

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y MANUFACTURERA



“DETERMINACION DE PARÁMETROS PARA LA EXTRACCIÓN DE ACEITES DE EUCALIPTUS GLÓBULUS”

INFORME DE SUFICIENCIA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE .

INGENIERO QUÍMICO

POR LA MODALIDAD DE ACTUALIZACIÓN DE CONOCIMIENTOS
PRESENTADO POR

CARLOS ALBERTO CHAFLOQUE ELIAS

LIMA-PERÚ

2002

DEDICO ESTE TRABAJO :

A mi madre : Rosa Elías Castillo
por haberme enseñado a ver que
solo hay un bien : El conocimiento
y solo hay un mal : La ignorancia.

A mi padre : Francisco
Chafloque Miscan por haberme
inculcado que la disciplina es la
parte mas importante del éxito

A mis hermanos por haberme
dado cariño y apoyo moral para
poder culminar mi carrera
profesional de ingeniero

A mi amada Bilma por
haberme dado su amor y
compresión en los momentos
más difíciles.

A mis hijos: por darme la fuerza
necesaria en esta lucha constante
de la vida.

AGRADECIMIENTO

A todos los profesores de la Facultad de Ingeniería Química y Manufacturera que contribuyeron en mi formación profesional de ingeniero.

A mi asesor el Ingeniero Enrique Neira Montoya que me dio apoyo decisivo para culminar el presente informe.

A mis amigos Zelidé Rodríguez Salcedo, Maria Eguzquiza Figueroa, Hernán Parra Osorio y Luis Acuña Pinaud que me apoyaron moralmente y me dieron valiosos consejos.

A mis compadres Rosa Safra Rodríguez, Victoria Mendoza Torres y Víctor Caicedo Bustamante por compartir la preocupación familiar de mis hijos José Antonio y José Carlos en los momentos mas difíciles, haciéndome perseverante para culminar este informe.

“ Determinación De Parámetros Para La Extracción de Aceite De Eucaliptus globulus ”

INDICE

I. RESUMEN

II. INTRODUCCIÓN

III. ACEITES ESENCIALES

3.1. Generalidades

3.2. Clasificación de los Aceites Esenciales

3.3. Distribución de los Aceites Esenciales en las Plantas

3.3.1. Quimismo Biogenético de las Esencias Vegetales

3.3.2. Influencias Externas sobre la Composición de las Esencias

3.3.3. Componentes de las Esencias Naturales

IV. ACEITE ESENCIAL DE EUCALIPTO

4.1. Consideraciones Botánica del Eucalipto.

4.2. Composición Químicas.

4.3. Usos Medicinales Populares.

4.4. Descripción del Aceite Esencial de Eucalipto.

4.5. Aceite de Eucalipto: Brasil.

4.6. Aceite de eucalipto: Europa Occidental.

4.7. Aceite Esencial de Eucalipto: E.E.U.U.

V. METODOS DE EXTRACCIÓN PARA LOS ACEITES ESENCIALES

5.1. Métodos de Obtención

5.2. Destilación

5.2.1. Teoría del proceso

5.3. Condiciones generales de las codestilaciones

5.4. Acciones de vapor sobre las materias vegetales

5.5. Tipos de codestilación acuosa

5.5.1. Destilación con agua

- 5.5.2. Destilación con agua y vapor
- 5.5.3. Destilación con vapor
- 5.5.4. Realización de las codestilaciones
- 5.6. Acabado de los productos
- 5.7. Equipos del Proceso
 - 5.7.1. Calderas de los alambiques
 - 5.7.2. Condensadores
 - 5.7.3. Separadores

VI. PURIFICACIÓN DE LOS ACEITES ESENCIALES

- 6.1. Generalidades
- 6.2. Destilación al vacío
- 6.3. Extracción con disolventes selectivos
- 6.4. Extracciones con dos disolventes
- 6.5. Adsorción cromatográfica
- 6.6. Decoloraciones

VII. PROCESO EXPERIMENTAL

- 7.1. Aparatos y técnicas de operación
- 7.2. Equipo Experimental
 - 7.2.1. Sistema Destilador de Arrastre con Vapor
- 7.3. Balance de materia y energía en el Sistema
 - 7.3.1. Sistema con Resistencia Eléctrica
 - 7.3.2. Sistema con Quemador a kerosene
 - 7.3.3. Determinación del Flujo Neto de Vapor del Alambique
- 7.4. Determinación de los Parámetros de Operación
 - 7.4.1. Pruebas Experimentales
- 7.5. Comparación de los Parámetros de Operación

VIII. DIMENSIONADO DEL EQUIPO PILOTO

- 8.1. Equipo Piloto
- 8.2. Equipo comercial

8.3. Alambique Piloto

IX. ESTRUCTURA BÁSICA DE LA COMERCIALIZACIÓN

9.1. Generalidades

9.2. Aspectos de Comercialización

9.3. Mercado Internacional

9.4. Envasado

9.5. Aspectos Institucionales y Legislativos

X. BIBLIOGRAFIA

I. RESUMEN

La presente investigación fue realizada en la Universidad Nacional de Ingeniería en el laboratorio de química de la Facultad de Ingeniería Industrial y Sistemas, tuvo como objetivo buscar las mejores alternativas productivas para la obtención de aceites esenciales, así como la determinación de los parámetros que nos permitan optimizar este proceso. En el balance de energía se determinó un porcentaje de pérdidas del orden de **38%**, en el Generador de Vapor. Tomando como materia prima el Eucalipto Glóbulos, proveniente de Huancayo-Perú, se determinaron los siguientes parámetros óptimos, trabajando en un alambique de 17 L. de volumen neto, y **6 Kg.** de carga máxima; el tiempo de operación fue de 45 minutos, y un *Flujo de Vapor Mínimo de Operación* igual a **450 g./h** , la densidad aparente de lecho de **0.27 g./ mL**, el Rendimiento de aceite de **0.95%**, y una concentración media de aceite de **0.125 g. aceite/ g. mezcla.**

Los Parámetros óptimos se utilizaron para el escalamiento, de

- ▶ Un **Equipo Piloto de 130 L** , se determinó un Flujo Optimo de **3500 g. vapor / h.**
- ▶ Un **Equipo de Nivel Comercial** de carga máxima de 286 Kg. Hojas y 1250 L. de Volumen neto de Alambique, se obtuvo un Flujo Optimo de **10 Kg. vapor / h.**

II. INTRODUCCIÓN

En los últimos años la industria de aceites esenciales naturales, estuvo decayendo como consecuencia de la competencia de los sucedáneos sintéticos; éstos además de ser más baratos, poseen algunas ventajas pero también presentan desventajas. Mas recientemente, esta aumentando la tendencia a utilizar los productos naturales cada vez más; como consecuencia, los precios de los aceites esenciales naturales están recobrando su nivel

Por consiguiente, hay que aprovechar la existencia de condiciones favorables de suelos y de climas para tomar en consideración la entrada en el comercio de exportación de aceites esenciales. Es el costo de sustitución de la producción de estos aceites el principal factor determinante.

En este contexto, varios países en desarrollo han logrado un gran éxito en los últimos años en la producción y exportación de aceites esenciales y su penetración en nuevos mercados.

Otras consideraciones para los productores potenciales y existentes, se deduce del estado actual del mercado mundial de aceites esenciales son las siguientes:

- a) Se necesitan esfuerzos arduos para reducir al mínimo las variaciones de la materia prima fundamental de un año a otro en el suministro de aceites esenciales naturales, debido a la variedad de climas y suelos. Esto reduciría las fluctuaciones de precios, que tanto han contribuido a debilitar la confianza en los productos en estudio.
- b) Es necesaria una corriente constante de información en toda la cadena de comercialización, desde el productor al usuario final, sobre las cifras previstas en los suministros con el fin de facilitar el que puedan amortiguarse las inevitables fluctuaciones de la oferta.
- c) Las muestras presentadas para su control de calidad no deben diferir en forma apreciable o subjetiva, tanto en calidad como en características, de las remesas de las que se dice que han sido extraídas. Este aspecto ha dado lugar a numerosas quejas.
- d) En muchos aceites es necesario proceder a una mayor inspección de la certificación anterior al embarque para reducir al mínimo la utilización de envases deteriorados o que no son adecuados por cualquier otro motivo, eliminar las prácticas de adulteración e impedir la contaminación excesiva con materias extrañas resultante de procedimientos deficientes de destilación, filtrado inadecuado, etc.

- e) En algunos casos se plantea la necesidad de atenerse más a los procedimientos comerciales y documentales reconocidos y, en particular, de cumplir estrictamente las fechas de entrega.
- f) Los futuros productores deberán coordinar sus planes con los posibles compradores desde las fases iniciales, en lugar de intentar lanzar nuevos productos o productores tradicionales procedentes de regiones productoras poco conocidas, enteramente por cuenta propia. Es vital que se presenten con antelación muestras que permitan a los compradores formular observaciones antes de comenzar la producción comercial, como lo es también una negociación detallada sobre los niveles y listas de precios.
- g) Nunca se condenará con energía suficiente la práctica de retener suministros durante cierto tiempo para hacer subir los precios. Esto surte el efecto contrario al buscado, con la pérdida permanente de parte del mercado.

III. ACEITES ESENCIALES

3.1. Generalidades

Los aceites esenciales son productos odoríferos obtenidos de la flora natural, por destilación, habitualmente con agua o vapor, como en el caso de los frutos cítricos, mediante un proceso mecánico. Las esencias concretas son concentrados odoríferos obtenidos de partes vegetales frescos de bajo contenido resinoso mediante la extracción con un disolvente no acuoso volátil, con la eliminación posterior del disolvente por evaporación a temperaturas moderadas y en un vacío parcial. Las esencias concretas son usualmente materias sólidas ceras. Las esencias absolutas, también llamadas absolutas, son materias de perfumería altamente concentrada obtenidas a partir de las esencias concretas mediante la repetida extracción con alcohol etílico, a lo que sigue el enfriamiento del extracto (para precipitar las ceras y otras materias no odoríferas), la filtración o centrifugación de la solución de la solución alcohólica restante y finalmente la eliminación de la mayor parte del alcohol mediante la evaporación a temperaturas moderadas y en un vacío parcial. Las esencias absolutas son habitualmente líquidas y enteramente solubles en alcohol. Las oleorresinas de especias se obtienen de especias deshidratadas por extracción con un disolvente volátil no acuoso, a lo que sigue la eliminación del disolvente mediante evaporación a temperaturas moderadas y en un vacío parcial. Las oleorresinas contienen el aroma y el sabor de la especie correspondiente (incluso los principios no volátiles, a diferencia de los aceites esenciales de especias) en forma concentrada y son habitualmente líquidos viscosos o sustancias semi-sólidas. Deben distinguirse de las acuarresinas de especias, con cuyas aplicaciones guardan estrecha relación, pero que se extraen con alcohol acuoso y con disolventes volátiles.

3.2. Clasificación de los Aceites Esenciales

Resulta de gran interés la agrupación de los aceites esenciales, con vista al empleo como materia prima; en este sentido se han hecho numerosos intentos, las más modernas son la de H. Robert, presentada ante la *Toilet Goods Ass.*, de los Estados Unidos, basada en el establecimiento de 18 grupos, y la de Billot, aceptada por el *Groupement Technique de la Parfumerie*, de Francia, basada en establecer nueve series, con varias secciones.

García Araez, con el fin de poder describir mejor el olor de cada esencia natural, a procedido a reunir las en los siguientes grupos: **agrestes**, de agrios, animales, anisadas, de azahar (o flor de naranjo), balsámicas, citroneladas, de condimentos, especiadas, florales, de maderas,

mentoladas, rosadas y de resinas. Los prototipos de estos grupos son, respectivamente: **lavanda**, bergamota, civeta, anís, nerolí, bálsamo del Perú, citronela, apio, clavo, jazmín, sándalo (pino), menta, rosa, e incienso u olíbano.

Podemos clasificar los aceites esenciales en : Esencias Volátiles, Medias y no Volátiles, como se muestra en la tabla N° 1,2 y 3

TABLA N°1
Esencias Volátiles

Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
Anís	Badiana	Alcaraven
Bergamota	Ciprés	Almendra amarga
Cidra	Elemí (ac. es.)	Angélica
Lima	Espliego	Cilandro
Linaloes	<i>Eucaliptus globulus</i>	Enebro (bayas)
Mandarina	Gauteria	Hierbabuena
Naranja amarga	Hinojos	Laurel
Niaouli	Hisopo	Lemongras
	Lavandas	Menta piperita
	Lavandín	Petitgrain
	Limón	Pimienta
	Mejorana	Ruda
	Naranja dulce	
	Nuez moscada	
	Salvia	
	Semen-contra	

TABLA N°2
Esencias Medias

Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
<i>Albahaca</i>	<i>Bay</i>	<i>Cedro</i>
<i>Cálamo</i>	<i>Citronela Ceilán</i>	<i>Citronela Java</i>
<i>Cardamomo</i>	<i>Estragón</i>	<i>Clavo</i>
<i>Cayepú</i>	<i>Galbanun</i>	<i>Jazmín (abs.)</i>
<i>Comino</i>	<i>Geranio</i>	<i>Mimosa</i>
<i>Jengibre</i>	<i>Lirio (abs.)</i>	<i>Opoponax (ac. es.)</i>
<i>Lavanda (abs.)</i>	<i>Neroli big (ac.es.)</i>	<i>Palmarosa</i>
<i>Melisa</i>	<i>Orégano</i>	<i>Perejil</i>
<i>Mirra</i>	<i>Pino (agujas)</i>	<i>Pimiento</i>
<i>Mirto</i>	<i>Romero</i>	<i>Rosa (abs.)</i>
<i>Poleo</i>	<i>Rosa de mayo (ac.es.)</i>	<i>Sasafrás</i>
<i>Salvia esclarea</i>	<i>Rosa de Oriente</i>	
<i>Tomillo</i>		

TABLA N°3
Esencias No Volátiles

Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
<i>Amarilla</i>	<i>Abedul</i>	<i>Apio</i>
<i>Benjuí (res.)</i>	<i>Almizcle (res.)</i>	<i>Bálsamo Tolú (báls.)</i>
<i>Cananga</i>	<i>Ambar gris (res.)</i>	<i>Civeta (res.)</i>
<i>Canelas</i>	<i>Bálsamo Perú (báls.)</i>	<i>Costus</i>
<i>Clavel</i>	<i>Cassie (abs.)</i>	<i>Haba Tonka</i>
<i>Estoraque (ac.es.)</i>	<i>Castoreum (res.)</i>	<i>Musgo encina (abs.)</i>
<i>Inciense (ac. es.)</i>	<i>Estoraque (res.)</i>	<i>Sándalo</i>
<i>Jacinto (abs.)</i>	<i>Guayaco</i>	
<i>Junquillo</i>	<i>Labdanum (res.. y abs.)</i>	
<i>Labdanum (ac. es.)</i>	<i>Lirio (res.)</i>	
<i>Musgo encina (ac. es.)</i>	<i>Naranja (abs. De flor)</i>	
<i>Naranja (abs. De agua)</i>	<i>Patchulí</i>	
<i>Narciso (abs.)</i>	<i>Vainilla (res.)</i>	
<i>Opoponax (res.. y abs.)</i>	<i>Violeta (hojas)</i>	
<i>Ylang-ylang</i>		

H . García Araes (Pg. 6)

3.3. Descripción y Características de la Planta

3.3.1. Quimismo Biogénético de las Esencias Vegetales

Aún no se conoce exactamente el mecanismo químico según el cual se forman las esencias en las plantas, mecanismo que ha de ser muy complejo y casi imposible de deducir a leyes generales, estos se comprende al ver que, excepto algunas esencias tales como las de almendra amarga, lemongras y gaulteria, la mayor parte contienen 50 y hasta 100 cuerpos químicos; de ellos sólo son bien conocidos un pequeño número.

Las células productoras de esencia, en cuyo interior puede observarse microscópicamente la gota de un aceite no integrado por glicéridos (triesteres), pertenecen a glándulas interiores o exteriores; en este último caso suelen ser células epidérmicas (pelos secretores) que acumulan la secreción entre la cutícula de la epidermis y el resto de las paredes celulares, mientras en las glándulas interiores suele depositarse la esencia segregada entre las paredes celulares.

Siempre es posible no obstante, encontrar entre los constituyentes algún parentesco químico; p. ej., se puede obtener a partir del **linalol, in vitro**, los siguientes cuerpos: acetato (y otros ésteres) de linalilo, dipenteno (o limonenos), geraniol, nerol, terpineol, **cineol**, Citral, citronelol, metilheptenona, mirceno, ocimeno, siendo corriente su coexistencia con el linalol en productos naturales, lo que viene a demostrar la posibilidad de su transformación *in vivo*.

Otra dificultad para señalar el proceso químico formativo de las esencias naturales se encuentra en los cambios de composición que pueden experimentar durante su permanencia y separación de la planta, aislamiento, etc. Por ejemplo, los **ésteres**, uno de los componentes más estables, sufren en la planta y durante el aislamiento de la esencia fenómenos tales como interesterificaciones, transposiciones de Beckmann, inversiones Walden (los isómeros ópticos presentan olores diferentes, caso muy estudiado en el mentol, cuya forma *levógira* huele de 3,3 a 3,5 veces más que la *dextrógira*), emigraciones de radicales, impedimentos estéricos y alcoholisis.

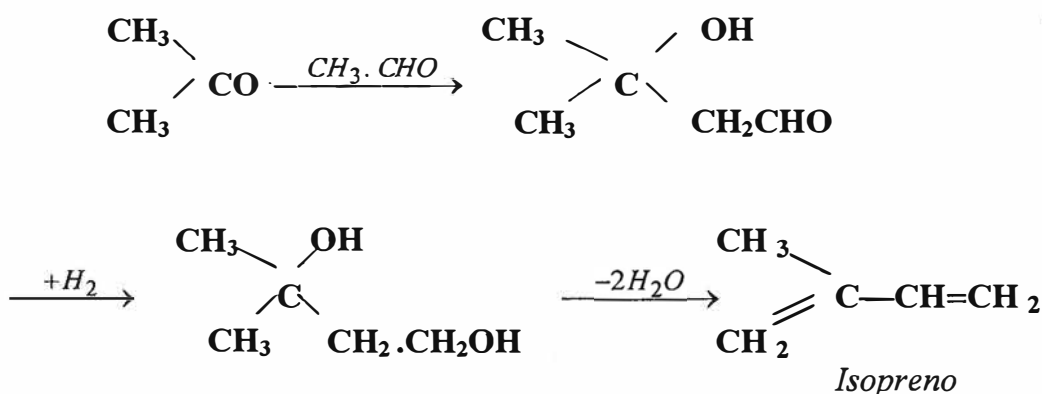
Los esqueletos **hidrocarbonados** de los productos tratados pueden reunirse, biogenéticamente, en tres grupos: cadenas lineales más o menos saturadas, derivados del benceno, cuerpos terpénicos o terpenoideos.

