancias contaminadas por grandes cantidades de impurezas resinosas y para separar disolubles de alto punto de ebullición de sólidos que no se arrastran.

En el campo se usan instalaciones sencillas y portables donde en la parte inferior del tanque extractor se coloca el agua, luego encima una parrilla que soporta el material que va a ser extraído, la salida de vapores puede ser lateral al tanque o ubicarse en la tapa, este pasa por un serpentín o espiral enfriado por agua y posteriormente el vapor condensado y el aceite esencial se recolectan en un separador de fases.

Una vez extraído el aceite esencial de la planta que hemos destilado, procedemos a su separación del hidrolato (resto del destilado compuesto de agua destilada y trazas del aceite esencial). Para ello se utiliza un decantador.

No es buena idea hervir directamente las plantas ya que se descomponen los aceites dando un olor a quemado. En este caso la planta se envuelve en una gasa que permita el paso del vapor.

En la Figura 1.3 se muestra un extractor de aceites esenciales utilizando el método de arrastre de vapor, generalmente están compuestos por un extractor, condensador, los vasos separadores, y una fuente de calor, la disposición de estos equipos varia de acuerdo a las condiciones donde se va a realizar la extracción del aceite. En algunos lugares los instrumentos son contruidos de forma artesanal, principalmente en Madagascar donde su producción es muy rudimentaria, por los nativos de la zona, el aceite obtenido tiene diferentes calidades. (Colectivo de autores, 2014).

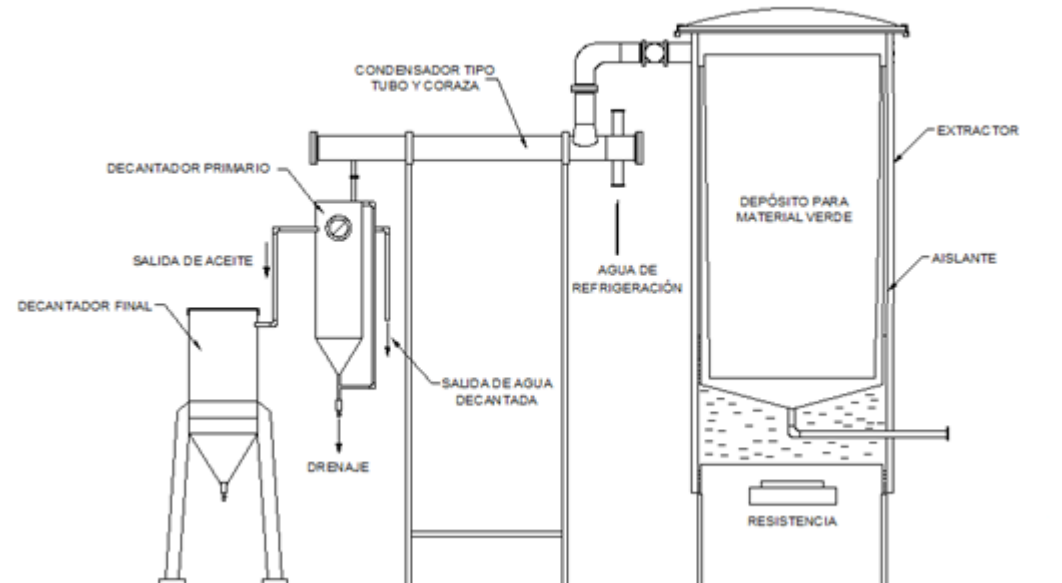


Figura 1.3. Extractor de Aceites Esenciales por arrastre con vapor. Fuente: (Torres Peña S.C.& Muñoz Pinto D.K., 2006).

- **Destilación asistida por la radiación de microondas**

Hidrodestilación asistida por la radiación de microondas es otra técnica de obtención de aceites esenciales, la cual consiste en una fuente de radiación microondas que se usa como agente extractor de productos naturales. Si el calentamiento aplicado es del modo tradicional, se utiliza una manta eléctrica, el proceso es lento. Este método de extracción es poco usado para la obtención de la esencia de ylang-ylang, y se emplea principalmente en países desarrollados. En la Figura 1.4 se muestran dos destiladores, uno de cobre con quemador de gas y otro de acero inoxidable con resistencia eléctrica para el calentamiento (Leyva Ricardo M.A., 2008).



Figura 1.4. Destiladores de aceite esencial a escala piloto. Fuente: (Leyva Ricardo M.A., 2008).

Actualmente el método más empleado para la producción de la esencia de ylang-ylang es mediante la destilación con arrastre de vapor de las flores frescas, para facilitar la cosecha de las flores los árboles se podan regularmente, manteniéndolos a una altura de 2 a 3 m. Un árbol maduro puede producir entre 20 y 30 kg de flores por temporada. Se necesita entre 350 y 400 kg para la elaboración de 1 kilo de esencia. Las flores se recogen a mano, temprano por la mañana, una vez por semana. (Firmenich, 2009).

Para la obtención del aceite esencial en este trabajo, se empleó el método de destilación con arrastre de vapor, ya que el mismo fue obtenido a una escala de laboratorio. En el capítulo II se presenta una descripción detallada de los instrumentos y técnicas utilizados para su fabricación.

1.4.5. Tratamientos de refinación de aceites esencial de ylang-ylang

Una vez que se extrae el aceite esencial proveniente de la materia prima, para su empleo y comercialización se necesitan utilizar otros tratamientos los cuales le dan la pureza requerida para su óptima utilización por lo proveedores. Entre estos tratamientos podemos mencionar los siguientes: (Colectivo de Autores, 2002).

Rectificación: es el proceso más común, consiste en fraccionar en una columna de rectificación obteniéndose porciones que son analizadas individualmente. Aquellas que tengan una misma calidad se juntan. Generalmente un aceite esencial se fracciona en tres partes cabeza o fracción liviana, corazón o parte media, fracciones pesadas.

Fraccionamiento: semejante al anterior, pero con una partición más específica, por ejemplo, los aceites esenciales con 60 – 70 % de citral se fraccionan tratando de eliminar los compuestos que lo acompañan para obtener un 90 – 97 % de pureza.

Desterpenado: al eliminar los terpenos, cuando estos no tienen la propiedad organoléptica que se persigue, mejora la solubilidad en agua del aceite esencial y concentra el sabor y el olor.

Descerado: cuando un aceite esencial es extraído por expresión y no por arrastre por vapor, contiene, además de la fracción volátil terpénica, compuestos como las ceras del epicarpio de los frutos.

Filtrado: para eliminar las impurezas de los aceites esenciales crudos se filtran con ayuda de tierras filtrantes u otros materiales que retienen el agua residual (sulfato de sodio anhidro, carbonato de magnesio, etc.).

Reacciones Químicas: para obtener nuevos productos aromáticos con mayor valor agregado, con notas más agradables, entre ellas se encuentran: esterificación (cedro, vetiver y menta), hidrogenación (citronela), hidratación (trementina).

Decoloración: Para esencias con colores fuertes como Patchulí, palo santo, clavo.

Lavado: para mejorar el olor desagradable debido a la presencia de ácidos y fenoles se lava con soluciones de hidróxido de sodio al 1 % o carbonato de sodio al 10 %.

Estandarización: no es un proceso industrial en sí, surge como una necesidad de homogenizar o normalizar la calidad de un producto debido a la infinidad de variables que modifican sus características. Se realiza para cumplir con las exigencias de la industria la cual requiere las mismas características independientemente del origen, año y época de cosecha.

Aislamiento de Productos Específicos: algunas esencias son comercializadas para aislarles algunos componentes mayoritarios como el eugenol de la esencia de clavo o el cedrol de la del cedro.

1.4.6. Rendimiento del aceite esencial de *Cananga odorata* según método de obtención

Si bien son conocidos los valores de rendimientos de las distintas especies vegetales, se puede hablar de valores promedios que van desde 1,5 % hasta 2 % (relación de kilos de aceite obtenido sobre kilos de material verde a procesar) del ylang-ylang. Los factores que influyen en los rendimientos son: la especie vegetal, y la época de cosecha, ya que se debe cosechar en su máximo estadio de floración para obtener un rendimiento de un 2 %.

Los rendimientos de este aceite pueden variar de una región a otra, y dependen de la zona donde se encuentra la plantación, así como las condiciones geográficas como son: el clima, tipo de terreno y tipo de suelo, la variación puede estar dada por un aumento o disminución de los valores de producción y la calidad del producto obtenido.

Los aceites esenciales según sea la especie vegetal tienen componentes orgánicos (principios activos) que lo definen y es un elemento que caracteriza su calidad (Torres Peña S.C. & Muñoz Pinto D.C., 2006). La calidad del olor de aceite de ylang-ylang está relacionada con las diferentes variedades, los contenidos de ésteres, alcoholes y éteres fenólicos. (Colectivo de Autores, 2010).

Todos los aceites obtenidos pueden conservarse sin degradación durante años, tomando las precauciones de un almacenamiento correcto, (son afectados por la luz y el aire).

1.5.Demanda y precios del aceite esencial de *Cananga odorata* en el mundo

La marcada diferencia en los precios de los aceites esenciales depende de la materia prima utilizada para su obtención. El nivel de precios de un aceite esencial está influenciado por la calidad del aceite que está determinada por el país de origen, el clima, las condiciones del suelo, cosecha, el método de extracción y la concentración del aceite.

El precio promedio del aceite esencial de ylang-ylang está entre 70 - 80 EUR/kg de ylang-ylang (Troisième) en Madagascar uno de los principales productores y ylang-ylang (extra) de Comores 155 - 180 EUR/kg, esta variación en los precios está dada fundamentalmente por la calidad del aceite y la pureza con que se destila. (Torres Peña S.C. & Muñoz Pinto D.C., 2006).

El aceite de ylang-ylang tiene una gran demanda, el flujo de importaciones del mismo por parte de los Estados miembros de la Unión Europea a lo largo de los últimos cinco años es un promedio de 1 250.000 kg, de los cuales Madagascar les exporta cerca del 54 % e Indonesia

el 12 %. Los mayores demandantes de este producto son: Francia con el 63 % de participación en el último año, seguido por Reino Unido, Alemania y España, quienes en conjunto concentran el 91 % de las importaciones totales de la Unión Europea. En la Figura 1.5 se muestra una gráfica con los principales países importadores.

