

**UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA**  
**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**



Proyecto de Investigación y Desarrollo previo a la obtención del Título de:

**INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

**TEMA:**

**EVALUACIÓN TÉCNICA DEL PROCESO DISCONTINUO Y  
SEMICONTINUO DE DESTILACIÓN POR ARRASTRE CON VAPOR  
PARA LA OBTENCIÓN DE ACEITES ESENCIALES DE *OCOTEA*  
*QUIXOS***

**AUTOR**

**BRAULIO DAVID CARRASCO RODRÍGUEZ**

**DIRECTOR**

**AMAURY PEREZ MARTINEZ**

**VICTOR CERDA MEJIA**

**PUYO-PASTAZA-ECUADOR**

**2018**

# **DECLARACIÓN DE AUDITORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS**

## **RESPONSABILIDAD**

Yo Braulio David Carrasco Rodríguez, declaro que el contenido de esta investigación es de mi auditoría exclusiva.

---

Braulio David Carrasco Rodríguez

# CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Braulio David Carrasco Rodríguez egresado de la Carrera de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Estatal Amazónica, bajo mi supervisión.

---

Dr. Amaury Pérez Martínez

---

Dr. Víctor Cerda Mejía

## **DIRECTORES DEL PROYECTO**

ESTE PROYECTO FUE REVISADO Y APROBADO POR EL SIGUIENTE TRIBUNAL DE  
SUSTENTACIÓN O GRADO.

---

Dr. Matteo Radice  
**PRESIDENTE**

---

Dr. Luis Bravo  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

---

MSc. Franklin Villafuerte  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

2019

## AGRADECIMIENTO

*“Hay una fuerza motriz más poderosa que el vapor la electricidad y la energía atómica:*

*La voluntad” Albert Einstein*

*A Dios por tantas bendiciones recibidas a lo largo de mi vida, y por guiar mi camino universitario hasta el cumplimiento de lo deseado.*

*A mi madre, la persona más importante de mi existencia, ella mi primer y único amor, por estar siempre a mi lado sin importar el tipo de adversidad, por ser los cimientos y fortaleza de mi vida, porque es el ser más maravilloso que jamás me dará la espalda.*

*A mi abuelito, quien en su corazón albergo y brindo el amor más grande del universo, en cada palabra, caricia, o consejo, gracias papá esto va por ti y sé que cuando deje esta vida terrenal volveremos a estar juntos mientras tanto aliviana la tristeza que agobia mi corazón.*

*A mi familia,*

*A ti Evelyn, por no dejarme desmoronar, por darme la mano en cada caída, por el amor incondicional, por enseñarme que significa el perdón en cada error, por colorear mis días grises, por su familia de la cual me siento parte.*

*A mi tutor Amaury Pérez, que se convirtió en mi amigo y guio desde el principio hasta el final este trabajo, gracias doctor.*

*A mis maestros que me transmitieron sus conocimientos durante todos los años de estudios y me enseñaron a amar esta carrera. A mis tutores por haber depositado su confianza en mí y exigirme cada día para lograr cumplir esta meta.*

*A mis compañeros y amigos que forman parte de mi vida, Diego, Edison, Santiago, Alejandra, David, Víctor, Karen, Andrés, Alexander, Johny, Karla, Luis, Anthony, Gaby, Andrea, Patricio, Jhon Jairo, Dennise, Nicole, Jaime, Orlando.*

***Gracias a todos ellos....***

## **DEDICATORIA**

*A Dios que cuando le pedí de todo para disfrutar la vida, decidió darme vida para disfrutar de todo gracias señor.*

*A mi madre, lo más valioso que tengo, el orgullo más grande, la mejor del planeta, cuando le pedí plata ella me respondió con oro, esta va por ti mamá.*

*A mi abuelo, a quien sigo extrañando sin importar el tiempo que ha pasado*

*A mi familia, que confiaron e impulsaron a ser mejor.*

*A mi novia Evelyn Luna, por la motivación.*

*A mis docentes en especial a mis tutores Amaury Pérez y Víctor Cerda, por enseñarme a pescar y no darme pescando.*

*A mis mejores amigos: Karla Salagata, Diego y Edison Barrera, Andrés y Alexander Jiménez, Jhony Guevara, Anthony Ordoñez, Luis Pavón,*

*Para todos ustedes va dedicado este trabajo.*

**Braulio Carrasco R.**

## RESUMEN

La presente investigación se enfoca en la evaluación técnica del proceso discontinuo y semicontinuo de destilación por arrastre con vapor para la obtención de aceites esenciales de canela amazónica *Ocotea quixos* y de esta manera conocer el rendimiento más elevado que puedan tener cada una de las tecnologías, para lo cual se propuso cambiar el proceso tecnológico de discontinuo a semicontinuo y saber qué es lo que ocurre con el rendimiento en la extracción, se realizó investigación de cada uno de los métodos que se utilizan para el proceso de extracción y se llegó a la conclusión de que el arrastre con vapor es el más utilizado por su eficiencia y bajo costo, se obtuvo aceite esencial de *O. quixos* mediante el método destilación por arrastre con vapor de agua en cuatro casos diferentes para la comparación se realizó 1 caso utilizando el proceso discontinuo y los otros 3 casos por el método semicontinuo, se realizó el balance de masa de cada caso para determinar el rendimiento del aceite esencial de las dos tecnologías y se comparó los resultados posesionándose la tecnología semicontinua con mejores resultados de rendimiento sobre la tecnología discontinua.

**Palabras claves:** *Ocotea quixos*, aceite esencial, destilación por arrastre con vapor, tecnología discontinua, tecnología semicontinua.

## **ABSTRACT**

The present investigation focuses on the technical evaluation of the discontinuous and semicontinuous process of steam distillation to obtain essential oils of Ocotea Quixos amazonian cinnamon and in this way to know the highest performance that each of the technologies can have, for which was proposed to change the technological process from discontinuous to semicontinuous and to know what happens with the extraction performance, research of each of the methods used for the extraction process was carried out and the conclusion was reached steam trawl is the most used for its efficiency and low cost, O. quixos essential oil was obtained by the steam distillation method in four different cases. For the comparison, 1 case was made using the discontinuous process and the other 3 cases by the semicontinuous method, the mass balance of each case was made to determine the yield of the essential oil of the two technologies and the results were compared by taking possession of the semicontinuous technology with better performance results on discontinuous technology.

Keywords: Ocotea quixos, essential oil, steam distillation, discontinuous technology, semicontinuous technology.