En cuanto a la aparición de los grupos funcionales, se sospecha que los alcoholes se forman en los cloroplastos, así como sus ésteres, derivándose generalmente los ácidos de descomposición proteínicas.

Para explicar el origen de los **terpenos**, en estas esencias es necesario tener presente que:

- a) Estructuralmente los **terpenos** están constituidos por varias cadenas en C_5 , ramificadas, de la regla isoprénica, presentando una periodicidad característica.
- b) Estas cadenas se encuentran unidas por sus extremos en la mayor parte de los casos.
- c) La oxidación, reducción, emigración de dobles enlaces y polimerización ocurren con cierta frecuencia y facilidad.
- d) Los **terpenos** van acompañados frecuentemente de derivados propil-bencénicos e hidrocarburos de cadena lineal.

El período en C_5 corresponde al **isopreno** o metil-butadieno que según mostró Aschan en 1922, puede proceder del metabolismo de los glúcidos por intermedio de la **acetona** y del **acetaldehído**:



La evolución posterior para, mediante condensaciones y polimerizaciones sucesivas, llegar a estructuras complejas, han sido muy discutidas, no existiendo verdaderas demostraciones experimentales sino únicamente casos de transformaciones *in vitro*. Así, p. ej., cita Egloff la formación de dipenteno y del sesquiterpeno llamado **bisaboleno**, entre otros productos, por polimerización del **isopreno** bajo ciertas condiciones.

También ha habido quien ha pensado en la glicerina como origen de la cadena *isopropenilica* característica de los terpenos cíclicos, y en la posibilidad de formación a partir de la acetona, acetaldehído y ácido acetoacético, entre otras fuentes.

3.3.2. Influencias Externas sobre la Composición de las Esencias

Las condiciones que más intensamente determinan la génesis de las esencias en las plantas son: suelo, luz, humedad, y enfermedades producidas por los insectos; tanto influyen todas, que se citan modificaciones de las composiciones sólo por cambio de suelo. La luz modifica la forma y tamaño de los canales secretores y estimula la función **clorofílica**, alterando la proporción de esencias y su composición **terpénica**.

3.3.3. Componentes de las Esencias Naturales

Las esencias naturales se componen principalmente de alcoholes, ésteres, fenoles, aldehídos, cetonas, ácidos e hidrocarburos, encontrándose además pequeñas cantidades de otras funciones químicas. Algunos de estos componentes no parecen presentar interés odorífico alguno, e incluso suponen dificultades para la estabilización y disolución, pero han de tenerse en cuenta.

Al contrario de los colorantes, no es posible actualmente prever si un determinado cuerpo químico va a presentar olor o no, aunque hayan algunas reglas generales que permitan esto.

TABLA N°4: Componente y Rendimiento de algunos aceites esenciales

Nombre Vulgar	Nombre Científico	Parte Utilizada	% de Rdto.	Componente Principal
Anis	<i>Pimpinella anisum</i>	Frutos	1,5 - 4	Anetol
Citronela	<i>Cymbopogon nardus</i>	Hojas	0,5 – 0,7	Geraniol, citronelal
Comino	<i>Cominum cyminum</i>	Semilla	~ 1,8	Aldehído cumínico
Estragón	<i>Artemisia dranunculus</i>	Hojas	0,3 – 0,5	Metilchavicol
Eucalipto	<i>Eucalyptus globulus</i>	Hojas	0,7 – 1,2	1,8 – cineol
Lavanda	<i>Lavandula officinalis</i>	Flores	0,5 – 1	Linalol, linalil acet.
Limón	<i>Citrus limón</i>	Cáscara del fruto	3 – 4	Limoneno, citral
Melisa	<i>Melissa officinalis</i>	Hojas	0,1 – 0,2	Geraniol, citral
Menta	<i>Mentha arvensis</i>	Hojas	0,5 – 1	Mentol
Molle	<i>Schinus molle</i>	Frutos secos	5 – 7	B-felendreno
Muña	<i>Mynthostachys setosa</i>	Hojas	0,2 – 0,3	Pulegona, Carvona
Naranja	<i>Citrus Aurantium</i>	Cáscara del fruto	~ 0,5	Limoneno, citral
Orégano	<i>Origanum sp.</i>	Hojas	1 – 1,5	Carvacrol, timol
Ruda	<i>Ruta graveolens</i>	Hojas	0,1 – 0,3	Rutamina
Panizara	<i>Satureja panicera</i>	Hojas	0,1 – 0,2	Timol e isómeros
Tomillo	<i>Thymus sp.</i>	Hojas	0,5 – 1,5	Timol

IV. ACEITE ESENCIAL DE EUCALIPTO

4.1. Consideraciones Botánica del Eucalipto

Eucaliptus es un género nativo de Australia de donde fue traído al Perú recién el siglo pasado (1865) por la familia Raez Gómez, que lo cultivó en Huancayo a partir de las semillas que un ciudadano francés, M. Lapier, trajo a Lima durante la época de Don. Manuel Pardo.

Aunque existen varios centenares de especies de eucaliptos, solo unas pocas son importantes para la producción de aceite esencial. El aceite se destila principalmente de las hojas de los árboles y en ocasiones de las ramas. En el comercio, el término “aceite de eucalipto” denota tres grupos enteramente distintos de aceites: **primero**, los aceites que se distinguen por su alto contenido de **cineol**, que poseen carácter alcanforáceo; **segundo** los aceites con un carácter básicamente cítrico, debido principalmente al predominio del componente **citronelal**; y **tercero**, los que son comparativamente ricos en **felandreno** o piperitona, en especial en felandreno. El primer tipo de aceite suele denominarse “aceite de eucalipto medicinal”, debido a las propiedades medicinales del cineol y este grupo incluye un aceite procedente de China que no se destila de un eucalipto sino de una especie de alcanforero. El segundo tipo de aceites se denomina a veces “aceite de eucalipto de perfumería”, aunque los tres tipos pueden utilizarse en perfumería.

Los aceites de eucalipto medicinales se destilan principalmente de las siguientes especies: Eucalipto globulus, E. australiana, E. smithii y E. dives var, “C”. En tanto que los aceites de eucalipto de perfumería se obtienen en gran parte de las especies E. citriodora y E. macarthuri, los aceites ricos en felandreno se producen principalmente a partir del E. dives “type” y variedad “A” y E. australiana variedad “B”.

En la actualidad los aceites destilados de otras especies de eucalipto raramente son comercializados. Se han registrado remesas ocasionales de un aceite destilado en el Brasil del E. staigeriana, aceite que es comparativamente rico en limoneno, geraniol y acetato de geranilo. Sin embargo, este aceite tendría usos muy limitados y especializados, y parece vulnerable a la competencia de productos sintéticos.

Las exportaciones mundiales anuales de todo los tipos de aceite de eucalipto alcanzan de 1600 a 1700 toneladas anuales; el aceite de E. citriodora y de los aceites ricos en felandreno representan respectivamente cantidades calculadas en 100 toneladas y 20-30 toneladas respectivamente. Casi las dos terceras partes de las exportaciones mundiales de los aceites ricos en **cineol** corresponden a China; aproximadamente la mitad de la cantidad restante, a

Portugal y España y la otra mitad a Sudáfrica, Brasil, Australia y la India, por este orden. Las exportaciones del aceite de *E. citriadora* tienen su origen principalmente en China y Brasil, en tanto que los aceites ricos en felandreno se producen en gran parte en Australia y Sudáfrica.

Los aceites de eucalipto ricos en **cineol** tienen muchas aplicaciones en preparados farmacéuticos y de perfumería; en perfumería, el aceite se utiliza con frecuencia para intensificar el aroma. Los aceites de eucalipto de perfumería, sobre todo el aceite, *E. citriadora* se utilizan como tales aceites en compuestos baratos de perfumería y, lo que es más importante, para aislar el citronelal, sustancia de perfumería esencial, y su derivado el hidróxicitronelal. El tercer grupo de aceites se utiliza casi exclusivamente para la extracción de felandreno y, en menor medida, de piperitona, para perfumería y para aplicaciones saporíferas. La tendencia en el consumo se mantiene firmemente en alza en lo que respecta a los aceites ricos en cineol, pero en baja para los otros dos tipos, por existir otras posibles vías para obtener sus derivados.

Eucalyptus globules L. Familia: Mirtaceas Otros nombres populares: gomero dulce, gomero azul, árbol contra la fiebre.

La familia Mirtaceas, es muy amplia; comprende unos 100 géneros con alrededor del 3000 especies de árboles y arbustos, originarios, principalmente de América y Australia. *Eucalyptus* abarca unas 300 variedades y es el grupo vegetal más característico de la flora australiana. En Chile han sido introducida muchas de estas especies siendo *E. Globulus* indudablemente la que se ha plantado más profusamente con fines ornamentales, para reforestar suelos pobres y erosionados, para contener y fijar dunas y para producir madera (chapas, parquet, astillas) y leña (Hoffmann et, al 1992).

El eucalipto es un árbol siempre verde de gran tamaño, corrientemente de 30 a 40m de altura (aunque puede llegar a los 100m), de ramas largas y gruesas, de tronco, por lo general, algo retorcido. La corteza, lisa y café plumiza, se desprende en largas tiras longitudinales,. Dejando ver el tronco de color plumizo algo azulado (Hoffmann 1995).

Sus hojas perennes, muy aromáticas; al trasluz es posible ver las diminutas bolsitas de aceites esenciales. Los árboles pueden tener dos tipos de hojas: las de las ramas nuevas, que son opuestas, anchas, acorazonadas, sésiles y de color gris azulado; y las de las ramas maduras, que son alternas, angostas y lanceoladas, pecioladas y de color verde oscuro (Hoffmann et al, 1992).

Sus flores de 3 a 4cm de diámetro, son solitarias o se asocian en pequeños grupos. En estado de botón, la flor está formada por un cáliz piramidal, en forma de recipiente cubierto con una

estructura que hace de tapa, la cual cae al momento de madurar la flor; así quedan al descubierto una numerosa cantidad de estambres, de aspecto plumoso y color amarillento. Florece en otoño. Su fruto es una cápsula leñosa que contiene abundantes semillas (Hoffmann et al, 1992).

La propagación del eucalipto se hace mediante semillas, de fácil germinación, buen arraigo y rápido crecimiento.

4.2. Composición Química

Este árbol a pesar de no ser originario de nuestras tierras, ha sido adaptado mediante plantaciones forestales que buscan aprovechar la madera; así es como ocupa extensas franjas de nuestro territorio.

La información de sus propiedades medicinales y de sus constituyentes se encuentra en la literatura de casi todos los continentes.

Su principal componente activo es el eucaliptol, aceite esencial que se extrae de sus hojas lugar en que se encuentra en mayor concentración. Además posee terpenos y alcoholes como el pineno, canfeno, cineol, terpinol, y eugenol; además de taninos y resinas. Presenta algunos ácidos como el valerianico (Hoffmann et al, 1992).

Sus efectos sobre el aparato respiratorio provienen de las propiedades volátiles del aceite esencial, ya que eso le permite difundirse por el organismo, y es eliminado preferentemente por la vía respiratoria. También durante mucho tiempo ha sido considerado como un excelente febrífugo, sin que se haya aislado ningún principio activo que fundamente su efecto.

Su consumo prolongado o en forma muy concentrada provoca irritaciones de la mucosa pudiendo llegar a producir lesiones atróficas, debido a su efecto vasoconstrictor

4.3. Usos Medicinales Populares

Pese al extendido uso del eucalipto en la medicina y su gran disponibilidad, los estudios sistemáticos sobre su utilización son escasos.

En nuestra región es común que en los hogares hiervan hojas de eucalipto, dado que la esencia del mismo, que emana con sus vapores, ayuda a descongestionar las vías nasales.

En el siglo XIX el botánico y explorador alemán Ferdinand Von Muller apuntó que las fragantes emanaciones de las hojas probablemente sirvieran como antiséptico (Hoffmann et al, 1992).

En la medicina aborigen del Perú tradicional, se empleaban en emplastos para cualquier tipo de herida o inflamación. También se empleaban internamiento diversas decocciones, aunque no es recomendable para su uso doméstico (Pamplona 1996)

También se utiliza sus hojas para infusiones, sobre todo aquellas más viejas, por tener mayor cantidad de aceite esencial; así se combate la gripe y el resfriado. Las fricciones con su aceite, son descongestivas.

Otro uso es como estimulante del apetito y digestivo en los casos de dispepsia atónica (Del Sol, 1995).

4.4. Descripción del Aceite Esencial de Eucalipto

Descripción:

El Eucaliptol se obtiene del aceite esencial de eucalipto o de otros aceites esenciales. Líquido incoloro, de olor característico, aromático, que recuerda al alcanfor. Es insoluble en agua, soluble en 5 volúmenes de alcohol al 60% es miscible con alcohol, cloroformo, éter, ácido acético, aceites y aceites esenciales.

Sinónimos:

Cíneol

Usos:

Antiséptico respiratorio y expectorante.

CUADRO 4.1 ANÁLISIS DEL ACEITE ESENCIAL DE EUCALIPTOS

Especificaciones		Resultados
Aspectos	Líquido	Líquido
Color	Incoloro	Incoloro
Olor	Característico	Pasa prueba
Densidad (20/4): (g/mL) 0.925	0.921 –	0.924
Índice Refracción (20°)	1.456 – 1.460	1.457
Ensayo (%)	min 98	98.8
Punto de Congelación °C	0 (+0.3)	+0.8

Los datos del presente análisis fueron proporcionados y revisados por CEDROSA.

4.5. Aceite de Eucalipto – Brasil

De la especies de eucaliptos utilizadas en las industrias farmacéuticas y sustancias aromáticas, tres se cultivan sistemáticamente en el Brasil para la producción de aceites esenciales: *Eucalyptus globulus* Labillardière, *Eucalyptus staigeriana* FvM y *Eucalyptus citriadora* Hooker.

El *Eucalyptus globulus* fue la primera de las especies de eucalipto que se introdujeron en el Brasil en el siglo XIX y se plantó extensamente por todo el país. Actualmente el cultivo comprende varios millones de árboles. Como la recolección de hojas es una operación demasiado costosa, se procede a la corta de árboles jóvenes en plantaciones densamente pobladas después de tres años de crecimiento. Esto rinde 60 toneladas anuales de aceite, cantidad que apenas es suficiente para cubrir la demanda interna.

El *Eucalyptus staigeriana*, es comparativamente raro en Brasil, como ocurre en otras partes. Debido a su composición química especial se utiliza para la extracción de sus diversos componentes aromáticos (Citral, geraniol, acetato de geranilo, etc.). El único productor de importancia del Brasil produce **80** toneladas anuales, que absorbe la industria Brasileña.

El *Eucalyptus citriadora*, que puede explotarse también por su madera, se cultiva también para obtener aceite al producto mencionado de aceite de *E. staigeriana*. Los árboles se plantan a muy pequeña distancia entre sí, con una densidad de 2000 por hectárea. Ahora, en aplicación de planes en Brasil de repoblación forestal, se están plantando más árboles de esa clase.

La producción actual de la citada empresa productora es de 200 toneladas anuales; su capacidad efectiva de producción de 300 toneladas y su capacidad potencial a corto plazo de 700 a 900 toneladas. La producción anual total del Brasil se calcula actualmente entre 1500 y 1600 toneladas, que en su mayor parte se utilizan en el país.

El aceite de *E. Citriadora* es rico en citronelal, que presenta el 75% de su contenido. Sus restantes componentes incluyen el geraniol (5%). Se utiliza primordialmente para la extracción de citronelal, que se emplea en la producción de varios compuestos aromáticos, tales como el hidroxicitronelal.

Las exportaciones de aceites de eucalipto, principalmente de *E. citriadora*, alcanzaron un total de 193 toneladas en 1983, frente a 86 toneladas en 1982 y 117 toneladas en 1980.

El aceite de *E. citrodiora* brasileño es enteramente competitivo en precio con el aceite de origen chino y con frecuencia es ligeramente más barato en el mercado al por mayor.

4.6. Aceite de eucalipto: Europa Occidental

El consumo anual de aceite de eucalipto en determinados países de Europa Occidental en los primeros años del decenio de 1980 ha sido el siguiente: Francia, 550-560 toneladas, Republica Federal de Alemania, 230-240 toneladas; países Bajos, 80-90 toneladas; Suiza, 30-40 toneladas, Reino Unido, 180-190 toneladas. El consumo aparente en toda la región es probable que se sitúe entre 1150 y 1200 toneladas anuales. Corresponde al aceite esencial de *Eucalyptus citriodora* alrededor de 70 a 80 toneladas y los aceites ricos en en falandreno y piperitona unas 10 toneladas. Los aceite ricos en **cineol** vienen a completar la casi totalidad del consumo aparente.

Francia absorbe la mitad del total correspondiente a Europa Occidental, aunque el Reino Unido es el mayor usuario de l aceite de *Eucalytus citiodora*. España es importante productora de aceite de *Eucalyptus globulus*, del que exporta mucho más de lo que consume internamente, también importa unas 100 toneladas anuales de aceite de eucalipto, parte de las cuales es probable que sean reexportables después de su elaboración o sin elaborar. Del 15 al 20 % aproximadamente del aceite de eucalipto que entra en Europa Occidental se reexporta.

Aunque los aceite españoles y portugueses de *Eucalyptus globulus* están considerados en general como mejores, es el aceite chino el que domina el mercado. Las razones son su bajo precio y las cantidades disponibles; se señalan que su calidad está mejorando de modo constante. No está del todo claro porqué el consumo aparente de aceite de *Eucalipto Globulus*

es desproporcionadamente elevado en Francia. No obstante, este aceite parece tener un amplio uso en múltiples productos.