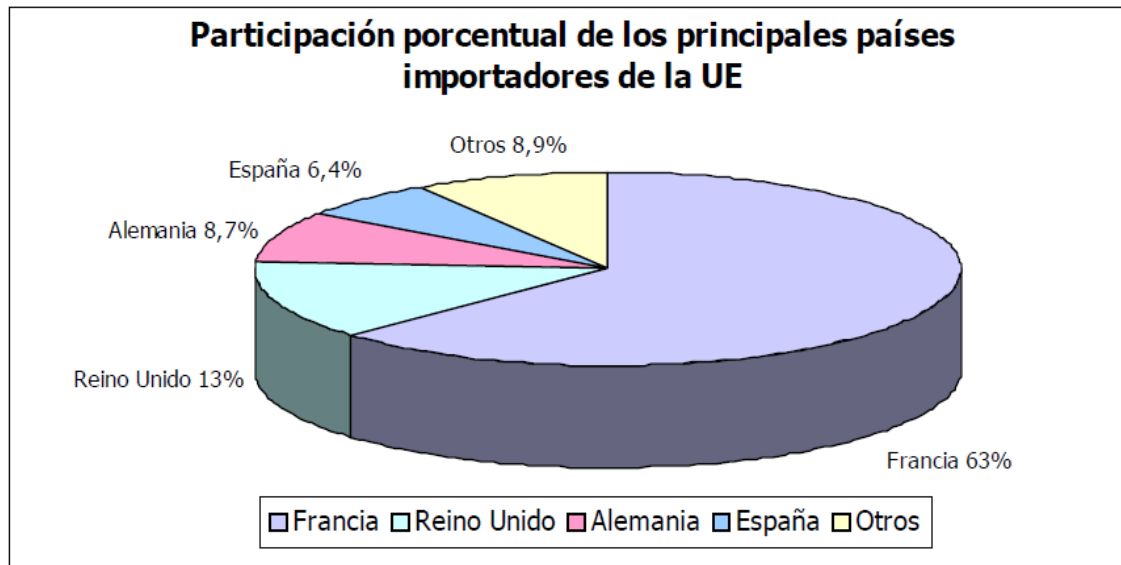


Figura 1.5. Participación porcentual de los principales países importadores de la Unión Europea Fuente: (Torres Peña S.C.& Muñoz Pinto D.C., 2006).

En Cuba según la bibliografía consultada no hay estudios sobre la comercialización de este producto, teniendo en cuenta el mercado que representa su producción es que se preténdete realizar a escala de laboratorio algunas obtenciones de este aceite para su futura implementación en la industria, ya que es un árbol que geográficamente se adapta al clima de nuestro país.



CAPÍTULO 2

Capítulo II: Extracción del aceite *Cananga odorata*, utilizando el método de destilación por arrastre de vapor

La extracción del aceite esencial de *Cananga odorata*, según la bibliografía reportada existe poco dominio de su obtención en el país, teniendo en cuenta las potencialidades de uso y comerciales que este producto tiene en el mercado internacional, y considerando que Cuba y en especial Cienfuegos las condiciones geográficas lo permiten, es que la empresa LABIOFAM S.A Sucursal Cienfuegos, tiene entre sus proyecciones futuras la fabricación del mismo, para lo cual se necesita un estudio de los métodos de obtención de este aceite.

2.1.Descripción de la empresa LABIOFAM S.A

La **Sucursal LABIOFAM Cienfuegos** fue creada en el 2004, perteneciente al Grupo Empresarial LABIOFAM tiene en su misión producir y comercializar productos de uso humano, veterinario y agropecuario, así como productos biológicos, agroquímicos, químicos, y está autorizada por el Ministerio de Salud Pública de Cuba, el Centro de Investigación de Tecnología y Medio Ambiente (CITMA), el Centro Estatal de Control de Medicamentos y por la Oficina Cubana de la Propiedad Industrial (OCPI) (Colectivo de Autores, 2014b)

La gestión actual del Grupo está dirigida a vacunas y medicamentos de uso veterinario y cuenta con una amplia gama de productos biológicos y farmacéuticos, garantizando actualmente el 97 % del consumo nacional de medicamentos veterinarios. (Colectivo de Autores, 2013). También está encaminado a incorporar nuevos productos al mercado y el aceite esencial de ylang-ylang constituye un fuente rica para mejorar producciones existentes o bien para crear otras dadas sus propiedades.

2.2. Propuesta para evaluación general del método destilación con arrastre de vapor

Para realizar una evaluación general del método que se emplea para la extracción de aceites esenciales de ylang-ylang es necesario comenzar con un análisis técnico, económico y

ambiental del mismo, con el propósito de su implementación en la empresa LABIOFAM S.A Sucursal Cienfuegos. En la Figura 2.1 se muestra un organigrama secuencial para la realización de dicha evaluación.

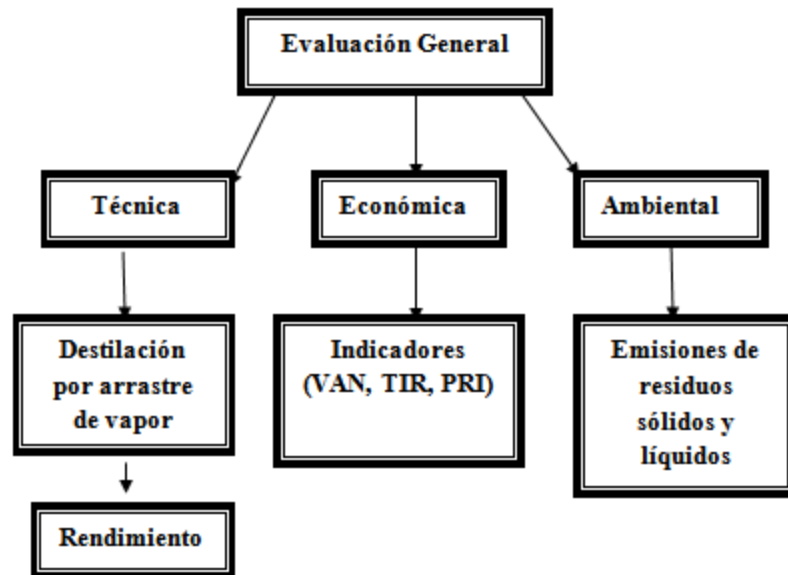


Figura 2.1.Organigrama para la evaluación general del método de destilación con arrastre de vapor. Fuente: Elaboración propia.

2.3.Descripción del método empleado para la extracción del aceite esencial ylang-ylang

Como se explicó en el capítulo anterior el método seleccionado para la extracción del aceite esencial de *Cananga odorata* es a través de destilación con arrastre de vapor, por ser el mismo uno de los más utilizados en el mundo según la literatura revisada para la obtención de los aceites esenciales.

El método de destilación con arrastre de vapor es de fácil operación, tiene un bajo costo de inversión y además se puede emplear desde una forma rudimentaria hasta su inserción a escala industrial.

2.3.1. Destilación con arrastre de vapor. Características del método

Descripción textual de método de destilación por arrastre de vapor.

El equipo consta de una cámara, donde se deposita el material vegetal, la cámara está recubierta por un material aislante, para evitar pérdidas térmicas y por razones de seguridad. Por la tubería de la parte inferior de la cámara entra el vapor saturado y por la parte superior sale el aceite esencial en su estado de vapor, el cual ingresa a un intercambiador de calor de tubos y coraza, donde es refrigerado con agua y pasa del estado de vapor al estado líquido. El aceite esencial líquido es recogido en un recipiente y posteriormente sometido a un proceso de separación, el cual se efectúa en un embudo de separación, luego el aceite es filtrado, con el fin de eliminar las partículas en suspensión y secado, empleando algún agente secante para eliminar la humedad que aun prevalece en el aceite. Finalmente se envasa el aceite. (Colectivo de Autores, 2011).

Por efecto de la temperatura del vapor (100 °C) en un cierto tiempo, el tejido vegetal se rompe liberando el aceite esencial, el cual presenta en estas condiciones una presión de vapor la cual es calculada según la ecuación $P_t = P_v + P_a$. (Donde P_t es la presión total, P_v presión de vapor y P_a presión del aceite). La fracción de aceite esencial en la mezcla de vapor será: $Y_a = P_a / P_t$

Adicionalmente el aceite esencial debe de ser insoluble en agua, ya que después del condensador, en el separador debe de formarse dos fases: una de aceite esencial y otra de agua con trazas de esencias. Si el aceite esencial presenta componentes solubles en agua estos quedarán en la fase acuosa que puede comercializarse como tal: agua de rosas, agua de jazmín, agua de ylang-ylang. (Colectivo de Autores, 2011).

Descripción del equipamiento empleado en la destilación con arrastre de vapor. (Colectivo de Autores, 2011).

En la Figura 2.2 se muestra el diagrama de flujo del proceso y los principales equipos que interviene en el mismo.

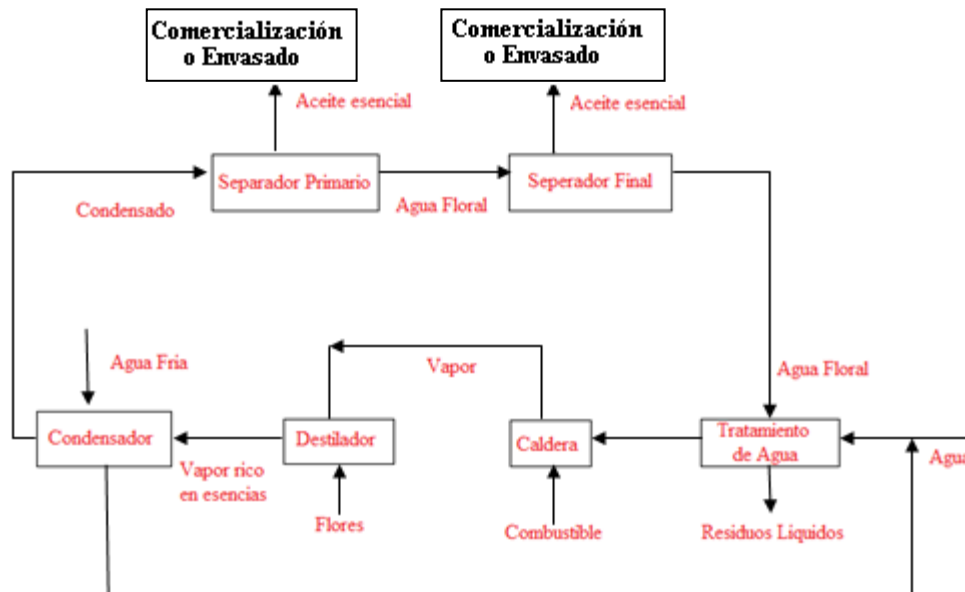


Figura 2.2. Diagrama de flujo del proeceso de destilación con arrastre de vapor.

Fuente: Elaboración propia.

Extractor: consiste en un recipiente con tapa, donde en su interior se coloca el material verde a extraer. Este se puede acomodar dentro de un canasto, o bien utilizar un fondo removible para retirar el material agotado. En la parte inferior se ingresa el vapor de agua necesario para la extracción de los aceites esenciales. El canasto tiene como ventaja disminuir el tiempo de carga.

