

## **CAPITULO I**

### **1.1 INTRODUCCIÓN**

Ecuador posee una gran biodiversidad de plantas aromáticas y medicinales en todo su territorio y en especial en la región andina. Es así que en la Sierra norte del país, poco se ha impulsado por parte de los gobiernos locales en el desarrollo de tecnologías, para la obtención de aceites esenciales de estas plantas, debido al desconocimiento por parte de la población de procedimientos técnicos y viables para la extracción de dichos principios activos.

En la mayoría de los casos las plantas aromáticas se las utiliza en forma de te por su agradable aroma y sabor o para curar enfermedades, mas no son aprovechadas en la obtención de aceites esenciales. Además en el caso del cedròn no se cultiva a gran escala, por lo que esta materia prima se la encuentra en poca cantidad. En el caso del sunfo como especie nativa del páramo de El Angel, no se protege debidamente del avance de la ampliación de la frontera agrícola, causada por los cultivos transitorios y el sobre pastoreo de ganado vacuno y caballar.

También hay que mencionar que en el mercado nacional la gran mayoría utilizan aceites esenciales sintéticos, los cuales son de baja calidad comparados con los naturales. Actualmente el país en gran parte importa aceites esenciales para las diferentes industrias que los requieren, por lo tanto se debe fomentar la producción de cultivos de plantas aromáticas y medicinales de la zona e industrializarlas para abastecer los mercados nacionales y extranjeros.

## 1.2. JUSTIFICACIÓN

Existen varios aceites esenciales que destilados de acuerdo a la necesidad o requerimiento son utilizados como insumos en la elaboración de productos agroindustriales tales como: licores, confites, desinfectantes, etc. En tal sentido promover la extracción de aceites esenciales de plantas aromáticas del medio, es importante para su aprovechamiento, como por ejemplo, para aromatización de panela.

Hay que mencionar que en el mercado nacional, los aceites esenciales de cedrón y sunfo son difíciles de encontrar por el uso limitado de técnicas de extracción y desconocimiento del beneficio de los mismos. Los resultados obtenidos en esta investigación son un aporte técnico y científico, para futuros estudios en el campo de las esencias aromáticas.

Este estudio, permitió obtener aceites esenciales mediante un alambique tipo cachimbo por cohobación, la cual es una técnica fácil al alcance de la comunidad. En el alambique cachimbo, se obtiene mejor rendimiento que en la alquitara (destilador antiguo), debido a que separa las dos fases de evaporación y condensación, lo que permite un mayor control de las mismas. Por lo tanto será una opción productiva lo que fomentará la agroindustria y así contribuir al desarrollo económico del país.

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1 Objetivo general**

- Obtener aceites esenciales de cedròn, sunfo y hierba luisa, en un alambique tipo cachimbo por cohobaciòn.

#### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Determinar el rendimiento de los aceites esenciales del cedròn, sunfo y hierbaluisa en fresco y deshidratado.
- Evaluar las características fisicoquímicas como Densidad, Índice de Refracción, Residuo no volátil, Pico de absorbancia máxima, Viscosidad del aceite esencial obtenido de cada tratamiento y repetición.
- Realizar el análisis de costos de producción del mejor tratamiento.
- Determinar el tiempo de extracción mas eficiente en la destilación para la obtención de aceites esenciales.
- Elaborar un manual de uso del alambique tipo cachimbo.

### **1.4 Hipótesis**

- El estado fresco y deshidratado de las plantas de cedròn, sunfo y hierba luisa, si influyen en el rendimiento y las características fisicoquímicas de los aceites esenciales de las mismas.

## **CAPÍTULO II**

### **REVISIÓN DE LA LITERATURA**

#### **2.1 ANTECEDENTES.**

Ya en la prehistoria los primeros habitantes del planeta, quemaban madera y hojas para halagar a los Dioses con agradables aromas. Hace 5000 años, en China e India desarrollaron técnicas para la prevención y curación con plantas aromáticas e incluyeron su uso cotidiano para cuidados de la salud y la belleza así como para obtener bienestar y serenidad. En la América prehispánica todas las culturas que florecieron a lo largo del continente, han dejado testimonio del uso de las plantas aromáticas con fines curativos y rituales. Los egipcios dieron una atención sin paralelo a los aceites esenciales, utilizando en su vida diaria para efectos curativos, cosméticos, alimentación y en la preparación de los cuerpos inertes para su preservación en el viaje a la eternidad.

Durante los siglos XVI y XVII más de 100 aceites esenciales fueron utilizados para investigar formulas de medicina tradicional. Al llegar la era industrial la acción terapéutica de los aromas y otras alternativas de salud fueron relegadas.

A lo largo de toda la historia de la humanidad se ha utilizado las esencias, porque existía un comercio lucrativo y que era siempre tema de interés por los navegantes que trataban de intercambiar dichos productos que eran de gran valor comercial y se utilizaba en perfumes, inciensos, etc. [www.geocities.com/esencias](http://www.geocities.com/esencias) ; (2005)

Recientemente, finalizando el siglo XX, el mundo industrializado y del consumismo urbano ha reflexionado sobre la urgencia de redescubrir una relación fructífera del hombre con las plantas curativas que durante milenios le permitieron aliviar sus problemas de salud. Hoy en los países desarrollados existe una gran demanda de recetas de aquella farmacopea que desarrollaron los padres de la medicina y actualmente el mercado cuenta con formulaciones vegetales técnicamente equilibradas de los modernos herbolarios. Debido a este interés y al analizar la situación del manejo, conservación y uso sostenible de las plantas medicinales en Ecuador, se observa que no existe un adecuado manejo de los mismos. En general, las plantas medicinales y aromáticas se utilizan para la extracción de sus aceites esenciales, los mismos que son demandados por la industria farmacéutica, alimenticia, cosmetológica. Por otro lado, el mercado de formulaciones en base a mezclas de diferentes enfermedades cada vez es mayor, así como también el mercado de envasados (bolsitas o sobres con hojas o flores deshidratadas) para la preparación de tisanas o te. (Velásquez. 1996 p. 65)

## **2.2 DEFINICIÓN DE LOS ACEITES ESENCIALES.**

Los aceites esenciales son compuestos naturales, líquidos, volátiles y de agradable aroma extraídos de las plantas mediante procesos de destilación. Es por esto que son productos químicos que forman las esencias odoríferas de un gran número de vegetales. ([www.alambiques.com/extracción\\_aceites.htm](http://www.alambiques.com/extracción_aceites.htm), 2005)

El concepto de **aceite esencial** se aplica también a las sustancias sintéticas obtenidas a partir del alquitrán de la hulla y a las sustancias semisintéticas preparadas con aceites o esencias naturales. Estos productos de origen vegetal son volátiles, olorosos, solubles en grasas, disolventes orgánicos, pero insolubles en agua. Estas características de solubilidad permiten definirlos como aceites y su característica de olor como esencias. Pero no tienen nada en común con aceites tales como el de cártamo, el de pepitas de calabaza (curbicia), el de palma o el de sésamo. Si muchos aceites esenciales son utilizados por sus propiedades

medicinales, otros son utilizados en agroalimentación como las especias y los aromáticos.

Son sustancias muy ligeras y de textura muy fina, se fabrican a partir de una amplia variedad de flora que va desde las plantas más modestas hasta las exóticas orquídeas, rosas y de algunas frutas, como la naranja y la manzana. También se extraen aceites esenciales de las hojas las raíces, las cortezas de los árboles, flores, semillas y frutos. En las diferentes partes de las plantas, las esencias son almacenadas, localizadas o sintetizadas en lugares bien precisos, especializados, próximos a la superficie de la planta. Así es posible encontrar los aceites esenciales, retenidos en células especiales, en bolsillos, pelos o canales secretos. (www.geocities.com/esencias ; 2005)

Los aceites esenciales tienen una enorme cantidad de usos y se obtienen tanto de plantas cultivadas como de plantas silvestres FAO (1998), estima que existen alrededor de 3000 aceites esenciales conocidos a nivel mundial, de los cuales aproximadamente el 10% tienen importancia comercial.

La mayoría de los aceites se usan en cosméticos, masajes, aromaterapia, alimentos o en productos de limpieza, otros son usados como repelentes de insectos tanto para el hombre como para el ganado y en medicina se aplican en el tratamiento de una amplia diversidad de afecciones.

(//www.fao.org/docrep/x0453e/x0453e00.htm 2005)

### **2.3. CLASIFICACIÓN DE LOS ACEITES ESENCIALES.**

Los aceites esenciales se clasifican en base a diferentes criterios como: consistencia, origen y naturaleza química de los componentes mayoritarios.

- De acuerdo con su **consistencia** se clasifican en esencias fluidas, bálsamos y oleorresinas. Las esencias fluidas son

líquidos volátiles a temperatura ambiente. Los Bálsamos son de consistencia más espesa, son poco volátiles y propensos a sufrir reacciones de polimerización, por ejemplo: el bálsamo de copaiba, el bálsamo del Perú, Benjuí, bálsamo de Tolú, Estoraque, etc. Las oleorresinas tienen el aroma de las plantas en forma concentrada y son típicamente líquidos muy viscosos o sustancias semisólidas (caucho, gutapercha, chicle, balata, oleorresina de páprika, de pimienta negra, de clavel, etc.).

- De acuerdo a su **origen** los aceites esenciales se clasifican como naturales, artificiales y sintéticos. Los naturales se obtienen directamente de la planta y no sufren modificaciones físicas ni químicas posteriores, debido a su rendimiento tan bajo son muy costosas. Los artificiales se obtienen a través de procesos de enriquecimiento de la misma esencia con uno o varios de sus componentes, por ejemplo, la mezcla de esencias de rosa, geranio y jazmín enriquecidas con linalol, o la esencia de anís enriquecida con anetol. Los aceites esenciales sintéticos como su nombre lo indica son los producidos por la combinación de sus componentes los cuales son la mayoría de las veces producidos por procesos de síntesis química. Estos son más económicos y por lo tanto son mucho más utilizados como aromatizantes y saborizantes (esencias de vainilla, limón, fresa, etc.).
- Desde el **punto de vista químico** y a pesar de su composición compleja de diferentes tipos de sustancias, los aceites esenciales se pueden clasificar de acuerdo con el tipo de sustancias que son los componentes mayoritarios. Según esto los aceites esenciales ricos en monoterpenos se denominan aceites esenciales monoterpenoides (p.ej. hierbabuena, albahaca, salvia, etc.). Los ricos en sesquiterpenos son los aceites esenciales

sexquiterpenoides (p.ej Copiaba, pino junípero, etc.). Los ricos en fenilpropanos son los aceites esenciales fenilpropanoides (p.ej. Clavo, canela, anís, etc.). (Cuaspud, M. 2004 pp. 11-42).

#### **2.4. EXTRACCIÓN DE LOS ACEITES ESENCIALES.**

La extracción de los aceites esenciales de las partes vegetales se realiza de diversas formas, en función de la calidad del aceite por extraer y de la estabilidad de sus constituyentes, ya que en la mayoría de los casos éstos tienden a degradarse cuando se someten a altas temperaturas u otro tipo de tratamiento extremo. La extracción de aceites esenciales se realiza fundamentalmente por cuatro métodos, establecidos en base a la hidrodestilación: ([www.alambiques.com](http://www.alambiques.com); 2006).

- Destilación con agua: La planta sólo se pone en contacto con agua, es común para la extracción de aceites con propiedades medicinales.
- Destilación con agua y vapor: La parte de la planta se pone en contacto directo con vapor, mismo que diluye el aceite el cual es recolectado en agua.
- Destilación con vapor: La parte vegetal se pone en contacto directo con vapor y los aceites esenciales son recolectados inmediatamente.
- Destilación con solventes: El aceite se extrae en un solvente, mismo que después debe ser separado.

Los aceites esenciales se pueden extraer de las plantas mediante métodos como son: expresión, destilación con vapor de agua, extracción con solventes volátiles, enfleurage y con fluidos supercríticos. Antes del proceso de destilación la parte de la planta de interés se seca parcialmente y se machaca, esto ayuda a incrementar la superficie de contacto del solvente y agilizar el proceso de destilación. Los aceites



esenciales extraídos tienen amplia comercialización en el mercado mundial aunque la demanda es bastante fija. Los precios son muy variables y dependen en gran medida de la calidad del aceite. (Thomas and Schumann 1992 p 114).

#### **2.4.1 Métodos de extracción de aceites esenciales de plantas aromáticas**

Los aceites esenciales se pueden extraer de las muestras vegetales mediante diferentes métodos como: expresión, destilación con vapor de agua, extracción con solventes volátiles, enfleurage y con fluidos supercríticos.

En la **expresión** el material vegetal es exprimido mecánicamente para liberar el aceite y este es recolectado y filtrado. Este método es utilizado para el caso de las esencias de cítricos. Por ejemplo aceite esencial de limón.

En la **destilación por arrastre con vapor de agua**, la muestra vegetal generalmente fresca y cortada en trozos pequeños, se coloca en un recipiente cerrado y sometida a una corriente de vapor de agua sobrecalentado, la esencia así arrastrada es posteriormente condensada, recolectada y separada de la fracción acuosa. Esta técnica es muy utilizada especialmente para esencias fluidas, especialmente las utilizadas para perfumería. Se utiliza a nivel industrial debido a su alto rendimiento, la pureza del aceite obtenido y porque no requiere tecnología sofisticada. Por ejemplo aceite esencial de cedrón.

En el método de **extracción con solventes volátiles**, la muestra seca y molida se pone en contacto con solventes tales como alcohol, cloroformo, etc. Estos solventes solubilizan la esencia pero también extraen otras sustancias tales como grasas y ceras, obteniéndose al final una esencia impura. Se utiliza a escala de laboratorio pues a nivel industrial resulta costoso por el valor comercial de los solventes, porque se obtienen esencias impurificadas con otras sustancias, y además por el riesgo de explosión e incendio característicos de muchos solventes orgánicos volátiles. Por ejemplo aceite esencial de anís.

En el método de enflorado o *enfleurage*, el material vegetal (generalmente flores) es puesto en contacto con una grasa. La esencia es solubilizada en la grasa que actúa como vehículo extractor. Se obtiene inicialmente una mezcla de aceite esencial y grasa la cual es separada posteriormente por otros medios fisico-químicos. En general se recurre al agregado de alcohol caliente a la mezcla y su posterior enfriamiento para separar la grasa (insoluble) y el extracto aromático. Esta técnica es empleada para la obtención de esencias florales (rosa, jazmín, azahar, etc.), pero su bajo rendimiento y la difícil separación del solvente extractor la hacen costosa.

El método de **extracción con fluidos supercríticos**, es de desarrollo más reciente, el material vegetal cortado en trozos pequeños, licuado o molido, se empaca en una cámara de acero inoxidable y se hace circular a través de la muestra un fluido en estado supercrítico (por ejemplo CO<sub>2</sub>), las esencias son así solubilizadas y arrastradas por el fluido supercrítico, que actúa como solvente extractor, se elimina por descompresión progresiva hasta alcanzar la presión y temperatura ambiente. Finalmente se obtiene una esencia cuyo grado de pureza depende de las condiciones de extracción. Aunque presenta varias ventajas como rendimiento alto, es ecológicamente compatible, el solvente se elimina fácilmente e inclusive se puede reciclar, y las bajas temperaturas utilizadas para la extracción no cambian químicamente los componentes de la esencia, sin embargo el equipo requerido es relativamente costoso, ya que se requieren bombas de alta presión y sistemas de extracción también resistentes a las altas presiones.

## **2.5 APROVECHAMIENTO DE LOS ACEITES ESENCIALES.**

Existen varias formas para conseguir el máximo beneficio de los aceites esenciales. Se selecciona aquellos aceites que reúnan las propiedades más adecuadas para conseguir el efecto deseado y se los utiliza solos o mezclados hasta dos o tres aceites al mismo tiempo.

Algunos aceites florales de calidad se difunden mejor que la mayoría de las esencias; bastará con un pequeñísimo porcentaje para conseguir un efecto eficaz.. Para beneficiarse directamente del aroma de un aceite esencial, añade unas cuantas gotas a un recipiente de agua caliente y colóquelo lo suficientemente cerca de usted como para poder inhalar el vapor que desprende. También puede emplearse vaporizadores corrientes. Coloque de vez en cuando unas cuantas gotas de aceite esencial en una bola de algodón humedecido y colóquela sobre un radiador caliente. Otra opción consiste en poner unas gotas de aceite esencial en un atomizador de los que se utilizan para regar las plantas de interior (5 gotas por cada 250 ml de agua) y vaporizar la habitación. Con ello conseguirá refrescar habitaciones mal ventiladas, creando una atmósfera propicia al estudio o a la relajación en casa o un ambiente saludable en la oficina.

En el baño añade de 5 a 10 gotas de aceite esencial mientras se va llenando la bañera de agua caliente. Los beneficios derivan de la inhalación de sus vapores, así como de la absorción de los aceites por la piel.

La esencia de clavo de olor es muy empleada en odontología por su actividad antiplaca bacteriana aunque debe emplearse diluida y bajo supervización profesional ya que en forma pura puede destruir la pulpa dentaria. En cuanto a los aceites de melaleuca (*Melaleuca leucadendron*) y Niauli (*Melaleuca viridifolia*) demostraron ser muy efectivos en el control de la *Candida albicans*. Entre las esencias con efecto sobre el aparato respiratorio se encuentra el tomillo (*Thymus vulgaris*) y el eucalipto (*Eucalyptus spp*) al estimular por el mismo efecto irritativo las células secretoras de mucus e incrementar los movimientos del epitelio ciliado del árbol bronquial. El eucaliptol (1,8-cineol) no sólo incrementa la fase secretoria bronquial sino también disminuye la tensión superficial entre agua y aire en la superficie del alveolo, lo cual contribuye con la acción expectorante. En otro orden de cosas el eucaliptol ha demostrado ser un buen inductor enzimático a nivel del hepatocito, promoviendo la metabolización de algunos medicamentos. (CUASPUD, M 2004 p 15).

La mayor parte se los utiliza por su aroma y por su carácter medicinal como materia prima en la semisíntesis de lociones, jabones, detergentes, shampoo y perfumes; en la industria alimenticia, se usan aceites desterpenados para dar sabor y aroma en caramelos, gomitas, bombones, jugos, mermeladas, etc. Debido a sus características antisépticas de muchos aceites o esencias, también se los utiliza en productos de limpieza. ([www.novarom.com.ar/productos.htm](http://www.novarom.com.ar/productos.htm) ; 2005.)

## **2.6. TOXICIDAD DE LOS ACEITES ESENCIALES.**

Si bien su uso alimentario y terapéutico cada vez es más amplio, no hay que olvidar que existen aceites que en usos inadecuados resultan tóxicos por el organismo. Por ejemplo existen aceites con poder convulsivante como ocurre con el ajeno, alcaravea, anís, badiana, eneldo, hinojo, hisopo, menta, perejil, pino, romero, ruda, salvia, sasafrás, tanaceto o tuya. En estos casos las fracciones responsables de dicho efecto serían de tipo cetónico (alcanfor, carvona, ionona, mentona, pulegona, tuyona) o fenoles aromáticos (acetol, apiol, miristicina, safrol).

Respecto al ajeno, el abuso en la concentración de su aceite esencial contenido en los licores (como aconteció también con el arcabuz) produjo numerosas intoxicaciones en el siglo XIX (crisis de absentismo). Los cuadros caracterizaban por la presencia de comportamiento agresivo, psicosis pasajera, salivación profusa, respiración esterterosa y convulsiones. Hoy en día los controles sobre alimentos y bebidas redujeron notoriamente la elaboración de estos productos, aunque en octubre de 2000 fue motivo de debate por parte de las autoridades sanitarias de Brasil, ante la aparición de bebidas con contenido en ajeno.

En el caso de aceites esenciales, virtualmente tóxicos destaca el caso del aceite esencial de menta, cuyo componente mentol ha ocasionado algunos casos de espasmo de glotis y riesgo de asfixia refleja, por lo que no se recomienda su empleo en la infancia. A nivel renal la eliminación de algunos aceites por dicha

vía pueden originar nefritis. La toxicidad del aceite esencial esta en relación con el ciclo vegetativo de la planta. (www.geocities.com/esencias 2005)

## 2.7 COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LOS ACEITES ESENCIALES.

Dado que los aceites esenciales son las fracciones líquidas volátiles, generalmente destilables por arrastre con vapor de agua, que contienen las sustancias responsables del aroma de las plantas y que son importantes en la industria cosmética, de alimentos y farmacéutica. Los aceites esenciales generalmente son mezclas complejas de hasta más de 100 componentes que pueden ser:

- Compuestos alifáticos de bajo peso molecular (alcanos, alcoholes, aldehídos, cetonas, ésteres y ácidos).
- Monoterpenos.
- Sesquiterpenos
- Fenilpropanos.

En su gran mayoría son de olor agradable, aunque existen algunos de olor relativamente desagradable como por ejemplo los del ajo y la cebolla, los cuales contienen compuestos azufrados. (Cuaspud, M 2004 p 13).

**Ejemplos de monoterpenos y sesquiterpenos naturales:** La Figura 1 muestra varios ejemplos de monoterpenos naturales representantes de varias clases de esqueletos como mentano, pinano, canfano, etc. La Figura 2 muestra ejemplos de sesquiterpenos naturales con varias clases de esqueletos.