4.7. Aceite Esencial de Eucalipto: E.E.U.U.

Los estados Unidos ocupan el segundo lugar como importadores de aceites de eucalipto, después de Francia. El mercado aparece en expansión, ya que las importaciones anuales medias ascendieron a 318 toneladas durante el período 1980-1984, en comparación con 244 toneladas durante el quinquenio precedente. Es evidente que los Estados Unidos son un mercado en crecimiento para materias de perfumería y saporíferas, que en su mayoría no pueden producirse en el país, en parte por razones de costo y en parte debido a las características climáticas y geofísicas del país. El comercio exterior de los Estados Unidos en aceites esenciales y resinoides en un período de 10 años, la tendencia general en las importaciones ha sido ascendente.

El mercado de los Estados Unidos para los aceites esenciales es sumamente variado. Entre los usuarios figuran los mayores fabricantes de bebidas no alcohólicas del mundo y los principales establecimientos de manufactura de algunas de las empresas más grandes del mundo de perfumería y saporíferos. Varias empresas con nombres famosos que en un tiempo tuvieron su base en Francia, sede tradicional de la industria de perfumería, tiene ahora grandes instalaciones manufactureras en los Estados Unidos. También, hasta cierto punto, se ha dado el fenómeno contrario: algunas de las grandes empresas de los Estados Unidos han transferido parte de sus instalaciones industriales a las regiones principales de producción de aceite esenciales en zonas tropicales y subtropicales. En estas instalaciones se fabrican compuestos de perfumería y sustancias saporíferas para su envío a los Estados Unidos, con lo que se reduce el comercio en aceites esenciales. Por esta razón, las cifras de importaciones no representa en toda su magnitud el crecimiento de la demanda de aceites esenciales en el mercado de los Estados Unidos.

Muchas empresas medianas y pequeñas realizan las mezclas de sus compuestos propios de perfumes y saporíferos con empleo de materias naturales y sintéticas o adquieren fórmulas ya preparadas en las empresas del país dedicadas a las composición de mezclas.

Los Estados Unidos cuentan con la mayor industria manufacturera de oleorresinas de especias del mundo. Aunque la producción se va desplazando gradualmente para acercarse a las fuentes de origen de las materias primas, lo probable es que los fabricantes de los Estados Unidos continúen sus operaciones en su futuro previsible, ya sean las de extracción a partir de las especias en bruto o las, de transformación de las oleorresinas importadas.

V. METODOS DE EXTRACCIÓN PARA LOS ACEITES ESENCIALES

5.1. Métodos de Obtención

Las esencias naturales se aíslan por diferentes métodos adaptados a la naturaleza y propiedades de las mismas esencias o de los cuerpos aromáticos de donde proceden; en general, los métodos útiles pueden reunirse en tres grupos fundamentales:

- Tratamientos directos
- Destilaciones
- Extracción con disolventes

Los productos obtenidos por uno u otro método suelen designarse por nombres genéricos distintos, y así suelen reservarse la calificación de aceite esencial para las esencias obtenidas por destilación con arrastre por vapor. En el **cuadro 5.1.** se resumen los métodos actuales (muchos han ido desapareciendo en el transcurso del tiempo, sustituidos por otros perfeccionados).

Las esencias Constituidas, en su mayor parte, por componentes de alto punto de ebullición, su separación por destilación seca normal del material vegetal supondría una pirogenación bastante extensa; como estas esencias son insolubles en agua, resulta más lógico realizar un arrastre o codestilación acuosa, hecha casi siempre a presión atmosférica (en ciertos casos se emplea la presión reducida).

También es posible extraer las esencias con varios productos, presentando cada uno sus ventajas e inconvenientes. Si es volátil, bastará evaporarlo para aislar la esencia extraída, pero si es fijo (grasa, p. ej.), necesita una nueva extracción con un segundo disolvente que tome la esencia y deje libre al disolvente fijo.

CUADRO No. 5.1.

METODOS DE OBTENCIÓN DE LOS ACEITES ESENCIALES

Metodos	Operaciones		Nombre	Productos obtenidos
DIRECTOS	Compresiones de las cáscaras		Expresión	Esencias
	Raspado de las cáscaras		Expresión	Esencias
	Lesiones mecánicas de las cortezas		Exudación	Gomas, resinas y bálsamos
DESTILACIÓN	Destilación acuosa o arrastre con vapor		Destilación	Aceites esenciales y aguas aromáticas
EXTRACCIÓN	Con grasas y aceites fijos	En frío	Enflorado	Pomadas en frío; lavados de pomadas y absolutos de enflorado
		En caliente	Infusiones en grasas	Pomadas en caliente; lavados y absolutos
	Con disolventes volátiles	En caliente	Extracción en caliente con disolventes volátiles	Infusiones y resinoides alcohólicos en caliente
		En frío	Extracción en frío con disolventes volátiles	Esencias concretas y absolutas; resinoides en frío

5.2. DESTILACION:

5.2.1. Teoría del proceso.- La destilación fraccionada es la separación de dos o más sustancias, basada en las diferencias existentes entre sus tensiones de vapor. Dichas sustancias pueden ser, o no, miscibles, total o parcialmente, comportándose sus tensiones parciales de vapor en uno y otro caso de forma diferente.

La ley de Dalton, totalmente aplicable a mezclas de gases perfectos, presenta algunas excepciones cuando se trata de vapores (gases en condiciones próximas a las que determinan su licuación o condensación), dependiendo de su mutua afinidad.

Si consideramos un sistema heterogéneo formado por dos líquidos no miscibles, tales como el agua y un aceite esencial, los vapores emitidos por cada uno de ellos no se influyen entre sí, sus moléculas gaseosas y, por tanto, sus tensiones de vapor se adicionan totalmente; al ir calentando dicho sistema heterogéneo llegará un momento en el cual la tensión de vapor se iguale a la presión ejercida sobre la superficie libre de ambos líquidos y entonces el sistema entra en ebullición. La tensión parcial de cada vapor es en este momento inferior a la presión externa, de forma que los líquidos se encuentren hirviendo a temperatura inferior a su punto de ebullición, bajo la presión actual.

Cuando, por el contrario, se trata de un sistema formado por uno o más líquidos totalmente miscibles, de diferentes puntos de ebullición, cada tensión parcial a una cierta temperatura no es igual a la producida por el líquido puro aislado, en iguales condiciones. Cuando uno de ellos se encuentra en proporción muy preferente (Soluciones diluidas), la variación de su tensión de vapor sigue la ley de **Raoult** (es proporcional al número de moléculas disueltas), pero esto no ocurre en otras proporciones debido a la solubilidad de cada vapor en líquidos distintos del suyo propio, desapareciendo por ello toda proporcionalidad.

Comparemos ahora la marcha de la ebullición en ambos tipos de sistemas. Cuando la suma de las tensiones parciales de vapor de un sistema heterogéneo se iguala a la presión ejercida sobre su superficie libre, ya hemos visto que el sistema entra en ebullición; por no influirse mutuamente, cada tensión parcial dependerá solamente de la temperatura al que el sistema se encuentre, y no de las proporciones presentes en ambos componentes, de forma que la ebullición continuará inalteradamente mientras se encuentren presentes los dos líquidos. Por el contrario, en un sistema homogéneo (que también entra en ebullición cuando la suma de las tensiones parciales es igual a la presión externa) la tensión de vapor de cada componente, en un momento dado, depende de la composición que en aquel momento tenga el líquido subyacente y, como los vapores son más ricos en componente volátil que dicho líquido, pues lógicamente el componente más volátil dará por gramo más vapores que los más fijos (los menos volátiles), el líquido procedente de la condensación de los vapores emitidos en la ebullición estará enriquecido en volátil. Cuando entre las tensiones de vapor hay una gran diferencia, la cantidad de los otros componentes que acompañan al volátil será muy pequeña, separándose entonces dicho componente de los demás, pero este no es el caso general.

Como secuencia de lo expuesto, todo líquido no miscible con el agua puede ser *arrastrado* por aquella hirviendo a temperatura más baja que su punto de ebullición, y de todo

sistema homogéneo es posible aislar sus componentes por destilación con vapor *seco*, siempre que haya suficiente diferencia entre sus tensiones de vapor (al menos hará falta una diferencia de 3 a 5 °C entre sus puntos de ebullición para poder separarlos mediante una destilación). Como los vapores de calefacción se condensan dando un líquido más pobre en volátil, que desciende por la columna, resultan en ellas corrientes de materia: una ascendente, de vapores, que conforme se acerca a la cabeza de la columna es más rica en volátil, y otra de líquido descendente (reflujo), que conforme va acercándose a la caldera es más rica en el componente menos volátil.

Al tratar de los sistemas heterogéneos hemos supuesto que uno de los componentes es el agua y el otro un aceite esencial pero estas consideraciones son aplicables a todos los demás caso en que se emplee una sustancia donde la esencia sea insoluble; generalizando, estos arrastres reciben el nombre de **codestilaciones**, y son de gran interés. La codestilación acuosa se utiliza para aislar los aceites esenciales, pero ya veremos cómo la codestilación con glicoles, ftalatos, etc., se emplea también para separar esencias líquidas de las esencias absolutas de concretos, y en otros casos.

Suponiendo que los vapores siguen las leyes de los gases perfectos, vamos a deducir una ecuación aproximada que nos dará idea del comportamiento general en las codestilaciones.

La cantidad de cada componente que, durante una codestilación, se encuentra en un estado de vapor, será:

$$G = m.A = m.N.n = M.n = M \frac{p.V}{R.T}$$

Donde:

G = peso del componte al estado de vapor.

m = peso de una molécula real.

A = número de moléculas reales que se encuentran al estado de vapor.

N = número de Avogadro = número de moléculas reales que entran en una molécula gramo (cantidad de sustancia igual al peso molecular, expresado en gramos).

n = número de moléculas gramo presentes al estado de vapor.

M = peso molecular.

p = presión parcial del vapor.

V = volumen total ocupado por la mezcla de vapores.

R = constante de los gases perfectos.

T = temperatura absoluta del sistema.

Señalando con el subíndice W los valores del vapor de agua y con E los valores de aceite esencial, tendremos:

$$\frac{G_W}{G_E} = \frac{M_W \cdot p_W \frac{V}{R.T}}{M_E \cdot p_E \frac{V}{R.T}} = \frac{M_W p_W}{M_E p_E}$$

expresión no totalmente exacta, pero que da idea de las proporciones del problema.

Efectivamente, aunque el peso molecular del agua es inferior al peso molecular medio de los aceites esenciales, su tensión de vapor es muy inferior a la de aquellos (las esencias tienen tensiones de **0,005 a 0,5** mm de mercurio, a 20°) razón por la cual los vapores originados contienen mucho más vapor de agua que de aceite esencial, siendo también más rico en agua el producto condensado.

Por estar compuesto los aceites esenciales de varios cuerpos químicos se comprende fácilmente, teniendo en cuenta la relación precedente, que la composición del aceite arrastrado no sea constante, ya que cada componente tiene distinto peso molecular y distinta presión de vapor, siendo necesario recoger la totalidad de los productos arrastrados. También se justifica por la anterior expresión que, si la codestilación acuosa se realiza a menor presión que la atmosférica, la proporción de agua en el condensado sería mayor, siendo además el aceite arrastrado más rico en componentes volátiles; cuando se quieren aislar componentes muy fijos (componentes de baja volatilidad) es necesario operar a presión superior a la atmosférica, o en su defecto utilizar vapor sobrecalentado.

5.3. Condiciones generales de las codestilaciones

Este método se aplica muy frecuentemente a la obtención de esencias porque, en primer lugar, el aceite esencial, mediante la acción térmica, físico-química e incluso química del vapor de agua abandona fácilmente la materia vegetal, y en segundo lugar, porque el aceite, una vez aislado, destila a temperatura muy inferior a su punto de ebullición. Si en vez de este arrastre se realizara una destilación seca solo estaría originado su aislamiento por el calor y descomposición del material vegetal, verificándose la destilación a temperatura muy alta; ambos factores son perjudiciales para la calidad y rendimiento del producto, usándose dicha destilación en muy contados casos.

En el aislamiento de los aceites esenciales se emplean dos tipos de agua, seco y húmedo: el primero no arrastra gotas de agua líquidas por haber sido calentado de nuevo después de su obtención a fin de evaporarlas (también se le llama *recalentado* por esta causa), mientras el segundo se obtiene de forma corriente, arrastrando algo de agua líquida también formada en cierta cantidad por una condensación parcial. A veces se utiliza un vapor humedecido haciéndole atravesar agua líquida.

5.4. Acciones de vapor sobre las materias vegetales

Los componentes olorosos se hallan situados en las glándulas odoríferas existentes dentro o fuera de las células vegetales; ambas posibilidades se diferencian histológicamente, pero el mecanismo de extracción es muy similar en ambos casos. El calor y el vapor de agua, sobre todo estando húmedo, hinchan las paredes celulares y facilitan el paso de los aceites esenciales al exterior, por **ósmosis**, influyendo favorablemente la cantidad de agua presente por ser parcialmente solubles en ella a esta temperatura, y por atravesar esta disolución fácilmente las paredes vegetales humedecidas por el vapor; se comprende así que las esencias obtenidas por este procedimiento tengan más componentes solubles en agua. Por el contrario la humedad del vapor es perjudicial para gran número de aceites esenciales a causa de su acción hidrolítica sobre los ésteres, que generalmente constituyen la parte más noble de la esencia.

5.5. Tipos de codestilación acuosa

Este tratamiento se realiza, fundamentalmente, de tres formas distintas, consistentes en tratar el material con agua hirviente, con vapor seco o con una mezcla de los dos. Sus nombres vulgares, no correctos del todo, son destilación con agua, con agua y vapor, y con vapor, las cuales pueden realizarse a presiones superiores o inferiores a la atmosférica.

5.5.1. Destilación con agua

El material a tratar se sumerge en agua, que se hace hervir calentando a fuego directo o mediante vapor que llega a una camisa o serpentín cerrado. En este método es máxima la acción química del agua sobre el material (hidrólisis, oxidaciones) y por ello se utiliza cuando la esencia al obtener procede de glucósidos inodoros. También resulta útil si el material tiende a apelmazarse mucho (flores pequeñas) y cuando se necesitan aparatos transportables, buscándose entonces alambiques sencillos y fáciles de montar; el material habrá de estar muy

dividido y cubierto totalmente de agua, siendo lo mejor hacer que ocupe unos 10-15 cm. de altura y agregar luego agua para que sobrepase al material en unos 5 cm.

Si la carga se hace de forma apropiada, la difusión del vapor es máxima y el material se agita muy bien; suele trabajarse a la presión atmosférica, debiendo tenerse mucho cuidado para que el material no se queme ni el agua se agote. La velocidad de destilación es baja, debiéndose poner el agua ya caliente para evitar retrasos de tiempo y aumentos de la hidrólisis.

La calidad del producto obtenido depende mucho del cuidado seguido en la operación, especialmente si se usa fuego directo. El agua condensada debe redestilarse en algunos casos, mientras en otros interesa devolverla automáticamente a la caldera, arrastrando consigo los productos de la hidrólisis.

5.5.2. Destilación con agua y vapor

No se alcanza por este sistema grandes temperaturas; corresponde a la destilación con vapor de baja presión y produce muy pocas descomposiciones.

Se basa en colocar el material a destilar en un falso fondo que lo aísla del agua, haciendo hervir ésta con fuego directo, vapor en camisa o serpentín. De esta forma el agua desprende vapores siempre saturados y, en cambio, la hidrólisis es mínima por no encontrarse el material en contacto con los vapores más tiempo que el justamente necesario.

Sus instalaciones no son muy complicadas, pero tampoco son tan simples como en la destilación con agua; pueden montarse en el campo los tipos más sencillos, como son los calentados a fuego directo, y representa un tipo interesante para destilar hojas y hierbas.

El material ha de tener tamaño uniforme, pero no habrá de molerse demasiado, dando buen resultado la granulación. Trabaja cerca de 100°, y el rendimiento de aceite esencial es bueno a no ser que ocurran apelmazamientos; se puede usar de nuevo, en muchos casos, el agua del alambique, aunque también es posible un reflujo al fondo las disoluciones de productos soluble en agua que, en contacto con las paredes calientes, se vayan quemando.

Por cargarse normalmente el material a baja temperatura se producen condensaciones sobre él con mucha frecuencia, y esta humedad aglomera al material originando una cierta dificultad; se lucha contra ello intercalando palos secos al hacer la carga, o poniendo los discos perforados.

La velocidad de trabajo no es muy grande, requiriendo mucho tiempo para el arrastre la esencias ricas en componentes de alto punto de ebullición.

5.5.3. Destilación con vapor

Se hace pasar en ella vapor seco a través del material vegetal colocado en columnas o cestones; el vapor tiende a recalentarse en virtud de la resistencia opuesta a su paso por el material, y esto debe evitarse lo más posible, ya que el mayor inconveniente del método se basa en que cuando están secas las membranas celulares no son apenas permeables y el aceite esencial no puede salir al exterior.

Las instalaciones para este método son más costosas, pero presentan mucha mayor capacidad de producción. El material se puede cargar de cualquier forma, pues sólo presentan inconvenientes en este sistema los polvos, por su tendencia al apelmazamiento; va muy bien para semillas, maderas y raíces, cuyos componentes de alto punto de ebullición se arrastran así fácilmente.

La difusión osmótica es muy escasa en este tipo de tratamiento, interesando en ciertas ocasiones inyectar primero vapor húmedo en pequeña cantidad; una de sus mayores ventajas es que puede trabajarse bajo las condiciones deseadas de presión y temperatura.

El rendimiento suele ser bueno, si el material ha sufrido previamente una trituración apropiada, y la calidad obtenida es buena.

5.5.4. Realización de las codestilaciones

En muchos casos ha de someterse el material, antes del arrastre con vapor, a una trituración o molienda y, aunque dicho tratamiento es común a otros métodos de preparación, trataremos ahora de él, por ser aquí de mayor importancia.

Fundamentalmente en las maderas, semillas y ciertas raíces, carece de importancia la trituración en el caso de las flores, hojas, plantas enteras y frutos poco secos. El molido de las raíces, cortezas y ciertas maderas se realizan en molinos formados por dos discos que giran en sentido opuesto (uno de ellos puede permanecer estacionario) alrededor de un eje horizontal, tocándose por dos caras provistas de una serie de dientes tallados en forma abierta hacia el exterior: el material cae por arriba, pasa entre los dos discos y ya molido sale por abajo.