Condensador: es un equipo que tiene como función condensar el vapor de agua más los vapores de aceite arrastrados. Si bien existen distintos tipos de condensadores, es

recomendable utilizar los denominados de tubo y coraza, donde por el interior de los tubos circula el agua de refrigeración, y por la camisa el vapor a condensar.

Separador - decantador primario: es un componente que tiene como función separar las gotas del aceite extraído del agua condensada. Por diferencia de densidad, las gotas de aceite sobrenadan en el agua, y pueden separarse fácilmente. Una variable importante de diseño del separador es el tiempo de residencia de las fases para lograr una buena decantación.

Decantador final: es un equipo que tiene como función coleccionar todo el aceite extraído en la jornada, dejándolo reposar 12 h., de tal manera que coalescan las gotas remanentes de agua que aun permanezcan en el aceite. Toda el agua decantada quedará en el fondo del decantador final, siendo fácilmente retirada del mismo.

Hervidor ó Generador de vapor: es construido en colled-rolled. Parte superior e inferior abombadas. Está dotado de un nivel lateral tipo caldera, conductos superiores de entrada de agua, válvula de desfogue, válvula de seguridad y salida de vapor, manómetro, en la parte inferior tiene un conducto para drenaje diario de residual de fondos. Una vez construido se le realiza prueba hidrostática de 20 h con 150 psi sostenida.

El hervidor se encuentra dentro de un hogar donde recibe los humos desde la parrilla que lo envuelven por la parte inferior y toda el área lateral. Este hogar se construye en ladrillo recocido, reforzado con varilla en anillos separados, con soportes dobles verticales. El hogar se divide para entrada de aire y cámara de combustión. Estas cámaras están separadas por la parrilla que se construye en hierro de fundición.

Tanque extractor: se construye en lámina. Por la parte inferior se inyecta el vapor, que es distribuido por una flauta de vapor dispuesta en cruz, a 10 cm del fondo se encuentra una parrilla construida en varilla para soportar el material vegetal. El tanque se recubre con lana

de vidrio, y luego con tela poliéster. La tapa se fija al cuerpo del tanque. El tanque es pivotante (volcable), y se fija a los soportes por varillas pasadores.

Condensador: está construido de tubo de acero inoxidable, los primeros metros llevan anillos aleteados para inducir la condensación primaria, luego del mismo tipo de tubo, inmersos en un canal de agua de enfriamiento.

Separador: se construye en polietileno, normalmente tiene una capacidad de 20 litros. Por la parte inferior fluye el agua condensada dejando flotante en la parte superior el aceite esencial, que se recolecta finalmente en recipientes de vidrio ó de polietileno.

 **Factores que influyen en la extracción del aceite esencial** (Colectivo de Autores, 2011).

- El tiempo de secado del material, este depende del tipo de planta a utilizar, se puede realizar con el empleo de hornos o secado al oreo.
- Tiempo de extracción ya que pasado un tiempo ya no sale más aceite y el vapor posterior causa el arrastre por solubilidad ó emulsión del aceite, presentando una disminución en el rendimiento.
- Forma de pasar el vapor por el aceite, la misma puede ser continua o discontinua.
- Si la presión de vapor de arrastre es muy alta (máximo 6 psi), se presenta hidrólisis en el aceite disminuyendo su calidad y rendimiento.
- El material de los tanques debe ser preferiblemente de acero inoxidable cumpliendo con la NC 193:2002 Envases y embalajes. Bidones de acero. Requisitos generales.
- La condensación interior, se evita realizando una purga previa a los 30 minutos de iniciado el proceso y además, manteniendo el tanque bien aislado.
- El factor de empaquetamiento, si el material queda muy suelto, el proceso termina muy pronto, presentando un alto consumo energético; si queda muy apretado, el vapor se acanala disminuyendo el rendimiento del aceite, que debe estar entre el 0.15 a 0.25 %
- La eficiencia del condensador, ya que puede haber pérdida si sale tibio de un 10 %.

- Número de condensaciones, se pretende que ocurran varias para lograr a un mejor grado de enfriamiento del aceite esencial.
- Tiempo de residencia en el decantador, si el equipo tiene el diámetro muy pequeño se produce un arrastre del aceite.
- Organización del flujo, suelen ser uno o varios recipientes de agua y material pasando el vapor producido en los mismos, por un condensador esto puede ocurrir operando un solo recipiente o todos al mismo tiempo, está en dependencia de lo que se necesite y de los materiales que se posean.
- El envasado, los aceites se envasan secos sin agua, en recipientes de vidrio, aluminio, acero inoxidable, policarbonato, polietileno, nylon. No usar poliestireno.

Tipos de extractores

Los equipos de extracción de aceites esenciales por arrastre con vapor, pueden clasificarse, según la forma de generar el vapor, en:

- **Convencionales**, en los cuales el vapor necesario para realizar la extracción, es obtenido a partir de una caldera o generador de vapor externo al extractor propiamente dicho.
- **Integrales**, en los que el vapor de extracción es generado en el mismo cuerpo del extractor. (Colectivo de Autores, 2011).

En la Tabla 2.1 se muestra una diferencia entre los dos extractores en cuanto a su tiempo de operación.

Tabla 2.1. Diferencias entre los tiempos de operación de ambos diseños

TIEMPOS DE OPERACION DE LOS EXTRACTORES	
Etapas de la extracción de	Tipos de extractores

aceites	Convencional	Integral
Carga del material verde (Utilizando canasto)	5 minutos	5 minutos
Tiempo de calentamiento hasta la aparición de la primera gota de aceite	30 minutos	20 minutos
Tiempo real de extracción hasta agotamiento	50 minutos	30 minutos
Tiempo de retiro del material agotado	5 minutos	5 minutos
Tiempo total de operación	90 minutos	60 minutos

Fuente: (Colectivo de Autores,2011).

2.3.2.Relación de los pasos para la obtención del aceite.

Para la realización de esta evaluación técnica se enumeran las actividades que dan cumplimiento a la misma:

- 1- Localización del Árbol.
- 2- Recepción de la materia prima (Agua y Flores).
- 3- Selección y limpieza.
- 4- Secado.
- 5- Pesado.
- 6- Carga de material vegetal.
- 7- Destilación.
- 8- Condensación.
- 9- Separación.

- 10- Descarga del material vegetal.
- 11- Envasado.
- 12- Análisis instrumental y control de calidad.
- 13- El rendimiento de la extracción del aceite.

2.3.3.Evaluación económica del método: Destilación

Para la realización de la evaluación económica es necesario conocer:

A. Identificar los indicadores económicos necesarios para realizar este análisis:

Ingresos por ventas: son los flujos positivos generados por el desarrollo de la actividad, es decir, por la producción y venta de los aceites esenciales crudos. Este valor está directamente afectado por el nivel de producción y por la aplicación del factor inflacionario correspondiente. El valor de la inflación considerado para este proyecto será del 2 % teniendo en cuenta que alrededor de este valor se ha movido el indicador en los últimos años en Colombia.

Costos de producción: representan las reparticiones realizadas que están directamente relacionadas con la producción. El consumo de combustible, agua y fertilizantes, así como el pago de la mano de obra requerida para el mantenimiento y atención de los cultivos, varían proporcionalmente con el nivel de fabricación.

El control de calidad se considera como un costo fijo por que sin importar la cantidad de kilogramos de aceite que se vayan a analizar, es necesario realizar este control por lo menos una vez cada cosecha.

Otro costo operativo en el que se incurre, es el de la mano de obra necesaria para la extracción de los aceites, el mantenimiento de la maquinaria y la planta de destilación, el cual

está constituido por el pago de dos operarios que estarán contratados por nomina, razón por la cual se clasifica como un costo fijo de operación.

Los cargos por depreciación se determinan como un costo fijo por la naturaleza del método en línea recta que se ha adoptado para su cálculo. Esta técnica considera que los bienes se deprecian una proporción fija de su valor inicial cada año.

Gastos generales: este valor está conformado por el pago del personal administrativo, los gastos en comunicaciones, servicios de oficina y externos que son necesarios para soportar las actividades de gestión y ventas. Estos gastos son afectados por la inflación debido a la necesidad de considerar el aumento anual de los salarios del precio de los insumos y servicios que se han considerado necesarios.

Inversión inicial: la inversión en activos se puede diferenciar claramente según su tipo. En el proyecto se considera la inversión monetaria en los activos fijos y diferidos; estos últimos corresponden a los desembolsos necesarios para la puesta en marcha y operación desde los puntos de vista de producción, administración y ventas.

La inversión inicial en maquinaria, es decir, la compra de los equipos de destilación se hará por el valor total en el año cero, debido a que los equipos con capacidad para 100 kg de material vegetal se emplearán en el primer año de operación contando con árboles de ylang-ylang adultos.

B. Una vez identificados los indicadores económicos se analizan mediante las herramientas de evaluación económicas que se muestran en la propuesta. A continuación se expone su método de evaluación:

El valor neto actualizado o valor actual neto (VAN) de un proyecto mide en dinero corriente el grado de mayor riqueza que tendrá el inversionista en el futuro si emprende el proyecto. Se define como el valor actualizado del flujo de ingresos netos obtenidos durante la

vida útil económica del proyecto a partir de la determinación por año de las entradas y salidas de divisas en efectivo, desde que se incurre en el primer gasto de inversión durante el proceso inversionista hasta que concluyen los años de operación o funcionamiento de la inversión.

El VAN nos dice que una inversión es rentable, sólo si el valor actual del flujo de ingresos es mayor que el valor actual del flujo de egresos, actualizados a la misma tasa de interés (actualización o descuento) pertinente para el inversionista.

Para realizar el cálculo de este indicador se tomaron los datos del flujo de caja correspondientes a 5 años y empleando una tasa i de descuento se llevaron al momento cero con el fin de calcular el valor presente neto descontando de ellos el monto de la inversión inicial.

Para hallar la tasa de descuento se empleo el método de CAPM, el cual considera que:

$$RI = RF + \beta (R_m - RF)$$

Donde,

RI, es la tasa de retorno y representa la rentabilidad mínima del método.

RF, es la tasa libre de riesgo del país donde el proyecto se está desarrollando y se determina en base a la rentabilidad de los instrumentos de deuda del gobierno colombiano (TES), con un plazo igual a 5 años.

β , es un índice de riesgo del mercado y mide que tan sensible es la empresa que se está evaluando ante un cambio en el mercado.

R_m , es la rentabilidad del mercado y se calcula promediando el rendimiento anual de la bolsa de valores de Cuba.

La tasa interna de retorno o rendimiento (TIR) representa la rentabilidad general del proyecto y es la tasa de actualización o de descuento a la cual el valor actual del flujo de ingresos en efectivo es igual al valor actual del flujo de egresos en efectivo. En otros términos

se dice que la TIR corresponde a la tasa de interés que torna cero el VAN de un proyecto, anulándose la rentabilidad del mismo.