FIGURA 1  
Monoterpenos

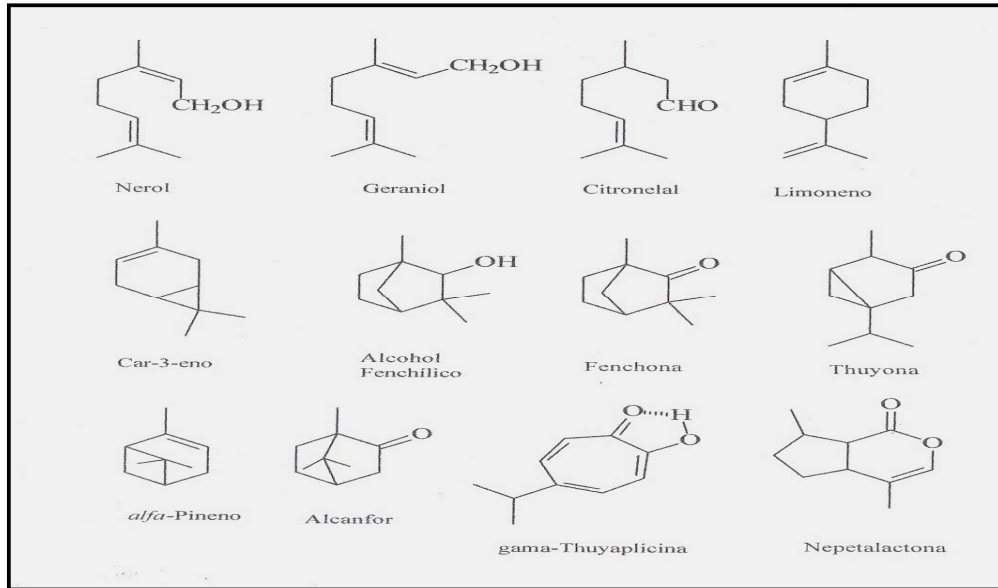
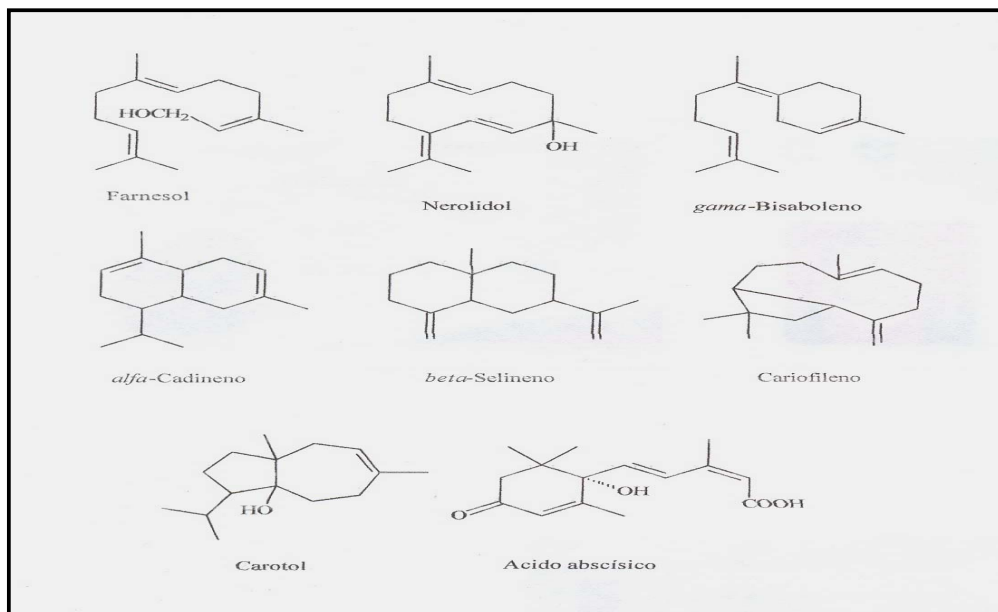


FIGURA 2  
Sexquiterpenos.



## 2.8. ALAMBIQUES.

**2.8.1 Alambique Cachimbo por Cohobaciòn.-** El Alambique (del árabe al = ambiq, y este a su vez del griego ambicos = vaso), es el sistema de destilación más utilizado. Da mejores rendimientos técnicos que la alquitara (destilador antiguo), con calidades no inferiores y a veces superiores. Es una considerable mejora técnica sobre la alquitara, al separar las fases de vaporización y condensación, lo que permite un mayor control del proceso.

Este alambique ha sido forjado en un proceso tradicional usando solamente materiales naturales por lo que está apto para todas las destilaciones biológicas y naturales de gran aroma. El equipo consta de una caldera de cobre, de capacidad variable, un capacete condensador prolongado en un cuello de cisne (o trompa de elefante), un condensador refrigerante cilíndrico (bidón) provisto en su interior de un serpentín de cobre, conectable al cuello de cisne y con salida para el destilado en su parte inferior y una base para el condensador refrigerante. En el caldero se coloca una columna que se conecta a la trompa de elefante la columna es de 60 cm de alto. Además la cohobaciòn consiste en recircular el destilado, evitando que se queme el caldero de cobre por la evaporación del agua y se realice la extracción con mayor rendimiento. (www.al-ambik.com; 2008)

Al igual que en la alquitara, el condensador refrigerante lleva dos orificios de entrada y salida de agua, que se mueve a contracorriente de los vapores en el serpentín. En el orificio de salida del destilado hay normalmente un dispositivo para colocar al alcoholómetro, para permitir controlar la graduación de salida y separar las distintas fracciones del destilado. El caldero de cobre suele llevar en el fondo una base metálica de cobre, perforada, para evitar el contacto intenso entre el agua en ebullición y la hojas, también se coloca paja para que no se queme la materia prima por el contacto con las paredes del caldero. El destilado se lo recoge en una bureta y con una manguera se lo envía nuevamente al caldero de cobre. En algunas zonas, se coloca en el cuello de cisne una lenteja rectificadora desflemador, para realizar una condensación previa de los vapores antes de su

llegada al refrigerante, lo que posibilita graduaciones más altas de salida. Claro que este alambique no solo representa un adorno especial para cualquier salón, escaparate, laboratorio, etc; sino al mismo tiempo es completamente funcional. Así se puede destilar un aguardiente riquísimo, hacer esencias de hierbas y perfumes o incluso usarlo como instrumento alquímico. (www.alambiques.com)

**2.8.2. Cohobación.-** Se denomina cohobación al proceso mediante el cual se recircula el hidrolato o agua destilada, la cual retorna al caldero para mantenerlo alimentado invariante realizando una destilación más eficiente.

FIGURA 3

Alambique tipo cachimbo por cohobación.

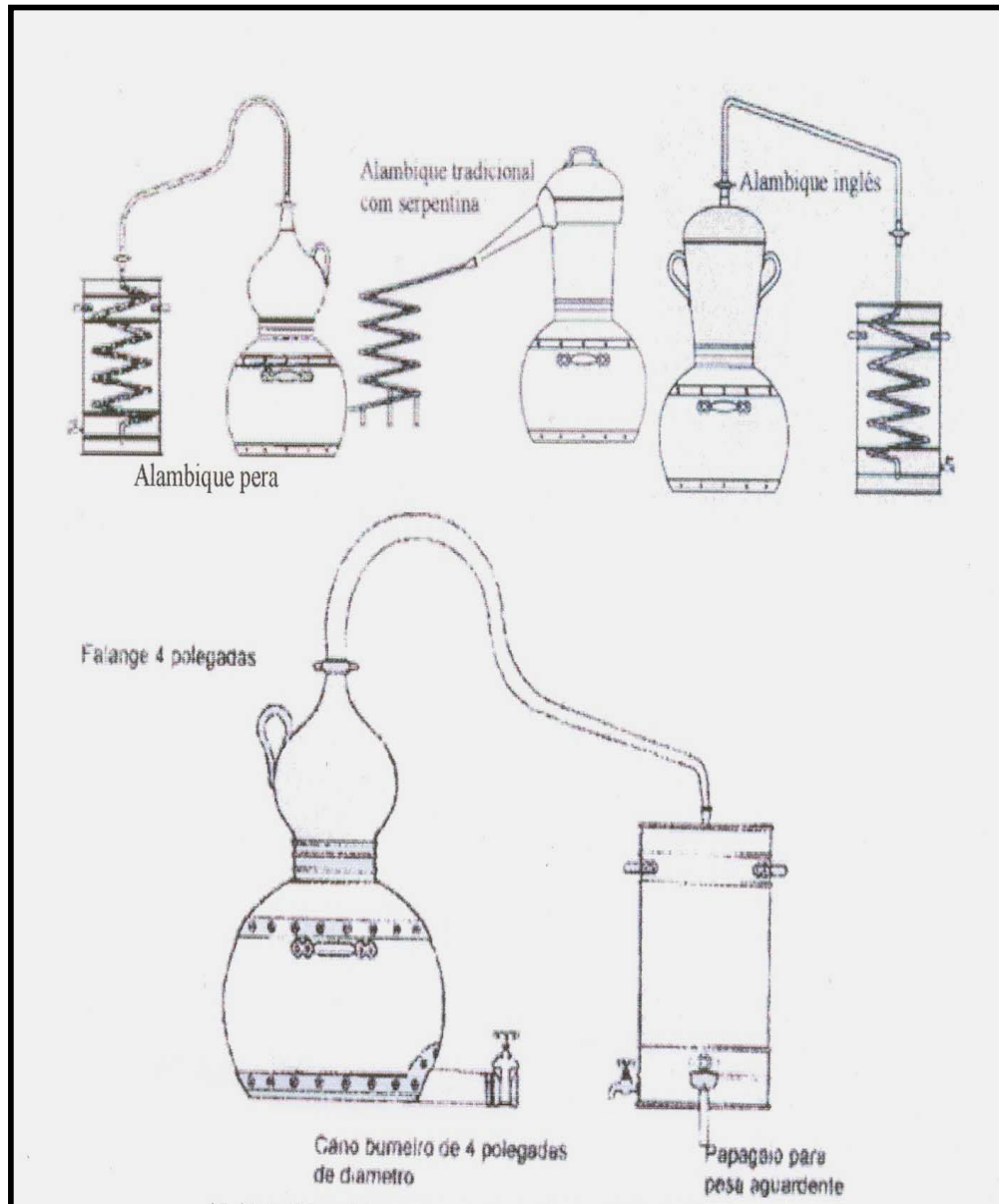


**2.8.3 Tipos de Alambiques.-** Existen los siguientes tipos:

- Alambique tipo cachimbo o pera.
- Alambique tipo ingles.
- Alambique tradicional.



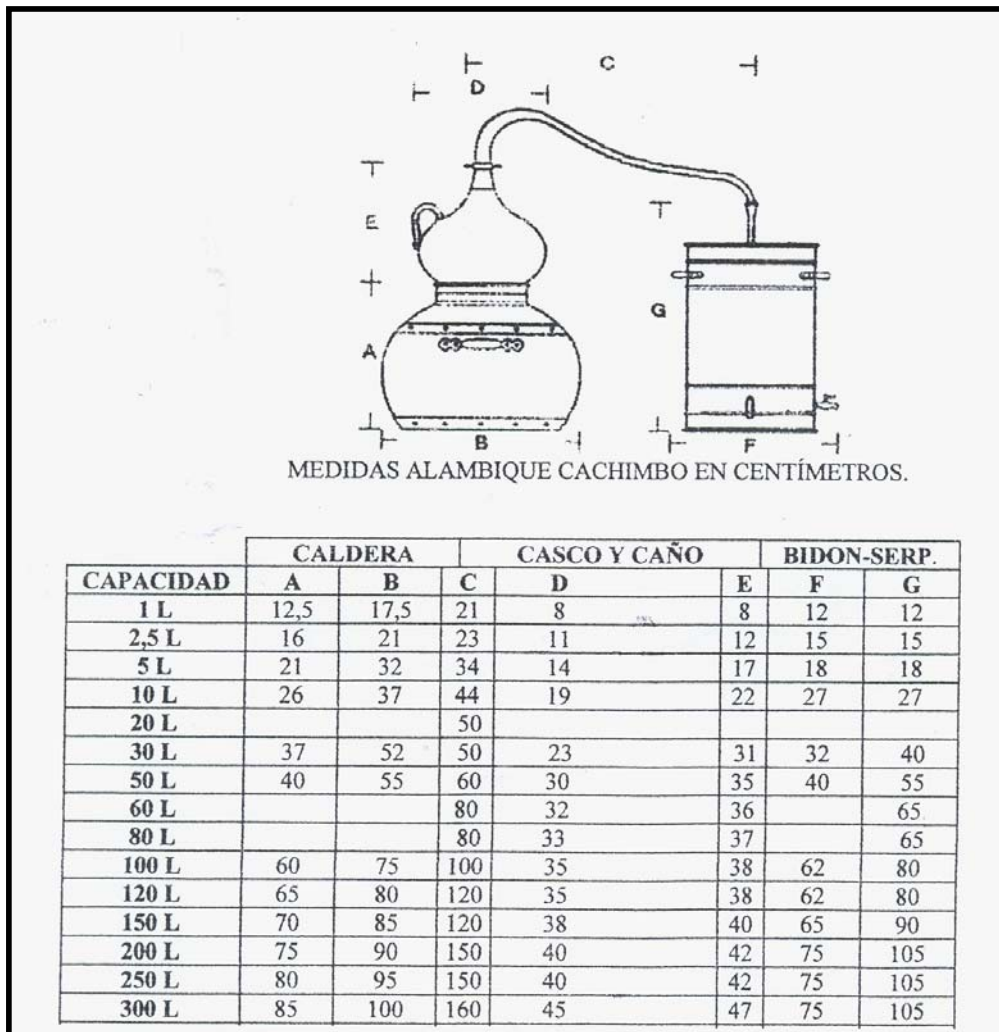
FIGURA 4  
Tipos de Alambiques.



Los alambiques son una evolución de la alquitara y los diferentes tipos están dados de acuerdo a la zona de fabricación. ([www.alambiques.com](http://www.alambiques.com) ; 2005).

**2.8.4. Medidas del Alambique Cachimbo.-** La medida del alambique esta dada en centímetros:

FIGURA 5  
Medidas del alambique.

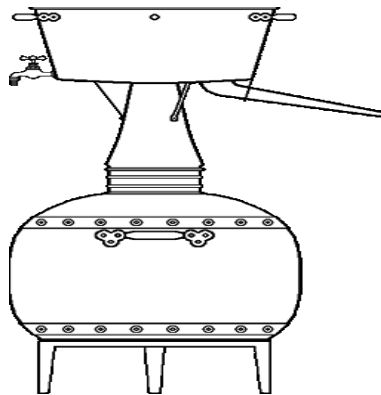


**2.8.5 La Alquitara.-** (Viene del árabe *al-gattara*, la que destila) Es el método tradicional más antiguo y aún utilizado en algunas zonas de Galicia (Portomarín, Verín). Es sin duda el sistema más lento y el de menor rendimiento, no habiendo argumentos que justifiquen la afirmación de que proporciona aguardientes de mayor calidad.

El equipo para destilar consta de tres elementos conectables: una base o soporte, generalmente de hierro fundido; una pota o caldera y un capacete, en cuyo interior se sitúa un condensador o cámara de expansión semiesférica, con salida a través de un pico (los destiladores a veces colocan un tubo rajado para conseguir una mayor fluidez en la salida del destilado).

FIGURA 6

Alquitara.



El capacete tiene a su vez dos orificios para entrada de agua a contracorriente y salida de agua. También pueden llevar además el bidón con serpentín. En la base del recipiente se sitúa una rejilla perforada para evitar el excesivo contacto del fuego con el orujo a destilar (algunos destiladores ponen paja o ramas con el mismo fin). El cierre entre capacete y recipiente se hace con agua o bien con masa de harina, preferentemente de centeno, que parece pega mejor que la de trigo o maíz.

El esquema de la destilación es sencillo: los vapores producidos se expansionan en el condensador y se condensan por efecto del agua de refrigeración, saliendo el destilado a través del pico o biqueira. Es decir no existe una separación entre las fases de evaporación y condensación. Como combustible para aportar el calor necesario para producir la vaporización, puede utilizarse leña o cualquier otro que permita la regularidad. Un inconveniente importante de este sistema es que no es posible reforzar la refrigeración para acelerar la salida de colas, si es que éstas, como es recomendable, no se van a aprovechar ([www.alambiques.com](http://www.alambiques.com); 2008).

## 2.9 MATERIA PRIMA.

### 2.9.1 Cedròn.

Nombre científico: *Aloysia Tripylla*. Fam: Verbenáceas.



El cedròn es originario de América del Sur. Su nombre científico “Aloysia” es en honor a Maria Luisa de Parma (1754-1819), reina de España por su matrimonio con Carlos IV, y “tripylla” (tres hojas), por el número de hojas de cada verticilo.

#### 2.9.1.1 Taxonomía del Cedròn.

Según ([http://es.wikipedia.org/wiki/Aloysia\\_triphylla](http://es.wikipedia.org/wiki/Aloysia_triphylla)), 2008:

- Reino: Plantae.
- División: Magnoliophyta
- Clase: Magnoliopsida
- Orden: Labiales
- Familia: Verbenáceas
- Género: Aloysia
- Especie: A. Citrodora
- Sinónimos: Lemon Verbena.

En Chile, Ecuador y Argentina se la puede encontrar en forma silvestre y en general se la cultiva en todo el mundo en África, Europa y toda América, donde Marruecos es el principal productor. Arbusto perenne de la familia de las verbenáceas, de hojas caducas de intenso olor a limón, ásperas y de característico color verde claro. De estructura desordenada, suele tener 2,5 a 3 m de altura, con flores diminutas blancas o rosado claro que se agrupan en panículas terminales de 10 a 15 cm. de largo que durante el verano y otoño florecen dando un aspecto vaporoso muy decorativo. Su aceite esencial contiene más de 120 principios activos diferentes, entre ellos, citral, limoneno, linalol, cínelo, etc. También materiales minerales.

El aceite esencial es antiséptico, analgésico, corrector organoléptico. El aceite esencial, en dosis elevadas, es neurotóxico. El cedrón se utiliza, por su sabor alimonado, como bebida de amplio uso social y como corrector organoléptico de sabor y olor.

En Centro y Sudamérica se utilizan, por sus propiedades medicinales, otras especies de la misma familia: *Lippia dulcis*, popularmente es usada contra las gastroenteritis. Experimentalmente ha demostrado una acción antimicrobiana frente a *Escherichia coli*, *Salmonella enteritidis* y *Shigella flexneri*, *Lippia alba*, con una acción analgésica local, *Lippia organoides* H.B.K.; *Lippia graveolens* H.B.K. y *Lippia palmeri* S. Wats, antisépticas por su contenido en aceite esencial rico en carvacrol y timol. (www.herbotecnia.com.ar; 2008)

### 2.9.2 Sunfo.

Nombre científico: *Clinopodium nubigenum* (Kunth) Kuntze; Fam: Lamiaceae.



Esta planta es nativa de los paramos Andinos y cordilleras de la serranía de países como Costa Rica, Panamá, Venezuela, Colombia, Ecuador y Perú; encontrada en rangos altitudinales que van desde los 3500 a 4500 msnm.

#### 2.9.2.1 Taxonomía del Sunfo.

Según, Montalvo (2005). La clasificación de la especie es la siguiente:

- Reino: Plantae
- División: Angiospermas
- Orden: Lamiales
- Familia: Lamiaceae
- Género: Clinopodium
- Especie: *C. nubigenum*
- Sinónimos: *Micromeria nubigena*, *Satureja nubigena*

Es una planta herbácea, rastrera o postrada de hasta 15 cm de altura, caracterizada por su agradable olor. Tallo marcadamente cuadrangular, con ángulos prominentes o perceptibles, corteza ligeramente exfoliante, sobre todo en tallos

más antiguos ramificación típicamente verticilada. Hojas simples opuestas de 4 mm de largo por 3 mm de ancho; de forma oval-lanceoladas, ápice de recto a obtuso, base ligeramente truncada borde entero o ligeramente sinuoso. Flores zigomorfas labiadas, vistosas pequeñas de hasta 3-5 mm; 5 sépalos verdes, 5 pétalos desiguales, estambres basifijos, con filamentos curvos, fruto seco indehiscente, en tetraquenio (Jorgensen y Yáñez, 2000 pp 64-65).

En Ecuador el sunfo habita en casi todos los páramos, en los lugares más húmedos, como próximos a las corrientes de agua, su nombre común es sunfillo, sunfo o sucumba. Constituye en aquellos parajes un gran recurso en muchos casos como hemostático, digestivo y antidiarreico. Sus efectos son admirables dícese que este vegetal es fecundante, al exterior se emplea en polvo para curar las quemaduras. (Varea, 1922 p 99).

Los datos estadísticos obtenidos en encuestas realizadas en la comunidad San Cristóbal Alto (provincia del Carchi), indican que la planta de sunfo, se utiliza en forma de infusiones, para malestares generales en un 8%, para contrarestar el frío 42% y en dolores estomacales 50%, el follaje es el más utilizado en un 83%. En el Ángel se encuentra acompañada por especies como la paja, mortiño, sigse, dormidera y son empleados con fines medicinales. (Chulde, 2005 p 22)

Sobre su aceite esencial existe poca información debido a que se ha investigado muy poco pero hay que decir que el aceite del sunfo es muy picante y tiene poder antiséptico, anestésico. (Caicedo y Otavalo, 2007 p 12).

### 2.9.3 Hierba luisa.

Nombre científico: *Cymbopogon Citratus*; Familia: Poaceae.



Planta herbácea denominada popularmente como zacate, mide de 60 a 120 cm. de altura, sus hojas son largas como listones y despide agradable aroma si se estrujan. Las flores están agrupadas en espigas y se doblan como las hojas.

Está presente en climas cálidos, semicálidos y templados. El limoncillo es originario de las regiones calidas y tropicales de Asia, es un tipo de pasto perenne, vivaz crepitosa, tiene un rizoma corto ramificado que origina numerosas macollas, consta de hojas alargadas y planas pubescentes y acentuadamente verdes que despiden un aroma similar al del limón. En climas templados o de estaciones no florece, pero en clima cálido produce densas panojas, con espigas de granos verde amarillentos.