## TABLA DE CONTENIDO

<b>CAPÍTULO I</b> .....	<b>1</b>
<b>1 INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN Y SU JUSTIFICACIÓN .....	3
1.1.1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	3
1.1.2. JUSTIFICACIÓN .....	3
1.1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	4
1.3 OBJETIVO GENERAL .....	4
1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	4
<b>CAPÍTULO II</b> .....	<b>5</b>
<b>2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA</b> .....	<b>5</b>
2.1 CARACTERÍSTICAS BOTÁNICAS.....	5
2.1.1 COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL ACEITE ESENCIAL DE <i>O. QUIXOS</i> .....	9
2.2 EQUIPOS PARA EL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE ACEITES ESENCIALES .....	10
2.2 MÉTODOS DE EXTRACCIÓN DE ACEITES ESENCIALES.....	12
2.2.1 MÉTODO DE EXTRACCIÓN POR ARRASTRE CON VAPOR DE AGUA, HIDRODESTILACIÓN, HIDRODIFUSIÓN O HIDROEXTRACCIÓN. ....	13
2.2.2 EXTRACCIÓN CON FLUIDO SUPER CRÍTICO .....	16
2.2.3 EXTRACCIÓN POR SOXHLET.....	18
2.2.4 EXTRACCIÓN ASISTIDA POR MICROONDAS.....	18
2.3 TECNOLOGÍAS PARA LA EXTRACCIÓN CONTINUA O SEMICONTINUA DE ACEITES ESENCIALES. ....	19
2.3.1 TAMBOR ROTARIO.....	21
<b>CAPITULO III</b> .....	<b>23</b>
<b>3 METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN</b> .....	<b>23</b>
3.1 LOCALIZACIÓN .....	23
3.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN .....	23
<b>3.3 MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN</b> .....	<b>24</b>
3.3.1 MÉTODO DE ANÁLISIS.....	24
3.3.2 MÉTODO COMPARATIVO.....	24

3.4 METODOLOGÍA DE TRABAJO .....	24
3.4.1 ACONDICIONAMIENTO DE LA MATERIA PRIMA.....	25
3.4.2 PROCESO .....	25
<b>CAPÍTULO IV .....</b>	<b>31</b>
<b>RESULTADOS Y DISCUSION.....</b>	<b>31</b>
<b>CAPITULO V.....</b>	<b>35</b>
<b>5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>35</b>
<b>5.1. CONCLUSIONES.....</b>	<b>35</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>35</b>
<b>CAPÍTULO VI.....</b>	<b>37</b>
<b>6 BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>37</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. ÁRBOL DE CANELA <i>O. QUIXOS</i> . FUENTE: EL AUTOR. ....	6
FIGURA 2. RAMA CON HOJAS, CÁLCICES Y FRUTOS DE CANELA AMAZÓNICA <i>O. QUIXOS</i> . TOMADO DE (NORIEGA & DACARRO, 2008A).....	7
FIGURA 3. ESQUEMA DE UN EXTRACTOR TRADICIONAL. OBTENIDO DE BANDONI (2003). ....	11
FIGURA 4. A) CONDENSADOR DE SERPENTÍN Y CÁMARA DE EXPANSIÓN. B) CONDENSADOR DE TUBOS Y CARCAZA. TOMADO DE BANDONI (2003).....	12
FIGURA 5. SEPARADORES DE ACEITES ESENCIALES. TOMADO DE BANDONI (2003).....	12
FIGURA 6. HIDRODESTILADOR. TOMADO DE BANDONI (2003).....	14
FIGURA 7. EQUIPO DE HIDRODIFUSIÓN PARA OBTENCIÓN DE ACEITES ESENCIALES. TOMADO DE BANDONI (2003). ....	15
FIGURA 8. EQUIPO DE EXTRACCIÓN MEDIANTE ARRASTRE CON VAPOR. TOMADO DE BANDONI (2003). ....	16
FIGURA 9. REPRESENTACIÓN ESQUEMÁTICA DEL EXTRACTOR CON CO <sub>2</sub> EN ESTADO SUPERCRÍTICO. TOMADO DE BANDONI (2003). ....	17
FIGURA 10. HIDRODESTILADOR ASISTIDO POR MICROONDAS. OBTENIDO DE KAPÁS ET AL. (2011) ....	19
FIGURA 11. TECNOLOGÍA DISCONTINUA DE EXTRACCIÓN POR ARRASTRE CON VAPOR. TOMADO DE ARMIJO ET AL. (2012).....	20
FIGURA 12. A) ESQUEMA DE LA INSTALACIÓN EXPERIMENTAL DE TAMBOR ROTATORIO. B) INTERIOR DEL TAMBOR ROTATORIO. TOMADO DE BENÍTEZ, GARCÍA, RAMOS, AND PRIETO (2018). ....	21
FIGURA 13FIGURA 17. ESQUEMA DE TRABAJO .....	25
FIGURA 14. DIAGRAMA EN BLOQUES DE LA ETAPA “PROCESO” .....	26
FIGURA 15. INSTALACIÓN EXPERIMENTAL DEL CASO 1. ....	27
FIGURA 16. INSTALACIÓN EXPERIMENTAL DEL CASO 2. ....	28
FIGURA 17. DIAGRAMA DE BLOQUE DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE <i>O. QUIXOS</i> .....	30

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1 COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL ACEITE ESENCIAL DE CANELA AMAZÓNICA <i>O. QUIXOS</i> . MODIFICADO DE (RADICE ET AL., 2017). .....	9
TABLA 2. CASO 1 EXTRACCIÓN DISCONTINUA CON 1 KG DE MATERIA VEGETAL. ....	31
TABLA 3. CASO 2 EXTRACCIÓN SEMICONTINUA CON 1 KG DE MATERIA VEGETAL.....	32
TABLA 4. CASO 3 EXTRACCIÓN SEMICONTINUA CON 2,8 KG DE MATERIA VEGETAL.....	32
TABLA 5. COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE LOS CASOS 1, 2, 3, Y 4. ....	33

# CAPÍTULO I

## 1 INTRODUCCIÓN

La Región Amazónica es conocida por la diversidad biológica que posee, siendo esta la riqueza menos aprovechada por sus habitantes, esto se debe a que no tienen un enfoque agroindustrial sostenible para la explotación de estos recursos (Brack, 1997, 2012). Considerada con el bosque tropical húmedo más grande del planeta, la Amazonía posee inmensas reservas de recursos renovables y no renovables con una amplia variedad de especies animales y vegetales aun no descubiertas por la ciencia. (Borja, 2017)

Los recursos vegetales de la Amazonia pueden llegar a producir más de 100 000 sustancias con el nombre de metabolitos secundarios, entre ellos se encuentran, flavonoides, carotenoides, alcaloides, esteroides, terpenos, taninos, lignanos, saponinas, cumarinas, derivados fenólicos, y compuestos de moléculas con principios activos, que crean defensas contra microorganismos o predadores. (Misharina & Polshkov, 2005; San Martin et al., 2012; S. Torres, Velandia, & Murcia, 2013)

Los metabolitos secundarios que se encuentran en las plantas en forma de aceites esenciales tienen gran acogida en la industria farmacéutica, cosmética y alimenticia (Ocampo, 2002), y han llamado la atención de la ciencia, de tal forma que se volvió una amplia área de investigación que pueden mejorar la economía de la región. (González Villa, 2004)

Los aceites esenciales se obtienen de los frutos, flores, brotes, hojas, semillas, ramitas, corteza del tallo, hierbas, madera y raíces (Destryana, Gary, et al., 2014). Son compuestos aromáticos volátiles esto quiere decir que se evaporan con mucha facilidad, se puede encontrar el aceite esencial entre el 0,01 y el 10 % de la totalidad de la planta esto quiere decir que se requiere de materia vegetal en grandes cantidades, para la extracción (Angulo, 2012). Las características de los aceites esenciales permiten que se puedan clasificar por su: consistencia (esencias fluidas, bálsamos, oleorresinas), origen (naturales y artificiales y sintéticos) y naturaleza química (en base al mayor contenido de componentes). (Lerayne, 2002)

Estos compuestos se obtienen cuando entra en contacto el tejido vegetal con el disolvente o con el vapor de agua para luego ser separados y así extraerlos (Cárdenas, 2014). Se utilizan técnicas como: hidrodestilación asistida por microondas, (Márquez, 2003), extracción por arrastre de vapor, por tipos de codestilación acuosa como: (Destilación con Agua, Destilación con Agua y