El quebrantamiento de las semillas y frutos secos, con superficie poco permeable al vapor, se realiza en calandrias de cilindros horizontales (generalmente tiene dos cilindros) cuya separación es regulable de acuerdo con las características del material.

Para realizar la codestilación se usan *alambiques* de características variables y adaptadas a cada caso especial. Su disposición general se puede ver en la figura N° 7.1,

incluyendo las cuatro partes : *Generador de vapor, alambique* propiamente dicho, *condensador* y el separador continuo de agua y aceite esencial, o *florentino*. No estudiaremos los generadores de vapor, recuperadores de calor, etc. cuyas características son iguales a las propias de otras industrias.

El material se coloca en la caldera, de donde salen los vapores a través de la *alargadera o cuello de cisne condensador* (en ciertas ocasiones el capitel de la caldera adopta formas especiales o lleva una *columna rectificadora*) de donde sale la mezcla de agua y esencia que se separa en el *florentino*.

Entre la cosecha y la destilación no debería mediar mucho tiempo para evitar acciones perjudiciales sobre el aceite esencial y sobre su rendimiento; son una excepción ciertas esencias ricas en glucósidos inodoros cuyo aglucón tiene interés odorífico las cuales han de experimentar previamente un desdoblamiento hidrolítico. Igualmente suele ser perjudicial la práctica del secado que antecede algunas veces a la destilación, y que suele realizarse casi siempre con vistas a facilitar el manejo de la hierba seca.

5.6. Acabado de los productos

Cada procedimiento de obtención requiere los adecuados tratamientos para perfeccionar los productos, con los cual se intenta remediar los inconvenientes propios del método (eliminación de sustancias arrastradas indebidamente), siendo la mayoría propios y peculiares de cada fabricante.

Con estos tratamientos se obtienen las esencias acabadas, dispuestas para su venta y empleo, pero aún hay un nuevo tipo de rectificación mediante el cual se obtiene esencias especiales, más estables y solubles, llamadas desterpenadas o concentradas, utilizando métodos de destilación por lo general a presión reducida, para lo cual se necesita desarrollar toda una metodología y desarrollo experimental, propio para cada esencia.

5.7. Equipos del Proceso

5.7.1 Caldera de los alambiques

Generalmente de forma cilíndrica (Las de tronco-cónicas se reservan para las grandes cantidades). Sus dimensiones dependen del material a tratar y de la cantidad de trabajo deseada. Cuando se destina a un tratamiento con agua suele ser más baja que ancha, para facilitar el desprendimiento de la esencia y evitar retornos; cuando sea un tratamiento con vapor y agua, ambas dimensiones suelen ser iguales, siendo más altas que anchas cuando se trata el material con vapor solo, a fin de que éste atraviese la mayor cantidad posible de material, facilitándose el íntimo contacto entre ellos.

Por regla general el diámetro no suele pasar de **1,75 - 2,50** m. debiéndose tener en cuenta al calcular su capacidad que durante la destilación el material tratado puede aumentar de volumen.

Antiguamente se construían de cobre, con fuerte estañado interior, a fin de evitar coloraciones, o de aluminio (no válido para esencias con fenoles), pero actualmente se hacen de hierro galvanizado en la mayor parte de los casos; únicamente las destilaciones con agua sola, y las rectificaciones, se hacen ahora en cobre. En ciertos casos se construyen de madera (destilación de la menta en los Estados Unidos) o de acero inoxidable.

Las partes fundamentales de las calderas son:

- a) Sistema de calefacción e introducción de vapor
- b) Cierre y ajuste de la tapa
- c) Sistema para soportar el material tratado y
- d) El capitel.

Los alambiques de campo, desmontable, deben ser poco pesados y complicados, y por ello suelen *calentarse* a fuego directo; la caldera está cerrada por debajo a fin de encajarla en un hornillo de mampostería o sujetarla sobre las piedras que hacen de hogar. Esta calefacción tiene el grave inconveniente de su irregularidad, produciéndose los llamados golpes de fuego (sobre-calefacciones con los subsiguientes sobresaltos), de los cuales suelen proceder una tostación de la esencia con aparición de olores llamados de *alambique*.

Estos serpentines perforados suelen estar formados por un tubo anular o bien se sustituye por dos tubos en forma de cruz o doble T; lo primero es preferible cuando la caldera, de forma no cilíndrica, es más estrecha por su parte inferior, mientras que los tubos en cruz van mejor para las cilíndricas. El tamaño y disposición de las perforaciones, cuya colocación

requiere gran experiencia, pues su diámetro debe ser cada vez mayor conforme se alejan del extremo del tubo por donde entra el vapor.

En las destilaciones hechas sólo con vapor hay una condensación bastante abundante que determina la caída de sustancias; este retorno provoca que las sustancias tiendan a quemarse como ya se indicaba en una sección anterior, siendo inevitable en las destilaciones con agua y vapor, pero cuando sólo se emplea vapor se coloca la inyección de vapor unos centímetros por encima del fondo para que no las toque.

Para calcular aproximadamente la superficie de calefacción es necesario fijar en primer lugar la cantidad de material vegetal a tratar; luego determinar el flujo de vapor, el tiempo de operación óptimos, y pudiéndose conocer así la cantidad de calor necesario (W calorías por hora) ; con la temperatura del vapor empleado (T) y la del agua colocada (t), se puede calcular ahora la superficie de calefacción por la fórmula de **Dulong y Petit** :

$$S = \frac{W}{K(T-t)^{1.233}} \quad (\text{en m}^2)$$

donde K (Cal /Hr./m² ° C) es el coeficiente de transmisión de calor, para el cual se pueden adoptar los valores de 200 a 1200, según se caliente por camisa o serpentín, si no hay ebullición, o de 370 a 2000, respectivamente, cuando la hay.

La facilidad y rapidez de las descargas depende de los *cierre y ajuste de la tapa*; modernamente todas las calderas tienen tapas sueltas, y fáciles de quitar, a las cuales va fijo el capitel y la alargadera, en lazados a los condensadores por sistemas fáciles de aflojar (bayonetas).

El ajuste de la tapa y la caldera se realiza con cierres hidráulicos cuando no hay sobre-presión interior (destilación con agua, o con agua y vapor en materiales fáciles de atravesar por el vapor), o con pestaña y palomilla en todos los demás casos; esto último es mejor aunque más caro y de más fácil avería, por lo cual sólo se emplea cuando no es aplicable el cierre hidráulico.

Es muy importante que el material quede bien distribuido en el interior de las calderas, para evitar aglomeraciones, sobre todo cuando se emplea agua y vapor solo (si se usa agua sola su ebullición mueve bruscamente el material suspendido en ella); este soporte se realiza mediante cestones o cilindros perforados, que se rellenan del material. Más moderno y práctico es el dispositivo consistente en una serie de discos perforados, entre los cuales queda un espacio donde se va colocando el material, sujetos por un eje y espaciadores de tal forma que una vez agotado el material se extrae todo el conjunto con gran facilidad; en otro sistema

los discos se sujetan mediante caballetes. Estos dispositivos han sustituido los viejos sistemas de carga, útiles actualmente sólo cuando se destila con agua; en ellos el alambique lleva un orificio superior por donde se patea el material, pudiendo sacarse, una vez agotado, por otra boca colocada en la parte baja.

En tamaños pequeños se usan calderas-volquetes que basculan sobre unos muñones, quitándose la tapa para las manipulaciones.

La forma más conveniente para el capitel ha sido muy discutida en todos los tiempos, intentándose conseguir con él una rectificación simultánea al arrastre; actualmente se opina que con ello sólo se consigue quemar las esencias sin ningún beneficio, estando en desuso las formas en cabeza de moro características de los aparatos antiguos. El orificio de salida del capitel deberá tener 10 cm de diámetro, o más aún si la corriente de vapor ha de ser muy grande.

El capitel o cuello de cisne no deberá oponer resistencia al paso de los vapores. No deberá presentar estrangulaciones ni deberá ser ascendente y en los lugares donde pueda originarse una disminución de velocidad se realizará un buen aislamiento. En los alambiques de 1500 litros deberán pasar 100-150 L/h, y a veces 200 L, siendo interesante la colocación de telas metálicas que impidan los arrastres de materias sólidas.

En ciertos casos (raíz de lirio, p. ej.) se necesita colocar una columna rectificadora sobre la caldera, con relleno de anillos raschig o de platos, de 1 m. de altura aproximadamente, y que deberá estar con aislamiento térmico para mejorar su rendimiento.

Las aguas condensadas que se quieren retorna a la caldera pasarán antes por un sifón que hace de cierre hidráulico para los vapores de la caldera, pero habrán de entrar en ésta por la parte inferior.

La caldera deberá aislarse para evitar pérdidas de calor, realizándose el aislamiento en el campo con hierbas secas y en las factorías con magnesita, amianto, lana de vidrio, etc.

5.7.2. Condensadores

Los vapores producidos en la caldera se enfrían y condensan por contacto con las paredes frías de un tubo de gran longitud sumergido en agua, la cual suele renovarse continuamente. La transmisión de calor ocurre ahora a la inversa que en la caldera y se puede calcular análogamente.

El calor que cada kilo de vapor de agua necesita perder, para condensarse:

$$Q = 606,5 + 0,305(T - t) \text{ cal. H. García Araes (Pag. 53)}$$

donde:

T = temperatura del vapor.

t = ídem del agua condensada.

Generalmente $T = 100^\circ$ y $t = 20^\circ$, habrán de absorberse unas 620 calorías/kg de vapor, despreciándose generalmente en el cálculo el calor latente cedido por el aceite esencial, muy pequeño en comparación del cedido por el agua. Como la superficie viene determinada por la fórmula de Dulong y Petit, se deduce que son necesarios 2 m^2 de área para condensar 100 Kg de vapor en una hora, aunque en la práctica se dé a los condensadores una superficie 5 veces mayor para total garantía.

Como hay que absorber 620 calorías por cada Kg de vapor, si el agua entra a 20° y sale a 80° se podrá tomar como término medio (esto no es exacto) para el consumo de agua:

$$\frac{620}{80 - 20} = 10,3 \text{ L/ kg de vapor condensado}$$

Sin embargo, en la práctica a veces necesita circular 25-30 veces el peso de vapor condensado, de agua de refrigeración, y sobre este gasto se deberá estudiar el suministro de agua en el campo.

Aparte de algunos dispositivos especiales, los condensadores constan normalmente de un tubo en serpentín: de luz interna tienen 5-10 cm y se emplea el cobre estañado interiormente, estaño puro, aluminio, acero inoxidable o materiales similares. El diámetro de la espira que adopta el serpentín depende de la longitud de tubo necesario para llegar a conseguir la superficie requerida, pues conviene que la altura total del serpentín no pase del doble del diámetro, separándose cada espira una distancia aproximadamente igual al grueso del tubo. El comienzo del serpentín, sobre todo en aceites esenciales formados por componentes muy volátiles, presenta a veces un ensanchamiento en forma discoidal, de diámetro igual al del serpentín, en el cual los vapores se condensan parcialmente por una brusca expansión.

Aunque de construcción más costosa, son muy interesantes los condensadores multi-tubulares formados por una serie de tubos rectos y paralelos sumergidos en agua; se limpian muy bien por su fácil desmontaje y corta longitud.

Las dimensiones del condensador deben ser más bien excesivas, pues de esta forma permitirán trabajar a grandes volúmenes con menos tiempo de contacto entre la esencia y el agua, y menor extensión de la hidrólisis, pirogenaciones, aglutinaciones de cargas, etc. La máxima eficacia se consigue en la condensación cuando el agua sale a la misma temperatura que entraron los vapores, pero esto es difícil de conseguir en la práctica, debiéndose cuidar una buena relación entre la superficie de calefacción, en la caldera, y la superficie refrigerante, en el condensador.

5.7.3. Separadores

De los condensadores sale una emulsión lechosa formada por el agua y el aceite esencial, que se rompe por simple reposo debido a la diferencia de pesos específicos existente entre ambas fases, acabando casi siempre por flotar la esencia.

VI. PURIFICACIÓN DE LOS ACEITES ESENCIALES

6.1. Generalidades

Cierto número de esencias naturales (principalmente las obtenidas por tratamientos directos, y algunos aceites esenciales) encierran en su composición algunos cuerpos carentes de utilidad, e incluso en muchas ocasiones perjudiciales por una falta de estabilidad que determina oxidaciones, enranciamientos y resinificaciones.

Dichos componentes (entre los cuales no se incluyen las ceras ni las resinas arrastradas por el vapor o los disolventes), suelen ser hidrocarburos terpénicos y sesquiterpénicos, generalmente inodoros e inestables.

Por tanto, resulta de interés eliminar en las esencias algún componente, lo que supone una concentración por aumentarse la proporción de los productos interesantes (generalmente los componentes oxigenados), pudiendo consistir sólo en la eliminación casi total de los hidrocarburos terpénicos y sesquiterpénicos; los productos resultantes del primer tratamiento reciben el nombre de esencias *desterpenadas*, y los procedentes del segundo; esencias *sesquidesterpenadas*.

Aparte de su utilidad por aumentar la solubilidad de las esencias, también tiene importancia la desterpenación por la aplicación de sus productos a la aromaterapia, rama de la terapéutica preconizada por Forgues y Gattefossé, que no ha llegado a adquirir la debida importancia a causa de lo mal conocidas que se encuentran las estructuras de estas esencias y por la falta de homogeneidad en sus propiedades, punto indispensable en todo producto de utilización médica.

Los tratamientos para concentrar esencias son de dos tipos: destilaciones varias, con arrastres o sin ellos, y tratamientos con disolventes selectivos. El primer tipo se aplica preferentemente a la eliminación de terpenos, más volátiles que los componentes oxigenados, y el segundo para eliminar los sesquiterpenos, de punto de ebullición más alto.

6.2. Destilación al vacío

Es un caso especial de las rectificaciones de aceites esenciales, aplicándose casi siempre la rectificación simple, con columna de platos y sin arrastre, en aparato calentado con camisa de vapor.

Se suele fraccionar en cuatro partes; la que hierve antes contiene los terpenos; la siguiente tiene la mayor parte de los componentes oxigenados; la tercera, los sesquiterpenos y

la última, las ceras y los alquitranes formados durante el tratamiento. Las dos finales no suelen separarse.

Los compuestos oxigenados destilan entre los 90 y los 100°, operando bajo vacío, y se descomponen en parte tomando olor a quemado. Una parte considerable de ellos son arrastrados por los terpenos o quedan retenidos por las últimas fracciones, siendo de difícil recuperación.

La separación de los sesquiterpenos es casi imposible por este método, su eliminación tampoco marcha muy bien por arrastres al vacío (con agua o alcohol rebajado), y por ello prefiere el tratamiento con disolventes.

A veces el arrastre con alcohol diluido al vacío da buen resultado en la desterpenación; son insolubles en él los terpenos, pero no los oxigenados, de forma de que las dos fases líquidas procedentes del condensado, alcohólica retorna al alambique continuamente, hasta eliminar los terpenos, momento en el cual sale claro el condensado y no se desdobra en dos capas.

6.3. Extracción con disolventes selectivos

El disolvente utilizado desde hace mucho tiempo es el alcohol etílico rebajado donde son insolubles totalmente los sesquiterpenos, pero algo solubles los terpenos (mejor eliminados por destilación). Se pueden seguir dos marchas distintas:

a) Disolución de la esencia en 15-20 volúmenes de alcohol absoluto o de 96°, seguida de una dilución con la cantidad apropiada de agua, para eliminar por filtración los terpenos precipitados.

b) Disolución en alcohol de concentración determinada, seguida de filtración.

En ambos casos es necesario dejar reposar durante cierto tiempo antes de proceder a la filtración, para dejar aglomerar los precipitados que inicialmente son coloidales. En ciertas ocasiones se forman emulsiones, que se pueden cortar agregando un poco de éter de petróleo y centrifugando los sedimentos. El cuerpo insoluble se vuelve a tratar siempre con más disolvente, a fin de agotarlo en cuerpos oxigenados, y la disolución alcohólica se evapora al vacío, o se diluye con salmuera.

De todas estas disoluciones, se precipitan los componente oxigenados, sin sesquiterpenos, diluyendo con agua o salmuera. Los ésteres se disuelven bien en las sales sódicas de los fenoles, pero mal en los salicilatos, razón por la cual aumenta el interés de las soluciones de timotato sódico al 25%, aproximadamente. Se parte del ácido timótico (ácido 2-metil-5-*isopropil-ortosalicílico*) de p. f.=123°, que se emplea de dos formas, según se traten esencias pobres o ricas en terpenos; en el primer caso, se disuelve la esencia en la menor cantidad posible de timotato acuoso y se agrega agua lentamente para aislar los terpenos separados, diluyéndose luego dos o tres veces más. Cuando son esencias ricas en terpenos, lo mejor es tratarlas 2-3 veces seguidas con disolución de timotato (cerca de 1/5 de su volumen, cada vez), reuniéndose luego las proporciones que habrán arrastrado la mayor parte de los componentes oxigenados presentes.

Mariotti trata las esencias de agrios con ácido acético acuoso al 70%, separándose el sistema en dos capas de las cuales la ácida contiene la esencia desterpenada, recuperable por neutralización y dilución con agua.

6.4. Extracciones con dos disolventes

El método de Van Dijck y Ruys trabaja en contracorriente y de forma continua, empleando una columna de extracción de 2m. de largo y de 4 cm. de diámetro, rellena de tela metálica y provista de varios agitadores, colocada casi horizontalmente. La esencia bruta penetra por el centro, alcohol metílico (que disuelve los componentes oxigenados) por debajo y pentano (que disuelve los terpenos) por arriba; el pentano se evapora para su recuperación y la disolución metanólica se diluye con agua para precipitar las esencias desterpenadas. Este método tiene el inconveniente de las emulsiones que se forman, evitándose en parte por adición de ácido tartárico o cítrico.

Igual que las esencias lanzadas por Naarden Chemical Works, que utilizan los productos del método Van Dijck y Ruys que carecen del olor soso característico de los aceites desterpenados comunes, por evitarse en él las oxidaciones y resinificaciones corrientes en otras desterpenaciones.