### 2.9.3.1 Taxonomía de la Hierba luisa.

Según ("[http://es.wikipedia.org/wiki/Cymbopogon\\_citratu](http://es.wikipedia.org/wiki/Cymbopogon_citratu)"); 2008.

- Reino: Plantae
- División: Magnoliophyta
- Clase: Liliopsida
- Orden: Poales
- Familia: Poaceae
- Genero: Cymbopogon
- Especie: C. Citratus.
- Sinónimos: Limoncillo, pasto limón.

Su aceite esencial contiene un 80% de citral, el geraniol, linalol, citronelal, limoneno y dipenteno. Se lo conoce al aceite esencial como lemongrass se utiliza en la cocina en la preparación de alimentos, en perfumería, en desinfectantes y como bebidas tonificantes y digestivas. Tiene la propiedad de actuar como antiespasmódico, antipalúdico, diaforético y estimulante.

Esta planta se cultiva en numerosos países del mundo para la obtención de aceite esencial, como *lemon grass* de gran importancia para la industria, ya que grandes cantidades son utilizadas para la extracción del citral, principal constituyente del aceite, el cual es un importante material para la perfumería, confitería, licores, y se emplea como materia prima en la síntesis de sustancias aromáticas con fuerte olor a violetas y en la síntesis de la vitamina A.

Entre los constituyentes volátiles del aceite esencial de dicha planta se encuentran terpenos como geraniol y citronenol.

([www.wikipedia.org/wiki/Cymbopogon\\_citratu](http://www.wikipedia.org/wiki/Cymbopogon_citratu); 2008)

## **2.10. DESHIDRATACIÓN**

Es cuando un cuerpo pierde agua que se encuentra en su composición, para llevar a efecto esta operación se utilizan métodos de secado de las plantas como son: Secado al aire libre y al sol, Secado a la sombra y bajo abrigo, Secado con aire caliente. Existen algunas clases de secadores: Secadores directos, Secadores indirectos, Secadores continuos, Secadores discontinuos.

La temperatura de secado oscila entre 30 y 60° C, para el caso de plantas medicinales y aromáticas y para productos vegetales 50 y 80° C. Las plantas que poseen aceites esenciales o sustancias volátiles deben ser secadas a temperaturas inferiores a 40° C. Además el secado es el paso más importante para lograr un mejor rendimiento en la extracción de los aceites esenciales. Las plantas aromáticas tienen humedades que oscilan entre 75-80% en estado fresco. (Caicedo y Otavalo, 2007 p 13)

La deshidratación, y sobre todo la liofilización, presentan además la ventaja de conservar todas las cualidades nutritivas y la composición química del producto original. Microsoft ® Encarta ® 2007. © 1993-2006 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.

### **2.10.1 Secado de Plantas Aromáticas y Medicinales**

La razón más importante desde el punto de vista técnico por la que secamos las hierbas es su conservación; por este método se promueve el mantenimiento de los componentes del vegetal fresco y se evita la proliferación de microorganismos.

También hay aspectos comerciales: la desecación debe llevarse a cabo en las mejores condiciones para que las hierbas no pierdan nada del aspecto que deben presentar, para que cautiven y ejerzan la mayor atracción, así serán más apreciadas, más demandadas y , sobre todo, mejor pagadas.

Pero la cantidad de agua a extraer no debe superar ciertos valores, la planta no debe presentarse al comercio reseca y quebradiza, tal que al manipularla se convierta en polvo. En general, en el comercio existen valores establecidos de contenido de humedad para cada hierba o sus partes.

El aire es el que absorbe el vapor de agua que se retira de las plantas por lo que no debe estar saturado, es decir, su humedad relativa debe ser baja, sea tanto que se utilice secado al aire libre como secado mecánico, y deberá renovarse a medida que sea necesario en tanto el producto no haya cedido el agua que contiene en exceso.

Los productos que se deben secar o los órganos de los vegetales que se someten a desecado pueden ser hojas, flores, frutos, semillas, raíces, cortezas, o plantas enteras, que ha menudo se hallan en estado herbáceo. Cada uno de estos órganos puede estar completamente aislado de los otros o tener adherida una parte, como las hojas con una parte de las ramas, la raíz completa o descortezada o bien con el rizoma, etc.

Cada producto reclama una desecación diferente, no solamente por la cantidad de agua que contiene, sino por el aspecto que debe presentar; las hierbas y las hojas deben secarse por lo común a temperatura moderada, en presencia de una cantidad grande de agua; las raíces, cortezas y rizomas pueden desecarse a temperaturas algo mayores. Algunos productos pueden ponerse al sol, como las raíces de angélica y belladona; otros deben secarse únicamente a la sombra para que conserven el color natural, tal el caso de las hojas de angélica que en caso contrario se tornarían amarillas, las flores de acacia que se ennegrecerían, etc., en ambos casos evitando su exposición al rocío y la lluvia.

Podemos utilizar diversos métodos para el secado, sea que lo realicemos en forma natural o mecánica; de ésta última el más utilizado es el secado por aire caliente forzado. (www.fia.gob.cl; 2007)

### 2.10.2 Secado Mecánico.

El secado artificial o mecánico determina mayores gastos pero tiene ventajas, pues al controlarse las variables del tratamiento, en el lapso de unas horas, es posible obtener un producto homogéneo y de excelente calidad comercial.

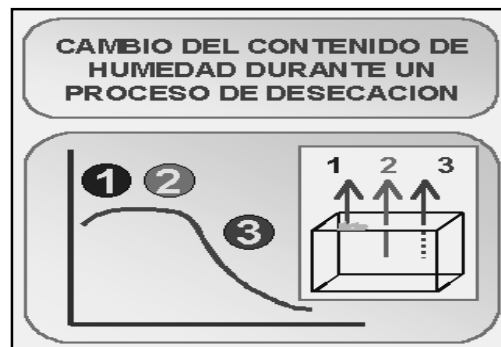
Hay diversos métodos para deshidratar las hierbas, que pueden clasificarse, entre otras formas, de la siguiente manera:

- a.- Desección por aire caliente.
- b.- Desección por contacto directo con una superficie caliente.
- c.- Desección por aporte de energía de una fuente radiante de microondas o dieléctrica.
- d.- Liofilización.

De ellos, el más utilizado es la aplicación de una corriente de aire caliente. Sobre éste método haré algunas consideraciones con la intención de ayudar a comprender el proceso y su control. Al desecar una hierba húmeda con aire caliente, el aire que aplicamos aporta el calor para la evaporación de la humedad y actúa como transporte para eliminar el vapor de agua que se forma en la cercanía de la superficie de evaporación. El contenido de humedad del sólido durante su desecación muestra, por lo general, tres fases:

**FIGURA 7**

Fases de Secado



**Fase 1: "estabilización"**, en la cual las condiciones de la superficie del sólido se equilibran con las del aire de secado. Generalmente es una proporción despreciable del tiempo total de secado.

**Fase 2: "período de velocidad constante"**, durante el mismo la superficie del sólido se mantiene saturada de agua líquida debido a que el movimiento del agua desde el interior del sólido hasta la superficie ocurre a la misma velocidad que la de la evaporación en la superficie.

Durante esta etapa la temperatura del aire puede ser un poco mayor que la temperatura crítica que puede alcanzar la hierba, dentro de ciertos límites.

**Fase 3: "período de velocidad decreciente"**, la superficie del sólido comienza a desecarse porque el agua que aun se halla en su interior encuentra dificultades para llegar a la superficie del sólido. La temperatura del sólido comienza a elevarse hasta aproximarse a la temperatura del aire de secado cuando el producto se ha desecado totalmente. Esto es lo que determina que la temperatura del aire deba moderarse para evitar que la temperatura de las hierbas supere la temperatura crítica (generalmente entre 30 y 45° C). Por lo normal esta fase 3 constituye la mayor proporción del tiempo total del secado. Se puede agregar que cada secadora tiene un comportamiento propio, incluso para un sistema similar de secado por lo cual es importante conocerla y calibrarla bien para obtener una buena calidad de producto. (www.herbotecnia.com.ar; 2009)

### **2.10.3 Secadero de Cabina, Bandejas o Compartimentos.**

Esencialmente consisten en una cabina aislada provista interiormente de un ventilador para circular aire a través de un calentador; el aire sale por una rejilla de laminas ajustables y es dirigido, horizontalmente entre bandejas cargadas de hierba o bien verticalmente a través de las bandejas perforadas y el producto. Estos secaderos pueden disponer de reguladores para controlar la velocidad de aire nuevo y la cantidad de aire de recirculación. Los calentadores del aire pueden

ser quemadores directos de gas, serpentines calentados por vapor o en los modelos más pequeños, calentadores de resistencia eléctrica. Por lo común, en los sistemas de cabina se utilizan velocidades de aire, para los de flujo, transversal de 2 a 5 m/seg y en los de flujo ascendente de 0,5 a 1,25 m<sup>3</sup>/seg/m<sup>2</sup> de bandeja.

FIGURA 8

Secador de Bandejas.



#### 2.10.4. Temperatura de Secado.

Se ha discutido cual debe ser la temperatura del aire de secado. Durante mucho tiempo se ha ponderado una temperatura media de 30 a 60° C, para el caso de plantas medicinales, mientras que para los productos vegetales (aji, cebolla, etc), se considera valores entre 50-80° C. En la practica se utilizan temperaturas menores, tratando de no afectar a los diversos ingredientes activos de cada especie. Las temperaturas para plantas medicinales que se utilizan en la actualidad varian entre 25-35° C y de 40-60° C, para productos vegetales.

### **2.10.5 Influencia del secado en el producto.**

Según (Geankoplis, 1982 pp 551-582). “ En el secado las plantas pierde su contenido de humedad lo cual da como resultado un aumento en la concentración de ingredientes en la masa restante”.

Las plantas deshidratadas producen partículas reconstituidas o rehidratadas comparables con los alimentos frescos. Sin embargo, al secar o utilizar cualquier método de conservación, la planta deshidratada conserva la calidad del estado fresco de la misma. Las temperaturas elevadas dañan los principios activos y el tiempo de secado influye en el producto final. Adicionalmente es importante cosechar en el momento adecuado, incluso a cierta hora del día, lo cual varía según la especie, el órgano a cosechar y el principio activo buscado. Una de las formas más frecuentes utilizadas para detener el deterioro de la calidad de las plantas medicinales es la deshidratación, que consiste en la remoción de la humedad a través del manejo de la temperatura y velocidad del aire, la humedad, la presión del producto sometido al deshidratado. Con el proceso de deshidratado disminuye el agua libre en el producto, lo que limita el crecimiento microbiano y detiene reacciones químicas y enzimáticas. Además disminuye el volumen y el peso del producto, lo que permite bajar costos de almacenamiento y distribución. El método y las condiciones de secado son importantes pues influyen en la conservación del producto y en la efectividad de los principios activos y por lo tanto en su calidad. Hay consideraciones importantes en el secado de las plantas medicinales y aromáticas:

- Se debe iniciar a la brevedad después de la cosecha
- Debe ser rápido y homogéneo.
- El tamaño del producto a secar debe estar previamente determinado
- La temperatura de secado no debe ser superior a 40° C.
- Se debe controlar la velocidad del aire, así como la humedad dentro y fuera del sistema.
- La temperatura del producto no debe superar a la del aire.

## **CAPITULO III**

### **MATERIALES Y MÉTODOS.**

#### **3.1 LOCALIZACIÓN**

##### **Ubicación del trabajo de campo**

La recolección del Cedròn se realizó en la provincia del Carchi, específicamente en la ciudad de El Angel, y Mira.

En el caso de la Hierba luisa, se la recolectó en el Cantón Mira, sector Mascarilla y el Sunfo en el páramo de la ciudad del Angel, sector El Consuelo.

##### **Condiciones meteorológicas.**

Altitud:	3644 msnm
Temperatura Promedio:	7 – 10°C
Precipitación anual:	1000-2000 mm

Fuente: Plan de Desarrollo del Cantón Espejo 2005



## **Ubicación del trabajo de laboratorio**

El proceso de secado y destilación, se realizó en el laboratorio de las unidades productivas de la FICAYA - Universidad Técnica del Norte, ubicado en el sector del Camal, Parroquia El Sagrario, Cantón Ibarra, Provincia Imbabura.

Los análisis fisicoquímicos se realizó en el laboratorio de uso múltiple de la FICAYA - Universidad Técnica del Norte.

## **Condiciones metereológicas:**

ALTITUD: 2228 m.s.n.m

TEMP MEDIA: 18°C

H.R.PROMEDIO: 73%

Fuente: Ilustre Municipio de Ibarra 2007

## **3.2 MATERIALES Y EQUIPOS**

### **3.2.1 Material experimental**

Hojas de Cedròn (*Alloysia Triphylla*), tallos y hojas de sunfo (*Clinopodium nubigenum* (Kunth) Kuntze) y hojas de Hierbaluisa, (*Cymbopogon Citratus*).

### **3.2.2 Materiales de campo**

- Fundas plásticas
- Sacas
- Tijeras y piola
- Machete

### **3.2.3 Equipos de laboratorio**

- Secador de bandejas

- Alambique tipo Cachimbo por Cohobación
- Espectrofotómetro
- Refractómetro ABBE
- Estufa
- Mufla
- Computador
- Cámara digital
- Balanza electrónica
- Balanza gramera
- Termómetro
- Cronometro

#### **3.2.4 Materiales y reactivos de laboratorio**

- Desecador de cristal
- Probeta de 1 litro
- Bureta
- Micropipeta
- Viscosímetro de Ostwald
- Picnómetro de 1 ml
- Vaso de precipitados
- Pipeta de 1 y 5 ml
- Crisoles
- Tubos de ensayo
- Pinzas
- Utilería: mandil, gorra, guantes, cuchillo, fundas plásticas, servilletas, libreta de apuntes.

#### **Reactivos:**

- Silica gel
- Agua destilada
- Etanol
- Acido sulfúrico
- Bicromato de potasio.

### **3.3 MÉTODOS.**

#### **3.3.1 Factores en estudio**

Los parámetros en estudio son: Plantas aromáticas, Humedades y Tiempos de extracción.

##### PLANTAS AROMÁTICAS

A1: CEDRÓN

A2: SUNFO

A3: HIERBA LUISA

##### HUMEDADES DE LAS PLANTAS AROMÁTICAS

B1: FRESCO

B2: DESHIDRATADO

##### TIEMPOS DE EXTRACCIÓN

C1.: 45 min

C2: 90 min

#### **3.3.2 Tratamientos**

Se evaluaron 12 tratamientos producto de la combinación de plantas, humedades y tiempos de extracción

**Cuadro 1.** Descripción de las plantas, humedades y tiempos de extracción.

<b>Trat</b>	<b>Plantas A</b>	<b>Humedades B</b>	<b>Tiempos C</b>	<b>Combinaciones</b>
<b>T1</b>	<b>Cedròn</b>	<b>Fresco</b>	<b>45 min</b>	<b>A1B1C1</b>
<b>T2</b>	<b>Cedròn</b>	<b>Fresco</b>	<b>90 min</b>	<b>A1B1C2</b>
<b>T3</b>	<b>Cedròn</b>	<b>Deshidratado</b>	<b>45 min</b>	<b>A1B2C1</b>
<b>T4</b>	<b>Cedròn</b>	<b>Deshidratado</b>	<b>90 min</b>	<b>A1B2C2</b>
<b>T5</b>	<b>Sunfo</b>	<b>Fresco</b>	<b>45 min</b>	<b>A2B1C1</b>
<b>T6</b>	<b>Sunfo</b>	<b>Fresco</b>	<b>90 min</b>	<b>A2B1C2</b>
<b>T7</b>	<b>Sunfo</b>	<b>Deshidratado</b>	<b>45 min</b>	<b>A2B2C1</b>
<b>T8</b>	<b>Sunfo</b>	<b>Deshidratado</b>	<b>90 min</b>	<b>A2B2C2</b>
<b>T9</b>	<b>Hierba Luisa</b>	<b>Fresco</b>	<b>45 min</b>	<b>A3B1C1</b>
<b>T10</b>	<b>Hierba Luisa</b>	<b>Fresco</b>	<b>90 min</b>	<b>A3B1C2</b>
<b>T11</b>	<b>Hierba Luisa</b>	<b>Deshidratado</b>	<b>45 min</b>	<b>A3B2C1</b>
<b>T12</b>	<b>Hierba Luisa</b>	<b>Deshidratado</b>	<b>90 min</b>	<b>A3B2C2</b>

A = Plantas Aromáticas

B = Humedades

C = Tiempos

### **3.3.3 Diseño experimental.**

Se utilizó el diseño completamente al azar (DCA) con 12 tratamientos y 3 repeticiones. Y factorial AxBxC.

### 3.3.4 Características del experimento.

Tratamientos: 12  
Repeticiones: 3  
Unidades experimentales: 36

### 3.3.5 Características de la unidad experimental.

La materia prima que se usó en cada unidad experimental fue de 1 kg de planta. En el caso del Cedrón y hierba Luisa se empleó sus hojas, mientras que en el Sunfo se utilizó toda la planta debido a que poseen un tallo herbáceo y sus hojas son muy pequeñas y numerosas.

### 3.3.6 Esquema del análisis estadístico.

**Cuadro 2.** Esquema del ADEVA

<b>Fuente de Variación</b>	<b>Grados de Libertad</b>
Total	35
Tratamientos	11
Factor A	2
Factor B	1
Factor C	1
Interacción (AxB)	2
Interacción (AxC)	2
Interacción (BxC)	1
Interacción (AxBxC)	2
Error Experimental	24

### **3.3.7 Análisis funcional**

Coefficiente de variación (%)

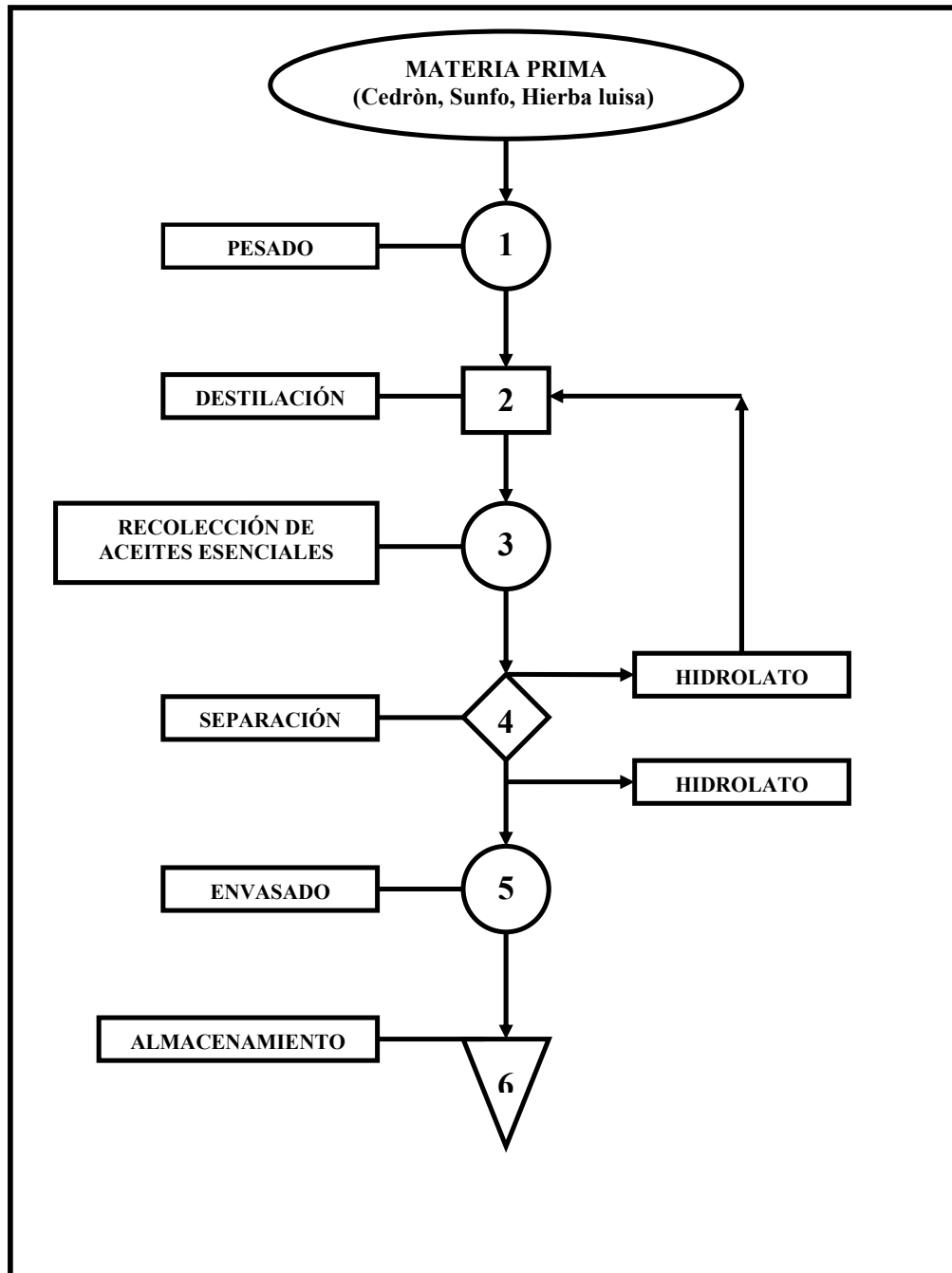
Prueba de Tukey al 5% para tratamientos y DMS para factores.