➤ Ventajas:

- Puede calcularse utilizando únicamente los datos correspondientes al proyecto.
- Representa la “genética” del proyecto.
- No requiere información sobre el costo de oportunidad del capital, coeficiente que es de suma importancia en el cálculo del VAN.

➤ Desventajas:

- Requiere finalmente ser comparada con un costo de oportunidad de capital para determinar la decisión sobre la conveniencia del proyecto.

Por medio del cálculo de este indicador se busca evaluar el rendimiento real del proyecto. Su valor se determina haciendo el VAN igual a cero y calculando la tasa de rendimiento que iguala la suma de los flujos descontados a la inversión inicial.

El período de recuperación de la inversión PRI: es uno de los métodos que en el corto plazo puede tener el favoritismo de algunas personas a la hora de evaluar sus proyectos de inversión. Por su facilidad de cálculo y aplicación, el Período de Recuperación de la Inversión es considerado un indicador que mide tanto la liquidez del proyecto como también el riesgo relativo pues permite anticipar los eventos en el corto plazo. (Didier V.J., 2010); (Monteagudo J.P., 2004).

Este indicador mide también el número de años que transcurrirán desde la puesta en explotación de la inversión, para recuperar el capital invertido en el proyecto mediante las utilidades netas del mismo, considerando además la depreciación y los gastos financieros. En

otros términos se dice que es el período que media entre el inicio de la explotación hasta que se obtiene el primer saldo positivo o período de tiempo de recuperación de una inversión.

Es importante anotar que este indicador es un instrumento financiero que al igual que el Valor Actual Neto y la Tasa Interna de Retorno, permite optimizar el proceso de toma de decisiones.

Es importante anotar que este indicador es un instrumento financiero que al igual que el Valor Presente Neto y la Tasa Interna de Retorno, permite optimizar el proceso de toma de decisiones y además mide el plazo de tiempo que se requiere para que los flujos netos de efectivo de una inversión recuperen su costo o inversión inicial.

El VAN, TIR y PRI pueden ser calculado mediante técnicas computacionales, por ejemplo con el EXCEL.(Solano, 2014).

2.3.4. Evaluación ambiental del método: Destilación

La revisión y mejoramiento continuo de los procesos productivos permite minimizar las pérdidas en materias primas, energía, agua, luz, combustible y emisión de agentes contaminantes para el medio ambiente. Una forma de lograr esto es a través del reciclaje de los desperdicios obtenidos durante la transformación del material vegetal, los cuales se destinan a la elaboración de nuevos productos con mayor valor agregado, como fertilizantes orgánicos, o pueden ser usados en otros procesos (el agua utilizada durante la destilación se emplea posteriormente como refrigerante en el mismo proceso).

En la medida que el uso de los recursos se haga de manera eficiente y los desperdicios puedan ser transformados para obtener nuevos productos o utilizados en el mismo proceso, la gestión ambiental no constituye un sobre costo sino al contrario se convierte en una alternativa rentable de inversión.



CAPÍTULO 3

Capítulo III: Obtención del aceite de *Cananga odorata* a escala de laboratorio

En capítulos anteriores se expusieron los diferentes métodos para la extracción de aceites esenciales reportados en la literatura referenciada, el más usado es el de destilación con arrastre de vapor, ya que el mismo entre sus ventajas tiene la fácil implementación tanto en la industria como de forma rudimentaria o cacerera.

Para la obtención del aceite esencial de *Cananga odorata* o más conocido como ylang-ylang, se empleó el método de destilación con arrastre de vapor a escala de laboratorio, utilizando para el mismo las flores de esta planta, la cual se encuentra localizada en la Universidad de Cienfuegos “Carlos Rafael Rodríguez”.

3.1. Características de la planta *Cananga odorata* localizada en la Universidad de Cienfuegos

La planta esta sembrada en el área docente de la Universidad, la misma fue plantada con fines ornamentales, mide 18,4 m de altura, florece casi todo el año aunque en los meses de junio – julio son los de mayor floración, estas son de color amarillo verdoso, emiten un aroma dulce y penetrante el cual se percibe en los alrededores del árbol. Éste tiene alrededor de 30 años, en la figura 3.1 se puede en la observar la foto de la planta.



Figura 3.1. Árbol de ylang-ylang de la Universidad de Cienfuegos. Fuente: Elaboración Propia.

3.2. Descripción experimental para la obtención del aceite

Para la realización de esta evaluación objeto de estudio de nuestra investigación se tomaron las flores de la planta en los meses de abril – mayo, posteriormente se aplica el método de destilación con arrastre de vapor para obtener el aceite esencial.

Una vez recolectada las flores de ylang-ylang se realizan cinco destilaciones no seriadas, para la misma se utilizaron las instalaciones del laboratorio perteneciente a la Fábrica de Ron Cienfuegos Luis A. Bergnes, pues la empresa LABIOFAM S.A Sucursal Cienfuegos, no cuenta con los equipos y técnicas necesarias para montar el equipo experimental.

3.2.1. Descripción del proceso de obtención del aceite de ylang-ylang a partir del árbol *Cananga odorata*

 **Nombre técnico y comercial.**

Nombre Técnico: *Cananga odorata*.

Nombre Comercial: *Aceite esencial de ylang-ylang*.

La obtención del aceite esencial de ylang-ylang propuesto en este trabajo se realiza por el método de destilación con arrastre de vapor descrito en el capítulo II, para su producción se establecen etapas de proceso las cuales se pueden clasificar en físicas y químicas, las principales operaciones unitarias que se utilizan son destilación, condensación y separación.

En la Figura 3.1 se representa el diagrama de bloque del proceso de obtención de aceite esencial de ylang-ylang a escala de laboratorio.

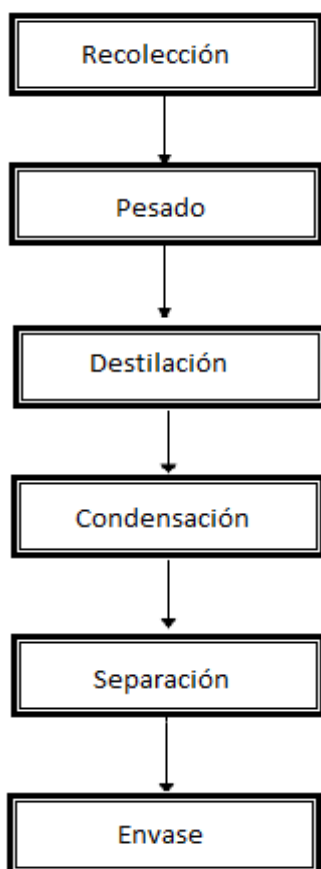


Figura 3.1. Diagrama de bloque del proceso de obtención de aceite esencial de ylang-ylang a escala de laboratorio. Fuente: Elaboración propia.

Recolección y transportación de las flores de ylang-ylang.

Generalmente la recolección de las flores se realiza a mano (árboles sembrados y preparados para este fin), las flores utilizadas en la investigación se adquirieron utilizando varas ya que el árbol posee gran altura, la cosecha se ejecutó entre las 8 y 10 de la mañana, hora donde el contenido del aceite esencial es máximo y su composición es óptima, según reporte de la bibliografía consultada.(Franke S., 2015). Se recogieron las flores lo más amarillas posible debido a que las verdes contienen menos aceite esencial y producen aceite de menor calidad.



Figura 3.2. Coloración de las flores de ylang-ylang en la Universidad de Cienfuegos.

Fuente: Elaboración Propia.

Una vez recolectada las flores para su procesamiento, se realizó una selección tomando las que tenían los pétalos sin daño físico, para evitar de esta forma su fermentación a la hora de

la destilación, además que disminuye la calidad del aceite, para su transportación fueron colocadas en recipientes cerrados, a temperatura ambiente, espaciadas unas de otra para evitar daños en su estructura.

Recepción de la materia prima, selección y limpieza.

Para el procesamiento de las flores, materia prima fundamental en este proceso, se verifica su calidad, esta depende de dos factores fundamentales como son:

- Las flores deben tener una apariencia física adecuada sin daños en sus pétalos, y que no estén marchitas, ni quemadas o podridas.
- Deben presentar un color amarillo el cual da la idea del grado de madurez de la flor, para la identificación del mismo se utilizaron los 15 tonos de naturaleza amarilla, una más verde y otras más anaranjada representados en el Anexo A por píxeles en el círculo cromático o en la escala acromática donde el color a tener en cuenta es el número 19 según este patrón de colores.

Después de la recepción de las flores, estas pasan por un proceso de selección y limpieza donde se debe tener cuidado en el manejo de la materia prima para evitar que se dañe.

A las flores recolectadas se les quitan el tallo que puedan traer, así como todas las impurezas que presenten degradación o restos de tierra adherida durante el cultivo y recolección con el fin de mejorar su calidad y el aprovechamiento de la misma.

El lavado se realiza por medio de rociado con duchas debido a que no afectan las características de la especie vegetal y el agua utilizada puede ser tratada o sin tratar puesto que no influye en el proceso.

En el proceso de destilación se usa agua destilada, la cual se convierte en vapor en el equipo y produce el fenómeno de la lixiviación, o sea extraer el aceite al material sólido. El agua destilada utilizada es obtenida por el método de intercambio iónico en la Termoeléctrica Carlos Manuel de Céspedes de Cienfuegos con una alta pureza.

Etapas del pesado de las flores de ylang-ylang.

Las flores de ylang-ylang una vez recolectada siguiendo el procedimiento descrito anteriormente, son pesadas para determinar la cantidad de materia prima a utilizar en el proceso el cual varía en dependencia de la cantidad de aceite a elaborar, como es a escala de laboratorio se realizan 5 pesadas entre 0,02 kg y 1 kg, la unidad de medida empleada es el kilogramo ya que es en la que se comercializa este producto. En la Tabla 3.1 se relacionan las cantidad de flores recolectada y el peso del total que se procesan por día.

La balanza utilizada en el proceso es una balanza digital monoplato, marca Sartorius modelo BS 124S con un rango de medición desde 0.1 mg hasta un pesaje máximo hasta 120 g, las mismas se encuentran en las condiciones de estabilidad prevista y esta certificada apta para su uso por el Centro Nacional de Normalización y Metrología y Control de la Calidad.

Tabla 3.1. Relación de los pesos de las flores de ylang-ylang utilizadas en la destilación.