El método de Wishnefsky, Jacob y Orthner se basa en emplear dos disolventes que, siendo miscibles a temperaturas altas, no se mezclan a temperaturas bajas, quedando entonces retenidos los terpenos por el disolvente menos polar y los componentes oxigenados por el más polar. El disolvente más sencillo consiste en una mezcla de aceite de semilla de algodón y alcohol isopropílico que a 80° forman un conjunto homogéneo con el aceite esencial bruto,

enfriando rápidamente a 5 °C, el alcohol arrastra la esencia desterpenada, que se vuelve a concentrar por un nuevo tratamiento, una vez separada del alcohol por dilución.

El anterior método queda simplificado si se supone que los terpenos actúan de disolvente no polar en las esencias ricas en ellos. Ahora se reduce el problema a buscar un alcohol que a temperatura relativamente alta se disuelva en la esencia bruta, separándose al enfriar; al parecer, en la mayoría de los casos va bien el alcohol isopropílico de 70% de riqueza, mientras que en otros resulta eficaz el tratamiento con alcohol etílico.

6.5. Adsorción cromatográfica

Modernamente se ha descrito un procedimiento basado en la adsorción mediante ácido silícico previamente lavado con hexano, el cual sólo retiene los componentes oxigenados; el adsorbato formado se lava primero en la misma columna con hexano, que arrastra los hidrocarburos aún retenidos, y la esencia concentrada se diluye en acetato de etilo, alcohol etílico o acetona, eliminándose luego estos disolventes por destilación al vacío.

La adsorción cromatográfica, origina una separación más marcada que la destilación fraccionada o que la extracción selectiva, no requiriéndose las altas temperaturas propias de los fraccionamientos.

También se aplica la adsorción a la concentración del aceite esencial de menta piperita, usándose principalmente la alúmina activada.

6.6. Decoloraciones

Gran número de esencias brutas, y algunas ya rectificadas, presentan coloraciones perjudiciales para muchas de sus aplicaciones (oscurecimiento de jabones claros, extractos alcohólicos que manchan la ropa, etc.) y por ello, aún a costa de alterar siempre su olor, se las somete a ciertos tratamientos específicos de decoloración.

Las coloraciones de las esencias se deben a tres razones principales:

- a) Impurezas metálicas procedentes del material de los aparatos; aguas o disolventes empleados
- b) Colorantes vegetales arrastrados por la esencia, tales como carotenos, xantofilas, clorofilas y antocianos o flavonas, de las flores.
- c) Resinas y sustancias polímeras arrastradas o producidas durante la elaboración.

Entre las impurezas metálicas destacan los diversos fenolatos metálicos (de hierro especialmente) formados por el contacto de los aceites esenciales con el material de los aparatos, aunque también se emplean en el campo aguas duras que les transfieren ciertas impurezas metálicas. Si ciertas esencias contienen carotenos y diversas xantinas, entre las cuales destaca la xantofila, y algunas llevan restos procedentes de los colorantes de las flores, los colorantes vegetales más corrientes son los porfirínicos originados por diversas evoluciones de la clorofila, bastante difíciles de eliminar.

Las sustancias polímeras formadas por resinificación durante las diversas calefacciones a que se someten los productos se eliminan casi siempre en las colas de los arrastres realizados a diversas presiones, por hervir a temperaturas altas o ser fijas. Son sustancias de estructura muy diversa, generalmente procedentes de reacciones secundarias originadas por grupos aldehídicos o dobles enlaces, siendo imposible señalar métodos generales para su eliminación.

VII. PROCESO EXPERIMENTAL

7.1. Aparatos y técnicas de operación

Un aparato diseñado para ser operado de la manera más práctica, sin necesidad de los complicados cierres mecánicos, se observa en la Figura N°7.1, este *sistema destilador para arrastre con vapor* a nivel piloto se puede implementar sin muchas complicaciones a nivel comercial (industrial), consta de cuatro partes básicas: ***Generador de vapor, alambique propiamente dicho, condensador***, estas tres partes se encuentran unidas por medio de un ***cierre hidráulico*** que permite fácil operatividad, condición indispensable para este tipo de operaciones; finalmente un separador de fases semi-continuo, conocido como florentino separador de fases

En la práctica la carga de los lotes de materia prima necesitan ser alimentados en forma rápida al igual que el sello de unión de las partes del sistema, cuando estos cierres son del tipo de tornillo-mariposa, la operación se complica, por esto el *cierre hidráulico* ha resultado una excelente solución a la operatividad del sistema, así como en la conservación de los equipos, los cierres mecánicos tienden a deteriorar, en primer lugar los tornillos-cierre, las empaquetaduras, etc. Con los *cierre hidráulico* se evita todos estos inconvenientes; lográndose una mejor operatividad y mayor duración de los equipos.

7.2. Equipo Experimental

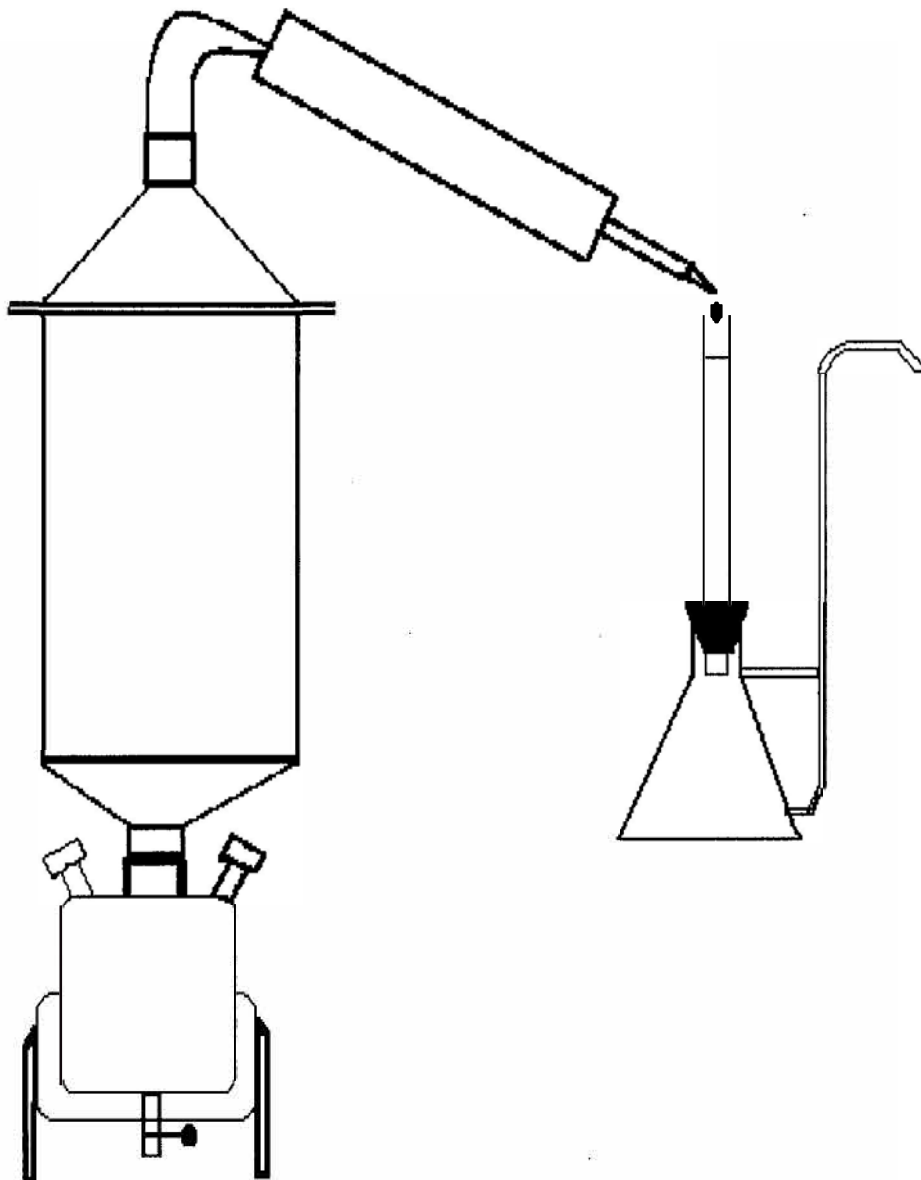
7.2.1. Sistema Destilador de Arrastre con Vapor

Características:

- **Material** Acero Inoxidable
- **Generador de Vapor, con Cierre Hidráulico** para conectarse al Alambique
 - Con tres patas
 - Niple alimentador
 - 2 Niples de ½ y ¼”
 - Conector para Termocupla
- **Resistencia Eléctrica: 1320 watt**
- **Alambique Destilador (Bridado): de 17 L. netos**
 - Niple con Tapón para Termómetro
 - Con Tapa Cónica Bridada y **Cierre Hidráulico** para ser conectado al Condensador
- **Condensador de Doble Tubo.**

- **Florentino Separador de Fases (Semi-Continuo) en Vidrio Pirex.**
- 2 probetas de 100 mL, una probeta de 1 Lt., termómetro de 100 °C

- **Figura N° 7.1. : Equipo de Laboratorio de Arrastre con Vapor**



7.3. Balance de materia y energía en el Sistema

7.3.1. Sistema con Resistencia Eléctrica

Se determina el Flujo de Vapor Total, que vendría a ser el Flujo de Vapor Neto máximo, que proporciona el sistema considerando las pérdidas desde la resistencia hacia el medio.

Según la Resistencia, el sistema tiene una **Potencia Elect. =1320 Watt**, total teórica, sin considerar pérdidas.

$$P.Elect = 1320 \text{ Watt} \times (0.859824 \text{ kcal/ hr / Watt}) = 1135 \text{ kcal/h.}$$

Para evaluar la capacidad del generador de vapor (**flujo neto máximo**), es necesario desmontar el *alambique* y solo quedarse con el *Generador y Condensador*, tal como se observa en la Figura N° 7.2. De esta forma se determina el flujo neto máximo de vapor que da el sistema, teniendo en cuenta las pérdidas de calor hacia el medio ambiente.

Se calcula el flujo teórico total de vapor, a partir del calor suministrado por la resistencia eléctrica, $P \text{ Eléctrico} = 1135 \text{ K cal/h.}$

$$Q \text{ latente} = m_{vT} \times \lambda_v$$

Donde: $Q_{\text{latente}} = P. \text{ Eléctrico}$

$m_{vT} = \text{Flujo teórico total de vapor}$

$\lambda_v = \text{Calor latente de vaporización a } 1 \text{ atm} = 540 \text{ K cal/ Kg.}$

$$\Rightarrow m_{vT} = \frac{Q_{\text{latente}}}{\lambda_v}$$

$$m_{vT} = 2.105 \text{ kg. vapor/ hr.}$$

El flujo neto real se obtiene experimentalmente (Fig. N° 7.2).

$m_{vR} = \text{Flujo neto real} = 1.305 \text{ Kg. de vapor/ h.}$

$$\% \text{ de pérdidas} = (m_{vT} - m_{vR}) \times 100 / m_{vT} = 38\%$$

7.3.2. Sistema con Quemador a kerosene

Se calcula el flujo teórico total de vapor, a partir del calor suministrado por el quemador, tipo primus.

$$Q_{\text{latente}} = Q_{\text{T.Q}}$$

$$Q_{\text{T.Q}} = m_{\text{TV}} \times \lambda_{\text{v}} \dots \dots \alpha$$

Donde m_{VT} = Flujo teórico de vapor total .
 λ_{v} = Calor latente de vapor a 1 atm.

$$Q_{\text{T.Q.}} = \text{P.C}_{\text{Kerosene}} \cdot m_{\text{kerosene}} \dots \dots \beta$$

$\text{P.C}_{\text{Kerosene}}$ = Poder calorífico del Kerosene (J. Perry)

$$\text{P.C}_{\text{Kerosene}} = 11200 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}}$$

$$m_{\text{Kerosene}} = \text{consumo experimental de Kerosene} = 0.244 \text{ Kg / h}$$

reempezando este valor real en (β): se obtiene

$$Q_{\text{T.Q.}} = 4748.8 \text{ kcal/h.}$$

Reemplazando este valor en (α) se obtiene :

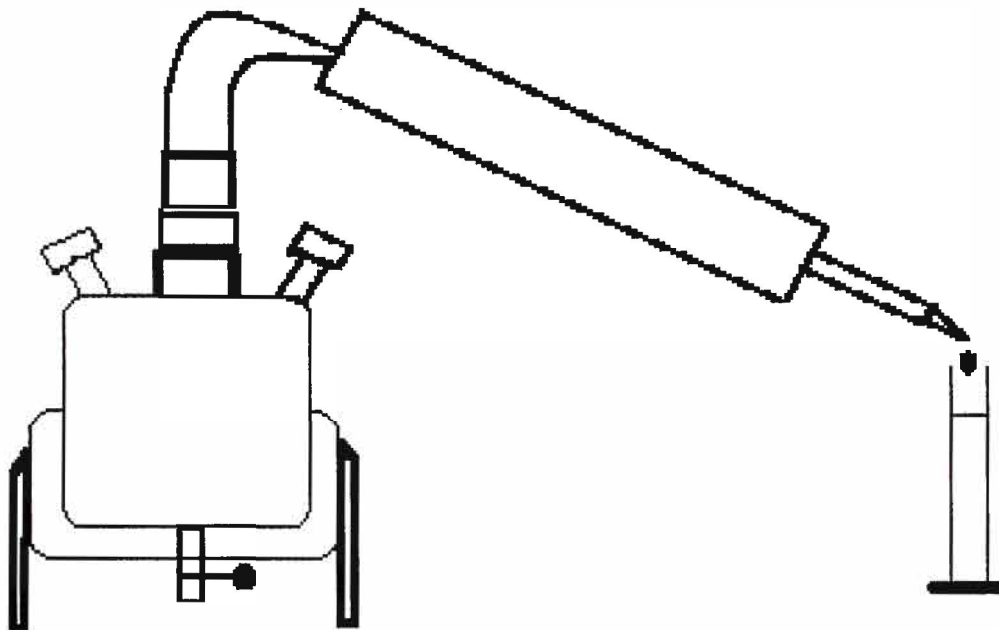
$$m_{\text{VT}} = 8.8 \text{ Kg/h}$$

El flujo neto de vapor real se obtiene experimentalmente (Fig. 7.2)

$$m_{\text{VR}} = \text{flujo neto de vapor real} = 4.4 \text{ kg/h}$$

$$\% \text{ de perdidas} = \frac{(8.8 - 4.4)}{8.8} \times 100 = 50 \%$$

Figura N° 7.2.: Evaluación del Generador de Vapor



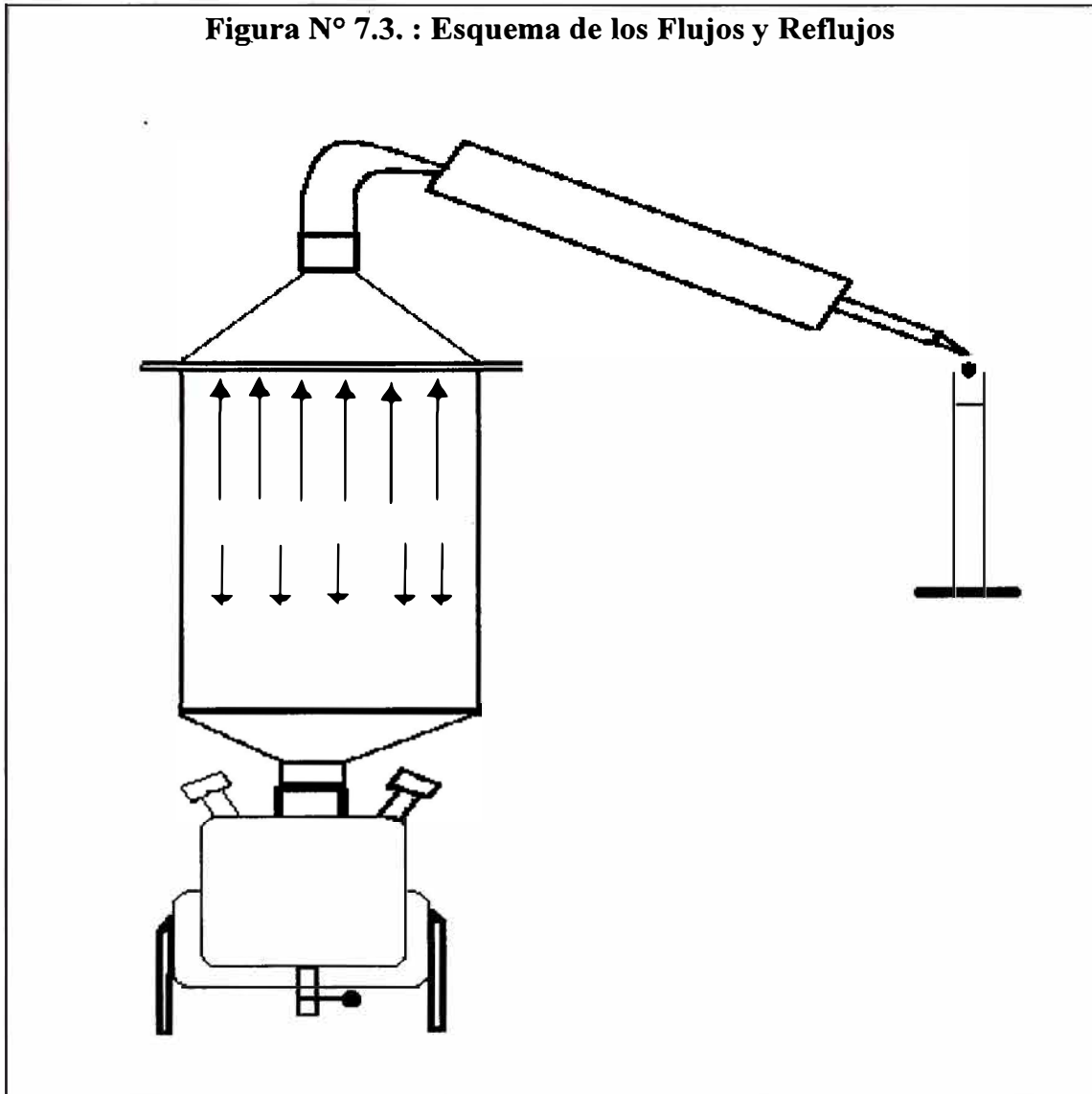
7.3.3. Determinación del Flujo Neto de Vapor del Alambique

Se instala el sistema completo con el alambique incluido, pero sin carga de materia prima, se destila el sistema vacío, para determinar las pérdidas que ocasiona el *alambique* sin carga, y con ello determinar el Flujo Neto del Alambique. Las pérdidas calorífica que ocasiona el alambique provoca un primer *reflujo* hacia la caldera, y la carga en el alambique ocasionará un segundo *reflujo*, y todo esto vendría a ser las pérdidas totales del sistema, que es necesario evaluar y cuantificar, para utilizarlo posteriormente en las consideraciones de diseño y escalamiento industrial. Siendo fundamental determinar el *Flujo total de vapor necesario*, considerando las pérdidas totales del sistema, el *Flujo Mínimo de Operación*, este último parámetro se determina mediante múltiples pruebas, fundamentalmente queda determinado por la carga de materia prima, esta carga presenta dos resistencias: la resistencia de la carga como *lecho*, y la resistencia de la hoja (en el caso del eucalipto) al paso del vapor (*difusión osmótica*), esta última resistencia es la controlante de la velocidad de arrastre, fijando la concentración del aceite que se destila, esto debido a que la *ósmosis* va

a fijar la cantidad de vapor límite que la membrana celular permite pasar por unidad de tiempo y de superficie. La resistencia de la pared celular, es para la mayoría de los casos, hojas, semillas, flores, etc.