### **3.3.8 Variables Evaluadas**

- Rendimiento de aceites esenciales de cada tratamiento
- Densidad relativa de aceites esenciales de cada tratamiento
- Índice de refracción de aceites esenciales de cada tratamiento
- Residuo no volátil en los aceites esenciales
- Pico de absorbancia máximo (uv-vis) de los aceites esenciales
- Viscosidad de los aceites esenciales.

### 3.4 MANEJO ESPECÍFICO DEL EXPERIMENTO

#### 3.4.1 Proceso de obtención de los aceites esenciales de planta fresca.



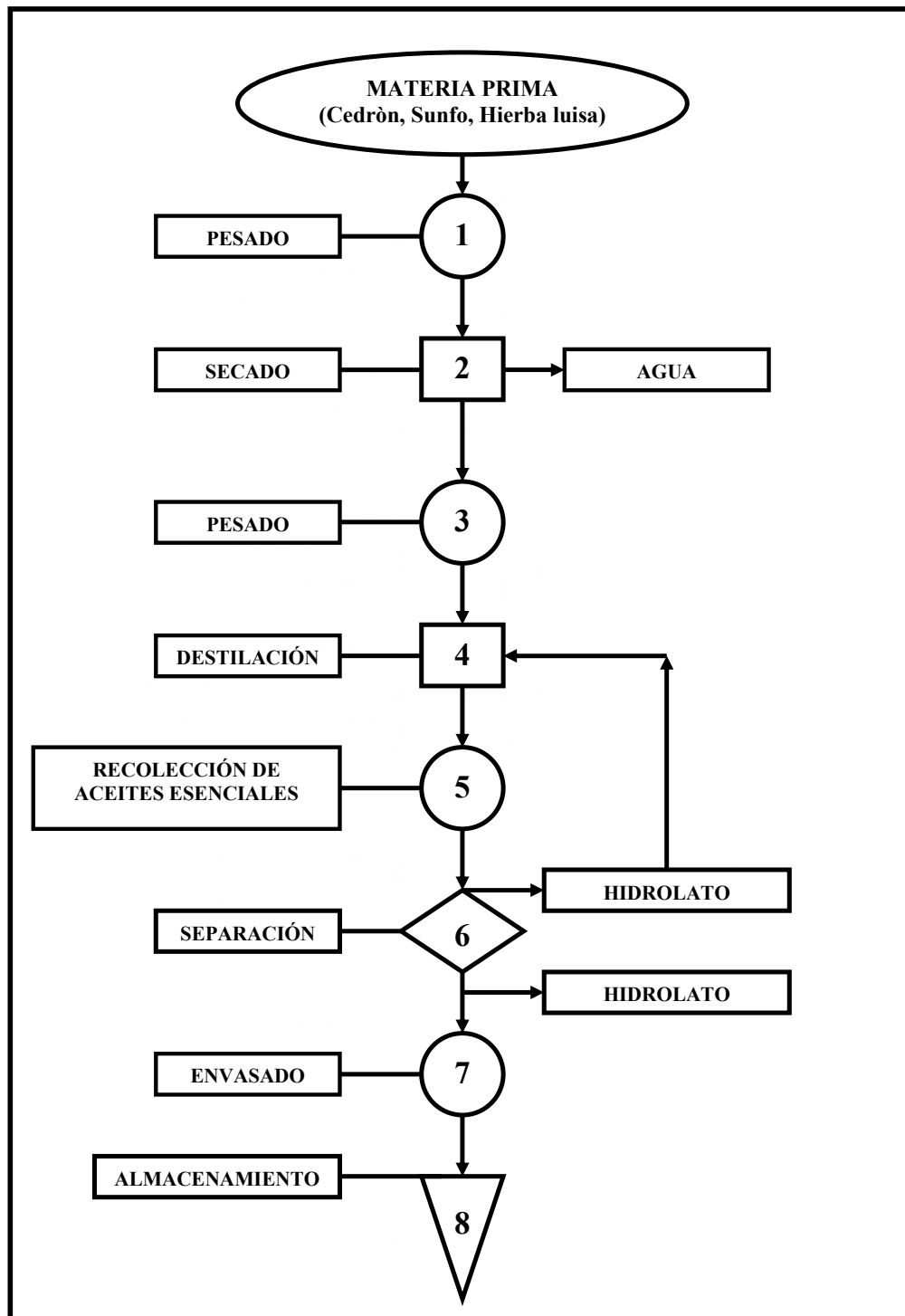
**Figura 9.** Diagrama de flujo de la extracción de aceites esenciales de materia prima fresca.

### **3.4.2. Descripción de las operaciones de extracción de aceites esenciales de planta fresca.**

- a) **Recolección de la materia prima.-** La recolección del Sunfo, se realizó en las primeras horas de la mañana en el sector del Consuelo de la Ciudad de El Angel. En el caso del Cedròn, se recolectó en las ciudades de El Angel y Mira, mientras que la Hierba luisa en el Cantón Mira, sector de Mascarilla. En primer lugar a la materia prima se limpió de impurezas y se eliminó partes dañadas.
- b) **Pesado.-** Con la ayuda de una balanza gramera se procedió a pesar 1 kg de materia prima fresca.
- c) **Destilación.-** Luego del pesado se procedió a destilar. Primeramente se llenó el caldero con 2.5 litros de agua, se colocó la rejilla agujerada incorporando paja de manera uniforme para evitar que se quemen las hojas por el contacto con las paredes del caldero. Luego se adicionó la materia prima dentro del caldero, en el cual se conectó la columna de acero inoxidable de 60 cm de alto y el capitel o trompa de elefante el que a su vez, se acopló al tanque con serpentín donde recircula agua fría como refrigerante para facilitar la condensación del vapor. El destilado se recogió en la bureta, mientras que el hidrolato nuevamente ingresa al caldero para que exista una recirculación o cohobación.
- d) **Recolección.-** El aceite esencial extraído decantado se recolectó en la bureta.
- e) **Separación.-** La separación se realizó por decantación del aceite esencial y ahí se midió el volumen obtenido del mismo.
- f) **Envasado.-** Luego el aceite contenido en la bureta fue envasado en frascos de vidrio oscuros para evitar que se deteriore o pierda sus principios activos.
- g) **Almacenamiento.-** En el almacenamiento se utilizó un lugar fresco y seco.



### 3.4.3 Proceso de obtención de aceites esenciales de planta deshidratada.



**Figura 10.** Diagrama de flujo de la extracción de aceites esenciales de materia prima deshidratada.

### **3.4.4 Descripción de las operaciones de extracción de aceites esenciales de Planta deshidratada.**

- a) **Recolección de materia prima.-** La recolección del Sunfo se realizó en las primeras horas de la mañana, en el sector del consuelo de la ciudad de El Angel. En el caso del Cedròn y Hierba luisa en las ciudades de El Angel, Mira y en el sector de Mascarilla respectivamente. En primer lugar a la materia prima se limpió de impurezas y se eliminó partes dañadas.
  
- b) **Pesado.-** Con la ayuda de una balanza gramera, se peso 8 kg de cedròn, sunfo y hierba luisa respectivamente de materia vegetal fresca y luego se procedió a secar para eliminar humedad.
  
- c) **Secado.-** Las hojas de cedròn y hierba luisa y toda la planta de sunfo, se sometieron al secado. Se utilizó el secador de bandejas que se encuentra en el laboratorio de unidades productivas de la FICAYA. El secado se realizó por el tiempo de 2.5 horas, con un flujo de aire del 50%, a una temperatura de 35°C. Se guardó la materia prima deshidratada en fundas plásticas a las cuales se sellaron bien para evitar que se pierda humedad.
  
- d) **Destilación.-** Luego del secado se procedió a destilar 1 kg de materia prima deshidratada. Primeramente se lleno el caldero con 2.5 litros de agua, se coloco la rejilla agujerada, se incorporó paja de manera uniforme para evitar que se quemen las hojas por el contacto con las paredes del caldero. Se adicionó la materia prima dentro del caldero, en el cual se conectó con la columna de acero inoxidable de 60 cm de alto y el capitel o trompa de elefante el que a su vez, se acopló al tanque con serpentín donde recircula agua fría como refrigerante para facilitar la condensación del vapor. El aceite esencial se recogió en la bureta, mientras que el hidrolato nuevamente ingresa al caldero para que exista una recirculación o cohobación.

- e) **Recolección del aceite esencial.-** El aceite esencial extraído se decantó y recolectó en la bureta.
  
- f) **Separación.-** La separación se realizó por decantación del aceite esencial y ahí, se midió el volumen obtenido del mismo.
  
- g) **Envasado.-** El aceite esencial obtenido se envasó en frascos de vidrio oscuros para evitar que se deteriore o pierda sus principios activos.
  
- h) **Almacenado.-** En el almacenamiento se utilizó un lugar fresco y seco.

### 3.5 MÉTODOS DE EVALUACIÓN DE LAS VARIABLES.

#### 3.5.1 Rendimiento de los aceites esenciales.

##### Determinación de la humedad inicial y final.

En primer lugar se determinó la humedad inicial de cada una de las plantas por el método gravimétrico, de la siguiente manera: En un crisol de porcelana previamente preparado, se pesó 4 g de muestra en la balanza electrónica. El crisol con la muestra es colocado en la estufa a 105 ° C durante dos horas y 30 minutos. Terminado este tiempo se retiró de la estufa el crisol con ayuda de las pinzas, y se pasó de inmediato al desecador, manteniéndola durante media hora, luego se procedió a pesar en la balanza electrónica. Se colocó la muestra media hora en la estufa, hasta obtener peso constante, enfriándose en el desecador por 10 minutos y se pesó. Se continuó este procedimiento hasta obtener 0.005 g de diferencia.

$$\text{Humedad inicial} = \frac{(\text{Peso perdido por el calentamiento en gramos})}{\text{Peso de la muestra}} \times 100$$

En segundo lugar se determinó la humedad final de la planta deshidratada, para lo cual se determinó primero la humedad extraída, se utilizó un secador de bandejas, en el que se colocó, 8 kg de materia prima fresca y se mantuvo en este durante 2,5 horas, con un flujo de aire del 50% y a una temperatura de 35°C. Una vez realizado este proceso se pesó en una balanza gramera, y se determinó la humedad extraída en porcentaje con la siguiente fórmula:

$$\Delta H (\%) = \frac{[\text{PI materia prima} - \text{PF materia prima}] \text{ kg}}{\text{PI materia prima (kg)}} \times 100$$

$\Delta H$  = pérdida de humedad

PI = peso inicial (kg)

PF = peso final (kg)

El cálculo de la humedad final se realizó con la siguiente formula:

$$\text{Humedad final (\%)} = \text{Humedad inicial (\%)} - \text{Humedad perdida } (\Delta H)$$

Una vez terminada la destilación con la ayuda de una bureta se determinó el rendimiento en ml. para cada unidad experimental.

Para calcular el rendimiento en porcentaje, se transforma el volumen del aceite obtenido en peso (g). Este valor se lo divide para 1000 g de la materia prima utilizada en cada destilación. Hay que aclarar que para realizar el análisis estadístico se utilizó el rendimiento en mililitros que se obtuvo en cada destilación. El porcentaje de rendimiento se calculó con la siguiente formula:

$$\text{Rendimiento (\%)} = \frac{\text{Peso aceite extraído (g)}}{\text{Peso materia prima (g)}} \times 100$$

### **3.5.2 Densidad relativa del aceite esencial.**

Se utilizó un picnómetro de 1 ml de capacidad. Primeramente se lavó el picnómetro con detergente, se enjuagó el mismo con agua destilada y con etanol, luego se secó en la estufa por 60 minutos a 101 °C, la manipulación del picnómetro se hizo con dos pinzas, después se colocó en el desecador por 15 minutos. Se pesó en la balanza electrónica el picnómetro tomando medidas hasta que se obtenga un peso constante el cual se estabilizó en 5.7189 g, se procedió a llenar el picnómetro con 1 ml de aceite esencial de cada muestra, cuidadosamente se tapó el picnómetro y se limpió el exceso de aceite. Luego se pesó en la balanza electrónica y por diferencia de pesos se determinó la densidad relativa del aceite esencial de cada unidad experimental con la siguiente formula:

$$\text{Densidad } \rho \text{ (g/ml)} = \frac{[(\text{Peso del picnómetro} + \text{muestra}) - (\text{peso del picnómetro})] \text{ (g)}}{\text{Volumen del aceite esencial (ml)}}$$

### 3.5.3 Índice de refracción de los aceites esenciales.

Se utilizó el refractómetro ABBE, con la ayuda de un capilar se tomó dos gotas de aceite esencial y se colocó sobre el diafragma del refractómetro, luego se procedió a calibrar el refractómetro y así verificar el índice de refracción dado. Para cada muestra se procedió a limpiar el diafragma del refractómetro con etanol y agua destilada.

### 3.5.4 Residuo no volátil de los aceites esenciales.

Primeramente con un día de anticipación, se preparó los crisoles sometiéndoles en la mufla a 550 grados centígrados, con la ayuda de pinzas se colocó en el desecador, para evitar que absorban humedad. Posteriormente se marcó los crisoles a ser utilizados con un lápiz y se peso cada uno, con la micro pipeta se tomó 2 ml de aceite esencial y se depositó en el crisol, se pesó en la balanza electrónica, la muestra se colocó nuevamente en el desecador, se procedió a desecar en la estufa a 110 grados centígrados durante 24 horas, transcurrido este tiempo se pesó y se determinó el residuo no volátil por diferencia de pesos. Se utilizó la siguiente formula:

$$\text{Residuo no volátil (g)} = [(\text{Peso del crisol} + \text{residuo}) - (\text{peso del crisol})] \text{ (g)}$$

### 3.5.5 Pico de absorbancia máximo de los aceites esenciales.

Se utilizó un espectrofotómetro UV- VIS. Para las muestras que fueron muy turbias se utilizó silicagel, en base a sulfato de cobre, para absorber residuos de agua. Se tomó 1 ml de aceite esencial, se depositó en una celda de cuarzo y se colocó en el espectrofotómetro, que gracias a una computadora, mostró el gráfico de la longitud de onda y el pico de absorbancia de cada muestra de aceite esencial.

### 3.5.6 Viscosidad de los aceites esenciales.

Se utilizó el viscosímetro de ostwald de 5 ml el mismo que se sumergió en agua destilada gracias a una bureta de 1 litro de capacidad, esto se realizó para que se mantenga el viscosímetro a una temperatura ambiente de 20 grados centígrados. Luego se colocó la muestra de 5 ml en el viscosímetro, con la ayuda de una jeringuilla se absorbió hasta el nivel superior del balón de cristal del viscosímetro, y con un cronometro se tomó el tiempo que se demoró en descender hasta el nivel inferior del balón de cristal. El cálculo de la viscosidad se realizó de la siguiente manera: las unidades de la viscosidad ( $\eta$ ) vienen dadas en centipoise o Pascal. s

$$\eta \text{ (centipoise)} = \frac{\text{Viscosidad agua} \times \text{Densidad aceite} \times \text{Tiempo aceite}}{\text{Densidad agua} \times \text{Tiempo agua.}}$$

$\eta$  = viscosidad en centipoise.

Tiempo aceite: El tiempo que se tarda en descender el aceite en el viscosímetro

Tiempo agua: El tiempo que se tarda en descender el agua en el viscosímetro.

### **3.5.6 Análisis económico del mejor tratamiento.**

Una vez obtenido los datos del experimento se calculó el costo de producción del mejor tratamiento, se tomó en cuenta el rendimiento de los aceites esenciales, se agrupó en costos fijos y variables, dando como resultado el costo de producción al sumar los dos. Cabe indicar que en los costos fijos la inversión es alta pero a mediano plazo se obtienen utilidades.



## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA VARIABLE RENDIMIENTO.

Esta investigación se inició determinando una humedad inicial y una humedad final por cada planta, dando como resultado las siguientes humedades:

**Cuadro 3.** Porcentaje de Humedades de las plantas aromáticas.

<b>PLANTAS</b>	<b>HUMEDAD INICIAL(%) (B1)</b>	<b>HUMEDAD FINAL(%) (B2)</b>
<b>CEDRÓN (A1)</b>	<b>61.97</b>	<b>49.47</b>
<b>SUNFO (A2)</b>	<b>76.31</b>	<b>60.1</b>
<b>HIERVA LUISA (A3)</b>	<b>72.62</b>	<b>52.38</b>

Los rendimientos de aceite esencial se obtuvieron de 1 kg de materia prima, luego de la destilación que se realizó en un alambique de cobre tipo cachimbo de 10 litros de capacidad, por cohobación (recirculación).

El rendimiento se determinó en cada tratamiento y repetición. Se utilizó el diseño completamente al azar (DCA) con 12 tratamientos y 3 repeticiones. Y factorial AxBxC.

**Cuadro 4.** Datos del Rendimiento de los aceites esenciales. Ibarra, 2009.

<b>RENDIMIENTO (ml)</b>					
<b>REPETICIONES</b> <b>TRATAMIENTOS</b>	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>	<b>Σ Trat</b>	<b><math>\bar{X}</math></b>
<b>T1 (A1B1C1)</b>	1,5	1,8	1,8	<b>5,10</b>	<b>1,70</b>
<b>T2 (A1B1C2)</b>	1,8	1,9	1,7	<b>5,40</b>	<b>1,80</b>
<b>T3 (A1B2C1)</b>	2,3	2,1	2,2	<b>6,60</b>	<b>2,20</b>
<b>T4 (A1B2C2)</b>	2,7	2,4	2,1	<b>7,20</b>	<b>2,40</b>
<b>T5 (A2B1C1)</b>	2,4	2,1	2,2	<b>6,70</b>	<b>2,23</b>
<b>T6 (A2B1C2)</b>	3,0	3,8	2,5	<b>9,30</b>	<b>3,10</b>
<b>T7 (A2B2C1)</b>	3,1	2,5	4,0	<b>9,60</b>	<b>3,20</b>
<b>T8 (A2B2C2)</b>	3,8	3,6	3,8	<b>11,20</b>	<b>3,73</b>
<b>T9 (A3B1C1)</b>	3,6	3,5	3,4	<b>10,50</b>	<b>3,50</b>
<b>T10 (A3B1C2)</b>	4,6	4,8	3,7	<b>13,10</b>	<b>4,37</b>
<b>T11 (A3B2C1)</b>	4,4	4,3	4,7	<b>13,40</b>	<b>4,47</b>
<b>T12 (A3B2C2)</b>	5,5	6,3	4,5	<b>16,30</b>	<b>5,43</b>
<b>Σ Rep</b>	<b>38,7</b>	<b>39,1</b>	<b>36,6</b>	<b>114,40</b>	<b>3,18</b>

A1 = Cedròn

B1 = Fresco

C1 = 45 minutos-destilaci3n

A2 = Sunfo

B2 =Deshidratado

C2 = 90 minutos-destilaci3n

A3 = Hierba Luisa

**Cuadro 5.** Análisis de varianza de la variable rendimiento. Ibarra, 2009.

ADEVA						
F de V	gl	SC	CM	F cal.	F tab.	
					5%	1%
Total	35	50,12222				
Tratamientos	11	45,34889	4,12263	22,1212 **	2,22	3,10
Factor A	2	18,02722	9,01361	48,3652 **	3,40	5,61
Factor B	1	5,60111	5,60111	30,0544 **	4,26	7,82
Factor C	1	3,12111	3,12111	16,7472 **	4,26	7,82
AxB	2	2,38722	1,19361	6,4047 **	3,40	5,61
AxC	2	1,53500	0,76750	4,1182 *	3,40	5,61
BxC	1	0,00444	0,00444	0,0238 NS	4,26	7,82
AxBxC	2	0,12389	0,06195	0,3324 NS	3,40	5,61
Error Exp.	24	4,47278	0,18637			

CV = 9.84 %

$\bar{X}$  = 3.18 ml

\* = significativo al 5%.

\*\* = altamente significativo.

NS = No significativo

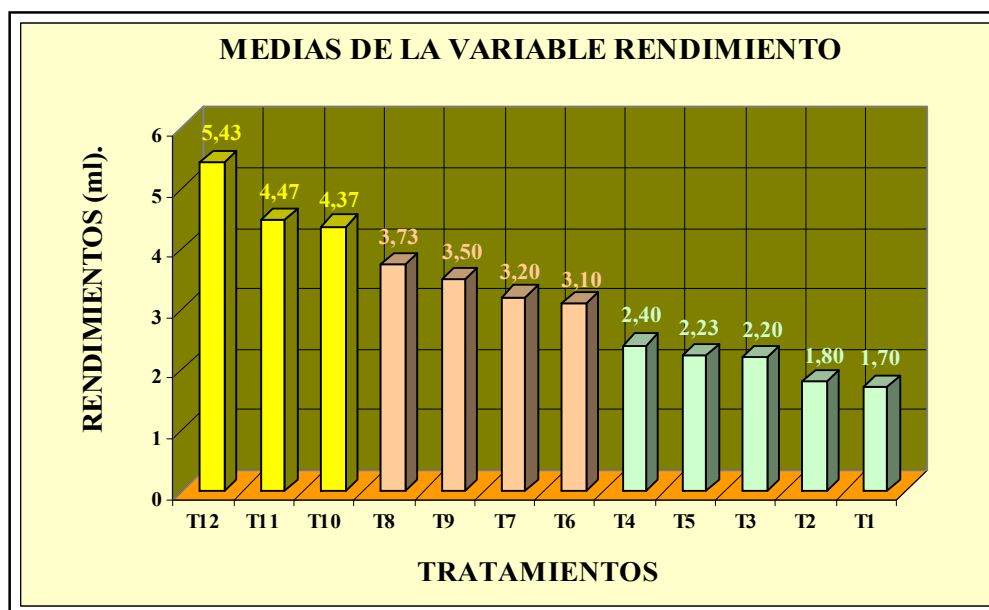
Según el análisis de varianza, se observa que son altamente significativos los: tratamientos, factor A (Plantas), factor B (Humedades), factor C (Tiempos), factorial AxB, mientras que el factorial AxC es significativo al 5%. El coeficiente de variación, esta dentro de lo aceptable.