Días	Peso /flor (kg)	Cantidad de flores	Peso/ flores (kg)
1	0,012	23	0,27
2	0,010	21	0,21
3	0,015	25	0,37
4	0,030	33	0,99
5	0,020	17	0,34

Como se puede observar en la tabla el peso de las flores varía en dependencia de su tamaño, el peso promedio de cada flor recolectada del árbol objeto de estudio es de 0,013 kg el mismo coincide con el peso reportado por la literatura que es de 0,010 a 0,050 (Colectivo de Autores, 2014), lo cual demuestra que es posible la utilización de las flores de la planta existente en la Universidad como materia prima para la obtención del aceite esencial. Para las cinco muestras se recolectaron entre 20 y 30 flores, donde su peso promedio es de 0,43 kg.

Carga de material vegetal en el extractor.

Las flores seleccionadas, limpias y pesadas, se introducen en el extractor para la obtención del aceite esencial, esta labor se realiza manualmente, donde se van colocando las flores ordenadamente en el fondo del recipiente, evitando que se rompan sus pétalos y así la liberación del aceite esencial.

Técnica Operatoria para la destilación del aceite de ylang-ylang en el laboratorio.

Para la obtención de este aceite esencial se utilizan un equipo de destilación, el cual esta compuesto por:

- Fuente de Calor 1
- Condensador 1
- Vasos Separadores 2
- Extractor 1

En la figura 3.3, se muestra la instalación del equipamiento utilizado a escala de laboratorio, se realizan cinco replicas al proceso y se determina un rango de temperatura a la cual se enfría el vapor realizándose la condensación y obteniendo la mezcla de agua y aceite esencial.



Figura 3.3. Equipamiento utilizado a escala de laboratorio. Fuente: Elaboración Propia.

Una vez colocadas las flores en el extractor se procede a la destilación del aceite esencial donde se toman 350 ml de agua destilada y se llevan a un estado de ebullición, de tal manera que los vapores generados puedan pasar por una rejilla que atrapa las flores para arrastrar el aceite esencial, luego estos vapores son condensados y colectados, como el aceite es inmiscible con agua, posteriormente se separan ambas sustancias utilizando embudos para este fin.

En este proceso el material vegetal siempre debe encontrarse por encima del nivel del agua, sobre un fondo perforado o criba ubicada a 4 cm de distancia del fondo de un balón que debe tener una capacidad total mínima de 500 ml.

Un factor de especial importancia a considerar es que si el calentamiento del extractor es con fuego directo, el agua presente dentro del extractor deberá ser siempre 350 ml, para llevar a cabo toda la destilación y evitar el sobrecalentamiento o carbonización del material vegetal, dado que este hecho provocaría la formación de olores desagradables en el producto final.

El tiempo total de la destilación está en función de los componentes presentes en el aceite esencial, la densidad y textura del material vegetal a destilar. Si el aceite contiene compuestos de alto punto de ebullición, el tiempo de destilación deberá ser mayor.

Condensación.

En esta etapa el producto resultante es una solución constituida por vapor de agua más los vapores del aceite esencial, se hace uso de un intercambiador de calor con el fin de convertir las sustancias provenientes de la destilación del estado gaseoso al líquido. El refrigerante utilizado en esta operación es agua procedente de otros procesos.

El calentamiento se produce con vapor que se provee de una fuente de calor baño termostatzado (manta azul), fluye mojado y a presión baja, penetrando a través del material vegetal. Los componentes se volatilizan, y condensan.

Separación.

En esta fase del proceso productivo se separa del agua condensada las gotas del aceite esencial extraído a través de la diferencia de densidad, el agua por ser más densa se acumula en el fondo del recipiente y las gotas del aceite flotan en la superficie lo cual facilita la separación de las dos sustancias.

Descarga del material vegetal.

El remanente de material vegetal de la destilación es descargado del equipo y conducido a la zona de compostaje, para su posterior tratamiento como abonos mejorando de esta forma la salud de la tierra y de las plantas, reduciendo la contaminación.

Envasado.

La solución obtenida en el laboratorio es una mezcla de agua y aceite esencial, el mismo se envasa en frascos de cristal, en este caso se utiliza un matraz de erlenmeyer de 250 ml, luego de extraído el aceite, este debe pasar por un proceso de purificación, el cual es explicado en el capítulo I, epígrafe 1.4.5 para su comercialización, y puede ser usado en la industria cosmética para la fabricación de jabones, perfumes, se emplea además como agua de esencia o puede ser vendido como aceite crudo.

El aceite crudo obtenido a escala industrial se envasa en cilindros cuyo material no afecta ni modifica las características del producto final, para este fin se selecciona preferiblemente los recipientes que sean metálicos para lograr una estabilidad del producto de varios años.

Análisis instrumental y control de calidad

En esta etapa se realizan diferentes pruebas para la identificación de los aceites esenciales a partir de sus propiedades físico-químicas, desde las más sencillas como la medición del índice de refracción o la densidad, hasta las más complejas, que requieren de equipos de alta tecnología como la cromatografía de gases y la cromatografía de gases acoplada a la espectrometría de masas, todo esto con el fin de observar si los aceites crudos cumplen con las especificaciones requeridas.

En el caso de estudio no se pueden realizar estas pruebas debido a la falta de recursos que posee la empresa, solo se llegó a obtener el aceite esencial de ylang-ylang en pequeñas porciones cumpliendo así con los objetivos del trabajo.

3.3. Resultados obtenidos en la destilación de las flores de ylang-ylang del árbol de la Universidad de Cienfuegos

A nivel de laboratorio se realizaron 5 corridas o destilaciones, para determinar el rendimiento en el proceso y la calidad del producto obtenido. Para lo cual se montó el equipo experimental de la Figura 3.3 que fue ya descripto en el epígrafe 3.2.2. En la Tabla 3.1 se

muestra la relación de los pesos de las flores de ylang-ylang utilizadas en la destilación, y su descripción se realiza en la etapa del pesado.

Las flores de ylang-ylang una vez colocadas en el extractor son suspendidas en una criba y separadas del fondo como se describe en la técnica operatoria en el capítulo II epígrafe 2.3.1. El vapor de agua atraviesa las flores arrastrando la esencia, y posteriormente ocurre la condensación, en las cinco replicas realizadas en el laboratorio se determinó que la temperatura del agua refrigerante utilizada en este experimento debe estar entre los 20 y 25 °C, teniendo como promedio 22,2 °C para que ocurra este proceso, el condensado obtenido tiene una temperatura entre 41 y 45 °C, por lo que fue necesario disminuir la misma para que ocurriera la separación del aceite esencial del agua, la cual fue de 11,2 °C como promedio en las cinco destilaciones.

Para determinar el rendimiento de las flores recolectadas en el proceso, se calculó la relación que existe entre el peso del total de las flores utilizadas y el peso del aceite que se obtuvo de estas, luego de concluido el proceso de destilación.

Para la realización de los cálculos se emplea la siguiente fórmula.

$$\% \text{ de rendimiento} = \frac{P_{ao}}{P_f} \cdot 100 \quad \text{Ecuación 1}$$

$$P_{ao} = P_{vpppa} - P_{vppp} \quad \text{Ecuación 2}$$

Leyenda:

- ✓ P_{vppp} =Peso vaso precipitado con el plato poroso.
- ✓ P_{vpppa} =Peso vaso precipitado con el plato poroso y el aceite.
- ✓ P_{ao} =Peso del aceite obtenido.
- ✓ P_f =Peso de las flores.

En la Tabla 3.2 se muestra la cantidad de aceite obtenido en cada destilación y el rendimiento según el total de flores recolectadas.

Tabla 3.2. Rendimiento del aceite esencial en dependencia del aceite obtenido y la cantidad de flores utilizadas en el proceso.

No	Peso/ flores (kg)	Peso del aceite obtenido (kg)	Rendimiento %
1	0,27	0,00072	0,93
2	0,21	0,00056	0,93
3	0,37	0,00099	0,93
4	0,99	0,00264	0,93
5	0,34	0,00091	0,93

Como se puede observar en la Tabla la cantidad de aceite obtenido esta en correspondencia con el peso de las flores recolectas en cada corrida, y su rendimiento es de 0,93 % peso de aceite obtenido/ peso de flores utilizadas en el proceso el cual es por debajo del reportado que es entre 1,5 % hasta 2 %. (Colectivo de Autores, 2014).

Las cantidades de aceite obtenido como se muestra en la Figura 3.4 son muy pequeñas las cuales fueron difíciles de separar por no contar con los equipamientos necesarios para esta operación, no obstante se demuestra que con un equipamiento adecuado se puede procesar las flores de la planta y obtener aceite esencial.

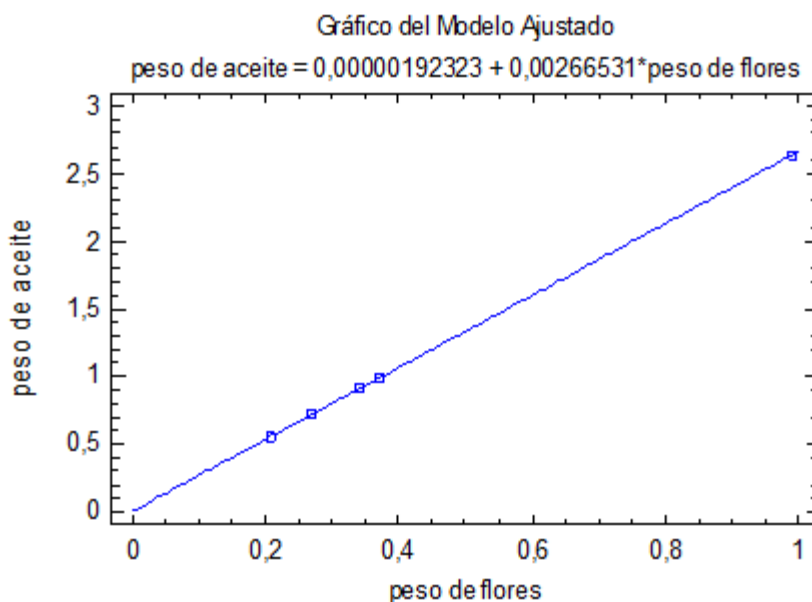


Figura 3.4 Aceite esencial obtenido en el laboratorio. Fuente: Elaboración propia

Como factores que influyen en el rendimiento del aceite obtenido son:

- La cantidad de flores utilizadas, en este caso la muestra es pequeña ya que era objetivo del trabajo determinar la posibilidad de obtener aceite esencial de la planta analizada a una escala de laboratorio y su posible evaluación económica para la implementación del mismo a una escala de planta piloto.
- A pesar de que la planta florece todo el año, la cosecha se realizó entre los meses de abril – mayo época en la que los rendimientos de aceite esencial reportados por la literatura consultada son de un 50 % según (Leyva Ricardo M.A., 2008), en el Anexo B se muestra una Tabla con los valores de rendimiento por los diferentes meses del año.

Para determinar la relación que existe entre el peso del aceite obtenido y el peso de las flores utilizadas se tomaron los datos de la Tabla 3.2, y se realiza un análisis de regresión simple, para el mismo nos auxiliamos del programa Statgraphics Ceturion 15, en la Gráfica 3.1 se muestran los resultados.