El hervidor debe generar vapor por encima del valor de *reflujo*, producido este por las pérdidas caloríficas inherentes al sistema, independiente del *flujo neto* que ingresa al *alambique*, o sea aunque se incremente el flujo, el *reflujo* (condensado que retorna) permanece constante. Por lo tanto con una fuente calorífica que genere un flujo de vapor por encima del valor de reflujo, el vapor atravesará todo el sistema. Aun si existiera una resistencia al paso de vapor (lecho de semillas), el exceso de vapor permitirá o autogenerará la sobre presión necesaria para vencer dicha resistencia, y finalmente fluir hacia el condensador (con su cargamento de aceite), donde se le extraerá la carga calorífica necesaria para que condense la *mezcla heterogénea (inmiscible)*, que se descarga en un *separador florentino* semi-continuo. Separación continua del agua y acumulación del aceite esencial en un lote, equipo diseñado en función a la carga de semillas.

Figura N° 7.3. : Esquema de los Flujos y Reflujos



7.4. Determinación de los Parámetros de Operación

Las diferentes pruebas de Laboratorio servirán para determinar los parámetros que se utilizarán para el escalamiento de los equipos a nivel comercial.

Para la determinación de estos parámetros es necesario realizar una serie de pruebas, orientados a llegar a las condiciones límites de operación, estos valores son los parámetros a determinar, que servirán para diseñar equipos de mayores dimensiones, operando óptimamente.

Parámetros de Operación:

- Flujo de Vapor Mínimo = MV_{Min}^0

- Relación de Aceite en el condensado = **[Relación]_{Aceite}**
- Tiempo de Operación Optimo = **t.operac.**
- Densidad de Lecho de Hojas = ρ_{Lecho}
- Flujo de Vapor de Arrastre = ***m v - arrastre***
- Peso de Aceite = **W aceite**

7.4.1. Pruebas Experimentales

Se realizaron varias pruebas para la extracción del aceite esencial de eucalipto, a partir de la hojas tomando tres pruebas.

Teniendo como Parámetro fijo el peso de hojas (~5800 g.), y variando el tiempo de operación y el Flujo de vapor determinaremos los parámetros óptimos que gobiernan esta operación.

Cuadro N° 7.1. — Corrida A Extracción Aceite Esencial de Eucalipto

Peso de Hoja = 5800 g. t . operación = 40.9 mint $m v - arrastre = 3.4$ kg/ hr.

t. operac. (minutos)	V. aceite (mL.)	W. aceite (gr.)	Rend. Aceite (%)
3,70	8,50	7,82	0,135
6,45	15,86	14,59	0,252
10,00	18,69	17,20	0,296
12,08	23,79	21,89	0,377
25,00	39,65	36,48	0,629
27,00	41,35	38,04	0,656
29,42	44,18	40,65	0,701
34,08	47,58	43,77	0,755
39,00	51,54	47,42	0,818
43,38	53,81	49,51	0,854
46,60	55,51	51,07	0,880
49,27	56,64	52,11	0,898
50,25	57,21	52,63	0,907

$$W_{\text{Hoja}} = 5.8 \text{ kg. Hojas}$$

$$V_{\text{Alambique}} = (\pi/4) (21.3)^2 \times 47.6$$

$$V_{\text{Alambique}} = 16.96 \text{ L.}$$

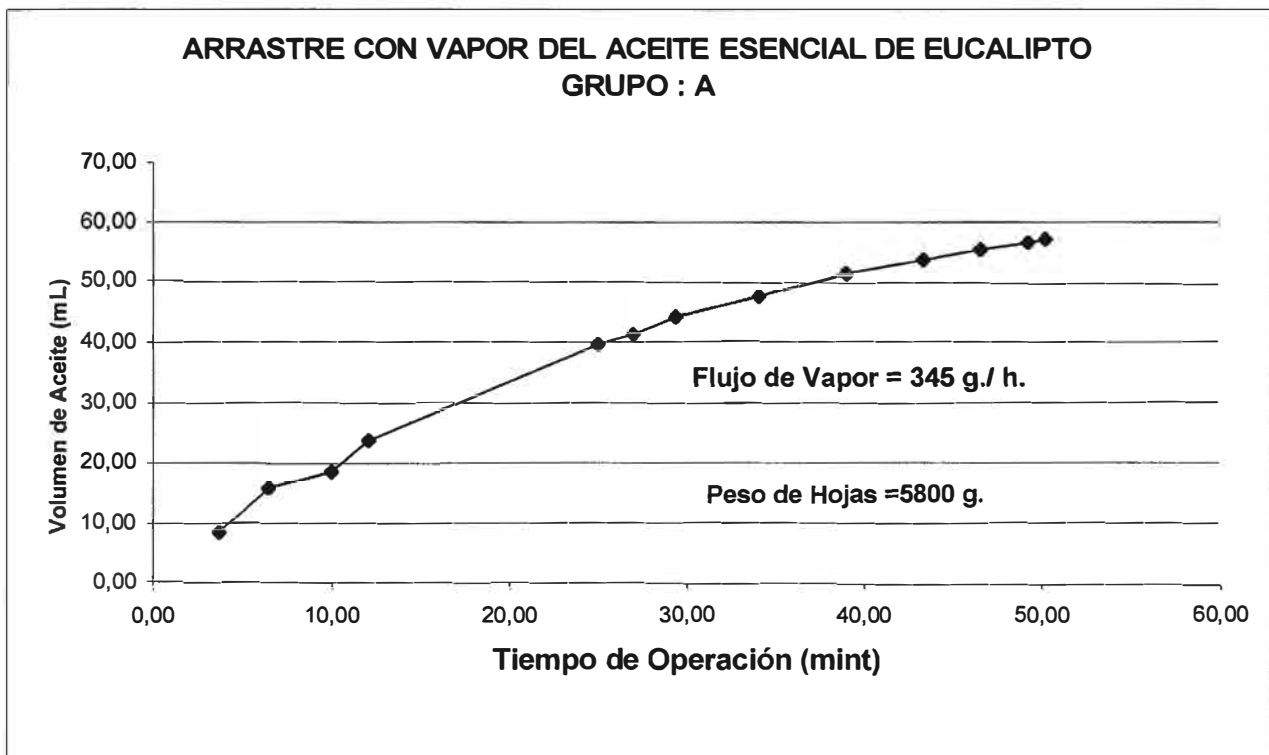
$$t_{\text{Operac.}} = 50.25 \text{ minutos} \quad \rho_{\text{Aceite}} = 0.92$$

$$V_{\text{aceite}} = 57.16 \text{ mL} \Rightarrow W_{\text{Aceite}} = 52.60 \text{ gr.}$$

$$V_{\text{Mezcla}} = 345 \text{ mL.}$$

$$m_{\text{Condensado}} = 345 - 57.16 = 287.84 \text{ g. de Agua}$$

Figura 7.4.



$$Rend_{Aceite} = \frac{52.60 \text{ gr. Aceite}}{5800 \text{ gr. Hojas}} \times 100 = 0.907$$

$$MV_{\text{Arrastre}} = \frac{(345 - 57.16) \text{ g.}}{50.25 \text{ min.}} = 5.73 \frac{\text{g.}}{\text{min.}} = 343.80 \frac{\text{g.}}{\text{hr.}}$$

$$[Relaci3n]_{ACEITE} = \frac{52.60 \text{ g. Ac.}}{345 \text{ g. Mezcla}} = 0.1525 \frac{\text{g. Aceite}}{\text{g. Mezcla}}$$

$$\rho_{Lecho} = \frac{5.8 \text{ kg.}}{16.96 \text{ L.}} = 0.342 \frac{\text{kg.}}{\text{L.}}$$

Las corridas B y C tienen el mismo comportamiento

7.5. Comparación de los Parámetros de Operación

Las primeras variables que se fijaron como óptimas fueron en primer lugar, la *densidad de Lecho* igual a **0.27 Kg./ L.** aunque en el laboratorio se consiguió una densidad mayor (**0.342**), pero demasiado forzada; el *Rendimiento de Aceite*, fijado en **0.95%**, fue tomado como promedio, pero teniendo en cuenta que son condiciones de laboratorio, en donde la materia prima es escogida y se carga solo hojas, a nivel industrial la carga es con hojas y pequeñas ramas, lo que disminuye la densidad del lecho, entre **0.2 a 0.25 Kg./L.**, esto hace que el rendimiento también disminuya entre **0.6 a 0.75%**.

Cuadro N° 7.2.

Variables	Corrida: A	Corrida: B	Corrida: C	Optimas
W_{Hoja} g.	5800	5700	5800	4579
ρ_{Lecho} kg/L.	0.342	0.336	0.342	0.27
$T_{\text{Operac.}}$ mint.	50.25	38.92	40.9	45
V_{Aceite} mL.	57.16	59.02	65.27	47.285
W_{Aceite} gr.	52.60	54.30	60.05	43.5
V_{Mezcla} mL.	345	420	2387.6	347.285
$^0_{MV-\text{Arrastre}}$ kg./ hr.	0.344	0.5565	3.407	0.450
Relación (g.Ac /g.mezc).	0.1524	0.1293	0.02515	0.12526
Rend. Aceite %	0.907	0.953	1.035	0.95
$V_{\text{Alambique}}$ L.	16.96	16.96	16.96	16.96

En las pruebas se carga solo hojas, por lo tanto los parámetro óptimos estará en función a los datos de laboratorio. El siguiente parámetro fijado es el *Tiempo de Operación Optimo* igual a **45 min.**, es un valor medio de las pruebas **B y C**.

En la Corrida **A**, se logró un Flujo de Vapor por debajo del valor del Flujo de *Vapor Mínimo de Operación*, este valor es difícil de conseguir, es la cantidad de vapor mínima, capaz de vencer las pérdidas (reflujos) que ocasiona las paredes del alambique, y capaz de arrastrar el aceite contenido en las hojas. Un valor por debajo del mínimo se determina cuando el tiempo de operación se ve incrementado por encima del valor óptimo, por lo tanto determinamos con bastante exactitud el *Flujo Mínimo de Operación* igual a **450 g./ h.** A partir de estos parámetros de determinan los restantes:

$$W_{\text{Hoja}} = V_{\text{Alambique}} \times \rho_{\text{Lecho}} = 1696 \text{ ml} \times 0.27 \text{ g./ml}$$

$$W_{\text{Hoja}} = 4579 \text{ g.}$$

$$W_{\text{Aceite}} = 0.0095(4579 \text{ g.}) = 43.5 \text{ g.}$$

$$V_{\text{Aceite}} = W_{\text{Aceite}} / \rho_{\text{Aceite}} = 43.5 \text{ g.} / 0.92 \text{ g./mL}$$

$$V_{\text{Aceite}} = 47.285 \text{ mL.}$$

$$m_{\text{Condensado}} = m_{V\text{-Arrastre}}^0 \times t_{\text{Operac.}} = 450 \text{ g./h.} \times 0.667 \text{ h.}$$

$$m_{\text{Condensado}} = 300 \text{ g. Agua}$$

$$V_{\text{Mezcla}} = 300 \text{ mL. Agua} + 47.285 \text{ mL. aceite} = 347.285 \text{ mL. mezcla}$$

$$[\text{Relación}]_{\text{ACEITE}} = \frac{W_{\text{Aceite}}}{V_{\text{Mezcla}}} = \frac{43.5 \text{ g. Ac.}}{347.285 \text{ mL. Mezcla}}$$

$$[\text{Relación}]_{\text{Aceite}} = 0.12526 \text{ g. aceite / ml. Mezcla}$$

VIII. DIMENSIONADO DEL EQUIPO

8.1. EQUIPO PILOTO

Volumen del Alambique Piloto = **130 L.** (Volumen Neto)

Condensador de Casco y Tubos:

Diámetro del condensador = 15 cm. Long. = 100 cm N° Tubos = 15

En primer lugar se fija la cantidad de materia prima, determinada ésta por el volumen y por la densidad aparente del lecho de hoja, el equipo que se usará es una autoclave de **130 L.** de volumen neto, para el caso de *hojas de eucalipto* la densidad aparente de lecho es $\rho_{\text{Lecho}}=0.27 \text{ kg/L.}$, por lo tanto el peso de hoja a tratar por lote es:

$$W_{\text{Hoja}} = V_{\text{Tk}} \times \rho_{\text{Lecho}} = 130 \text{ L.} \times 0.27 \text{ kg./ L.} = \mathbf{35 \text{ kg.}}$$
 de Hojas.

$$W_{\text{Aceite}} = 0.0095(35000 \text{ gr.}) = 332.5 \text{ gr. de Aceite.}$$

$$V_{\text{Aceite}} = W_{\text{Aceite}} / \rho_{\text{Aceite}} = 332.5 \text{ gr./} 0.92 \text{ gr/mL}$$

$$V_{\text{Aceite}} = 361.41 \text{ mL. de Aceite}$$

$$[\text{Relación}]_{\text{ACEITE}} = \frac{W_{\text{Aceite}}}{V_{\text{Mezcla}}} = 0.1253$$

$$\Rightarrow V_{\text{Mezcla}} = \frac{332.5 \text{ gr.}}{0.1253} = 2653.63 \text{ mL}$$

$$V_{\text{Conden.}} = V_{\text{Mezcla}} - V_{\text{Aceite}} = 2292.22 \text{ mL}$$

$$m_{\text{Conden.}} = 2292.22 \text{ g.}$$

$$m_{V-\text{Arrastre}} = \frac{m_{\text{conden}}}{t_{\text{operac}}} = \frac{2292.22 \text{ g}}{0.667 \text{ h}}$$

$$m_{V \text{ Arrastre}} = 3436.60 \text{ g.Vapor / h.}$$

8.2. DIMENSIONADO DEL EQUIPO COMERCIAL: $W_{\text{Aceite}} = 2 \text{ kg / lote}$

El objetivo de este cálculo es, a partir de un requerimiento de aceite esencial (por ejemplo 2 kg. de aceite por lote) determinar las dimensiones necesarias del alambique extractor y el flujo óptimo de vapor requerido. A nivel de laboratorio se fijaron las condiciones óptimas de operación, estas condiciones fueron trabajadas con especial cuidado, para lograr los valores más altos, por ejemplo para el *Rendimiento de Aceite*, se logró un valor alto de **0.95%**, tomado como un promedio, pero teniendo en cuenta que son condiciones de laboratorio, en donde la materia prima es escogida y se carga solo hojas, a nivel industrial la carga es con hojas y pequeñas ramas, lo que disminuye la densidad del lecho, quizás entre **0.2 a 0.25 kg/L**, esto hace que el rendimiento también disminuya entre **0.6 a 0.75%**.