**Prueba de Tukey.-** En el ADEVA, de la variable rendimiento, se encontró que los tratamientos son altamente significativos por lo que se procedió a realizar la prueba de Tukey al 5%.

**Cuadro 6.** Diferencias significativas entre tratamientos, de la variable rendimiento. Ibarra, 2009.

TRATAMIENTOS	MEDIAS	RANGOS
T12 (A3B2C2)	5,43	a
T11 (A3B2C1)	4,47	a
T10 (A3B1C2)	4,37	a
T8 (A2B2C2)	3,73	b
T9 (A3B1C1)	3,50	b
T7 (A2B2C1)	3,20	b
T6 (A2B1C2)	3,10	b
T4 (A1B2C2)	2,40	c
T5 (A2B1C1)	2,23	c
T3 (A1B2C1)	2,20	c
T2 (A1B1C2)	1,80	c
T1 (A1B1C1)	1,70	c

En la prueba de tukey al 5%, cuadro 6, se observa la presencia de tres rangos, resultando el mejor rango (a), dentro de este rango el mejor tratamiento es T12 (Hierba luisa, deshidratada a una destilación de 90 minutos) por tener el mejor rendimiento. Para los demás tratamientos se observan las diferencias entre rangos.



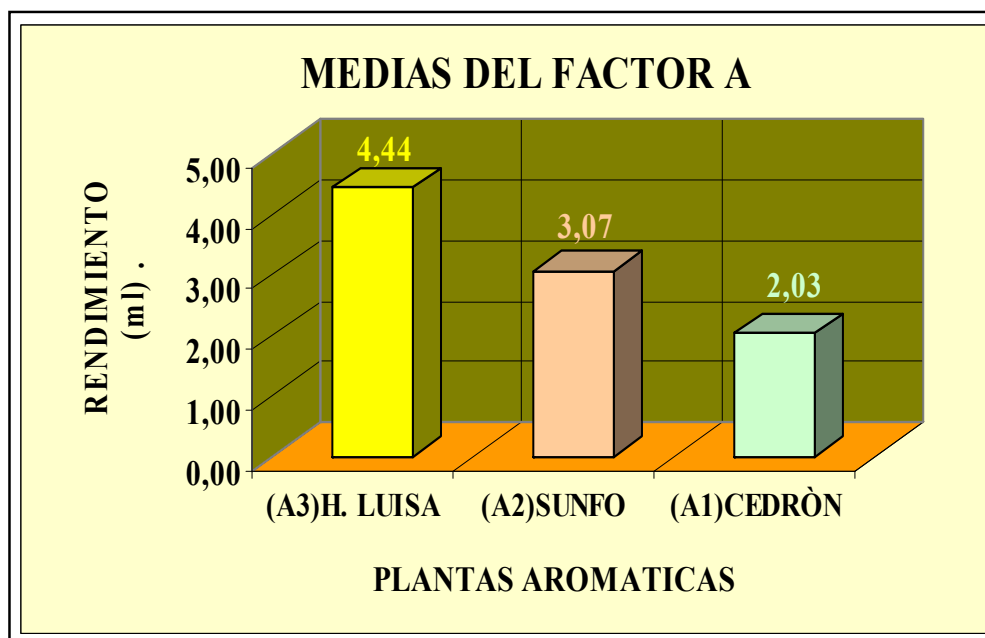
**Gráfico 1.** Medias de la variable rendimiento.

Prueba DMS para el factor A (Plantas aromáticas) en la variable rendimiento.

**Cuadro 7.** Medias del factor A, de la variable rendimiento. Ibarra, 2009.

FACTOR	MEDIAS	RANGOS
A3 (Hierba Luisa)	4,44	a
A2 (Sunfo)	3,07	b
A1 (Cedròn).	2,03	c

Luego de realizar DMS en el factor A (Plantas), se observa la presencia de 3 rangos a, b y c; siendo el mejor nivel el que se encuentra en el rango (a). Por lo tanto tiene más rendimiento la Hierba luisa (A3), tal como se muestra en el cuadro. Es decir entre plantas aromáticas si existe diferencia en sus rendimientos.



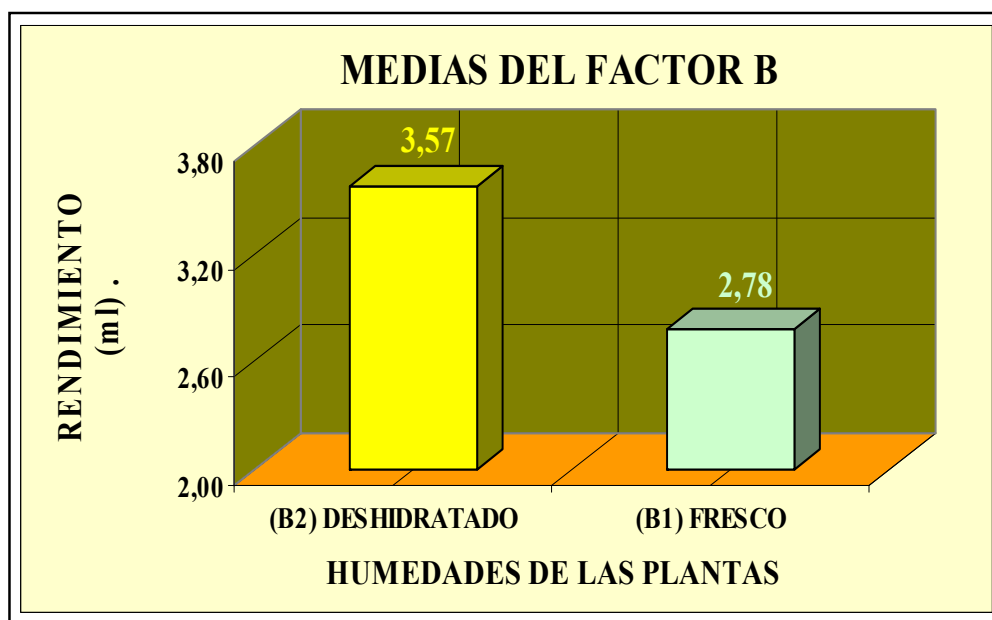
**Gráfico 2.** Medias del factor A, de la variable rendimiento.

Prueba DMS para el factor B (Humedades de las plantas) en la variable rendimiento.

**Cuadro 8.** Medias del factor B, de la variable rendimiento. Ibarra, 2009.

FACTOR	MEDIAS	RANGOS
B2 (Planta Deshidratada)	3,57	a
B1 (Planta Fresca)	2,78	b

Luego de realizar DMS en el factor B (Humedades), se observa que existen 2 rangos, siendo el mejor nivel B2 (Planta deshidratada), ya que presenta mayor rendimiento de aceites esenciales.



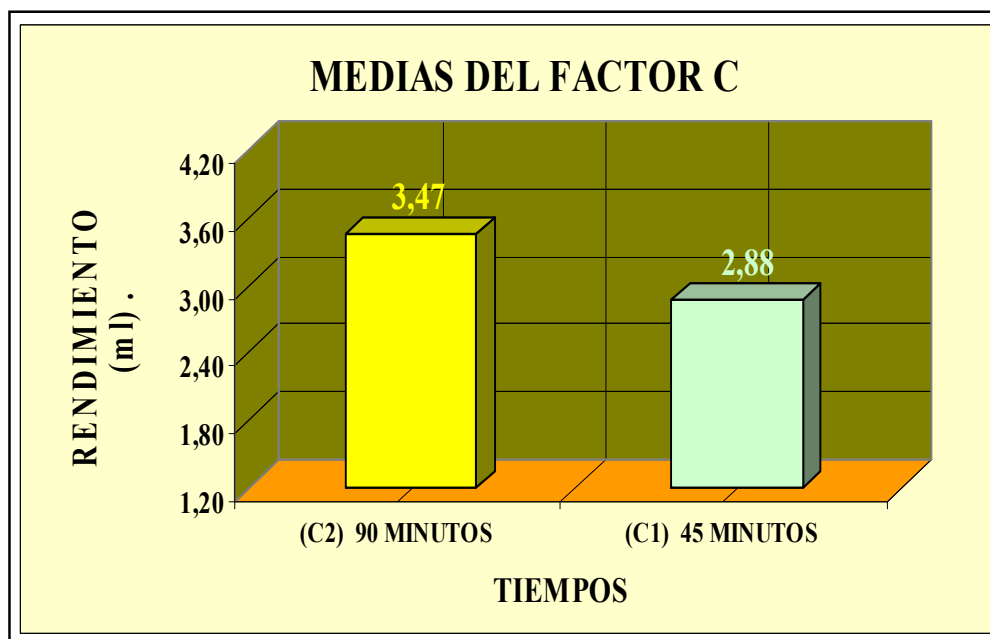
**Gráfico 3.** Medias del factor B, de la variable rendimiento

Prueba DMS para el factor C (Tiempos de destilación) en la variable rendimiento.

**Cuadro 9.** Medias del factor C, de la variable rendimiento. Ibarra, 2009.

FACTOR	MEDIAS	RANGOS
C2 (90' destilación)	3,47	a
C1 (45' destilación)	2,88	b

Luego de realizar DMS, en el factor C (Tiempos), se observa que existe 2 rangos a y b, siendo el mejor nivel el que se encuentra en el rango (a) es decir C2 (90 minutos de destilación) ya que presenta mayor rendimiento de aceites esenciales.

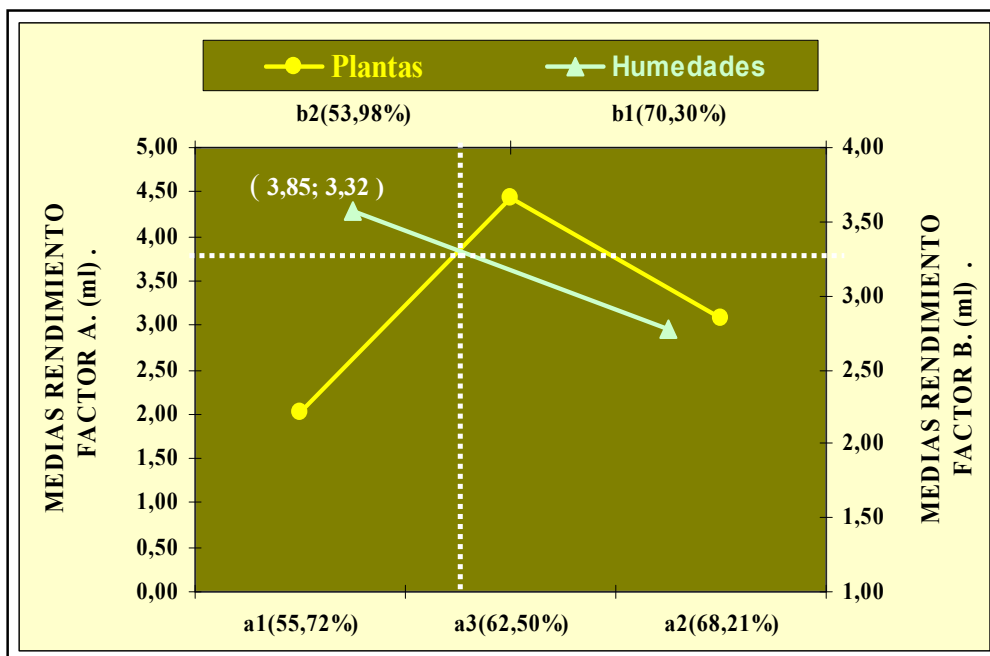


**Gráfico. 4.** Medias del factor C, de la variable rendimiento

### FACTORIAL AxB DE LA VARIABLE RENDIMIENTO.

**FACTOR A:** Plantas: Cedròn (a1), Sunfo (a2) y Hierba luisa (a3).

**FACTOR B:** Humedades: Fresco (b1) y Deshidratado (b2).



**Gráfico 5.** Interacción AxB de la variable rendimiento.

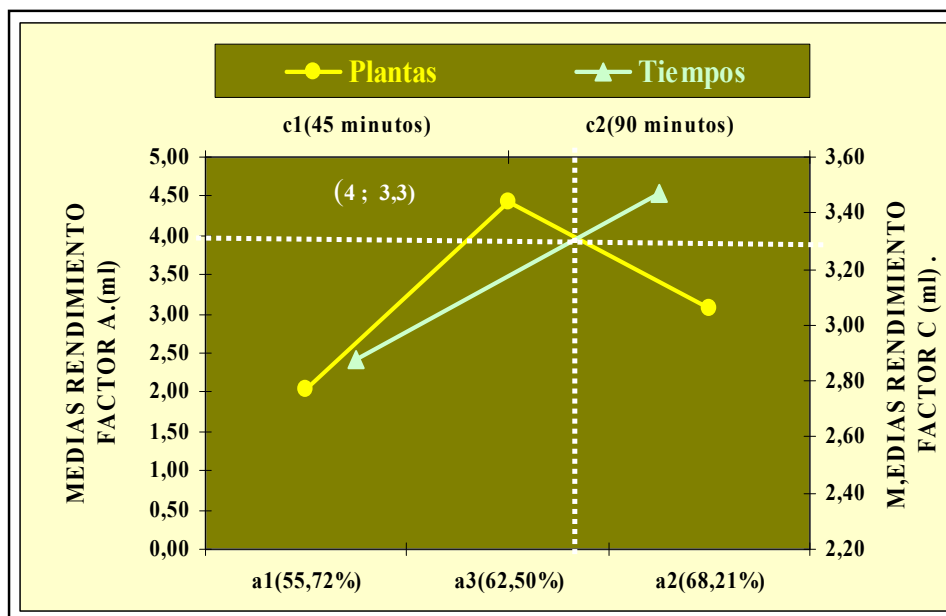
En el gráfico se observa que existe un punto de interacción entre los factores A (Plantas aromáticas) y B (Humedades de las plantas), de la variable rendimiento, por lo tanto esta interacción indica que se logra un aumento óptimo de los aceites esenciales hasta un valor máximo de 3,85 ml y mínimo de 3,32 ml, para la hierba luisa deshidratada a 53,98% de humedad promedio. Por lo que se concluye que la humedad de las plantas sí influye en el rendimiento de aceites esenciales.



### FACTORIAL AxC DE LA VARIABLE RENDIMIENTO.

**FACTOR A:** Plantas: Cedròn (a1), Sunfo (a2) y Hierba luisa (a3).

**FACTOR C:** Tiempos de extracción: 45 minutos (c1) y 90 minutos (c2).



**Gráfico 6.** Interacción AxC de la variable rendimiento

En el gráfico se observa que existe un punto de interacción entre los factores A (Plantas aromáticas) y C (Tiempos de destilación), de la variable rendimiento, por lo tanto esta interacción indica que se logra un aumento óptimo de los aceites esenciales hasta un valor máximo de 4 ml y un mínimo de 3,3 ml, en la hierba luisa con una humedad promedio de 62,5 % , al destilar por 90 minutos. Por lo que se concluye que el tiempo de destilación de las plantas, si influye en el rendimiento de los aceites esenciales.

## 4.2 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA VARIABLE DENSIDAD.

**Cuadro 10.** Datos de la densidad de los aceites esenciales. Ibarra, 2009

<b>DENSIDAD (g/ml)</b>					
<b>REPETICIONES</b>	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>	<b>Σ Trat</b>	<b><math>\bar{X}</math></b>
<b>TRATAMIENTOS</b>					
<b>T1 (A1B1C1)</b>	0,9542	0,9919	0,9649	<b>2,9110</b>	<b>0,9703</b>
<b>T2 (A1B1C2)</b>	0,9181	0,9376	0,9504	<b>2,8061</b>	<b>0,9354</b>
<b>T3 (A1B2C1)</b>	0,9213	0,9613	0,9186	<b>2,8012</b>	<b>0,9337</b>
<b>T4 (A1B2C2)</b>	0,9152	0,9758	0,9614	<b>2,8524</b>	<b>0,9508</b>
<b>T5 (A2B1C1)</b>	0,9276	0,9431	0,9451	<b>2,8158</b>	<b>0,9386</b>
<b>T6 (A2B1C2)</b>	0,9537	0,9640	0,9426	<b>2,8603</b>	<b>0,9534</b>
<b>T7 (A2B2C1)</b>	0,9481	0,9507	0,9710	<b>2,8698</b>	<b>0,9566</b>
<b>T8 (A2B2C2)</b>	0,9459	0,9785	0,9686	<b>2,8930</b>	<b>0,9643</b>
<b>T9 (A3B1C1)</b>	0,8620	0,8719	0,8852	<b>2,6191</b>	<b>0,8730</b>
<b>T10 (A3B1C2)</b>	0,8588	0,8736	0,8842	<b>2,6166</b>	<b>0,8722</b>
<b>T11 (A3B2C1)</b>	0,8700	0,8851	0,8741	<b>2,6292</b>	<b>0,8764</b>
<b>T12 (A3B2C2)</b>	0,8667	0,8717	0,8758	<b>2,6142</b>	<b>0,8714</b>
<b>Σ Rep</b>	<b>10,941</b>	<b>11,205</b>	<b>11,141</b>	<b>33,2887</b>	<b>0,9247</b>

A1 = Cedròn

B1 = Fresco

C1 = 45 minutos-destilación

A2 = Sunfo

B2 =Deshidratado

C2 = 90 minutos-destilación

A3 = Hierba Luisa

**Cuadro 11.** Análisis de varianza de la variable densidad. Ibarra,2009.

ADEVA						
F de V	Gl	SC	CM	F cal	F tab	
					5%	1%
Total	35	0,0579751				
Tratamientos	11	0,0514971	0,0046816	33,821 **	2,22	3,10
Factor A	2	0,0478005	0,0239003	172,661 **	3,40	5,61
Factor B	1	0,0000265	0,0000265	0,192 NS	4,26	7,82
Factor C	1	0,0000003	0,0000003	0,002 NS	4,26	7,82
AxB	2	0,0009408	0,0004704	3,398 *	3,40	5,61
AxC	2	0,0006474	0,0003237	2,338 NS	3,40	5,61
BxC	1	0,0004155	0,0004155	3,002 NS	4,26	7,82
AxBxC	2	0,0016659	0,0008330	3,0174 NS	3,40	5,61
Error Exp.	24	0,0033222	0,0001384			

CV = 1.27

$\bar{X}$  = 0.9247 g/ml

\* = Significativo al 5%.

\*\* = altamente significativo

NS = No significativo

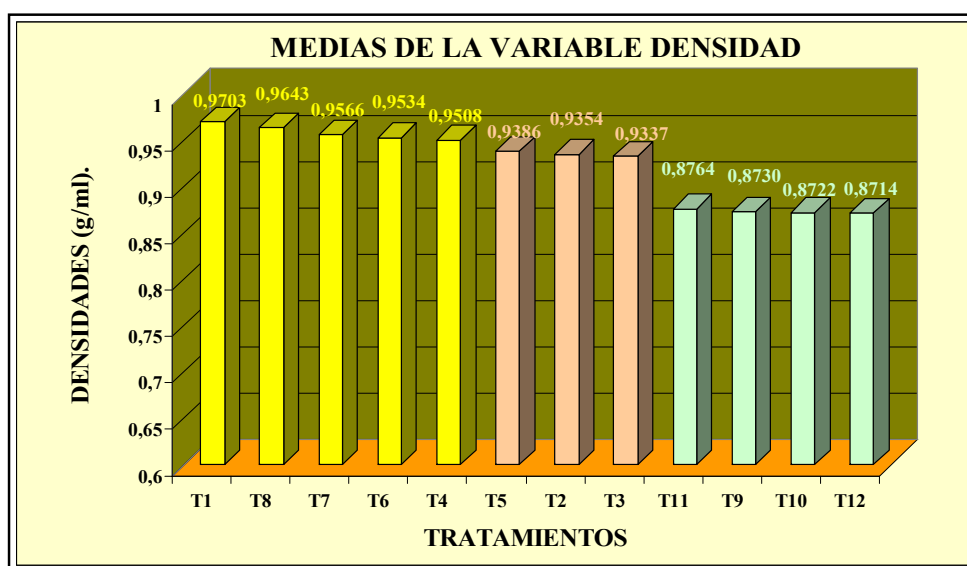
Según el análisis de varianza, son altamente significativos los: tratamientos, el factor A (Plantas); mientras el factorial AxB es significativo al 5%. El coeficiente de variación se encuentra dentro de lo aceptable.

**Prueba de Tukey.-** En el ADEVA, de la variable densidad, se encontró que los tratamientos son altamente significativos por lo que se procedió a realizar la prueba de Tukey al 5%.

**Cuadro 12.** Diferencias significativas entre tratamientos, de la variable densidad. Ibarra, 2009.

TRATAMIENTOS	MEDIAS	RANGOS
T1 (A1B1C1)	0,9703	a
T8 (A2B2C2)	0,9643	a
T7 (A2B2C1)	0,9566	a
T6 (A2B1C2)	0,9534	a
T4 (A1B2C2)	0,9508	a
T5 (A2B1C1)	0,9386	b
T2 (A1B1C2)	0,9354	b
T3 (A1B2C1)	0,9337	b
T11 (A3B2C1)	0,8764	c
T9 (A3B1C1)	0,8730	c
T10 (A3B1C2)	0,8722	c
T12 (A3B2C2)	0,8714	c

En la prueba de tukey al 5%, cuadro 12, se observa la presencia de tres rangos. Resultando mejor el rango (c), dentro de este rango el mejor tratamiento es T12 (Hierba Luisa, deshidratada con 90 minutos de destilación), por ser el tratamiento de menor densidad. Para los demás tratamientos se observan las diferencias entre rangos.