Gráfica 3.1. Relación entre peso del aceite obtenido y el peso de las flores utilizadas.

Fuente: Datos obtenidos en el laboratorio Fábrica de Ron Cienfuegos.2015

Como se puede observar en el gráfico existe una correspondencia lineal entre el peso del aceite obtenido y el peso de las flores procesada en las cinco corridas realizadas, para el cual se cumple la siguiente ecuación ajustada: $\text{peso de aceite} = 0,00000192323 + 0,00266531 \cdot \text{peso de flores}$, por lo que el estadístico R-Cuadrada indica que el modelo ajustado explica 99,9 % de la variabilidad en peso de aceite. El coeficiente de correlación es igual a 0,99 indicando una relación relativamente fuerte entre las variables. Puesto que el valor-P es mayor que 0,05 no hay dependencia lineal entre las variables con un nivel de confianza del 95,0 %. En el Anexo C se relacionan los datos obtenidos del programa

Para analizar si el proceso esta en control estadístico en cuanto al rendimiento de aceite obtenido en dependencia de el peso de las flores y el peso del aceite se establece un análisis de gráficos de control en la Figura 3.2 se muestra que no hay ninguna anomalía por lo que todos los puntos están dentro de los límites superior e inferior

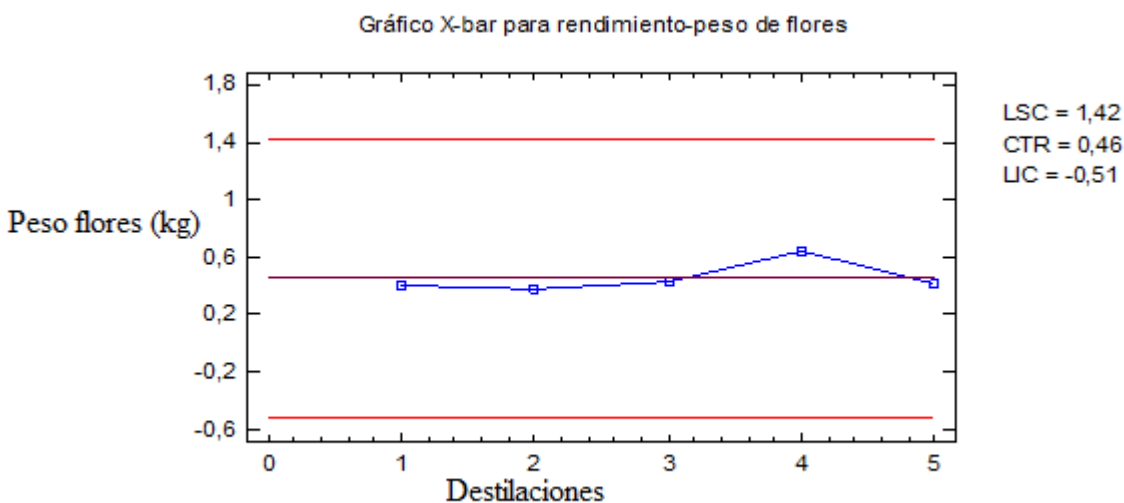


Gráfico 3.2. Varianza para el rendimiento del aceite y el peso de las flores.

Fuente: Datos obtenidos en el laboratorio Fábrica de Ron Cienfuegos. 2015

Este procedimiento crea un gráfico de X-bar y R para rendimiento-peso de flores. Está diseñada para permitirle determinar si los datos provienen de un proceso en un estado de

control estadístico. Los gráficos de control se construyen bajo el supuesto de que los datos provienen de una distribución normal con una media igual a 0,45 y una desviación estándar igual a 0,55. Estos parámetros fueron estimados a partir de los datos obtenidos y no se puede rechazar la hipótesis de que el proceso se encuentra en estado de control estadístico con un nivel de confianza del 95 %.

3.4. Evaluación económica

Este proyecto tiene la particularidad de ser a escala de laboratorio con proyecciones futuras a escala de planta Piloto. Para ello se parte del supuesto consumo anual del producto, se estima que se puede obtener por ingresos por ventas de 136 000 EURO/anuales el primer año, y para los cuatro años restantes aumenta en un 2 % con respecto al anterior.

Este producto se comercializa en frascos de 20 kg y el precio de 175 EURO de aceite refinado, que está dentro del rango (155 - 180) EURO/kg de aceite esencial, lo que indica que hay que se debe comenzar a producir 800 kg/primer año, 816 kg/segundo año, 832 kg/tercer año, 848 kg/cuarto año y 864 kg/quinto año. Haciendo una conversión a MP

Para comenzar a evaluar el proyecto se debe contar con 3 hectáreas, con un marco de plantación de 5 x 5 que incluya 400 árboles cada uno lo que da un total de 1 200 árboles en las 3 hectáreas. En la Tabla 3.3 se muestran los pronósticos para esta inversión y a continuación se establece el procedimiento para el cálculo del mismo.

Base de cálculo

- 1 árbol----- (20 - 30) kg de flores/cosecha se asumen 10 cosechas con la media del peso 25 kg de flores/cosecha.
- 1 kg de aceite esencial----- (350 - 400) kg flores con la media del peso 375 kg flores.
- 1 kg aceite esencial----- (155 - 180) EURO

Costos de producción se desglosan por elementos en el Anexo D se relacionan los datos correspondientes a estos valores los cuales pueden ser valores sacrificados para obtener un beneficio.

Utilidad marginal = Ingresos - Costos de producción. Da positivo por lo que no hay pérdidas.

Utilidad Bruta (Ganancia antes de intereses e impuestos sobre la renta) = Utilidad marginal - Gastos generales, se asume un 35 % de los impuestos que son por utilización de la fuerza de trabajo, sobre nómina y sobre la seguridad social.

Gastos Generales se desglosan por elementos como se muestra en el Anexo E.

Depreciación es en lo que pierde el valor los activos fijos. Se toma como referencia un 6 % de la inversión inicial.

Tasa de Descuento se estima para este trabajo un 0,12, son los intereses fijados por el banco.

Flujo Neto este valor es el que se lleva al VAN y es igual a la Utilidad Neta más la Depreciación.

Pago de la deuda = (Inversión Inicial + 12 % de la Inversión Inicial)/5 Años

Todos los años se le ingresa al banco un 13,4 % de la Inversión Inicial.

Flujo de Caja = Depreciación + Flujo Neto Efectivo - Pago de la deuda.

Flujo de Caja al descontado = $\sum (\text{Flujo de Caja}) / (1 + \text{Tasa de interés})^{\text{año}}$

Flujo de Caja al descontado acumulado = FC al descontado del año 1 – Inversión Inicial
esto para el primer año pero para los otros años es Flujo de Caja al descontado acumulado = FC al descontado del año 2 – FC al descontado del año 1

Tabla 3.3 Pronósticos de gastos e ingresos para la inversión de aceite de ylang-ylang

Conceptos	Años					
	0	1	2	3	4	5
Ventas esperadas (kg)		800,00	816,00	832,00	848,00	864,00
Ingresos por ventas		136,00	138,70	141,40	144,20	146,90
Costos de Producción		65,20	66,50	67,80	69,20	70,60
Utilidad Marginal		70,80	72,20	73,60	75,00	76,30
Gastos Generales		23,00	23,50	23,90	24,40	24,90
Utilidad bruta		47,80	48,80	49,70	50,60	51,40
Impuestos sobre la renta 35 %		16,70	17,10	17,40	17,70	18,00
Utilidad neta		31,10	31,70	32,30	32,90	33,40
Depreciación		-3,60	-3,60	-3,60	-3,60	-3,60
Flujo neto efectivo		34,70	35,30	35,90	36,50	37,00
Pago de la Deuda		13,40	13,40	13,40	13,40	13,40
Flujo de caja	-60,00	17,60	18,30	18,80	19,40	20,00
Flujo de caja al descontado	-60,00	15,70	14,50	13,40	12,30	11,30
Flujo de caja al descontado acumulado	-60,00	-44,30	-29,70	-16,30	-3,90	7,40
Inversión inicial	-60,00	-60,00	-60,00	-60,00	-60,00	-60,00

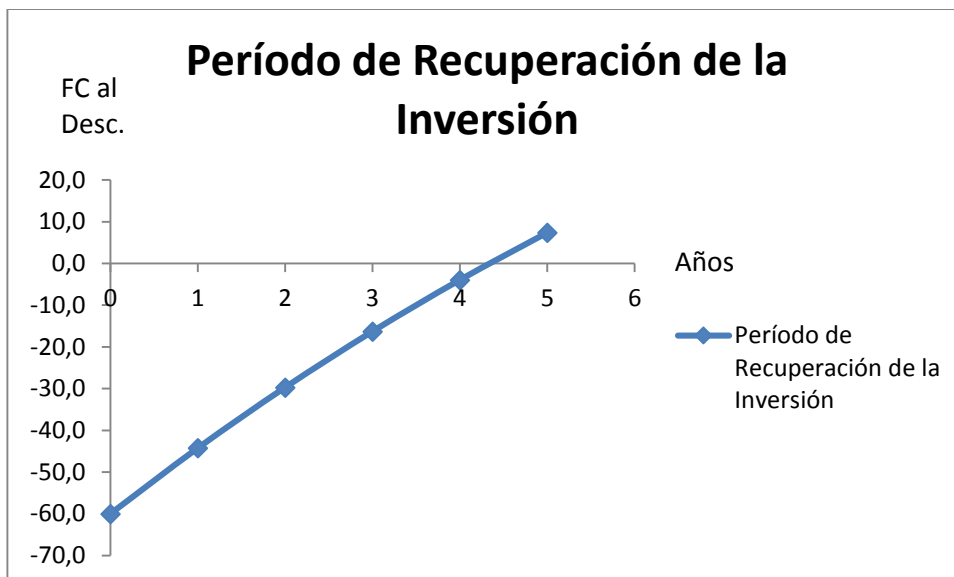
El resto de los valores están en MP

Fuente: Estimación según datos reportados en la bibliografía.(Leyva Ricardo M.A., 2008).

Como se puede observar en la Tabla 3.4, el $VAN \geq 0$ (positivo) por lo que es atractiva la inversión propuesta con TIR de 51 % > TMAR 10 % (tasa mínima de rendimiento aceptable, se toma en este caso para aceite esenciales un 10 %) y un tiempo de recuperación de cuatro años y medio. Como se muestra en el Gráfico 3.4 el período de recuperación.

Tabla 3.4 Resultados del VAN y la TIR

AÑO	0	1	2	3	4	5	RESULTADOS	
FNE	-60,00	34,67	35,29	35,88	36,46	37,01	VAN	68,81
TASA	1,12	1,12	1,12	1,12	1,12	1,12	TIR	0,51
							TMAR	0,10



FC al Desc.= Flujo de Caja al Descontado.