Por lo tanto para un equipo de nivel comercial, donde se requiere obtener **2.0 kg.** de aceite por lote, esta cantidad de aceite es para un equipo de dimensiones medias:

$$W_{\text{Hoja_Comerc.}} = \frac{2.00 \text{ g. Aceite}}{0.0070} = 285.7 \text{ kg. Hojas}$$

$$\text{Rend. Ac. Comerc.} = 0.70\% \quad \text{y} \quad \rho_{\text{Lecho}} = 0.23 \text{ g./ L.}$$

$$\text{Por lo tanto: } V_{\text{Neto}} = \frac{W_{\text{Hoja}}}{\rho_{\text{Lecho}}} = \frac{2857 \text{ kg}}{0.70 \text{ kg/L}} \quad \Rightarrow \quad V_{\text{Neto}} = 1242.2 \text{ L.}$$

Dimensiones del Alambique Extractor:

$$V_{\text{Neto}} = 1242.2 \text{ L.}$$

$$V_{\text{Neto}} = (\pi / 4) \times (D_N)^2 \times H_N = (\pi / 4) \times (D_N)^2 \times (1.2 \times D_N)$$

$$\text{Por lo tanto: } D_{\text{Neto}} = 110 \text{ cm.} \quad \text{Y} \quad H_{\text{Neto}} = 132 \text{ cm.}$$

$$V_{\text{Aceite}} = W_{\text{Aceite}} / \rho_{\text{Aceite}} = 2000 \text{ g.} / 0.92 \text{ g./ mL}$$

$$V_{\text{Aceite}} = 2174 \text{ mL.}$$

$$[\text{Relación}]_{\text{ACEITE}} = \frac{W_{\text{Aceite}}}{V_{\text{Mezcla}}} = 0.1253 \quad \Rightarrow \quad V_{\text{Mezcla}} = \frac{2174 \text{ g.}}{0.1253} = 17350.4 \text{ mL}$$

$$m_{\text{Conden.}} = V_{\text{Mezcla}} - V_{\text{Aceite}} = 17350.4 - 2174$$

$$m_{\text{Conden.}} = 15176.4 \text{ mL.}$$

Considerando que para condiciones de nivel comercial, el tiempo de operación será mayor al obtenido a nivel banco, consideraremos un tiempo de operación de:

$$T_{\text{Operac. Comerc.}} = 1.5 \text{ hrs.}$$

$$m_{V-\text{Arrastre}}^0 = \frac{m_{\text{conden}}}{t_{\text{operac}}} = \frac{15176.4}{1.5}$$

$$m_{V-\text{Arrastre}}^0 = 10.12 \text{ kg. Vapor / h.}$$

Figura N° 8.3.1. Diagrama de Flujo del Proceso

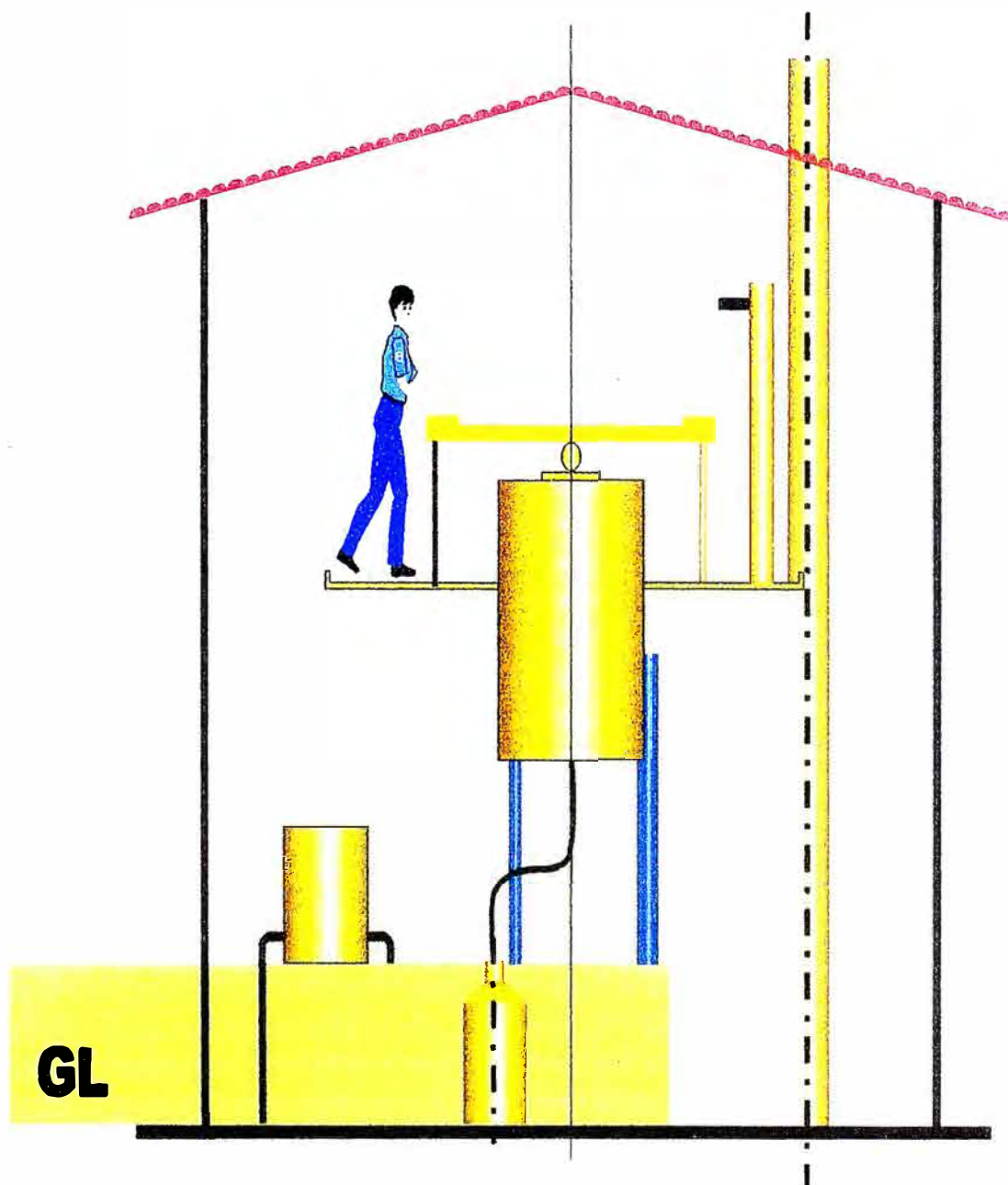
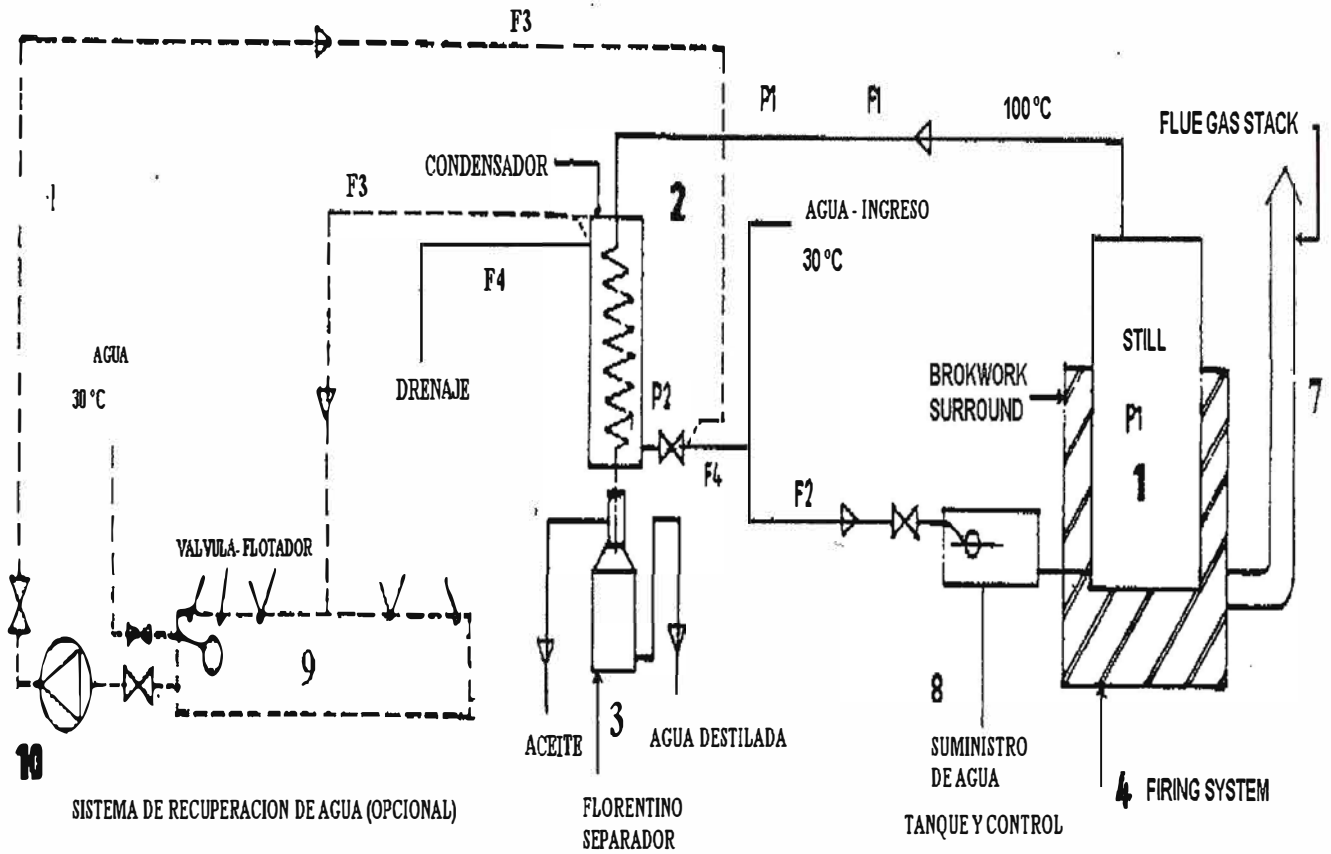


Figura N° 8.3.2. ESQUEMA DEL SISTEMA DE ARRASTRE CON VAPOR



ESQUEMA DEL SISTEMA DE ARRASTRE CON VAPOR

	U1	LT2
P1 . PRESION DE AGUA EN EL CONDENSADOR. ENTRADA	2-3	2-3
P2 . PRESION EN EL GENERADOR. MWC	.05	.05
F1 . FLUJO DE DESTILACION. LITRO / HORA	65	125
F2 - FLUJO DEL AGUA FRIA. LITRO / HORA (PROMEDIO)	65	125
F3 - FLUJO DE AGUA DEL CONDENSADOR . SISTEMA OPCIONAL DE RECUPERACION DE AGUA. LITRO / HORA	6000	12000
F4 . FLUJO DE AGUA DEL CONDENSADOR NORMAL. LITRO / HORA	2600	5000

8.3. Alambique Piloto (200 lt.)

Figura N° 8.3.1



IX. LA ESTRUCTURA BÁSICA DE LA COMERCIALIZACIÓN

9.1. Generalidades

Un requisito previo vital para comercializar con éxito aceites esenciales y oleorresinas de especias es conocer a fondo los cauces y procedimientos que siguen esos productos desde el destilador al usuario final; esto es tan importante como estar enterado de la magnitud y composición del mercado. Son numerosos los casos de empresas de producción que fracasaron por un conocimiento deficiente de la forma en que operaba el mercado, o por no haberlo tenido debidamente en cuenta.

No cabe exagerar la necesidad que los nuevos productores establezcan y mantengan, lo antes posible, una corriente regular de comunicación con los posibles usuarios finales o al menos con los intermediarios, es decir, negociantes, casas de exportación o agentes corredores, por cuyo conducto se proponen comercializar sus productos. Un productor que trate de destilar un aceite ya conocido en un lugar donde no se ha intentado hasta ahora, o incluso de ampliar considerablemente una producción en curso, tiene que cerciorarse desde el primer momento de que hay un número suficiente de posibles compradores que acogerán favorablemente el proyecto, o al menos se inclinarán positivamente hacia el mismo. En el supuesto de que se haya cumplido esta condición, tiene que asegurarse luego de que podrá suministrar el aceite en cantidades adecuadas, en envases idóneos, a su debido tiempo y de conformidad con las normas y especificaciones de calidad aceptadas. También es de vital importancia utilizar una documentación y procedimientos correctos para el pago, que tiene que ser objeto de un acuerdo firme por anticipado y cumplirlos después rigurosamente. La revolución en las comunicaciones ha hecho posible que sea fácil mantener contactos de negocios y cualquier negligencia a este respecto aminorará grandemente las posibilidades de éxito duradero.

Sigue siendo considerable el número de los que participan en el comercio de aceites esenciales, a pesar de haberse reducido el número de intermediarios y de haber aumentado las transacciones directas entre productores o exportadores y elaboradores o usuarios finales. Asimismo, algunos países importan con regularidad más de lo que consumen y realizan un comercio de reexportación, con lo que complementan la función de los puertos de tránsito tradicionales como Singapur y Hong Kong, donde el consumo interno es habitualmente tan solo

una pequeña fracción del comercio de importación y exportación. El comercio de reexportación es importante porque contribuye a reducir al mínimo el efecto en las irregularidades de los suministros y de los desequilibrios internos en la oferta y la demanda provocados por las alteraciones climáticas, las enfermedades que atacan a las cosechas, el exceso accidental de existencias o aumentos inesperados en la demanda. Esto no significa necesariamente que los productos reexportados solo hayan estado depositados en un almacén de aduanas antes de su reembarque, aunque esto iba implícito en el significado tradicional del término. Las empresas suelen importar los aceites de los países en los que operan y los reexportan cuando reciben pedidos; pero, en algunos casos, antes del reembarque se somete el aceite a operaciones de limpieza, filtrado o mayor refinación. Aunque sigue habiendo algún comercio de reexportación en el sentido tradicional, no representa más que una pequeña proporción de las reexportaciones totales. Aun así, en unos pocos puertos se manipula un volumen importante del comercio tradicional, por ejemplo en Róterdam, Países Bajos.

En la **figura 9.1.** se presenta un esquema de la cadena básica de comercialización de los aceites esenciales en casi todo el mundo. La estructura del comercio de aceites esenciales en el Japón es ligeramente distinta y se examina en una sección por separado.

La estructura del comercio de oleorresinas de especies es por lo general más simple que la que se ha descrito, porque la regla es el comercio directo entre el productor y el usuario o la empresa intermedia de elaboración. Aunque hay negociantes que comercian en oleorresinas, constituyen la excepción y no la regla.

Hay que hacer notar que la definición de los términos empleados en la figura 9.1 en algunos casos resulta ahora menos fácil que antes. Tradicionalmente los corredores actuaban a comisión en representación de los que intervenían como partes principales, es decir, los compradores o los vendedores; las mercancías no pasaban físicamente por las manos del corredor y a veces ni siquiera por el país en que desempeñaba sus funciones. Esta distinción ha quedado ahora anticuada y los corredores realizan cada vez en mayor medida transacciones por cuenta propia, por lo que ocupan una posición en el mercado. Los negociantes o comerciantes almacenan y venden los productos; la diferencia está en que los negociantes tienden a comprar anticipándose a los movimientos del mercado en tanto que los comerciantes compran más frecuentemente cuando tienen pedidos de clientes. En la **figura 9.1.** las líneas desviadas a **C.** y **E.** indican que con frecuencia se prescinde de los servicios de agentes o corredores. En realidad

los corredores o agentes a comisión, son hoy de importancia menor. También hay una tendencia creciente a prescindir de los negociantes. Es ahora una práctica usual que el personal superior de compras de las empresas nacionales de elaboración y composición de mezclas, que dominan cada vez más el comercio, viajen frecuentemente con objeto de negociar acuerdos directos con productores o exportadores. Las empresas más pequeñas no se lo pueden permitir de ordinario en la misma medida, y por lo tanto recurren a intermediarios. No obstante, las grandes empresas utilizan los servicios de los negociantes cuando se trata de suministros urgentes o de pequeños pedidos ocasionales. En algunos casos puede haber más de un negociante o comerciante en la cadena de comercialización; esto suele ocurrir en el comercio de reexportaciones y principalmente como resultado de desequilibrios en las existencias, por ejemplo, entre dos mercados regionales.

Los prolongados períodos de inflación de precios y de altos tipos de interés han tenido, como efecto estimular una reducción de los eslabones de la cadena de comercialización, con objeto de atenuar el efecto acumulativo de las comisiones o de los márgenes comerciales sobre el precio final. Sin embargo, aunque las empresas más grandes por lo general lograron su propósito a este respecto, las empresas menores se encontraron con que los ahorros quedaban anulados por las dificultades y los costos de la comunicación directa. Aunque la función de los corredores y agentes comisionistas podría restringirse aún más, no es probable que se reduzca la función de negociantes y comerciantes. Se aprecia mucho la capacidad de estos últimos para vigilar la calidad de cada clase de aceite y, en algunos casos, para resolver las cuestiones de financiación.

Por lo que respecta a la mayor parte de los aceites esenciales, las transacciones comerciales pueden realizarse en el mercado de operaciones a término (futuras) o en el de mercancías disponibles para entrega inmediata (**spot**). El primero de ellos supone un acuerdo sobre un precio firme para la entrega a una fecha especificada y el segundo concierne a compras de mercancías disponibles en las existencias del comerciante o negociante. Habitualmente se pagan precios más altos en el mercado spot, porque resulta más conveniente y debido también a los márgenes de precios. El pago puede hacerse contra entrega de documentos o en el término de un número especificado de días después de la recepción de los documentos, o por carta de crédito. La práctica a este respecto varía considerablemente; depende del

producto de que trate y de las relaciones existentes entre comprador y vendedor, y se resuelve por negociación entre las partes interesadas.

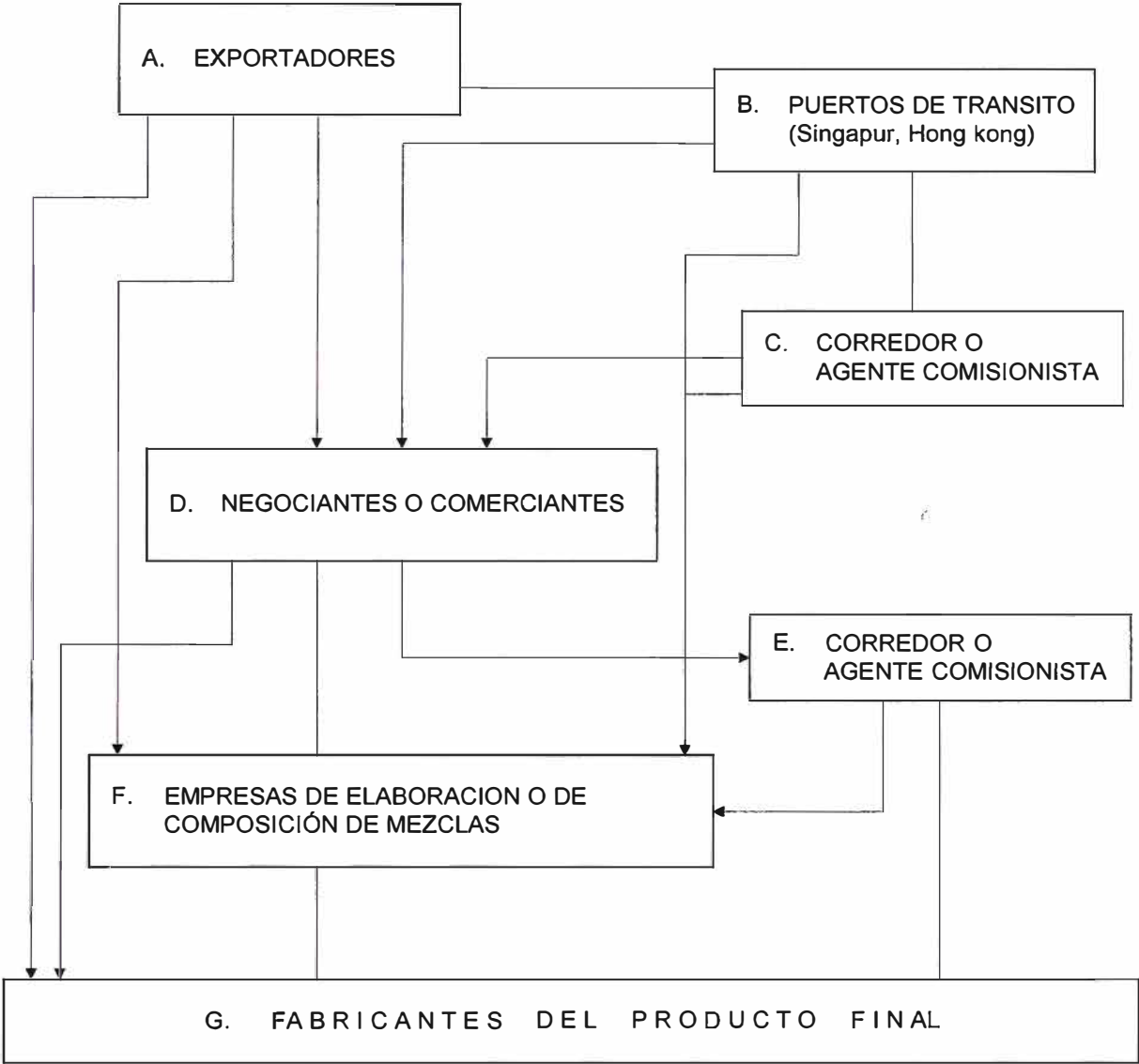
El comercio de oleorresinas de especias es similar en términos generales. Sin embargo, tiene menores dimensiones el mercado de mercancías disponibles (spot) y, dado que es mucho más reducido el número de partes que intervienen, lo probable es que no se recurra al empleo de la carta de crédito.