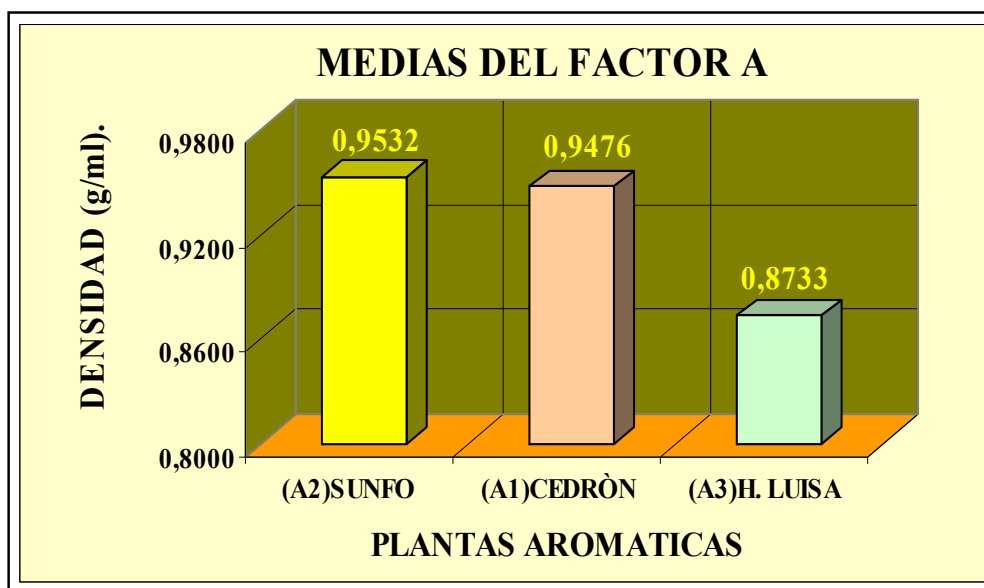
**Gráfico 7.** Medias de la variable densidad.

Prueba DMS para el factor A (Plantas aromáticas) en la variable densidad.

**Cuadro 13.** Medias del factor A, de la variable densidad. Ibarra, 2009.

FACTOR	MEDIAS	RANGOS
A2 (Sunfo)	0,9532	a
A1 (Cedròn)	0,9476	a
A3 (H. Luisa)	0,8733	b

Luego de realizar DMS para el factor A (Plantas), se observa que existen dos rangos (a) y (b) siendo mejor nivel el que se encuentra dentro del rango (b) es decir el nivel A3 (Hierba luisa), porque su aceite esencial tiene la densidad más baja que los dos niveles restantes tal como se observa en el cuadro.

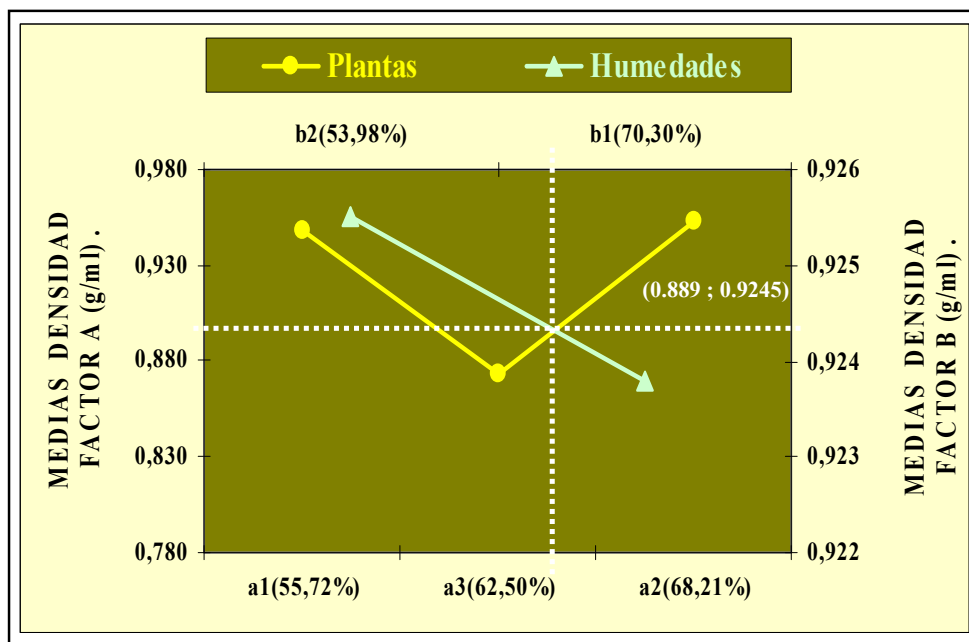


**Gráfico 8.** Medias del factor A, de la variable densidad.

### FACTORIAL AxB DE LA VARIABLE DENSIDAD.

**FACTOR A:** Plantas: Cedròn (a1), Sunfo (a2) y Hierba luisa (a3).

**FACTOR B:** Humedades: Fresco (b1) y deshidratado (b2)



**Gráfico 9.** Interacción AxB de la variable densidad.

En el gráfico se observa que existe un punto de interacción entre los factores A (Plantas aromáticas) y B (Humedades de las plantas), de la variable densidad por lo tanto esta interacción indica que se consigue una disminución óptima de la densidad hasta un valor mínimo de 0,899 g/ml y máximo de 0,9242 g/ml, en el aceite esencial de la hierba luisa, fresca a 70,3% de humedad promedio. Por lo que se concluye que los estados de humedad de las plantas aromáticas si influyen en la densidad de sus aceites esenciales.

## 4.2 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA VARIABLE ÍNDICE DE REFRACCIÓN.

**Cuadro 14.** Datos del Índice de Refracción de los aceites esenciales Ibarra, 2009.

<b>ÍNDICE DE REFRACCIÓN</b>					
<b>REPETICIONES</b>	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>	<b>Σ Trat</b>	<b><math>\bar{X}</math></b>
<b>TRATAMIENTOS</b>					
<b>T1 (A1B1C1)</b>	1,4855	1,4885	1,4875	<b>4,4615</b>	<b>1,4872</b>
<b>T2 (A1B1C2)</b>	1,4860	1,4870	1,4855	<b>4,4585</b>	<b>1,4862</b>
<b>T3 (A1B2C1)</b>	1,4865	1,4860	1,4845	<b>4,4570</b>	<b>1,4857</b>
<b>T4 (A1B2C2)</b>	1,4855	1,4872	1,4882	<b>4,4609</b>	<b>1,4870</b>
<b>T5 (A2B1C1)</b>	1,4795	1,4887	1,4765	<b>4,4447</b>	<b>1,4816</b>
<b>T6 (A2B1C2)</b>	1,4805	1,4822	1,4780	<b>4,4407</b>	<b>1,4802</b>
<b>T7 (A2B2C1)</b>	1,4820	1,4805	1,4802	<b>4,4427</b>	<b>1,4809</b>
<b>T8 (A2B2C2)</b>	1,4796	1,4834	1,4819	<b>4,4449</b>	<b>1,4816</b>
<b>T9 (A3B1C1)</b>	1,4845	1,484	1,4830	<b>4,4515</b>	<b>1,4838</b>
<b>T10 (A3B1C2)</b>	1,4846	1,4844	1,4841	<b>4,4531</b>	<b>1,4844</b>
<b>T11 (A3B2C1)</b>	1,4837	1,4834	1,4839	<b>4,4510</b>	<b>1,4837</b>
<b>T12 (A3B2C2)</b>	1,4844	1,4841	1,4840	<b>4,4525</b>	<b>1,4842</b>
<b>Σ Rep</b>	<b>17,8023</b>	<b>17,8194</b>	<b>17,7973</b>	<b>53,4190</b>	<b>1,4839</b>

A1 = Cedròn

B1 = Fresco

C1 = 45 minutos-destilación

A2 = Sunfo

B2 =Deshidratado

C2 = 90 minutos-destilación

A3 = Hierba Luisa

**Cuadro 15.** Análisis de varianza de la variable índice de refracción Ibarra, 2009.

ADEVA						
F de V	gl	SC	CM	Fcal	F tab	
Total	35	0,00029725			5%	1%
Tratamiento	11	0,00018507	0,000016825	4,4971 **	2,22	3,10
Factor A	2	0,00017589	0,000087945	23,507 **	3,40	5,61
Factor B	1	0,00000003	0,000000028	0,0074 NS	4,26	7,82
Factor C	1	0,00000013	0,000000134	0,0359 NS	4,26	7,82
AxB	2	0,00000084	0,000000420	0,1123 NS	3,40	5,61
AxC	2	0,00000100	0,000000500	0,1336 NS	3,40	5,61
BxC	1	0,00000469	0,000004694	1,2548 NS	4,26	7,82
AxBxC	2	0,00000247	0,000001235	0,3301 NS	3,40	5,61
Error Exp.	24	0,00008979	0,000003741			

$$\bar{X} = 1.4839$$

\*\* = altamente significativo

$$CV = 0.13$$

NS = No significativo.

Luego de realizar el análisis de varianza de la variable índice de refracción, se observa que estadísticamente son altamente significativos los: tratamientos y factor A (Plantas). El coeficiente de variación esta dentro lo aceptable.

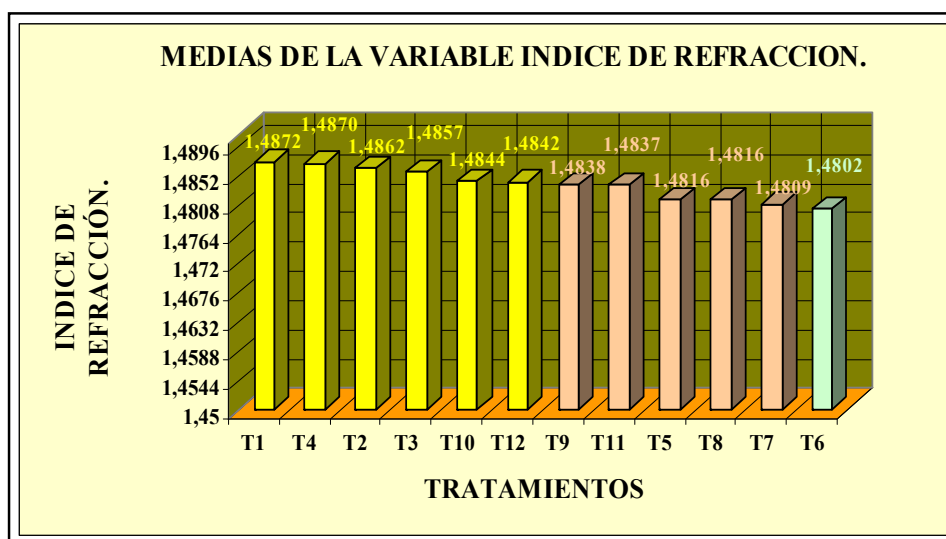
**Prueba de Tukey.-** Para los tratamientos de la variable índice de refracción se utilizó la prueba de Tukey al 5%



**Cuadro 16.** Diferencias significativas entre tratamientos de la variable índice de refracción. Ibarra, 2009.

TRATAMIENTOS	MEDIAS	RANGOS
T1 (A1B1C1)	1,4872	a
T4 (A1B2C2)	1,4870	a
T2 (A1B1C2)	1,4862	a
T3 (A1B2C1)	1,4857	a
T10 (A3B1C2)	1,4844	a
T12 (A3B2C2)	1,4842	a
T9 (A3B1C1)	1,4838	b
T11 (A3B2C1)	1,4837	b
T5 (A2B1C1)	1,4816	b
T8 (A2B2C2)	1,4816	b
T7 (A2B2C1)	1,4809	b
T6 (A2B1C2)	1,4802	c

En la prueba de Tukey al 5%, cuadro 16, se observa que existen tres rangos. Los mejores tratamientos son T2 (Cedròn, fresco con 90 minutos-destilación), T12 (H. Luisa, deshidratado con 90 minutos-destilación), T9 (H. Luisa, fresco con 45 minutos-destilación) y T7 (Sunfo, deshidratado con 45 minutos-destilación) tomando en cuenta los índices de refracción promedio de los aceites esenciales de cada planta, los cuales indican la pureza de los mismos.



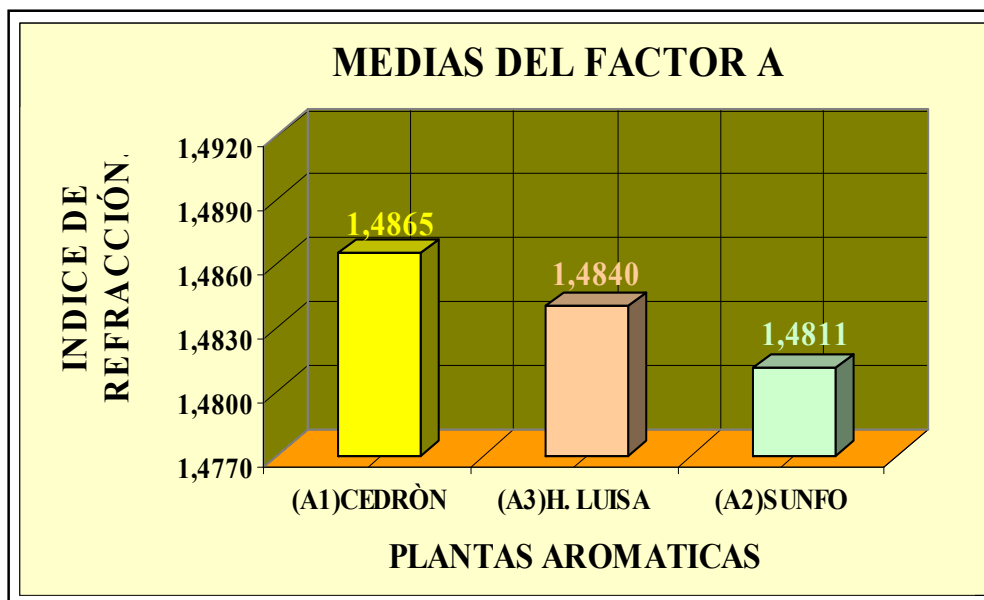
**Gráfico 10.** Medias de la variable índice de refracción.

Prueba DMS para el factor A (Plantas Aromáticas) en la variable rendimiento

**Cuadro 17.** Medias del factor A de la variable índice de refracción. Ibarra, 2009.

FACTORES	MEDIAS	RANGOS
A1 (Cedròn)	1,4865	a
A3 (H. Luisa)	1,4840	a
A2 (Sunfo)	1,4811	b

Luego de realizar DMS para el factor A (Plantas), se observa la presencia de dos rangos (a) y (b), dentro de los dos rangos todos los niveles son los mejores debido a que las medias del índice de refracción de cada aceite son diferentes en su concentración y pureza para cada planta, tal como se observa en el cuadro.



**Gráfico 11.** Medias del factor A, de la variable índice de refracción.

#### 4.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA VARIABLE RESIDUO NO VOLÁTIL.

**Cuadro 18.** Datos del Residuo No Volátil de los aceites esenciales.Ibarra, 2009.

<b>RESIDUO NO VOLÁTIL (g)</b>					
<b>REPETICIONES TRATAMIENTOS</b>	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>	<b>Σ Trat</b>	<b><math>\bar{X}</math></b>
<b>T1 (A1B1C1)</b>	0,4376	0,5149	0,4546	<b>1,4071</b>	<b>0,4690</b>
<b>T2 (A1B1C2)</b>	0,4967	0,4888	0,3686	<b>1,3541</b>	<b>0,4514</b>
<b>T3 (A1B2C1)</b>	0,4455	0,3894	0,4646	<b>1,2995</b>	<b>0,4332</b>
<b>T4 (A1B2C2)</b>	0,4960	0,4873	0,4646	<b>1,4479</b>	<b>0,4826</b>
<b>T5 (A2B1C1)</b>	0,3477	0,3908	0,3326	<b>1,0711</b>	<b>0,3570</b>
<b>T6 (A2B1C2)</b>	0,2954	0,3236	0,2931	<b>0,9121</b>	<b>0,3040</b>
<b>T7 (A2B2C1)</b>	0,2970	0,3187	0,2534	<b>0,8691</b>	<b>0,2897</b>
<b>T8 (A2B2C2)</b>	0,2538	0,2619	0,3139	<b>0,8296</b>	<b>0,2765</b>
<b>T9 (A3B1C1)</b>	0,3432	0,3070	0,2485	<b>0,8987</b>	<b>0,2996</b>
<b>T10 (A3B1C2)</b>	0,356	0,3224	0,3099	<b>0,9883</b>	<b>0,3294</b>
<b>T11 (A3B2C1)</b>	0,2762	0,3725	0,2675	<b>0,9162</b>	<b>0,3054</b>
<b>T12 (A3B2C2)</b>	0,3255	0,3306	0,3044	<b>0,9605</b>	<b>0,3202</b>
<b>Σ Rep</b>	<b>4,3706</b>	<b>4,5079</b>	<b>4,0757</b>	<b>12,9542</b>	<b>0,3598</b>

A1 = Cedròn

B1 = Fresco

C1 = 45 minutos-destilación

A2 = Sunfo

B2 =Deshidratado

C2 = 90 minutos-destilación

A3 = Hierba Luisa

**Cuadro 19.** Análisis de varianza de la variable residuo no volátil. Ibarra, 2009.

ADEVA						
F de V	gl	SC	CM	Fcal	F Tab	
					5%	1%
<b>Total</b>	<b>35</b>	<b>0,23131</b>				
<b>Tratamientos</b>	<b>11</b>	<b>0,19449</b>	<b>0,017681</b>	<b>14,7955**</b>	<b>2,22</b>	<b>3,10</b>
<b>Factor A</b>	<b>2</b>	<b>0,17745</b>	<b>0,088725</b>	<b>74,243**</b>	<b>3,40</b>	<b>5,61</b>
<b>Factor B</b>	<b>1</b>	<b>0,00264</b>	<b>0,002645</b>	<b>2,2136 NS</b>	<b>4,26</b>	<b>7,82</b>
<b>Factor C</b>	<b>1</b>	<b>0,00002</b>	<b>0,000026</b>	<b>0,0221 NS</b>	<b>4,26</b>	<b>7,82</b>
<b>AxB</b>	<b>2</b>	<b>0,00412</b>	<b>0,002062</b>	<b>1,7254 NS</b>	<b>3,40</b>	<b>5,61</b>
<b>AxC</b>	<b>2</b>	<b>0,00551</b>	<b>0,002754</b>	<b>2,3049 NS</b>	<b>3,40</b>	<b>5,61</b>
<b>BxC</b>	<b>1</b>	<b>0,00211</b>	<b>0,002109</b>	<b>1,7655 NS</b>	<b>4,26</b>	<b>7,82</b>
<b>AxBxC</b>	<b>2</b>	<b>0,00263</b>	<b>0,001316</b>	<b>1,1009 NS</b>	<b>3,40</b>	<b>5,61</b>
<b>Error Exp.</b>	<b>24</b>	<b>0,02868</b>	<b>0,001195</b>			

$$\bar{X} = 0.3598 \text{ g}$$

$$CV = 9,61$$

\*\* = altamente significativo

NS = No significativo

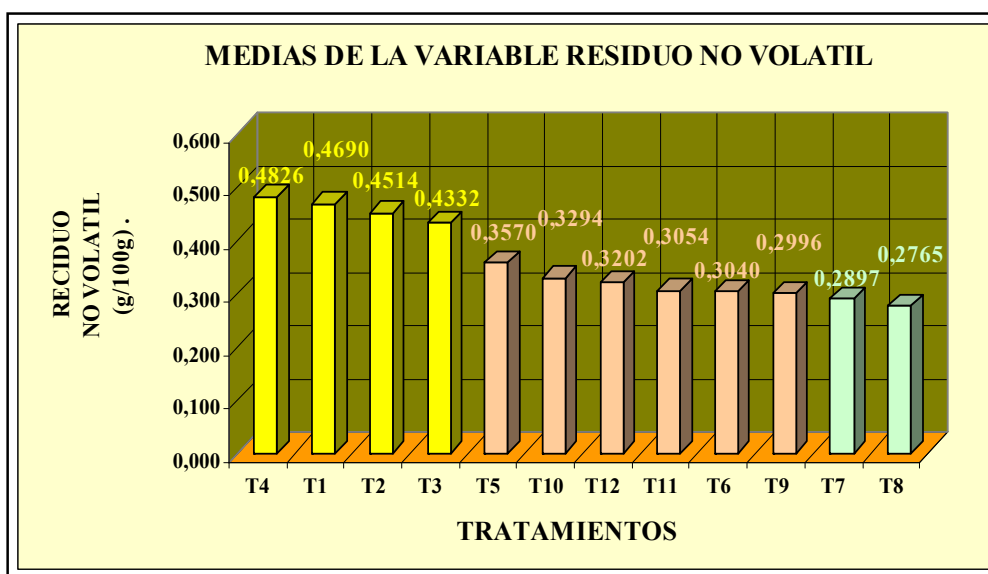
Luego de realizar el análisis de varianza de la variable residuo no volátil se observa que son altamente significativos los: tratamientos y el factor A (Plantas), lo que quiere decir que estadísticamente existe diferencias entre sus medias. El coeficiente de variación esta dentro de lo aceptable.