Gráfico 3.4 Tiempo de recuperación de la inversión.

Fuente: Estimación según datos reportados en la bibliografía. (Leyva Ricardo M.A., 2008).

En la Tabla 3.5 se muestra los resultados de calcular el punto de equilibrio que es donde se igualan los gastos y la utilidad, dándose en unidades físicas y el Margen de Seguridad que es hasta que por ciento pueden descender las ventas y todavía generan utilidad.

Tabla 3.5 Punto de equilibrio y Margen de seguridad.

	1	2	3	4	5
Punto de equilibrio	474,27	482,94	492,22	501,92	512,25
Margen de seguridad	40,71	40,81	40,83	40,81	40,71

La Empresa LABIOFAM de Cienfuegos no cuenta actualmente con recursos materiales para el montaje de la tecnología de extracción de aceite, ni a nivel de laboratorio. Los procesos de control y refinación son complejos, sobre todo el análisis instrumental como la medición del índice de refracción o la densidad y la cromatografía de gases, con el fin de observar si los aceites crudos cumplen con las especificaciones requeridas.

3.3. Evaluación del impacto ambiental

En el proceso de destilación del aceite esencial a nivel de laboratorio no se detectaron impactos ambientales, debido a la poca cantidad de materia prima utilizada y el agua empleada para el enfriamiento contenía pocas trazas de aceite, la misma se derrama sin un previo tratamiento.

No obstante si se pretende elaborar una producción a escala piloto se tiene que tener en cuenta el estudio de este aspecto, ya que hay reportes según la bibliografía consultada (Leyva Ricardo M A, 2008), que existen impactos generados por la instalación de una planta de extracción de aceites esenciales y estos pueden ser moderados y reversibles, los mismos pueden estar dado por el uso de materias primas, efluentes y residuos sólidos, a continuación se exponen los principales impactos.

3.3.1 Materia prima

Se utiliza como materia prima un recurso natural renovable (hojas, tallos y raíces) que no representan ningún daño al medio ambiente.

3.3.2 Efluentes y residuos sólidos

Los residuos y efluentes generados durante la elaboración de aceites esenciales generalmente son reincorporados al proceso productivo de la empresa, estas sustancias que no forman parte del producto final son destinadas y aprovechadas como materia prima en etapas que la requieran o simplemente se eliminan con el fin de evitar que deterioren o generen fuertes impactos en el medio ambiente.

Los residuos que resultan de esta actividad son de dos tipos:

1. *Los sólidos orgánicos:* como los tallos, las hojas y raíces que se obtienen de las diferentes fases del proceso de extracción de aceites esenciales, no contienen sustancias químicas contaminantes por esta razón son utilizados en la producción de fertilizantes orgánicos como el compost, este producto se obtiene al someter la materia orgánica a un proceso de fermentación aerobia que la transforma en una mezcla estable, lo más homogénea posible, de tal manera que se conserve la relación existente entre sus componentes.

La estabilización de la materia orgánica se consigue por la oxidación de las moléculas complejas que se transforman en otras más sencillas y estables. En este proceso se desarrolla calor que, al elevar la temperatura de la masa, produce su esterilización y la eliminación de agentes patógenos y semillas. La fermentación de la materia orgánica permite la degradación, descomposición, reajuste y síntesis de nuevos productos.

El proceso lo llevan a cabo los microorganismos (bacterias y hongos) y la intervención del hombre se limita a proporcionar las condiciones idóneas para que éste se realice con la máxima rapidez y eficacia.

2. *Los líquidos:* las aguas residuales producto del lavado de la materia prima y de la condensación son aprovechadas en otros procesos, como suplemento para el cultivo de las plantas aromáticas o se depositan en los ríos debido a que éstos no producen contaminación.

El agua de arrastre residuo del proceso de decantación y separación puede contener hasta un 0,05 % de aceite esencial emulsionado y el resultante del vapor condensado que se utilizó para calentar todo el material verde contiene los productos no volátiles de los vegetales, el caudal aproximado de estas aguas residuales es de un 30 % y 5 % del peso de material verde a extraer respectivamente. Estos desechos no son contaminantes del ambiente debido a que son mezclas de agua con material vegetal.



CONCLUSIONES GENERALES

Conclusiones Generales

1. A partir de la bibliografía consultada se pudo determinar que el método de extracción más utilizado mundialmente para la obtención de aceites esenciales es la destilación por arrastre de vapor, por su bajo costo y alta eficiencia.
2. Con el equipo experimental instalado a escala de laboratorio se realizaron 5 corridas, con la obtención de un aceite crudo de flores de ylang-ylang y se obtuvo un rendimiento de 0.93 %, que es aceptado de acuerdo con las condiciones en que se desarrollaron las destilaciones.
3. La Empresa LABIOFAM de Cienfuegos no cuenta actualmente con recursos materiales para el montaje de la tecnología de extracción de aceite, los procesos del control y refinación son complejos sobre todo el análisis instrumental como la medición del índice de refracción o la densidad y la cromatografía de gases, con el fin de observar si los aceites crudos cumplen con las especificaciones requeridas.
4. La limitación más importante que tiene Cienfuegos en la extracción del aceite es la materia prima, ya que solo posee 15 árboles que puede producir 12 kg de aceite al año.
5. Se propone una planta piloto de destilación por arrastre de vapor para la obtención de aceites esencial de ylang-ylang ya que se obtuvo de forma experimental en el laboratorio, y la inversión se acepta pues el VAN es de 68,81 mayor que 0, la TIR es de un 51 % y el PRI indica que se recupera en cuatro años medio además los desechos sólidos y líquidos del proceso no representan un peligro al medio ambiente.



RECOMENDACIONES

Recomendaciones

1. Se debe continuar el estudio de viabilidad técnica económica de la extracción de aceite de las hojas de esta planta.
2. Se recomienda hacer un análisis integral de la obtención de aceites y otros líquidos de plantas tropicales para diferentes usos, ya que estos productos se encuentran muy difundidos en el mercado internacional por transnacionales.
3. Se recomienda que se realice el experimento nuevamente a nivel de laboratorio y escala de planta piloto para poder cuantificar mejor los resultados y así realizar análisis más profundos de acuerdo con los equipos que se poseen en la empresa; y una posible corrida en escala industrial ya con los resultados económicos aceptables.
4. Se recomienda que se realicen plantaciones que reporten una mayor cantidad de árboles para poder extraer un mayor porcentaje de aceites esenciales con fines comerciales.



BIBLIOGRAFIA

Bibliografía

- Avecedo. M. E. (2004). Plantas aromáticas y aceites esenciales. Corporación Colombiana Internacional. Recuperado a partir de : http://www.cci.org.co/cci/cci_x/Sim/Perfil%20de%20Productos/perfil%20producto%2024.pdf
- Caldas Borrero. (1979). *La flora ornamental tropical y espacio público urbano* (Banco Popular.).
- Colectivo de Autores. (2002).Propiedades de las Plantas-Plantas medicinales.
- Colectivo de Autores. (2005). Extracción de aceite. Recuperado a partir de: http://www.alambiques.com/extraccion_aceites.htm
- Colectivo de Autores. (2007).Extracción de aceite esencial mediante destilación por arrastre de: vapor. Recuperado a partir de <http://www.alambiques.com/destilaciones.htm>
- Colectivo de Autores. (2008).Propiedades y beneficios de aceites naturales. Recuperado a partir de <http://propiedadesdelaceite.com/category/aceite-de-ylang-ylang>
- Colectivo de Autores. (2009).YlangYlangtotum. Recuperado a partir de: <http://www.keypharm.com/index.php?l=SPA&kw1=alimentos-suplementos-naturales&kw2=los-suplementos->
- Colectivo de Autores. (2010). Study on constituents of essential oils from *Canangaodorata* in different varieties at different flowering stages.
- Colectivo de Autores. (2010).Ylang-Ylang 100% Puro.
- Colectivo de Autores. (2011). Álbum de árboles de Costa Rica.
- Colectivo de Autores. (2011). *Uso Industrial de Plantas Aromáticas y Medicinales*.
- Colectivo de Autores. (2012). Aceite de YlangYlangBIO - 12 ML.
- Colectivo de Autores. (2012).Publicación Científica. Recuperado 15 de noviembre de 2013, a partir de http://ylangco.com/ylang/publicacion_cientifica.html
- Colectivo de Autores. (2013). *Cananga odorata*.
- Colectivo de Autores. (2013). Cómo hacer un destilador de aceites esenciales. Recuperado 25

de octubre de 2013, a partir de http://www.ehowenespanol.com/destilador-aceites-esenciales-como_39283/

Colectivo de Autores. (2013). El Ylang-Ylang Esencia de la isla del perfume. Recuperado a partir de: <http://ylangco.com/ylang/mayote.html>

Colectivo de Autores. (2013). Extracción con solvente. Recuperado a partir de: <http://www.sabelotodo.org/quimica/extraccion.html>

Colectivo de Autores. (2013). LABIOFAM. Recuperado a partir de: <http://www.ecured.cu/index.php/LABIOFAM>

Colectivo de Autores. (2013). Extracción de aceites en oleaginosas. Recuperado a partir de: <http://www.rdequipmentco.com/industries-we-serve/oilseed-processing/?lang=es>

Colectivo de Autores. (2014). Extracción con Fluidos Supercríticos. Recuperado a partir de: <http://www.teknokroma.es/es/Productos/filtracion-y-extraccion/6/extractor-de-fluidos-supercriticos-spe-ed-sfe/157/1204/principios-de-la-tecnica.aspx>

Colectivo de Autores. (2014). Ylang-Ylang.

Didier.V.J. (2010). Período de recuperación de la inversión. Recuperado a partir de: <http://www.pymesfuturo.com/pri.htm>

E. Kovats. (1965). *Adv. Cromatogr.* 1.

E. M. Gaydou, R. Randriamihansoa, J. P. Bianchini, J. Agric. (1986). *Food \che* 34.

E. M. Gaydou, R. Randriamihansoa, J. P. Bianchini, y J. R. Llinás, J. Agric. (1988). *Food. Chem.* 36.

Gaydou, E., Randriamiharisoa, R.P., Bianchini, J. P. (2006). Composition of the essential oils of Ylang-Ylang.

González, P. (2006). Cómo hacer aceite esencial. Recuperado a partir de: <http://es.wikihow.com/hacer-aceites-esenciales>

Güenther, E. (1995). *The essential oils* (Vol. Vol. I-IV). Van Nostrand. N.Y.

Husain, A. (1994). *Essential Oil Plants and Their Cultivation*, published by Central Institute of Medicinal and Aromatic Plants.