Vapor, y Destilación con Vapor), Destilación al Vacío, por Extracción con Disolventes Volátiles, por Enflurage (Enflorado), por Maceración, y método con Fluido Supercrítico. (W. G. Ríos, Garlasqui, & Rodríguez, 2015)

El método más utilizado es la destilación por arrastre con vapor. Este puede ser vapor saturado o sobrecalentado a presión atmosférica, generando en calderas de forma remota para ser dirigido al equipo que contiene la materia prima. Que puede encontrarse en diferentes estados ya sea molida, cortada, entera o combinadas siempre en forma de un lecho. Al poner en contacto el vapor con el lecho en el interior del destilador se forma el condensado y libera los aceites esenciales que contiene y son arrastrados por el vapor, gracias a la alta volatilidad que estos poseen. Fuera del destilador esta mezcla es condensada a temperatura ambiente para luego separar el agua del aceite ya que se encontraba en forma de emulsión líquida e inestable. (Rodríguez, Alcaraz, & Real, 2012)

La forma más económica para la obtención de aceites esenciales es por el método de extracción por destilación con arrastre por vapor, aunque las temperaturas elevadas y el tiempo que dura la extracción pueden alterar la composición del aceite esencial (Gök, Kirbaşlar, & Gülay, 2015).

El método de extracción por destilación con arrastre de vapor, consta de cuatro equipos fundamentales que son básicos para su funcionamiento, de forma secuencial tenemos un generador de vapor encargado de la alimentación con vapor de agua al destilador conocido también como cámara de extracción donde entra en contacto con la muestra, el aceite extraído es arrastrado por el vapor de agua hacia el condensador que es una trampa de agua en sentido contrario donde los vapores son condensados, debido a que el aceite es inmisible y el agua más densa se separan por gravedad en un separador florentino (Armijo, Vicuña, Romero, Condorhuamán, & Hilario, 2012). El apelmazamiento de la masa vegetal en el destilador limita el paso y distribución uniforme del vapor a través de la muestra. (VILLA, 2004)

El tiempo que se demora en el proceso de destilación por arrastre con vapor de agua es más largo, por lo tanto se incrementan los costos para producir la energía que se utiliza, los compuestos de los aceites esenciales pueden variar gradualmente por el tiempo que están sometidos a la misma temperatura (Jamel et al., 2012). Desnaturalizando los compuestos aromáticos cambiado su olor o dejándolos insípidos. (Nejia, Séverine, Jalloul, Mehrez, & Stéphane, 2013)

En la comparación de las tecnologías discontinua y continua hace referencia al uso de los biorreactores, donde afirma que son menos los biorreactores de tambor rotatorio (continuos) que se utilizan para lograr el objetivo deseado, al contrario que los biorreactores de lecho fijo (discontinuos) donde son necesarios un número mayor de biorreactores que representan a más de la mitad de los biorreactores de tambor rotatorio, resulta más factible la utilización de biorreactores de tambor rotario (continuo) en el desarrollo de una tecnología gracias al análisis que se realizó desde los puntos de vista económicos, técnicos y medioambientales. (Pérez et al., 2012)

## **1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN Y SU JUSTIFICACIÓN**

### **1.1.1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

En la provincia de Pastaza existe diversidad biológica la cual no es aprovechada por su gente debido a que no tiene un enfoque para la explotación de estos recursos renovables y no renovables, que pueden llegar a producir más de 100 000 sustancias bajo el nombre de metabolitos secundarios los cuales se encuentran en las plantas en forma de aceites esenciales. (Borja, 2017)

Para obtener los aceites esenciales se utiliza métodos de extracción por destilación con arrastre de vapor debido a que son económicos y su proceso es fácil de realizar, sin embargo por ser un método discontinuo no se aprovecha al máximo el rendimiento. (Gök et al., 2015)

### **1.1.2. JUSTIFICACIÓN**

La presente investigación evaluó dos tecnologías discontinua y semicontinua que son utilizadas para la extracción de aceites esenciales en la Universidad Estatal Amazónica, y así conocer cuál de estas tiene el mejor rendimiento para realizar la extracción de los aceites esenciales.

El rendimiento se puede conocer realizando balances de masa de los casos experimentales que se realizaron en la tecnología discontinua como semicontinua, los balances de masa se llevan a una comparación donde se analizó y determino cuál de estas dos tecnologías tiene el mayor rendimiento.

### **1.1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Qué ocurre con el rendimiento en la extracción de aceites esenciales si cambia el proceso tecnológico de discontinuo a continuo?

## **1.3 OBJETIVO GENERAL**

Evaluar las tecnologías para la obtención de aceites esenciales de *Ocotea quixos* por destilación por arrastre con vapor discontinua y semicontinua en cuanto a su rendimiento a diferentes capacidades.

## **1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- 1.- Caracterizar las tecnologías que permiten la obtención de aceites esenciales a partir de las hojas de canela amazónica *O. quixos* con énfasis en la destilación por arrastre con vapor.
- 2.- Obtener el aceite esencial de *O. quixos* por destilación por arrastre con vapor de forma discontinua y semicontinua.
- 3.- Determinar el rendimiento de aceite esencial para ambas tecnologías a través de los balances de masa.



## CAPÍTULO II

### 2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

#### 2.1 CARACTERÍSTICAS BOTÁNICAS

##### BOTÁNICA

Las especies de *Ocotea* son extraídos de su habitat de la selva tropical por ser importantes arboles maderables, también se le debe dar un enfoque de explotación como materia prima para la elaboración de productos no maderables que produzcan ingresos más rentables. (Sacchetti, Guerrini, Noriega, Bianchi, & Bruni, 2006)

En la Figura 1. Tenemos la especie *O. quixos*, conocido comúnmente como canela y/o Ishpingo es un árbol nativo de la Amazonía Ecuatoriana que se utilizó desde la época de los incas por sus propiedades aromáticas, y como saborizante en alimentos (Scalvenzi, Yaguache, Cabrera, & Guerrini, 2016). Perteneciente a la familia *Lauraceae* es un árbol perenne, crece en el bosque húmedo tropical tiene una altura de 2 a 5 m, alcanza su madurez a los veinte años mismo que florece y fructifica cada dos años (Noriega & Dacarro, 2008a). Según López (2013) esta especie se desarrolla desde los 310 hasta los 1250 msnm.



Figura 1. Árbol de Canela *O. quixos*. Fuente: El Autor.

Sus hojas son ovaladas o elípticas, las flores que posee tienen colores amarillos o blancos con perfume, su cáliz es lignificado característica propia de la especie, tiene frutos en baya oblonga, como se muestra en la Figura 2. La madera que produce es muy apreciada por lo que se convierte en una especie en peligro. (Montealegre, 2011)

Se aprovecha incluso la corteza interna de las ramas por sus características organolépticas similares a las de la *Cinnamomum zeylanicum* o *Cinnamomum verum*, parte del árbol de Canela *O. quixos* se utiliza para elaboración de artesanías (Almachi, 2016).



Figura 2. Rama con hojas, cálices y frutos de canela amazónica *O. quixos*. Tomado de (Noriega & Dacarro, 2008a).