La estructura del mercado japonés para aceites esenciales y oleorresinas es algo distinta; en la **figura 9.2.** se presenta un esquema.

El sistema japonés ha cambiado apreciablemente en los últimos quince años. Hubo un tiempo en que el comercio de aceites esenciales estaba sometido al sistema generalizado de cupos de importación, el mismo que todavía se aplica en cierta medida a otros grupos de productos. Las importaciones se hallaban bajo el control estricto de cinco a seis grandes empresas especializadas que distribuían el volumen disponible con la mayor equidad posible. Con la eliminación de la mayoría de las restricciones de importación que afectaban a los aceites esenciales y las oleorresinas de especias, cada una de las empresas de elaboración y los usuarios finales son hoy prácticamente libres para comprar donde quieran. Los únicos aceites esenciales que siguen todavía sometidos a cupos de importación son aquellos que continúan produciéndose en el Japón. Quizás el principal ejemplo sea el aceite de **Mentha arvensis**, pero incluso en este caso el descenso de la producción ha hecho que se reduzcan las restricciones de cupos a niveles casi simbólicos. Cada vez gozan de mayor favor las compras directas en la fuente de origen, incluso en zonas de producción tan remotas como el Paraguay. A pesar de todo, muchos compradores continúan utilizando los servicios ya sea de intermediarios japoneses independientes o, lo que quizás es más frecuente, de agentes locales de empresas de ultramar. Estas empresas pueden ser exportadores con base en los países productores o empresas multinacionales occidentales de composición de mezclas.

Para las oleorresinas de especias se utiliza la misma estructura de comercialización. Sin embargo, es menos corriente la compra directa en el lugar de origen, ya que los pocos grandes fabricantes occidentales de oleorresinas de ordinario pueden proporcionar suministros en breve plazo desde sus filiales japonesas. No obstante, han aumentado las importaciones directas de las oleorresinas de pimienta negra y algunas otras desde su fuente de origen, por ejemplo, la India e Indonesia.

Figura 9.1. Estructura del Comercio Occidental en Aceites Esenciales y Oleorresinas de Especies



Las estructuras y procedimientos existentes funcionan satisfactoriamente en su mayor parte. A pesar de la tendencia general hacia las compras directas, apenas se registran críticas graves por parte de los comerciantes en los países importadores o en los puertos de tránsito. La mayor parte de las críticas adversas se refieren a las rígidas prácticas comerciales y de fijación de precios que están vigentes en ciertos países productores donde el comercio está bajo control centralizado. Sin embargo, hay indicios de tales críticas van haciéndose menos frecuentes por haberse atenuado los controles estatales en varios de esos países.

9.2. Aspectos de Comercialización

Se conocen alrededor de 3000 tipos de aceites esenciales, pero solo 300 tiene importancia comercial.

Los aceites esenciales pueden clasificarse en herbáceos (romero) y no herbáceos (Citrus y Semillas de Especias). Los primeros representan un menor volumen pero en general alto precio y el segundo grupo tiene relevancia por sus volúmenes.

Por otra parte, los aceites esenciales pueden comercializarse con o sin terpenos según la solicitud del cliente, variando notablemente los precios.

La demanda de composiciones aromática ha crecido en el sector agroindustrial a razón de un 10% anual desde 1960, sus principales destinos son las industrias de bebidas, las lácteas, las de golosinas, de cosméticos y sabores. Las tres primeras representan el 75% de la demanda (Fuente: Subsecretaría de Relaciones Económicas Internacionales del Ministerio de la Producción Bonaerense).

A mediados de la década del 70, la industria química puso de moda una gran variedad de compuestos aromáticos artificiales relegando a las esencias naturales. Pero en los años 90 una gran parte del mercado volvió a los aceites que se extraen de vegetales pero con exigencias de calidad y pureza.

9.3. Mercado Internacional

El valor de la comercialización de los aceites esenciales para la Unión Europea en 1989 fue de 374,1 millones de ECU (1 ECU equivale a U\$ 1,14) para un volumen de 34608 tn. El 33% fue importado desde países en desarrollo por un total de 81,1 millones de ECU. Entre los principales países de este grupo se encuentran: Argentina (aceite de limón), Brasil

(aceite de naranja), China (aceite de eucalipto, citronela, geranio y pimienta), Egipto (aceite de jazmín), Haití (aceite de vetiver) e Indonesia (aceite de vetiver y citronela).

Las exportaciones de aceites esenciales en Estados Unidos en 1991 promediaron U\$ 156,5 millones valor record. Correspondiendo U\$ 87 millones para la **menta** y U\$ 42 para la hierba buena. Entre las especies consideradas promisorias se distingue el cedrón (*Aloysia triphilla*). Comparativamente las exportaciones argentinas de 1993 fueron sensiblemente menores U\$ 31 878 868.

En 1992 las exportaciones estadounidenses descendieron respecto a 1991, de 157 a 147 millones de dólares. La reducción de los envíos refleja las condiciones económicas empobrecidas de los países importadores.

Los aceites más exportados fueron: (EE.UU., 1997)

Especia	Monto (millones de dólares)
Menta mitcham	53
Menta arvensis	21
Naranja	10
Limón	10

9.4. Envasado

La mayor parte de los aceites esenciales continúa enviándose desde sus puntos de origen en el bidón de hierro normalizado de **200** litros (45 galones imperiales), que típicamente contiene aproximadamente 180 kilogramos de aceite; no obstante, es corriente el recubrimiento interior epoxídico cuando se trata de aceites que pueden deteriorarse al reaccionar con el hierro. En algunos casos, el bidón puede estar fabricado con material plástico de alta resistencia. Los aceites que se comercializan en volúmenes más pequeños pueden enviarse en envases de menor capacidad, entre 25 y 100 litros; los de tamaño menor a veces se embalan en lotes de dos o cuatro. Son ejemplos de estos aceites de volumen reducido el aceite de rosa búlgaro, que se envían en frascos “konkaum” de 1 ó 2 litros y el aceite de bergamota italiano que se envasa en latas de aluminio para 20 kilogramos, aunque en tiempos se utilizaba el cobre. Los compradores japoneses en particular muestran un empeño especial en importar aceites esenciales en una amplia variedad de tamaños de envases, mayor de la disponible hasta ahora, para no tener que hacer un pedido de una sola vez por una cantidad equivalente a las necesidades de varias años.

La práctica establecida desde hace largo tiempo de los negociantes y algunos comerciantes de fraccionar la carga, es decir, pasar el contenido de los grandes envases normalizados a otros más pequeños para adaptarse a las necesidades características de los pequeños usuarios, es una de las razones importantes de que se mantenga la popularidad de esos intermediarios y de los mercados de mercancías disponibles para la entrega (**spot**).

Las oleorresinas o especias se venden en su mayor parte a las empresas de elaboración en envases cuyo contenido varía de 1 kilogramo a 10 ó 15 kilogramos. Los envases más pequeños, de 1 ó 2 kilogramos, son habitualmente de vidrio o de metal con revestimiento interior; los más grandes son por lo general de material plástico y a veces de metal. Las oleorresinas producidas en los Estados Unidos suelen envasarse en cubetas de plástico de 25 libras. Para remesas grandes, se emplean a veces envases de 100-200 kilogramos.

Es responsabilidad del productor cerciorarse de que los envases están cerrados herméticamente, de que hay suficiente espacio de aire entre la superficie del aceite y la tapa del envase y de que llevan las etiquetas adecuadas por lo que respecta a la identificación del producto, su origen y peso bruto y neto. Esta responsabilidad recae en los exportadores cuando los productores carecen de las instalaciones necesarias para envasar el aceite en bidones normalizados para su envío. Las normas para el envasado y etiquetado han sido establecidas por la Organización Internacional de Normalización (ISO). Cuando hay opciones para elegir, el envasado es tema de negociación entre el cliente y el proveedor. Es de señalar que en ocasiones se ha perdido clientela comercial para envasar aceites esenciales en envases usados sucios, que contaminan el aceite. Esto tiende a ocurrir con aceites de bajo valor, y cuando ocurre hace subir los costos finales considerablemente, puesto que los aceites tienen que ser filtrados o rectificadas. No obstante, cuando se trata de ciertos aceites esenciales se acepta en general el empleo de envases de segunda mano de **200** litros, dado el precio cada vez mayor de los nuevos bidones; pero no cabe exagerar la importancia de limpiarlos a fondo para eliminar todo rastro de impurezas que podrían dañar las características olfatorias del aceite y de cerciorarse de que el recubrimiento interior de resina epoxídica está intacto y no agrietado.

9.5. Aspectos Institucionales y Legislativos

Existen numerosos organismos que supervisan la calidad del producto y los procedimientos comerciales, y establecen especificaciones para cada uno de los productos. Esos organismos desempeñan funciones como la de determinar objetivos en términos de porcentajes del contenido de los componentes fundamentales de un aceite esencial determinado, y la de establecer el contenido máximo permisible de residuos de disolventes en las oleorresinas de especias, a veces en colaboración con las autoridades nacionales de salud y protección sanitaria. Las normas técnicas que cuentan con más amplio reconocimiento para los aceites esenciales y oleorresinas de especias son las fijadas por la ISO. También se conocen en general las normas establecidas en diversas Farmacopeas nacionales (BP en el Reino Unido, USP en los Estados Unidos, DAB en la República Federal de Alemania, etc.)

En defensa de los intereses generales de los comerciantes y usuarios actúan asociaciones profesionales nacionales e internacionales, tales como la Flavor and Extract Manufacturers Association (FEMA) en los Estados Unidos y La Federación Internacional de la Industria de Aceites Esenciales y Sustancias Aromáticas (IFEAT), que tiene su base en Londres. La Asociación Internacional de Materias Primas para la Perfumería (IPRA), con base en Ginebra, tiene como misión principal vigilar los aspectos toxicológicos y otros aspectos peligrosos de la diversas materias primas utilizadas en las composiciones de perfumería. Entre sus miembros actuales figuran la República Federal de Alemania, Australia, Bélgica, España, los Estados Unidos, Francia, Italia, el Japón, México, los Países Bajos, el Reino Unido y Suiza.

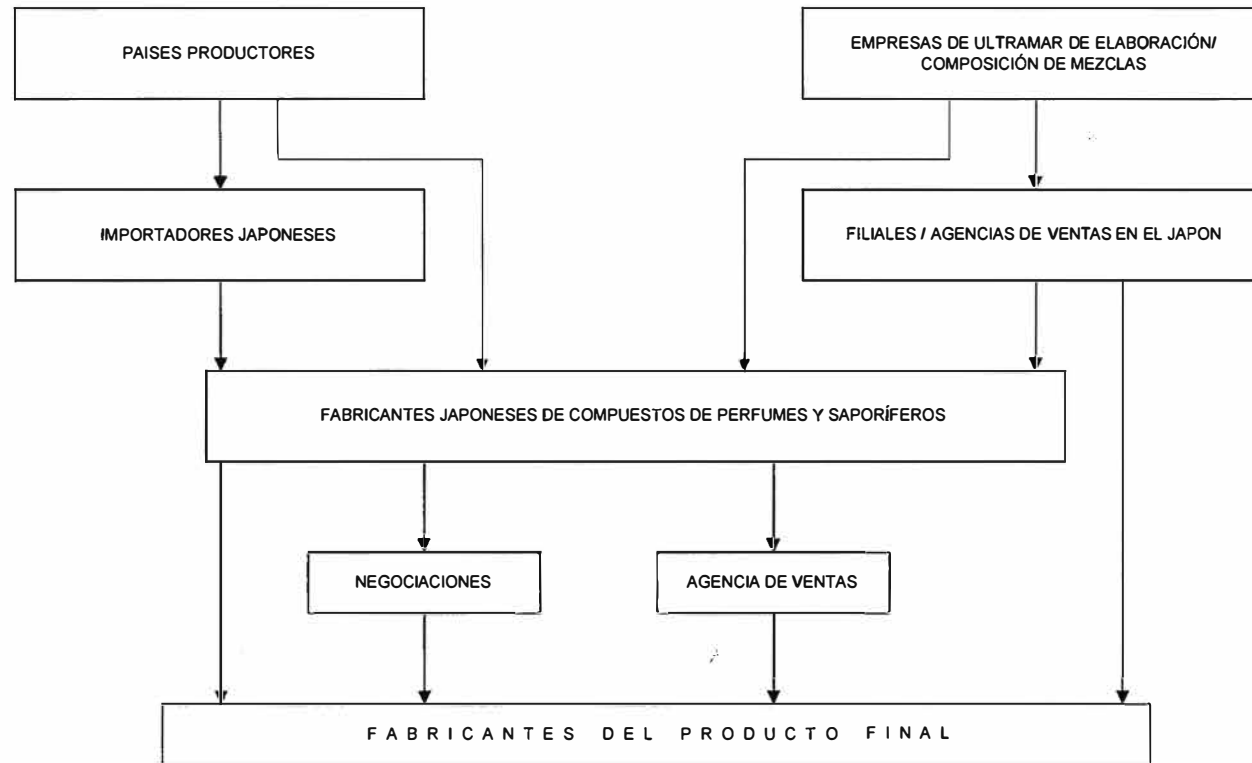
En varios países, determinados ingredientes tienen que ser aprobados en debida forma por organismos designados oficialmente antes de que puedan incorporarse a los compuestos saporíferos e incluso, en algunos casos, a los compuestos de perfumería. Son ejemplo de esos organismos la Food and Drug Administration de los Estados Unidos y el Ministerio de bienestar en el Japón. Es frecuente también que las fórmulas ya preparadas tengan que presentarse para su aprobación y para ser registradas ante las autoridades competentes, sobre todo cuando está previsto que han de contener más de un determinado porcentaje en volumen de un producto terminado. Es corriente que los procedimientos de registro sean demasiado largos, lo que incrementa los costos de producir un nuevo compuesto saporífero.

Hay un gran número de productos terminados, que va en aumento, en cuya etiqueta se tiene que declarar si los componentes saporíferos contienen materias primas sintéticas y si el

compuesto de que se trata contiene más de un porcentaje estipulado del producto final; puede exigirse también que tiene que estar muy familiarizados con los reglamentos que rigen el empleo de los diversos ingredientes, es improbable que aumente en forma apreciable la manufactura de compuestos de perfumes y saporíferos preparados en el punto de origen por empresarios enteramente independientes. En cambio, es probable que aumenten las actividades de composición de mezclas por filiales en ultramar de empresas multinacionales occidentales. No sólo habrán de estar familiarizados con los requisitos oficiales en los mercados en que se pretende vender sino que además deberán poder sufragar los altos costos que implican la aprobación y registro de sus productos.

Tal vez sea cierto que los reglamentos y restricciones oficiales podrían haber retrasado en cierta medida el avance de muchos productos sintéticos en esferas correspondientes ahora o con anterioridad a productos naturales. Sin embargo, una vez que una empresa ha modificado una fórmula ya establecida para reemplazar un producto natural con un ingrediente sintético, no es probable que se vuelva al empleo del producto natural, debido al costo que supone volver a registrarlo. En momentos en que muchos aceites esenciales naturales se encuentran bajo la presión creciente de productos más baratos, nunca ha sido tan grande la importancia de mantener la regularidad de los suministros y de la calidad y de cumplir escrupulosamente las fechas de entrega y las cláusulas contractuales convenidas.

Figura 9.2. Estructura del Comercio Japonés en Aceites Esenciales y Oleorresinas de Especies



X. BIBLIOGRAFÍA

- 1.** E. GUENTHER: The Essential Oils; D. Van Nostrand Co., Nueva York. 1952. Volumen II: "The Constituents of Essencial Oils". pág. 771.
- 2.** VIAN Y OCON: Ingeniería Química; Aguilar S.A. de Ediciones, Madrid, pag. 472.
- 3.** H. GARCIA ARAEZ: Esencias Naturales. Aguilar S.A. de Ediciones. Madrid. 1953.
- 4.** JOHN H. PERRY, Ph. D.: Manual del Ingeniero Químico. Unión Tipográfica Editorial Hispano – Americana. De la Tercera edición en ingles. México 1978.
- 5.** J. OCON GARCIA Y G. TOJO B.: Problemas de Ingeniería Química. Tomo I Aguilar S.A. de Ediciones. Madrid. 1970.
- 6.** JESSE COATES and BERNARD PRESSBURG. Chemical Engineering. Review Principles of Distillation. November 28, 1960. Pag. 137.
- 7.** ARTHUR ROSE and CURTIS JOHNSON. Chemical Engineering Progress. Batch – Distillation Calculation. January, 1953. Vol. 49, N° 1, pag. 15.
- 8.** WIJESEKERA, R. O. B., RATNATUNGA, C.M.: The Distillation of Essential Oils, Manufacturing and Plant Construction Handbook. Printing: Werbemacher gmbh, Munchen. Protrade 1997, July 1997.
- 9.** DENNY, E. F. K. Field Distillation For Herbaceous Oils. Denny, Mckenzie Associates. Lilydate, Tasmania, Australia. Second edition 1991.