**Prueba de tukey.-** Para los tratamientos de la variable residuo no volátil se utilizó la prueba de Tukey al 5%.

**Cuadro 20.** Diferencias significativas entre tratamientos de la variable residuo no volátil. Ibarra, 2009.

TRATAMIENTOS	MEDIAS	RANGOS
T4 (A1B2C2)	0,4826	a
T1 (A1B1C1)	0,4690	a
T2 (A1B1C2)	0,4514	a
T3 (A1B2C1)	0,4332	a
T5 (A2B1C1)	0,3570	b
T10 (A3B1C2)	0,3294	b
T12 (A3B2C2)	0,3202	b
T11 (A3B2C1)	0,3054	b
T6 (A2B1C2)	0,3040	b
T9 (A3B1C1)	0,2996	b
T7 (A2B2C1)	0,2897	c
T8 (A2B2C2)	0,2765	c

En la prueba de Tukey al 5%, cuadro 20 se observa la presencia de tres rangos, el mejor rango es (c) y dentro de este, el mejor tratamiento es T8 (Sunfo, deshidratado y 90 minutos de destilación) por tener menos cantidad de residuo no volátil es decir su aceite es más puro en su concentración. Para los demás tratamientos se observa las diferencias entre rangos.



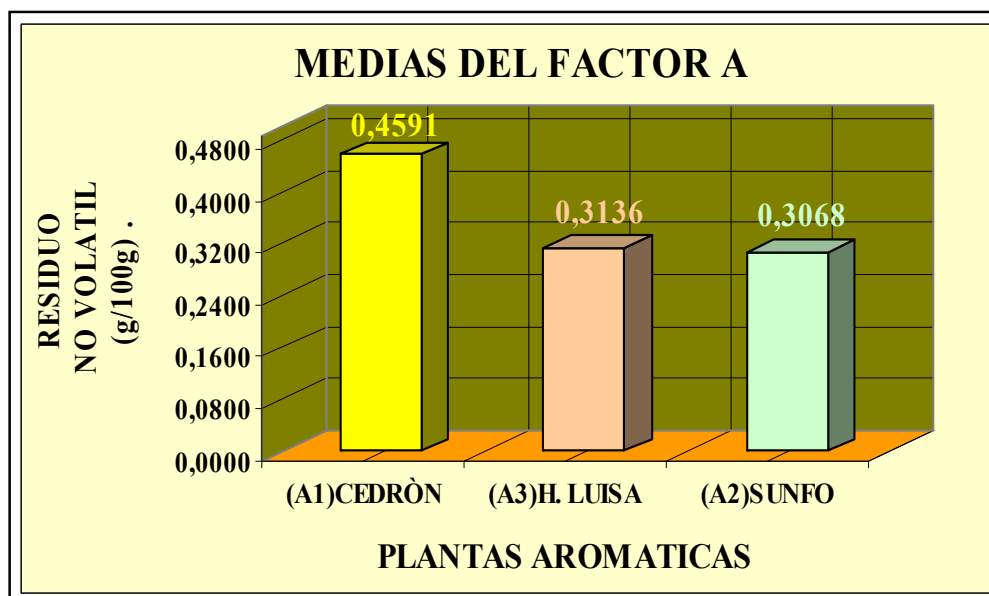
**Gráfico 12.** Medias de la variable residuo no volátil.

Prueba DMS para el factor A (Plantas aromáticas) de la variable residuo no volátil.

**Cuadro 21.** Medias del factor A, de la variable residuo no volátil. Ibarra, 2009

FACTORES	MEDIAS	RANGOS
A1 (Cedròn)	0,4591	a
A3 (H. Luisa)	0,3136	b
A2 (Sunfo)	0,3068	b

Luego de realizar DMS para el factor A (Plantas), se observa que existen dos rangos, en el rango (b) el mejor nivel es A2 (Sunfo), porque su aceite esencial tiene menos residuo no volátil, lo que quiere decir que en su composición hay menos sustancias no deseables que determinan la calidad del aceite.



**Gráfico 13.** Medias del factor A, de la variable residuo no volátil.

#### 4.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA VARIABLE PICO DE ABSORBANCIA MÁXIMA.

**Cuadro 22.** Datos del Pico de Absorbancia Máxima de los aceites esenciales Ibarra, 2009.

<b>PICO DE ABSORBANCIA MÁXIMA (nm)</b>					
<b>REPETICIONES</b>	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>	<b>Σ Trat</b>	<b><math>\bar{X}</math></b>
<b>TRATAMIENTOS</b>					
<b>T1 (A1B1C1)</b>	231	225	202	<b>658,0</b>	<b>219,33</b>
<b>T2 (A1B1C2)</b>	228	252	239,9	<b>719,9</b>	<b>239,97</b>
<b>T3 (A1B2C1)</b>	223	238	213	<b>674,0</b>	<b>224,67</b>
<b>T4 (A1B2C2)</b>	235,1	273	220	<b>728,1</b>	<b>242,70</b>
<b>T5 (A2B1C1)</b>	258	246	272	<b>776,0</b>	<b>258,67</b>
<b>T6 (A2B1C2)</b>	316	234	222	<b>772,0</b>	<b>257,33</b>
<b>T7 (A2B2C1)</b>	242,0	224,1	217	<b>683,1</b>	<b>227,70</b>
<b>T8 (A2B2C2)</b>	220	211	267,9	<b>698,9</b>	<b>232,97</b>
<b>T9 (A3B1C1)</b>	272	221,1	267,9	<b>761,0</b>	<b>253,67</b>
<b>T10 (A3B1C2)</b>	223	223	241	<b>687,0</b>	<b>229,00</b>
<b>T11 (A3B2C1)</b>	281	236,9	273	<b>790,9</b>	<b>263,63</b>
<b>T12 (A3B2C2)</b>	252	231	213	<b>696,0</b>	<b>232,00</b>
<b>Σ Rep</b>	<b>2981,1</b>	<b>2815,1</b>	<b>2848,7</b>	<b>8644,9</b>	<b>240,14</b>

A1 = Cedròn

B1 = Fresco

C1 = 45 minutos-destilación

A2 = Sunfo

B2 =Deshidratado

C2 = 90 minutos-destilación

A3 = Hierba Luisa

**Cuadro 23.** Análisis de varianza de la variable pico de absorbancia máxima.  
Ibarra, 2009.

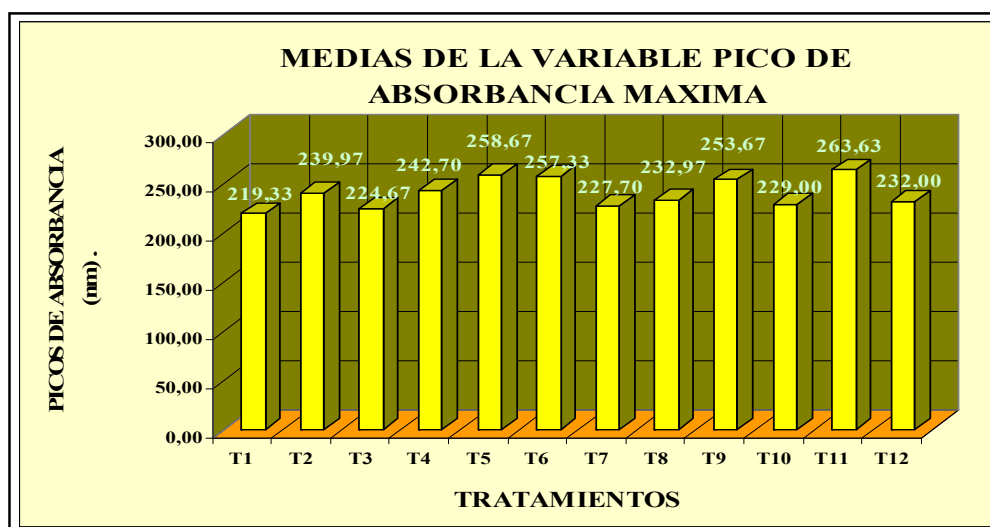
ADEVA						
F de V	gl	SC	CM	Fcal	F Tab	
					5%	1%
<b>Total</b>	35	21369,8031				
<b>Tratamientos</b>	11	7347,7497	667,9772	1,26 NS	2,22	3,10
<b>Factor A</b>	2	1292,1672	646,0836	1,22 NS	3,40	5,61
<b>Factor B</b>	1	294,1225	294,1225	0,55 NS	4,26	7,82
<b>Factor C</b>	1	46,9225	46,9225	0,09 NS	4,26	7,82
<b>AxB</b>	2	2177,1150	1088,5575	2,05 NS	3,40	5,61
<b>AxC</b>	2	3463,2817	1731,6409	3,26 NS	3,40	5,61
<b>BxC</b>	1	2,2003	2,2003	0,00 NS	4,26	7,82
<b>AxBxC</b>	2	71,9406	35,9703	0,07 NS	3,40	5,61
<b>Error Exp.</b>	24	12738,3111	530,7630			

CV = 9.59

NS = No significativo

$\bar{X}$  = 240.14 nm

Luego de realizar el análisis de varianza, se observa que no existe diferencia significativa entre tratamientos ni entre factores, por lo tanto son estadísticamente iguales.



**Gráfico 14.** Medias de la variable pico de absorbancia máxima.



#### 4.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA VARIABLE VISCOSIDAD.

**Cuadro 24.** Datos de la viscosidad de los aceites esenciales. Ibarra, 2009.

<b>VISCOSIDAD (cps)</b>					
<b>REPETICIONES</b> <b>TRATAMIENTOS</b>	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>	<b>Σ Trat</b>	<b><math>\bar{X}</math></b>
<b>T1 (A1B1C1)</b>	2,798	2,880	3,033	<b>8,711</b>	<b>2,904</b>
<b>T2 (A1B1C2)</b>	2,827	2,967	2,777	<b>8,572</b>	<b>2,857</b>
<b>T3 (A1B2C1)</b>	2,694	2,682	2,538	<b>7,913</b>	<b>2,638</b>
<b>T4 (A1B2C2)</b>	2,884	3,004	2,617	<b>8,506</b>	<b>2,835</b>
<b>T5 (A2B1C1)</b>	2,572	2,905	2,669	<b>8,146</b>	<b>2,715</b>
<b>T6 (A2B1C2)</b>	2,755	2,805	2,847	<b>8,406</b>	<b>2,802</b>
<b>T7 (A2B2C1)</b>	2,646	2,615	2,713	<b>7,974</b>	<b>2,658</b>
<b>T8 (A2B2C2)</b>	3,015	3,074	2,907	<b>8,996</b>	<b>2,999</b>
<b>T9 (A3B1C1)</b>	2,095	2,170	2,078	<b>6,342</b>	<b>2,114</b>
<b>T10 (A3B1C2)</b>	2,075	2,247	2,094	<b>6,416</b>	<b>2,139</b>
<b>T11 (A3B2C1)</b>	2,101	2,213	2,229	<b>6,544</b>	<b>2,181</b>
<b>T12 (A3B2C2)</b>	2,192	2,187	2,213	<b>6,593</b>	<b>2,198</b>
<b>Σ Rep</b>	<b>30,653</b>	<b>31,749</b>	<b>30,716</b>	<b>93,118</b>	<b>2,587</b>

A1 = Cedròn

B1 = Fresco

C1 = 45 minutos-destilación

A2 = Sunfo

B2 =Deshidratado

C2 = 90 minutos-destilación

A3 = Hierba Luisa

**Cuadro 25.** Análisis de varianza de la variable viscosidad. Ibarra, 2009.

ADEVA						
F de V	gl	SC	CM	Fcal	F Tab	
Total	35	3,90422			5%	1%
Tratamientos	11	3,64747	0,33159	41,1205**	2,22	3,10
Factor A	2	3,31047	1,65524	205,267**	3,40	5,61
Factor B	1	0,00012	0,00012	0,0153 NS	4,26	7,82
Factor C	1	0,09597	0,09598	11,9020**	4,26	7,82
AxB	2	0,08845	0,04423	5,4846 *	3,40	5,61
AxC	2	0,05951	0,02976	3,6902 *	3,40	5,61
BxC	1	0,05987	0,05988	7,4255 *	4,26	7,82
AxBxC	2	0,03306	0,01653	2,0501 NS	3,40	5,61
Error Exp.	24	0,19353	0,00806			

CV = 3.47

X = 2.587 cps

\*\* = altamente significativo

\* = significativo al 5%

NS = No significativo

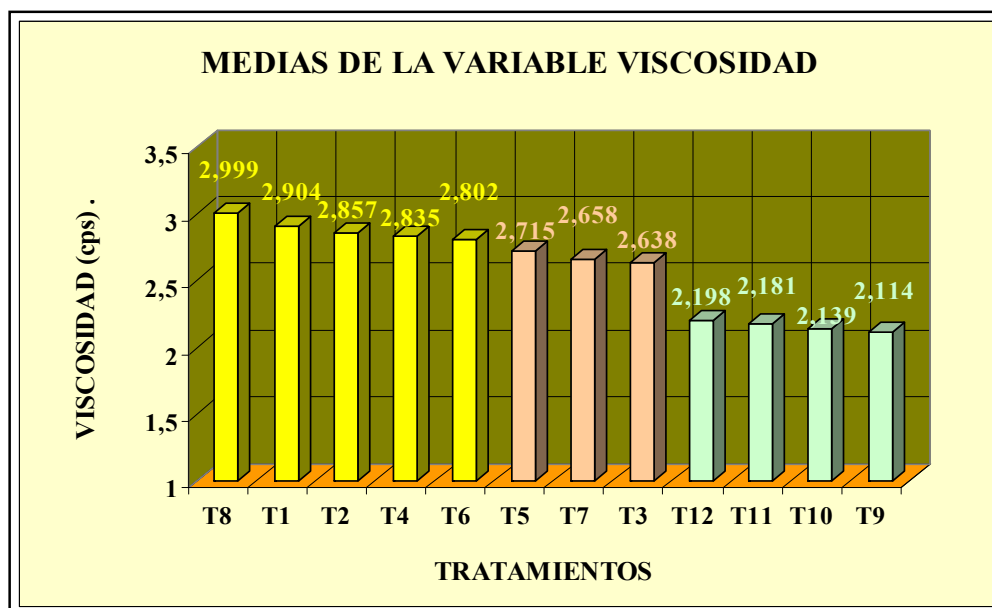
Luego de realizar el análisis de varianza de la variable viscosidad, se observa que son altamente significativos los: tratamientos, el factor A (Plantas) y el factor C (Tiempos). Mientras que son significativos al 5%, los factoriales AxB, AxC y BxC. El coeficiente de variación se encuentra dentro de lo aceptable.

**Prueba de Tukey.-** Para los tratamientos de la variable viscosidad, se utilizó la prueba de Tukey al 5%.

**Cuadro 26.** Diferencias significativas entre tratamientos de la variable viscosidad. Ibarra, 2009.

TRATAMIENTOS	MEDIAS	RANGOS
T8 (A2B2C2)	2,999	a
T1 (A1B1C1)	2,904	a
T2 (A1B1C2)	2,857	a
T4 (A1B2C2)	2,835	b
T6 (A2B1C2)	2,802	b
T5 (A2B1C1)	2,715	b
T7 (A2B2C1)	2,658	c
T3 (A1B2C1)	2,638	c
T12 (A3B2C2)	2,198	d
T11 (A3B2C1)	2,181	d
T10 (A3B1C2)	2,139	d
T9 (A3B1C1)	2,114	d

En la prueba de Tukey al 5%, cuadro 26, se observa la presencia de cuatro rangos, resultando mejor el rango (d), dentro de este rango el mejor tratamiento es T9 (H. Luisa fresca con 45 minutos de destilación), por ser el tratamiento de menor viscosidad. Para los demás tratamientos se observa la diferencia entre rangos.



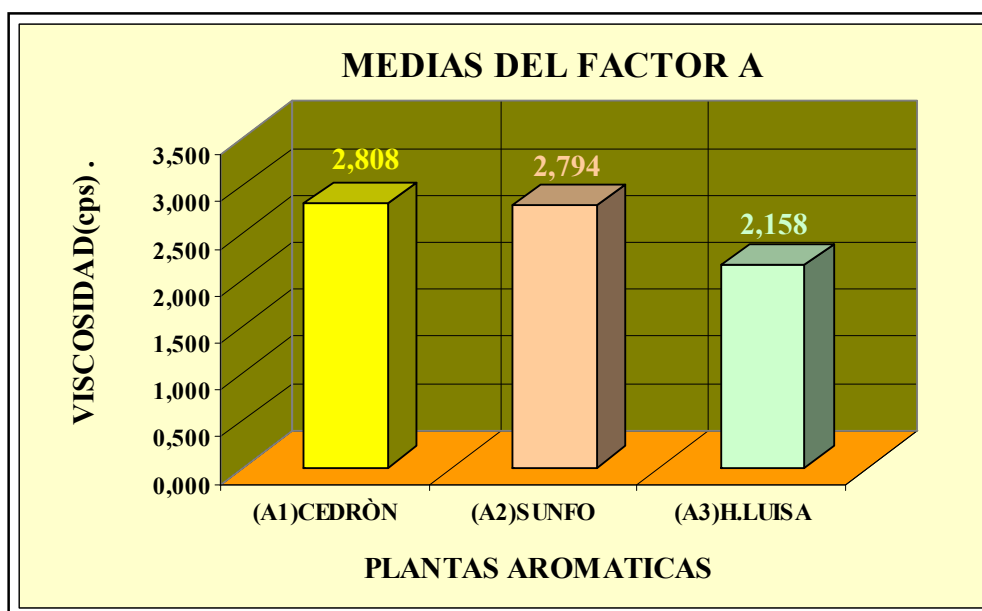
**Gráfico 15.** Medias de la variable viscosidad.

Prueba DMS para el factor A (Plantas aromáticas) de la variable viscosidad.

**Cuadro 27.** Medias del factor A, de la variable viscosidad. Ibarra, 2009.

FACTORES	MEDIAS (cps)	RANGOS
A1 (Cedròn)	2,808	a
A2 (Sunfo)	2,794	a
A3 (H. Luisa)	2,158	b

Luego de realizar DMS, para el factor A (Plantas), se observa que existen dos rangos, en el rango (b) se encuentra el mejor nivel A3 (H. Luisa) porque su aceite esencial tiene menos viscosidad, que los dos niveles restantes tal como se observa en el cuadro.



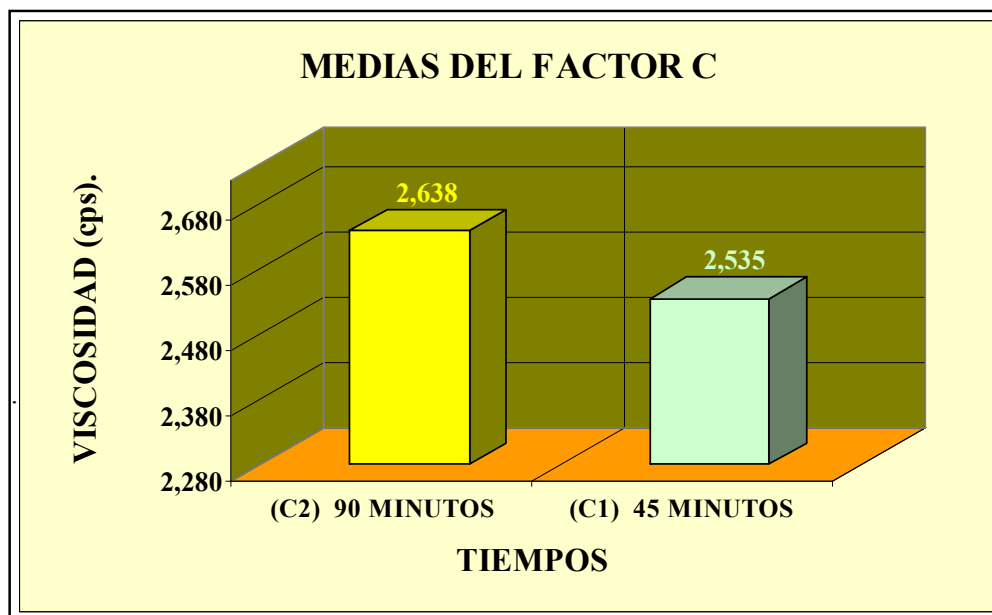
**Gráfico 16.** Medias del factor A, de la variable viscosidad.

Prueba DMS para el factor C (Tiempos de destilación), de la variable viscosidad.

**Cuadro 28.** Medias del factor C, de la variable viscosidad. Ibarra, 2009.

FACTORES	MEDIAS	RANGOS
C2 (90 minutos)	2,638	a
C1 (45 minutos)	2,535	a

Luego de realizar DMS para el factor C (Tiempos), se observa que existe un solo rango, dentro de este rango el mejor nivel es C1 (45 minutos), porque en el menor tiempo de destilación existe menos viscosidad en el aceite esencial extraído. Por lo tanto los niveles del factor C influyen de mejor y diferente manera en el experimento.