## **PROPIEDADES**

En el aceite esencial de *O. quixos* en la búsqueda de la actividad biológica del extracto se evidencio la presencia de compuestos fenólicos, y componentes como el cinamaldehído y el acetato de cinamilo, a los cuales se les atribuye propiedades desinfectantes antimicrobianas, antifúngicos y actividades curativas. (Mosquera, Parra, Flor, & Noriega, 2017)

Al realizar el examen fitoquímico al aceite esencial de canela *O. quixos* se determinó la presencia de polifenoles, taninos, catequinas, saponinas, quinonas, cumarinas, lactonas y alcaloides. (Flor & Parra, 2017)

El aceite esencia de *O. quixos* tiene actividad antitrombótica potente y segura atribuible a sus efectos antiplaquetarios y vasorelaxantes y esto se debe al constituyente principal que es el trans-cinamaldehído que es el principal responsable del mecanismo de inhibición propio de tromboxano y serotonina. (Ballabeni et al., 2007)

En la investigación realizada por Ballabeni et al. (2010) en modelos *in vivo* e *in vitro* se constató que el aceite esencial de *O. quixos* cuenta con propiedades antiinflamatorias en su más importante componente, trans-cinamaldehído que no daña la mucosa gástrica de los roedores, dejando la evidencia más significativa de la actividad anti-inflamatoria contenida en el aceite esencial de canela.

En el aceite esencial de las hojas de *O. quixos* se encuentran componentes como: Cariofileno con el 19,029%, Humuleno con él 14,323% y Eremofileno con el 11,407% que tienen los porcentajes más altos de los 62 compuestos encontrados en la investigación realizada por Noriega and Dacarro (2008a) donde afirmaron la actividad antimicrobiana y antifúngica como resultado de la inhibición del crecimiento de *Staphylococcus epidermidis*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Candida albicans*, *Streptococcus piogenes* y *Streptococcus mutans*, demostrando que el aceite esencial tiene alta capacidad inhibidora contra hongos, levaduras y bacterias.

En la más reciente investigación García and Acevedo (2018) afirman que *O. quixos* posee propiedades farmacológicas o terapéuticas como anti-reumático, analgésico, anestésico, antidiarreico, antiinflamatorio, antitrombótico, antiplaquetario, antioxidante, antimicrobiano, anti-abscesos, gastroentérico, purgante, tónico, cefalea, trastornos nerviosos, sedantes y aperitivos.

Los extractos de *O. quixos* se emplearon para experimentar con la infección en los cultivos de rosas que fueron producidas por hongos, donde se confirmó la eficacia con la que actuaba al momento de controlar y prevenir la infección volviéndose muy satisfactorio en el control biológico. (Cárdenas, Pozo, Rojas, Roque, & Mihai, 2016)

Según (Duarte & Rai, 2015) describen en su libro que el aceite esencial de *O. quixos* por las propiedades que posee es útil para tratar el dolor de estómago, muelas, espasmos, artritis, resfriados e hidropesía.

Los aceites esenciales de *O. quixos* se utilizan para la conservación de alimentos por sus propiedades de condimentación y saborizante, también por las propiedades funcionales que posee se utiliza como bacteriostáticos, fungicidas, antioxidantes y nutrientes. (Bruni et al., 2004)

## 2.1.1 COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL ACEITE ESENCIAL DE *O. QUIXOS*

Los metabolitos secundarios que producen los aceites esenciales que están constituidos por sustancias con actividades y componentes variados después de la extracción se encuentran en estado líquido (Alzamora, Morales, Armas, & Fernández, 2001). Los aceites esenciales se distinguen de los aceites grasos porque se deja caer algunas gotas de esencia en un papel y se volatiliza rápidamente sin dejar ningún rastro o huella grasosa (Gil-Pavas, 2016). Los aceites esenciales tienen componentes químicos que se obtienen a través de la extracción por arrastre con vapor de agua de las hojas de *O. quixos*. (Scalvenzi et al., 2016)

En la Tabla 1 se muestran la composición química del aceite esencial de canela amazónica *O. quixos* obtenido por el método de destilación por arrastre con vapor de agua para realizar la comparación de 23 artículos científicos que se obtuvieron de bases de datos electrónicas: *Scifinder, Pubmed, ISI-Web of Science, Google Scholar, Scielo y Scopus* (Radice et al., 2017).

Tabla 1 Composición química del aceite esencial de canela amazónica *O. quixos*. Modificado de (Radice et al., 2017).

Compuestos Principales	Composición (%)	Referencia
$\beta$ -Caryophyllene	15.1 19.0 28.2 10.1	(Sacchetti et al., 2006) (Noriega & Dacarro, 2008b) (Destryana, Young, et al., 2014) (Rolli, Marieschi, Maietti, Sacchetti, & Bruni, 2014)

	10.6	(Scalvenzi et al., 2016)
trans-Cinnamaldehyde	5.1	(Sacchetti et al., 2006)
	16.6	(Scalvenzi et al., 2016)
trans-Cinnamyl acetate	11.4	(Sacchetti et al., 2006)
	10.0	(Rolli et al., 2014)
$\Delta$ -Cadienene	3.1	(Destryana, Young, et al., 2014)
1,8-Cineole	11.4	(Noriega & Dacarro, 2008b)
Eremophylene	8.2	(Rolli et al., 2014)
Geranial	5.6	(Sacchetti et al., 2006)
$\alpha$ -Humulene	14.3	(Noriega & Dacarro, 2008b)
	10.1	(Destryana, Young, et al., 2014)
trans-Methylisoeugenol	11.9	(Scalvenzi et al., 2016)
Methyl cinnamate	7.0	(Noriega & Dacarro, 2008b)
	19.5	(Noriega & Dacarro, 2008b)
$\alpha$ -Pinene	4.3	(Rolli et al., 2014)
	9.4	(Scalvenzi et al., 2016)
Sabinene	7.6	(Sacchetti et al., 2006)
	4.6	(Rolli et al., 2014)
$\beta$ -Selinene	10.4	(Destryana, Young, et al., 2014)
	5.0	(Rolli et al., 2014)

## 2.2 Equipos para el proceso de extracción de aceites esenciales

### EXTRACTOR

El componente más importante de toda la extracción por arrastre con vapor es el extractor conocido también como alambique o equipo *Clevenger* como observamos en la Figura 3. encargado de contener la materia vegetal a extraer trabaja bajo condiciones de altura del lecho de material vegetal, temperatura, flujo de vapor, presión entre otros que son muy importantes para realizar la extracción adecuada.



Figura 3. Esquema de un extractor tradicional. Obtenido de Bandoni (2003).

## CONDENSADOR

El condensador es el encargado de condensar y enfriar el vapor que transporta el cuello de cisne hasta convertirlo en líquido gracias a la transferencia de calor, responsable de esto es el agua de enfriamiento que circula por fuera del serpentín que se encuentra dentro del condensador gracias al doble enchaquetado que posee, por el serpentín circula el agua y el aceite como una mezcla homogénea para ser dirigida por gravedad hacia el separador como se evidencia en la figura 4a.