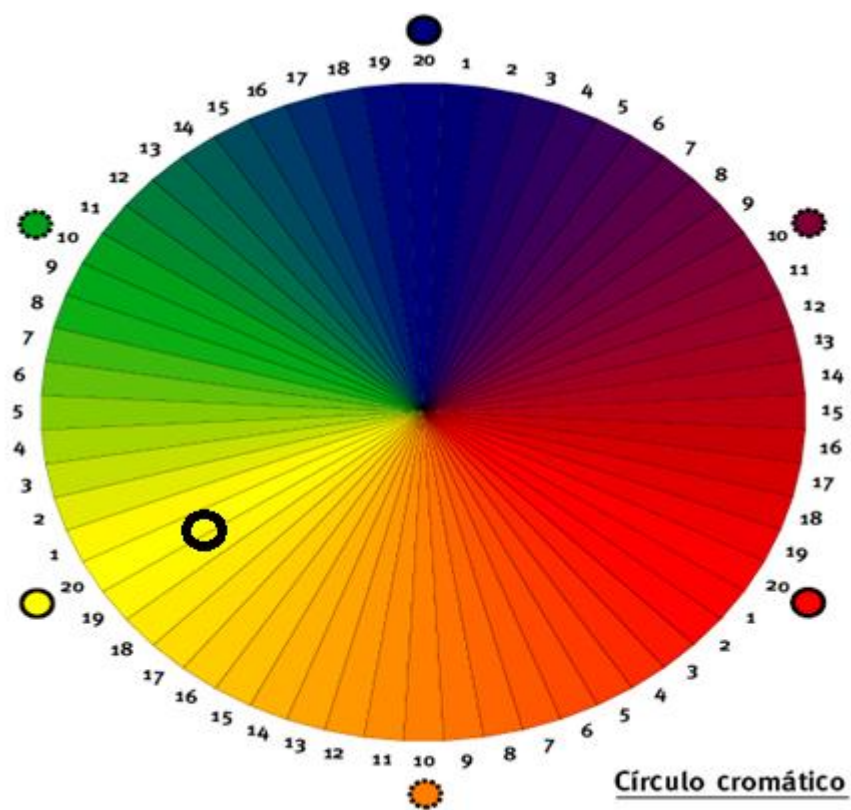
Jennings, W. & Shibamoto, T. (1980). *Análisis cuantitativo de sabores y fragancias volátiles por cromatografía de gases en capilares de vidrio*. New York: Academic Press.

- Leyva Ricardo, M. A. (2008). *Efecto de la variabilidad climática sobre el rendimiento y la composición del aceite esencial de Ylang-Ylang* (Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniero Químico). Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga.
- Pavas, E. G., & Vega, A. S. (2012). Evaluación a escala de planta piloto del proceso industrial para la obtención de aceite esencial de cardamomo, bajo la filosofía “cero emisiones.
- Rodríguez Chávez, M. E. & Enrique González, L. E. (2014). *Apuntes sobre la producción de semillas y posturas de Cananga odorata*.
- S. R. Srinivas. (2014). Atlas of essential oils.
- Sánchez Castellanos, F. J. (2006). *Extracción De Aceites Esenciales*. Universidad Nacional de Colombia., Bogotá D.C.
- Sánchez Castellanos, F. J. (2001). *Extracción De Aceites Esenciales*. Universidad Nacional de Colombia., Bogotá D.C.
- Schmidt, W., Rimm, W. (1967). *Zur Kenntnis der niedrigsiedenden Anteile eines ylang-ylang-öls Comores « Extra » (I. Mittlg.)*. Miltitzer Der.
- Solano Juvier, R. (2014). *Evaluación integral de alternativas para la eliminación de sulfuro de hidrógeno en la refinería de petróleo «Camilo Cienfuegos* (Trabajo de diploma en opción al título de Ingeniero Químico). Cienfuegos, MES: Universidad de Cienfuegos.
- Stashenko, E.E., Quiroz, N., Martinez, J.R. (1966). HRGC/FID/NPD and HRGC/MSD study of Colombian ylang-ylang (*Cananga odorata*) oils obtained by different extraction techniques,.
- Stashenko, E.E., Torres, W., Martinez, J.R. (1995). A study of the compositional variation of the essential oil of ylang-ylang.
- Stashenko, E.E.; Martinez, J.R., Macku, C., et al. (1993). HRGC and GC-MS analysis of essential oils from Colombian ylang-ylang.
- Torres Peña, S. C. & Muñoz Pinto D. K. (2006, Agosto). *Plan de Negocios para el cultivo, producción y comercialización con fines de exportación de aceites esenciales, para la unidad productiva ubicada en Cantagallo, Sur De Bolívar* (Tesis de Grado). Universidad Industrial de Santander, Escuela de Estudios Industriales y Empresariales, Bucaramanga.
- Weiss E.A. (1997). *Essential Oil Crops*. Eaglemont Victoria Australia: Agricultural Adviser.



ANEXOS

Anexo A: Círculo cromático de colores mostrando el color amarillo analizado y sus tonos.



Fuente: (Colectivo de Autores, 2014)

Anexo B: Variación del rendimiento del aceite esencial de ylang ylang durante 2005-2006.

MES	RENDIMIENTO (% P/P)
MARZO-05	0,5
ABRIL-05	0,5
MAYO-05	0,5
JUNIO-05	0,5
JULIO-05	0,4
AGOSTO-05	0,3
SEPTIEMBRE-05	0,3
OCTUBRE-05	0,4
NOVIEMBRE-05	0,4
DICIEMBRE-05	0,4
ENERO-06	0,4
FEBRERO-06	0,4
MARZO-06	0,5
ABRIL-06	0,5
JUNIO-06	0,3
AGOSTO-06	0,3
SEPTIEMBRE-06	0,3

Fuente: (Leyva Ricardo M.A, 2008)

Anexo C: Análisis estadístico de regresión simple para determinar la correlación entre el peso de aceite obtenido y el peso de las flores.

Regresión Simple - peso de aceite vs. peso de flores

Variable dependiente: peso de aceite

Variable independiente: peso de flores

Lineal: $Y = a + b \cdot X$

Coeficientes

	<i>Mínimos Cuadrados</i>	<i>Estándar</i>	<i>Estadístico</i>	
<i>Parámetro</i>	<i>Estimado</i>	<i>Error</i>	<i>T</i>	<i>Valor-P</i>
Intercepto	0,00000192323	0,0		
Pendiente	0,00266531	0,0		

Análisis de Varianza

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Modelo	0,00000283531	1	0,00000283531		
Residuo	0,0	3	0,0		
Total (Corr.)	0,00000283532	4			

Coefficiente de Correlación = 0,999998

R-cuadrada = 99,9996 porciento

R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 99,9994 porciento

Error estándar del est. = 0,0

Error absoluto medio = 0,00000151233

Estadístico Durbin-Watson = 1,97194 (P=0,5035)

Autocorrelación de residuos en retraso 1 = -0,221017

La salida muestra los resultados de ajustar un modelo lineal para describir la relación entre peso de aceite y peso de flores. La ecuación del modelo ajustado es

peso de aceite = 0,00000192323 + 0,00266531*peso de flores

El estadístico R-Cuadrada indica que el modelo ajustado explica 99,9996 % de la variabilidad en peso de aceite. El coeficiente de correlación es igual a 0,999998, indicando una relación relativamente fuerte entre las variables.

El error absoluto medio (MAE) de 0,00000151233 es el valor promedio de los residuos. El estadístico de Durbin-Watson (DW) examina los residuos para determinar si hay alguna correlación significativa basada en el orden en el que se presentan en el archivo de datos. Puesto que el valor-P es mayor que 0,05, no hay indicación de una autocorrelación serial en los residuos con un nivel de confianza del 95,0 %.

Anexo D: Costos de producción

Años	Años	1	2	3	4	5
Costos de Producción		65,20	66,50	67,83	69,19	70,57
Compra de materia prima y materiales		31,00	31,62	32,25	32,89	33,55
Gasto de Salario directo + 9,09		20,00	20,40	20,80	21,22	21,64
Estimulación		10,00	10,20	10,40	10,61	10,82
Combustible		1,00	1,02	1,04	1,06	1,08
Electricidad		0,80	0,81	0,83	0,84	0,86
Agua		0,30	0,30	0,31	0,31	0,32
Mantenimiento		0,50	0,51	0,52	0,53	0,54
Piezas y partes		0,50	0,51	0,52	0,53	0,54
Alimentación		0,60	0,61	0,62	0,63	0,64
Medios de protección		0,30	0,30	0,31	0,31	0,32
Herramientas		0,20	0,20	0,20	0,21	0,21

Costos fijos	1	2	3	4	5
Compra de materia prima y materiales	31,00	31,62	32,25	32,89	33,55
Gasto de Salario directo + 9,09	20,00	20,40	20,80	21,22	21,64
Combustible	1,50	1,50	1,50	1,60	1,60
Electricidad	1,30	1,30	1,30	1,30	1,40
Agua	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
Piezas y partes	0,50	0,51	0,52	0,53	0,54
Medios de protección	0,30	0,30	0,31	0,31	0,32
Herramientas	0,20	0,20	0,20	0,21	0,21
Materiales de Oficina	2,00	2,04	2,08	2,12	2,16
Gasto de Salario indirecto + 9,09	10,00	10,20	10,40	10,61	10,82
Seguridad y protección	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
Insumos	0,80	0,81	0,83	0,84	0,86
Comunicaciones	1,00	1,02	1,04	1,06	1,08

Costos variables	1	2	3	4	5
Estimulación	17,00	17,30	17,70	18,00	18,40
Mantenimiento	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
Alimentación	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90

(Estos valores son en MP)

Fuente: **Fuente: Estimación según datos reportados en la bibliografía.** (Torres SC, Muños Pinto DK, 2006)

Anexo E: Gastos Generales

Años	1	2	3	4	5
Gastos Generales	23,00	23,46	23,92	24,40	24,89
Materiales de Oficina	2,00	2,04	2,08	2,12	2,16
Gasto de Salario indirecto + 9,09	10,00	10,20	10,40	10,61	10,82
Estimulación	7,00	7,14	7,28	7,42	7,57
Combustible	0,50	0,51	0,52	0,53	0,54
Electricidad	0,50	0,51	0,52	0,53	0,54
Agua	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Mantenimiento	0,20	0,20	0,20	0,21	0,21
Seguridad y protección	0,60	0,61	0,62	0,63	0,64
Alimentación	0,30	0,30	0,31	0,31	0,32
Insumos	0,80	0,81	0,83	0,84	0,86
Comunicaciones	1,00	1,02	1,04	1,06	1,08

(Estos valores son en MP)

Fuente: **Fuente: Estimación según datos reportados en la bibliografía.** (Torres SC, Muños Pinto DK, 2006)