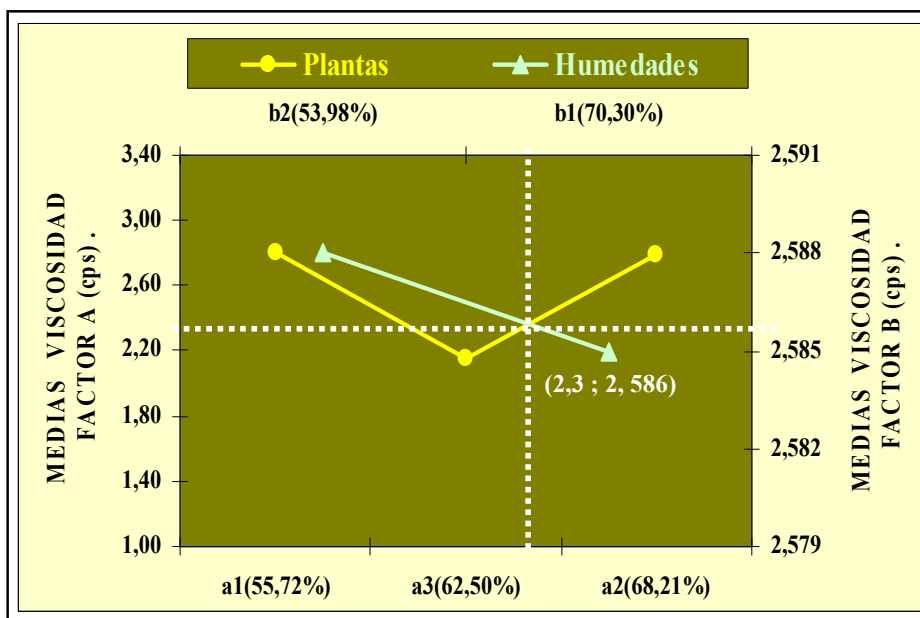


**Gráfico 17.** Medias del factor C, de la variable viscosidad.

### FACTORIAL AxB DE LA VARIABLE VISCOSIDAD.

**FACTOR A:** Plantas: Cedròn (a1), Sunfo (a2) y Hierba luisa (a3).

**FACTOR B:** Humedades: fresco (b1) y deshidratado (b2).



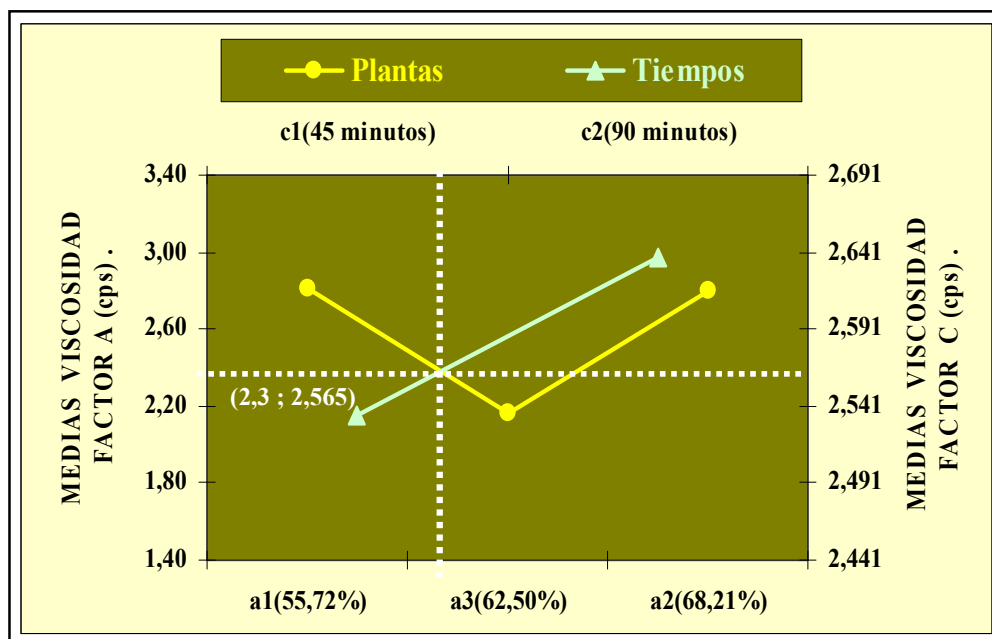
**Gráfico 18.** Interacción AxB de la variable viscosidad.

En el gráfico se observa que existe un punto de interacción entre los factores A (Plantas aromáticas) y B (Humedades), por lo tanto esta interacción indica que se consigue una disminución óptima de la viscosidad hasta un valor mínimo de 2,3 cps y un máximo 2,586 cps para la hierba luisa deshidratada a una humedad promedio de 53,98 %. Por lo que se concluye que las humedades de las plantas si influyen en la viscosidad de los aceites esenciales.

### FACTORIAL AxC DE LA VARIABLE VISCOSIDAD.

**FACTOR A:** Plantas: Cedròn (a1), Sunfo (a2) y Hierba luisa (a3).

**FACTOR C:** Tiempos de destilación: 45 minutos (c1) y 90 minutos (c2).



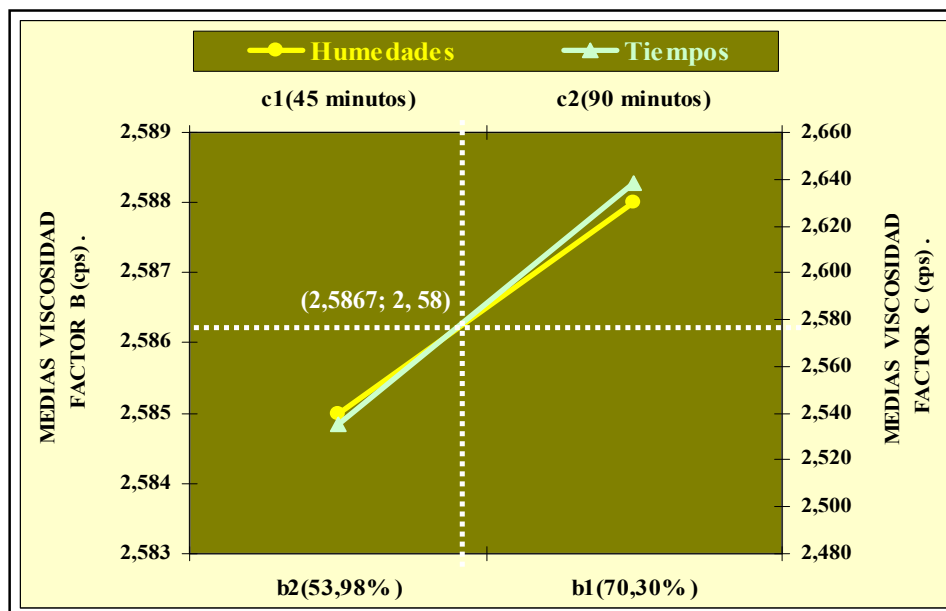
**Gráfico 19.** Interacción AxC de la variable viscosidad.

En el grafico, se observa que existe un punto de interacción entre los factores A (Plantas aromáticas) y C (Tiempos de destilación), por lo tanto esta interacción indica que se consigue una disminución óptima de la viscosidad de los aceites esenciales hasta un valor mínimo de 2,3 cps y un máximo de 2,565 cps, en la hierba luisa con una humedad promedio de 62,5%, al destilar por 45 minutos. Por lo que se concluye que los tiempos de destilación de las plantas si influyen en la viscosidad de los aceites esenciales.

### FACTORIAL BxC DE LA VARIABLE VISCOSIDAD.

**FACTOR B:** Humedades: fresco (b1) y deshidratado (b2).

**FACTOR C:** Tiempos de destilación: 45 minutos (c1) y 90 minutos (c2).



**Gráfico 20.** Interacción BxC de la variable viscosidad.

En el gráfico se observa que existe un punto de interacción entre los factores B (Humedades de la planta) y C (Tiempos de destilación), por lo tanto esta interacción indica que se consigue una disminución óptima de la viscosidad hasta un valor máximo 2,5867 cps y un mínimo 2,58 cps en las plantas deshidratadas con una humedad promedio de 53,98%, al destilar por 45 minutos. Por lo que se concluye que las humedades y los tiempos de destilación de las plantas, si influyen en la viscosidad de los aceites esenciales.



**4.7 PESOS DE LOS VOLÚMENES DEL RENDIMIENTO DE LOS ACEITES ESENCIALES.**

**Cuadro 29** Pesos de los aceites esenciales de cada unidad experimental

RENDIMIENTO (g)					
REPETICIONES TRATAMIENTOS	R1	R2	R3	$\Sigma$ Trat	$\bar{x}$
T1 (A1B1C1)	1,43	1,79	1,74	4,96	1,75
T2 (A1B1C2)	1,65	1,78	1,62	5,05	1,68
T3 (A1B2C1)	2,12	2,02	2,02	6,16	2,05
T4 (A1B2C2)	2,47	2,34	2,02	6,83	2,28
T5 (A2B1C1)	2,23	1,98	2,08	6,29	2,10
T6 (A2B1C2)	2,86	3,66	2,36	8,88	2,96
T7 (A2B2C1)	2,94	2,38	3,88	9,20	3,07
T8 (A2B2C2)	3,59	3,52	3,68	10,79	3,60
T9 (A3B1C1)	3,10	3,05	3,01	9,16	3,05
T10 (A3B1C2)	3,95	4,19	3,27	11,41	3,80
T11 (A3B2C1)	3,83	3,81	4,11	11,75	3,92
T12 (A3B2C2)	4,77	5,49	3,94	14,20	4,73
$\Sigma$ Rep	34,95	36,02	33,73	104,69	2,91

#### 4.8 COSTOS DE PRODUCCIÓN DEL MEJOR TRATAMIENTO.

**Cuadro 30.** Costos de producción del mejor tratamiento.

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V.UNIT. USD	V.TOTAL USD
<b>COSTOS VARIABLES</b>				
<b>Insumos y materiales</b>				
Materia prima (H.Luisa)	kg	1	1	1
Fundas plásticas	unidad	1	0,5	0,5
Cinta adhesiva	unidad	1	1	1
Envases	unidad	1	0,3	0,3
Etiquetas	unidad	1	0,1	0,1
<b>Total costos variables</b>				<b>2,90</b>
<b>COSTOS FIJOS</b>				
Alambique Cachimbo de 10 litros	unidad	1	900	900
Quemador de gas	unidad	1	20	20
Bureta de 50 ml	unidad	1	30	30
<b>Total costos fijos</b>				<b>950</b>
<b>COSTOS DE PRODUCCIÓN</b>				<b>952,90</b>

El costo de producir aceite esencial de hierba luisa sin incluir los costos fijos es 2,90 USD, tomando en cuenta que un kg de H. luisa, produce unos 6 ml de aceite esencial valorado en el mercado nacional en 5 USD.

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

#### **CONCLUSIONES**

1. Los mejores rendimientos de aceites esenciales por planta se obtuvo en el tratamiento T12 (Hierba luisa deshidratada a una destilación de 90 minutos), T8 (Sunfo deshidratado a una destilación de 90 minutos) y T4 (Cedròn deshidratado a una destilación de 90 minutos).
2. Debido a la alta densidad en el caso del aceite esencial del sunfo, una parte del mismo se pierde en el proceso de destilación por cohobación, lo que hace que baje el rendimiento. En cambio el aceite esencial de hierba luisa tiene mayor rendimiento debido a que la densidad y viscosidad es más baja.
3. El aceite esencial del sunfo presenta bajo residuo no volátil, es decir tiene menos sustancias no deseables, por lo que se concluye que este aceite es de buena calidad.
4. El pico de absorbancia máxima de los aceites esenciales, se encuentra en el rango de longitud de onda 200 y 300 nanómetros.
5. En el análisis de costos se concluye que el mejor tratamiento T12(Hierba luisa deshidratada a una destilación de 90 minutos), con un costo por kg de materia prima de USD 1.00, rinde 6 ml, cuyo costo en el mercado nacional es de USD 5.00.

6. Por cohobación o recirculación del hidrolato, se obtuvo mayor rendimiento en la hidrodestilación. Por lo tanto permitió obtener mayor porcentaje de aceites esenciales.
7. El estado fresco y deshidratado de las plantas de cedrón, sunfo y hierba luisa, si influye en el rendimiento y las características fisicoquímicas de los aceites esenciales, por lo que se aceptó la hipótesis alternativa planteada.
8. El tiempo de extracción más eficiente en la destilación se obtuvo a los 90 minutos.
9. El aceite esencial extraído en este experimento fue obtenido en estado crudo, es decir no es apto para la utilización en productos alimenticios, pero si en productos de limpieza, desinfectantes, aromaterapia, perfumes.

## **RECOMENDACIONES**

1. Fomentar la producción de cultivos de plantas medicinales y aromáticas en la zona norte del Ecuador, para promover su industrialización.
2. Para futuras investigaciones se recomienda realizar un estudio de los aceites esenciales de plantas nativas del sector y sus aplicaciones en la industria. Incorporar esta información en la Web, especialmente del sunfo.
3. En el secado de la planta, la temperatura óptima debe ser de 35°C, porque a mayor temperatura los aceites esenciales tienden a volatilizarse. Después de realizar el secado de la materia prima se recomienda almacenar en fundas plásticas y sellar bien para evitar que se humedezca.

4. Tratar de evitar desperdiciar el agua del bidón que se utilizó como refrigerante en la destilación por lo que se sugiere diseñar un proceso para su reutilización.
5. Guardar las muestras del aceite esencial en un lugar fresco y seco, en envases de vidrio oscuro para conservar mejor sus principios activos.
6. Sellar bien las conexiones de las partes del alambique tipo cachimbo, para evitar las fugas de vapor durante la hidrodestilación.
7. En futuras investigaciones se recomienda que los aceites esenciales extraídos sean destilados o refinados para evitar compuestos tóxicos y se los utilice como materia prima en la elaboración de productos de consumo humano.
8. Se recomienda hacer investigaciones mas profundas, de los tiempos empleados en la destilación para determinar en que tiempo se obtiene el mejor rendimiento en la extracción de aceites esenciales.
9. En el caso del sunfo, se recomienda que se realice un estudio a fin de que los gobiernos locales, se comprometan muy seriamente a cuidarlo y si fuese posible propagarlo.
10. Se recomienda desarrollar un proyecto de inversión para aceites esenciales.
11. En general se recomienda, que en la zona Norte del país se formen asociaciones de campesinos, con el fin de cultivar plantas aromáticas que servirán como materia prima para la extracción de aceites esenciales y además como una fuente de ingresos económicos.

## **CAPITULO VI**

### **RESUMEN.**

El presente estudio se desarrolló en los laboratorios de la FICAYA, la destilación de las plantas se hizo en el laboratorio de Biotecnología, mientras que los análisis fisicoquímicos de los aceites esenciales se realizaron en el laboratorio de uso múltiple, ubicado en el edificio de la FICAYA de la UTN.

Esta investigación tuvo como objetivo principal la obtención de aceites esenciales de cedròn, sunfo y hierba luisa en un alambique tipo cachimbo por cohobaciòn, así como evaluar las características fisicoquímicas de los aceites esenciales obtenidos de cada tratamiento.

Los factores analizados corresponden a tres plantas (cedròn, sunfo y hierba luisa), dos estados de humedad: fresco y deshidratado, la extracción de los aceites esenciales se realizó a 45 minutos y a 90 minutos. Se aplicó 12 tratamientos utilizando un diseño completamente al azar (DCA) con 3 repeticiones. Y factorial AxBxC.

De los resultados obtenidos en el experimento se procedió a seleccionar el mejor tratamiento para cada variable analizada. Y se observó que entre variables presentan diferencias todos los tratamientos.

Por ser un proceso nuevo y carecer de información económica, se procedió a calcular los costos de producción del mejor tratamiento en este caso el T12 que

corresponde a la Hierba Luisa, deshidratada con un tiempo de destilación de 90 minutos.

Para probar la hipótesis de los parámetros que influyen directamente en la obtención de los aceites esenciales puros y naturales de cedròn, sunfo y hierba luisa se analizó los resultados de los análisis de laboratorio de las variables estudiadas, lo que indicó que se trata de una actividad económica al alcance de todos, para fomentar la agroindustria en la zona norte del país.

De los tratamientos estudiados el estado fresco y deshidratado del cedròn, sunfo y hierba luisa si influyen en el rendimiento y las características fisicoquímicas de los aceites esenciales de estas plantas, por lo que la hipótesis planteada resulto verdadera, es decir los estados de humedad de las plantas son parámetros que influyen en la calidad de los aceites esenciales.

## **SUMMARY.**

The present study you development in the laboratories of the FICAYA, the distillation of the plants was made in the laboratory of Biotechnology, while the analysis fisicoquímicos of the essential oils was carried out in the laboratories located in the building of the FICAYA of the UTN.

This investigation had as main objective the obtaining of essential oils of cedròn, sunfo and grass luisa in a still type cachimbo for cohobaciòn, as well as to evaluate the characteristic fisicoquímicas of the obtained essential oils of each treatment.

The analyzed factors correspond to three plants (cedròn, sunfo and grass luisa), two states of humidity: fresh and dehydrated, the extraction of the essential oils one carries out to 45 minutes and 90 minutes. 12 treatments were applied using a design totally at random with three repetitions and factorial AxBxC.

Of the results obtained in the experiment you proceeded to select the best treatment for each analyzed variable. Observing that among variables they present differences all the treatments.

To be a new process and to lack economic information, you proceeded to calculate the costs of production of the best treatment in this case the T12 that it corresponds to the grass luisa, dehydrated with a time of distillation of 90 minutes.

To prove the hypothesis of the parameters that influence directly in the obtaining of the pure and natural essential oils of cedròn, sunfo and grass luisa the results of the analyses of laboratory of the studied variables they were analyzed, what you/they indicated that it is an economic activity within reach of all, to foment the agroindustry in the north area of the country.



Of the studied treatments you can infer that the fresh and dehydrated state of the cedròn, sunfo and grass luisa if they influence in the yield and the characteristic fisicoquímicas of the essential oils of it is plants, for what the outlined hypothesis is true the state of humidity of the plant is that is to say a parameter that influences about the quality of the essential oils.

## **CAPITULO VII**

### **BIBLIOGRAFÍA.**

1. BARRAGÁN, R., (1997) Principios de Diseño Experimental 3º Edición  
Quito Ecuador 64 p
2. BOOKS, I., (2000) Biblioteca de la Agricultura 2º Edición Barcelona  
España 216 - 218 pp
3. CHULDE, S (2005) Determinación del elemento limitante en el rendimiento  
del sunfo *Clinopodium nubigenum* Tesis de ing agropecuario  
FICAYA UTN Ibarra-Ecuador 12 - 25 pp.
4. CUASPUD, M (2004) Extracción de aceites esenciales y análisis de posibles  
compuestos insecticidas de Vetiver (*Vetiveria Zinazoide*), en la Ca\_  
rolina provincia de Imbabura Tesis de ing agroindustrial FICAYA  
UTN Ibarra-Ecuador 11 – 41 pp.
5. CAICEDO, M y OTAVALO, S (2007) Determinación de temperatura y  
tiempo de deshidratación para la elaboración de te de sunfo (*Clinopo\_  
dium nubigenum*) Tesis de ing agroindustrial FICAYA UTN  
Ibarra-Ecuador 5 – 60 pp.
6. FORMOSO, A (1991) Formoso 2000 procedimientos industriales al alcance  
de todos 13º Edición Impreso por selecciones graficas La Coruña -  
España 438 – 1151 pp.

7. GONZÁLES, G (1974) Métodos estadísticos y principios de diseño experimental Universidad Central del Ecuador Quito-Ecuador 241 pp.
8. GEANKOPLIS, C (1986) Procesos de transporte y operaciones unitarias 2º Edición Editorial Continental México DF 551 – 582 pp.
9. HISCOX, G. D y HOPKINS, A (1988) Enciclopedia practica de recetas Industriales y formulas domesticas Ediciones Gili S.A México DF 473 – 494 pp.
10. JORGENSEN, P y YÁNEZ, L (2000) Catalogo de plantas vasculares del Ecuador Missouri botanical garden Sant Louis Missouri USA 110 – 130 pp.
11. RIVAS, C y TAPIA, J (2000) Deshidratación de productos vegetales; Aji (*capsicum frutescens*), Cebolla (*allium cepa*) y plantas medicinales Toronjil (*melissa officinalis*), Matico (*piper angustifolium*), con la construcción de un armario de secado Tesis de ing agroindustrial FICAYA UTN Ibarra-Ecuador 5 – 18 pp.
12. TERRANOVA (2001) Producción agrícola 2 Segunda Edición Terranova Ediciones Bogota-Colombia 463 – 470 pp.
13. THOMAS, M G y SCHUMANN, D R (1992) Seeing the forest instead of the trees: income opportunities in special forest products Midwest Research Institute Kansas City MO USA 110 – 114 pp.
14. VAREA, M (1922) Botánica Medica Nacional Ediciones San Pablo Latacunga-Ecuador 99p

15. VELÁSQUEZ, J. (1996) Proyecto piloto “Recolección, adaptación y producción de biomasa de plantas medicinales y aromáticas de la sierra ecuatoriana” Informe de actividades DENAREF- DPS Quito-Ecuador 65p.

#### DIRECCIONES ELECTRÓNICAS:

- 1 [http://www.alambiques.com/practica\\_extracción\\_aceites.htm](http://www.alambiques.com/practica_extracción_aceites.htm);  
(Consultado el 26 – 10 – 2008).
- 2 <http://www.geocities.com/esencias>; (Consultado el 28 – 10 2008).
- 3 <http://www.argentina vip.com.ar/esencias>; (Consultado el 10 – 11 – 2008)
- 4 <http://www.novarom.com.ar/productos htm>; (Consultado el 10 – 11 – 2008)
- 5 [http://www.chicos.net/la cocina/archivos/receta 52 htm](http://www.chicos.net/la_cocina/archivos/receta_52 htm); (Consultado el 10 – 12 – 2008).
- 6 [http://www.monografias.com/trabajos 12/aceites se. Htm](http://www.monografias.com/trabajos_12/aceites se. Htm); (Consultado el 15 – 12 – 2008).
- 7 <http://www.mobot.org/MOBOT/Research/curators/pdf/Aromas.pdf>;  
(Consultado el 07 – 01 – 2008).
- 8 [http://www.wikipedia.org/wiki/plantas medicinales.htm](http://www.wikipedia.org/wiki/plantas_medicinales.htm); (Consultado el 03 – 01 – 2008).

- 9 <http://www.fichas.infojardin.com/variedades/m/melissa-oficinalis.htm>;  
(Consultado el 17 – 02 – 2008)
- 10 <http://www.AI-ambik.com>; (Consultado el 15 – 12 – 2008)
- 11 <http://www.fia.gob.cl>; (Consultado el 17 – 12 – 2008).
- 12 <http://www.fundibeq.org>; (Consultado el 14 – 05 – 2009).
- 13 Biblioteca de consulta Microsoft ® Encarta ® 2007 © 1993 – 2007  
Microsoft Corporation Reservados.