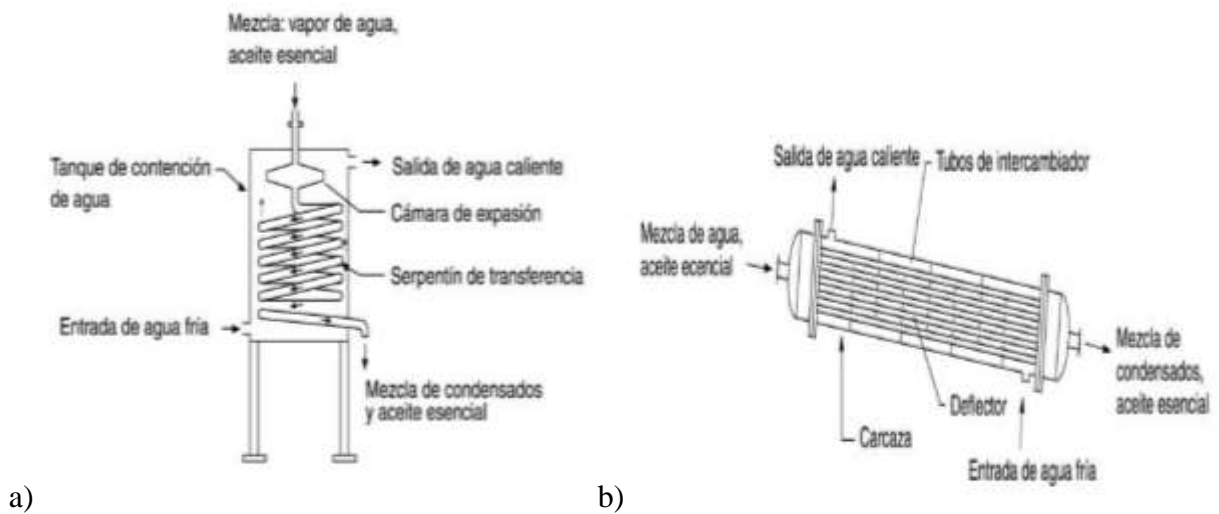


Figura 4. a) Condensador de serpentín y cámara de expansión. b) Condensador de tubos y carcaza. Tomado de Bandoni (2003).

En la figura 4b tenemos otro tipo de condensador como es el de tubos y carcaza que hacen que la transferencia de calor sea más eficiente gracias al refrigerante que circula en contra corriente con del vapor, y más seguros en caso de existir un taponamiento por el material vegetal, se ubican en forma inclinada para que por acción de la gravedad se transporte más rápido la mezcla de agua y aceite.

## SEPARADOR DE ACEITES

los separadores de aceite esencial suelen ser llamados también vasos florentinos y están encargados de separar las dos fases que llegaron juntas desde el condensador como una mezcla homogénea, la separación que se da es gracias a las diferencias de densidades que tienen, y por ser compuestos inmiscibles se puede separar la fase acuosa de la fase lipídica, la fase lipídica se puede separar en aceites más densos que el agua son aceites pesados y quedan bajo el agua mientras que los aceites menos densos que el agua quedan sobre el agua y son denominados aceites livianos como vemos en la Figura 5.

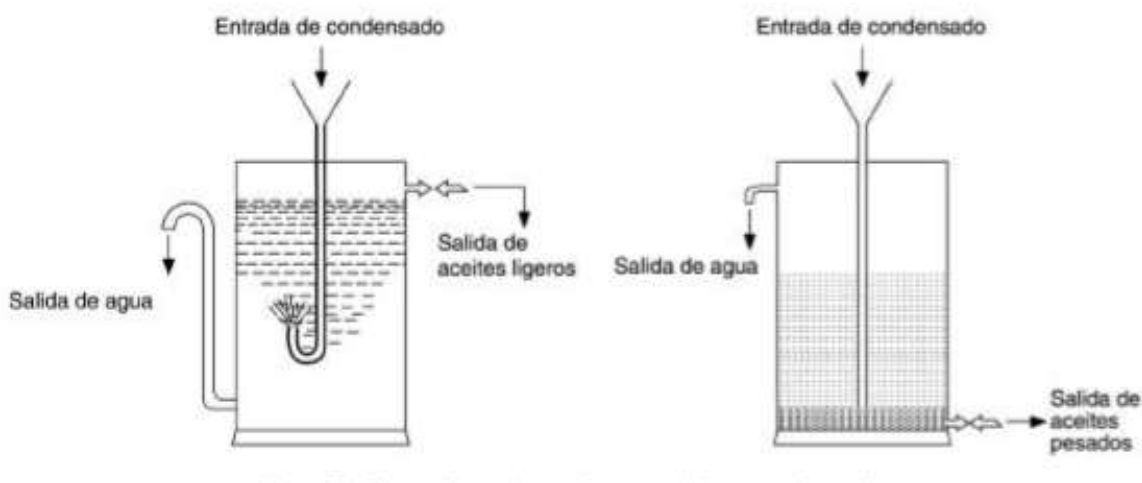


Figura 5. Separadores de aceites esenciales. Tomado de Bandoni (2003)

## 2.2 MÉTODOS DE EXTRACCIÓN DE ACEITES ESENCIALES



Los aceites esenciales se pueden extraer de las plantas mediante métodos ya conocidos o convencionales como son: la destilación con arrastres de vapor, hidrodestilación (HD), extracción con fluidos supercríticos donde se utiliza dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) como solvente para facilitar el proceso de extracción, también tenemos la hidrodestilación asistida por radiación de microondas (MWHHD), entre otros métodos. (León, Fortich, & Martínez, 2015)

### **2.2.1 MÉTODO DE EXTRACCIÓN POR ARRASTRE CON VAPOR DE AGUA, HIDRODESTILACIÓN, HIDRODIFUSIÓN O HIDROEXTRACCIÓN.**

No se ha definido un nombre característico de los métodos de extracción que utilice vapor saturado o sobrecalentado ya que no se conoce a ciencia cierta el fenómeno que existe dentro del equipo, ya que el vapor no trabaja en las mismas condiciones, sin embargo, se han intentado clasificar de la siguiente manera: cuando el vapor saturado se crea fuera del equipo principal, se llama “destilación por arrastre de vapor”, mientras que cuando la materia vegetal se encuentra en contacto con el agua que va a generar el vapor saturado adopta el nombre de “hidrodestilación” por último cuando el vapor saturado es generado en el destilador y entra en contacto con la materia prima cuando se condensa se llama “hidroextracción”. (Alvarez, Melendez, & Cosío, 2012)

En estos métodos de extracción en los cuales se hace el uso de agua que se convierte en vapor parte de la efectividad de los métodos incide directamente sobre el tamaño que tienen las partículas de la materia vegetal debido a que evita la condensación con la que se está trabajando, es decir: a menor tamaño de partícula, mayor rendimiento. (L. Ríos et al., 2007)

#### **Destilación con agua (HIDRODESTILACIÓN)**

La hidrodestilación es el método más utilizado para la extracción de aceites esenciales de las plantas por su efectividad y por la ventaja de que no necesita que la materia vegetal este seca (Ortega & Narváez, 2018). En el proceso de extracción el calentamiento de la materia vegetal es directo y se encuentra en contacto íntimo con el agua que es el solvente encargado de separar los componentes volátiles contenidos en las paredes celulares de las plantas para ser arrastrada

por el vapor hacia el condensador y luego al separador como se observa en la Figura 6. (E. Torres, Moreno, Tamayo, Hermosilla, & Guillén, 2014)

En la hidrodestilación la materia vegetal entra en contacto íntimo con el vapor de agua es decir el agua cubre por completo la materia vegetal para ser sometida a temperatura de ebullición es decir el material botánico se hierve para extraer los aceites esenciales, la mezcla que se evapora, se condensa, recolecta y separa la fase lipídica que es el aceite de la fase acuosa que en este caso es el de agua floral que tiene el aroma característico de la planta que se utilizó en el proceso (Cerutti & Neumayer, 2004; Ronquillo & Chicaiza, 2016; Sangucho, 2017).

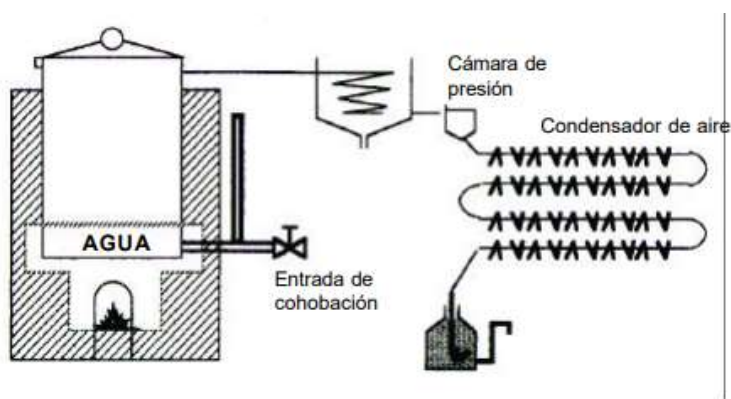


Figura 6. Hidrodestilador. Tomado de Bandoni (2003).

## HIDRODIFUSION

En el sistema de extracción de aceites esenciales llamado Hidrodifusión (HDF) hace uso de la acción osmótica del vapor de agua, haciendo que el aceite esencial contenido en la materia vegetal se libere bajo forma de azeótropo, en si el principio es liberar el aceite esencial y condensar el vapor en el que se encuentra contenido aprovechando la gravedad, dispersando el azeótropo producido por el vapor de agua en toda la masa vegetal (Bandoni, 2003).

La hidrodifusión es una variación de la destilación por arrastre de vapor, en la hidrodifusión el vapor ingresa por la parte superior del destilador entra en contacto con la materia vegetal y a medida que baja se condensa para luego ser separada como se identifica en la Figura 7., este método se utiliza principalmente para la extracción a partir de semillas. (Cerutti & Neumayer, 2004)

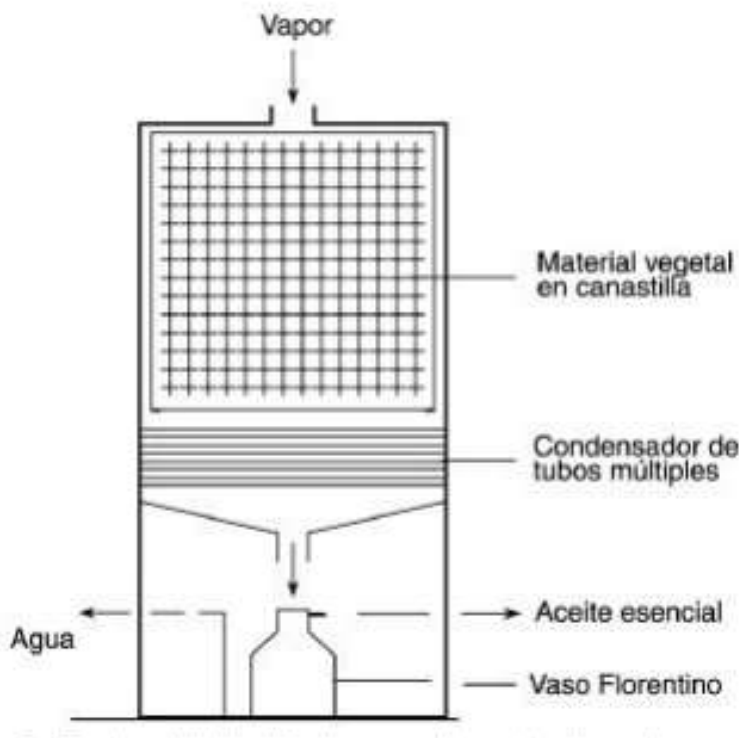


Figura 7. Equipo de hidrodifusión para obtención de aceites esenciales. Tomado de Bandoni (2003).

## DESTILACIÓN POR ARRASTRE CON VAPOR

El método de arrastre de vapor es el más utilizado, donde el vapor es generado en un equipo específico para realizar dicha acción, el vapor generado es inyectado y circula a través del destilador donde se encuentra el lecho vegetal, el principio básico de la destilación se debe a que cada líquido ejerce su propia presión, al combinarse las presiones la mezcla hierve y arrastra el aceite esencial que tiene temperaturas de ebullición hasta de 300 °C, sin embargo se evaporan a temperaturas cercanas a las de ebullición del agua, después que el vapor arrastra el aceite esencial son condensados y separados (Cerutti & Neumayer, 2004).

La destilación por arrastre con vapor de agua, generalmente la muestra que se utiliza es fresca, y está situada en una cámara inerte la que es sometida a una corriente de vapor saturado, la esencia que fue arrastrada por acción del vapor es condensada, enfriada y separada de la fase acuosa (Moreno, López, & Siche, 2010).

Los componentes activos de las plantas se obtienen con concentraciones más altas por medio de arrastre con vapor de agua (Ardila, Vargas, Pérez, & Mejía, 2009).

El proceso de extracción se basa en la diferente volatilidad de los componentes de la droga vegetal, el cual permite la separación de los componentes volátiles de otros que son menos o nada volátiles (L. García, A. Martínez, J. Ortega, & F. Castro, 2010).

Para realizar la extracción de aceites esenciales por el método por arrastre con vapor se hace uso de cuatro equipos que son: caldera, tanque destilador, condensador y un vaso florentino como se observa en la Figura 8. (Navarrete, Gil, Durango, & Garcia, 2010).

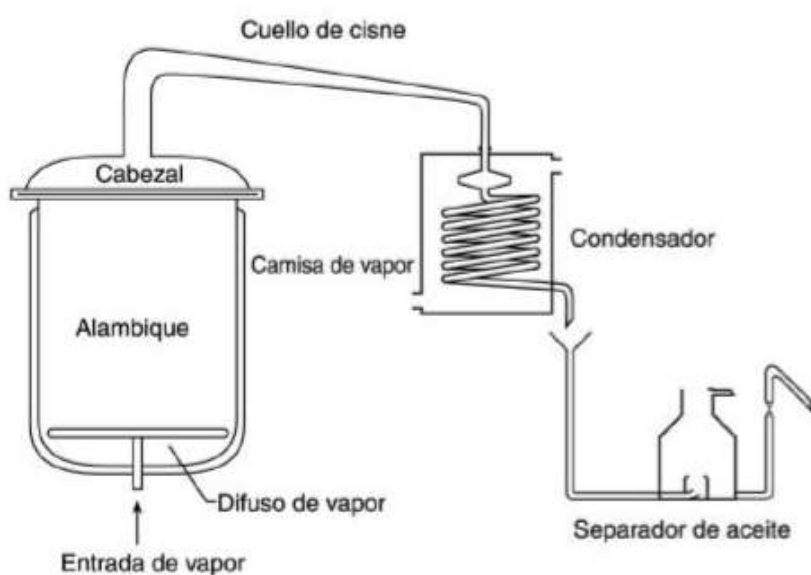


Figura 8. Equipo de extracción mediante arrastre con vapor. Tomado de Bandoni (2003).

### 2.2.2 EXTRACCIÓN CON FLUIDO SUPER CRÍTICO

En la Figura 9 tenemos el método de extracción con fluidos supercríticos para la obtención de aceites esenciales es uno de los más recientes, el material vegetal que se utiliza debe estar cortado en pequeños trozos, licuado o molido, por el cual se le hace circular el solvente super crítico para solubilizar las esencias, arrastrarlas y luego por descompresión eliminar el solvente que se utilizó en el extractor hasta alcanzar la presión y temperatura ambiente, la pureza del aceite esencial depende principalmente de las condiciones de extracción, su equipamiento es costoso pero el solvente se puede reutilizar. (Alvarez et al., 2012)

En la búsqueda de colorantes alimenticios, fragancias, aromas y sabores un campo para la obtención de estos compuesto vegetales es gracias a la extracción con fluido supercrítico, ya que los extractos y constituyentes son mayormente aprovechados, tienen una vida útil más larga y libre de microorganismos vivos. (Luque de Castro, Valcárcel, & Cases, 1993)

Los fluidos supercríticos que se usan para la EFS son metano, etileno, clorotrifluorometano, dióxido de carbono, etano, óxido nitroso, hexafluoruro de azufre, propileno, propano, amoníaco, triclorofluorometano, n-hexano, isopropanol, etanol, tolueno, agua y xenón, estos compuestos trabajan bajo distintas condiciones de temperatura y presión para variar la densidad del solvente, siendo el solvente más estudiado el dióxido de carbono  $\text{CO}_2$  ya que presenta propiedades fisicoquímicas propias de los gases y líquidos lo que lo convierte en el solvente más versátil para el proceso de separación, y el más eficiente por no ser un elemento tóxico ni inflamable, y amigable con el medio ambiente (Montoya, 2010). Que coincide con Velasco, Villada, and Carrera (2007) que afirman que el fluido supercrítico más utilizado es el  $\text{CO}_2$  ya que no es tóxico, corrosivo, costoso, trabajan a temperatura y presión controlada por encima de su punto crítico termodinámico, esto permite que se difundan a través de los sólidos con propiedades parecidas a las de un gas y al mismo tiempo se puede disolver en líquido, los cambios que se efectúan rápidamente en el fluido se debe a las pequeñas variaciones que se hacen en cuanto a presión y temperatura, dependiendo del compuesto químico y específico que se requiere extraer de la materia vegetal.

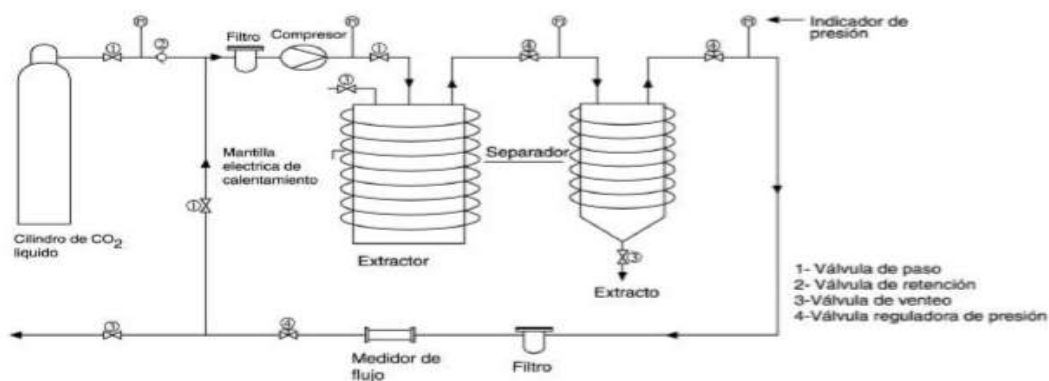


Figura 9. Representación esquemática del extractor con  $\text{CO}_2$  en estado supercrítico. Tomado de Bandoni (2003).

### **2.2.3 EXTRACCIÓN POR SOXHLET**

La extracción de aceite esencial según el método *Soxhlet* se realiza lavando consecutivamente la materia vegetal con un solvente a fin, este proceso dura de 2 a 3 horas, se realiza solo a escala de laboratorio, consta de un recipiente donde se almacena la muestra a la misma que se le aplica calor, un condensador el que se encarga de enfriar los gases que fueron generados para que pasen a estado líquido y vuelvan a recircular. (Azuola & Aguilar, 2007)

La extracción por el método *Soxhlet* es la más utilizada en laboratorios, principalmente por su rendimiento, por su bajo costo, y por trabajar con cantidades pequeñas ya que supera a otras técnicas de extracción por su diseño específico y el campo de aplicación que abarca. (De Castro & Garcia, 1998)

### **2.2.4 EXTRACCIÓN ASISTIDA POR MICROONDAS**

En la extracción de aceite esencial asistida por microondas se debilita la estructura celular para así aprovechar las moléculas polarizadas que las componen, esta técnica disminuye el tiempo del proceso y aumenta la eficiencia a diferencia de otras técnicas evaluadas. (González, Kafarov, & A., 2009)

Se controlan parámetros de T, t, potencia y presión en el equipo de microondas donde se calienta las muestras contenidas para el proceso de extracción que se desee hacer. (Martínez, Contreras, Belares, & Saltillo, 2010)

En la actualidad se indagan nuevos métodos que sean más eficientes y menos costosos, por lo que la hidrodestilación asistida por microondas está siendo ampliamente utilizada para la obtención de aceites esenciales. La (MWHD) en el proceso hace que el calentamiento sea efectivo en un menor tiempo de extracción en comparación con la hidrodestilación clásica.

El proceso de calentamiento se enfoca en los movimientos moleculares de las moléculas polares y iones contenidos del solvente y de la materia vegetal, con el fin de mantener una temperatura homogénea que facilite la obtención de los aceites esenciales, con el mismo principio sobre la diferencia de presiones rompiendo las paredes celulares hace que se liberen los compuestos que se encuentran contenidos en la materia vegetal. (Kapás et al., 2011)

E. Ríos, Giraldo, León, and Moreno (2008) mencionan que la técnica consiste en aplicar radiación de microondas como fuente de calor a las muestras, convirtiéndose en un método muy utilizado por el rendimiento y por reducir el tiempo para la extracción.

Los disolventes que se utilizan en la extracción asistida por microondas pueden ser  $Cl_4C$ , hexano y tolueno principalmente, que al ser calentados rompen las estructuras celulares que contienen los aceites esenciales por efecto de su presión de vapor, la esencia liberada y disuelta por el disolvente es separada del mismo. (Bandoni, 2003)

Como se puede observar en la Figura 10. El hidrodestilador asistido por microondas consta del horno de microondas (1a) con regulación de temperatura, (2) matraz, (3) material vegetal, (4) cabeza de rotación, (5) Tubo separador de fases, (6) Tubo de reflujo, (7) Tubo de vapores. (8) condensador.

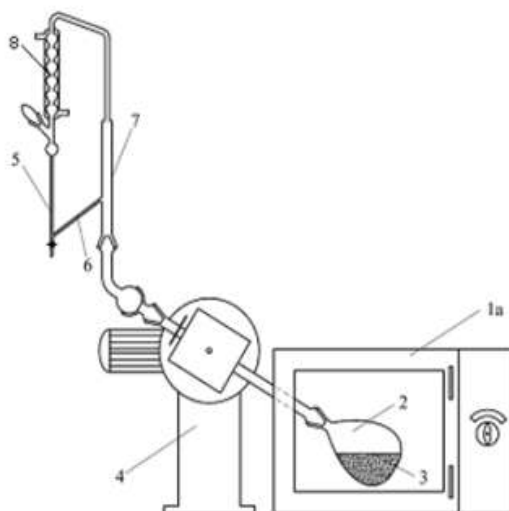


Figura 10. Hidrodestilador asistido por microondas. Obtenido de Kapás et al. (2011)

## 2.3 TECNOLOGÍAS PARA LA EXTRACCIÓN CONTINUA O SEMICONTINUA DE ACEITES ESENCIALES.

Para la obtención de aceites esenciales se han utilizado varios métodos de extracción como son con disolvente, con agua, expresión mecánica, con fluidos supercríticos, destilación con vapor

y otros, pero el más utilizado por la facilidad de uso y su bajo costo y aun siendo de forma discontinua es la destilación con arrastre con vapor (Mu'azu, Mohammed, & Waziri, 2012).

El proceso discontinuo de destilacion por arrastre con vapor de agua para la obtencion de aceites esenciales se enfoca fundamentalmente en la diferencia de la volatitidad de cada compuesto contenido en la materia vegetal, de forma que son separados de la materia vegetal para ser arrastrados con el vapor de agua (C. García, A. Martínez, J. Ortega, & F. Castro, 2010). Se determinó que este método de extracción para la obtención de aceites esenciales es el mejor. (Ribeiro, Alva, & Valles, 2001). También se consideró el proceso más utilizado para la producción de aceites esenciales a gran escala. (Özek, 2012)

En la figura 11 se puede observar el equipamiento de la tecnología discontinua.

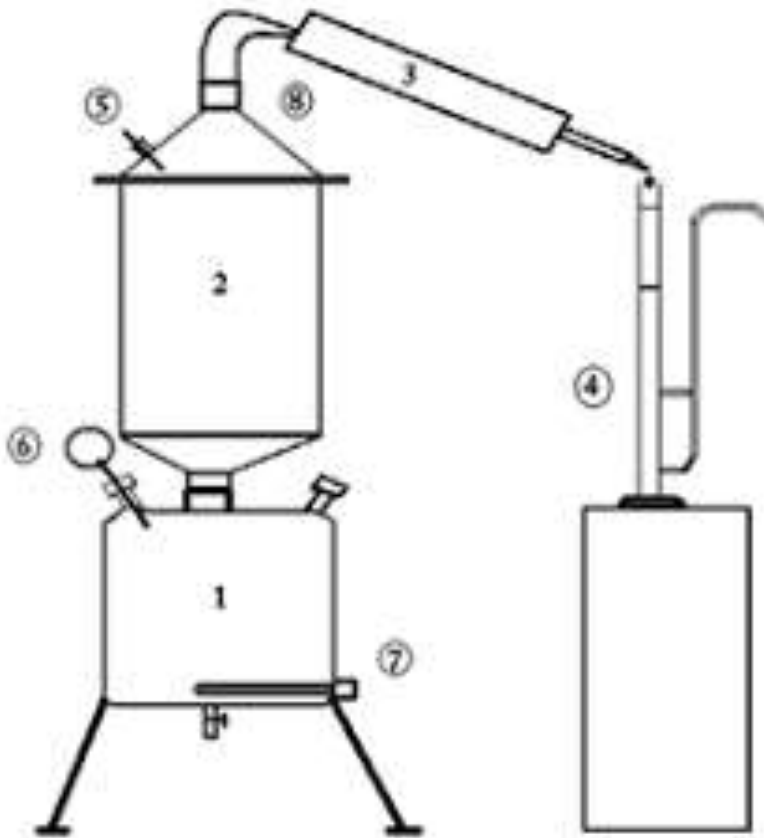


Figura 11. Tecnología discontinua de extracción por arrastre con vapor. Tomado de Armijo et al. (2012).



### 2.3.1 TAMBOR ROTARIO.

Los tambores rotatorios no han sido estudiados profundamente sin embargo pueden ser la respuesta más efectiva para poner en marcha el desarrollo de tecnología continua en cuanto a transferencia y a pérdidas de calor existentes en el proceso. (Julián & Ramos, 2015)

La aplicación de los tambores rotatorios toma parte fundamental en procesos de recuperación de suelos contaminados por derrame de petróleo, debido a la estructura funcional, la superficie de contacto y el control de las revoluciones por minuto con que el tambor gira hace eficiente el sistema. (Manilla, Poggi, & Chávez, 2004)

Los tambores rotatorios también se utilizan en reactores para procesos de fermentación láctica en los cuales se utilizó como materia prima los residuos de camarón para el ensilado de desechos crustáceos logrando la remoción de estos en un 89%. (Cira, Huerta, & Shirai, 2002)

La tecnología continua usa tambores rotatorios en los biorreactores, para aprovechar el tiempo del proceso, esto hace más fácil la circulación de aire en el lecho y ahorra energía y disminuye el costo. (Pérez et al., 2012)

En la figura 12a se observa el equipamiento del tambor rotatorio que utiliza la tecnología semicontinua.

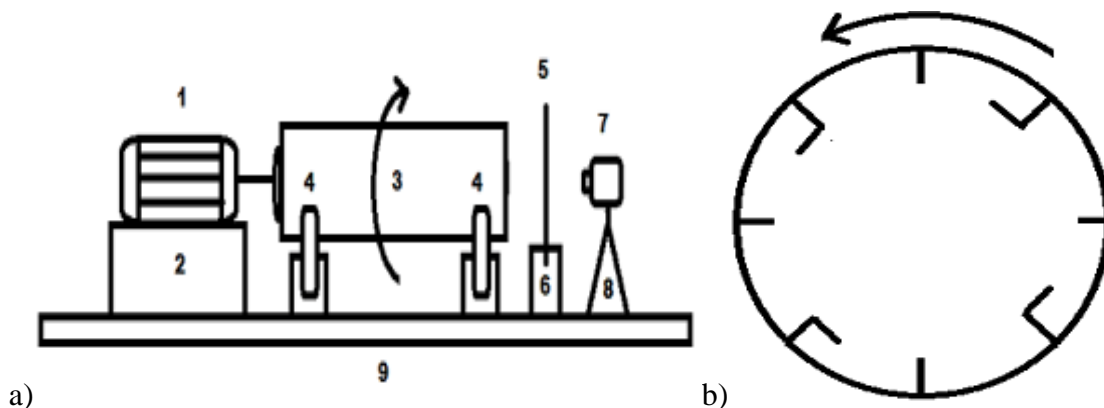


Figura 12. a) Esquema de la instalación experimental de tambor rotatorio. b) Interior del Tambor Rotatorio. Tomado de Benítez, García, Ramos, and Prieto (2018).

El tambor rotatorio consiste en un cilindro el cual gira lentamente volteando el contenido que se encuentre en el con ayuda de pestañas que se encuentran adheridas a la pared, los tambores rotatorios se han utilizado en los biorreactores por sus variadas formas con el fin de obtener una

agitación continua del sustrato para facilitar el contacto entre el biorreactor y el sustrato, de forma que la transferencia de oxígeno se vuelve más eficiente y se evita la aglomeración del contenido en su interior como se observa en la figura 12b. (Ruíz, Rodríguez, Rodríguez, Contreras, & Aguilar, 2007)

Los tambores rotarios que se han utilizado a pequeña escala son parte del sistema de biorreactores dinámicos y tienen resultados interesantes ya que tienen el potencial para facilitar la transferencia de calor mediante un mezclado relativamente suave, aunque el proceso operacional comúnmente sea discontinuo es posible cambiar el proceso y realizarlo de forma continua para disminuir el tiempo requerido para el llenado, descarga y limpieza del equipo sin olvidar que los equipos que se utilizarían serán de menor tamaño. (Julián & Ramos, 2015),(Robledo, Aguilar, & Montañez, 2012)

## **CAPITULO III**

### **3 METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN**

#### **3.1 LOCALIZACIÓN**

Esta investigación se desarrollará en la Universidad Estatal Amazónica (UEA), situada en la vía Napo Km 2 ½, Paso Lateral S/N, del Cantón Puyo, perteneciente a la Provincia de Pastaza, ubicada en la Región Amazónica Ecuatoriana (RAE), la cual consta con una superficie de 29.773 km<sup>2</sup> entre las coordenadas 1° 10' latitud sur y 78° 10' longitud oeste y 2° 35' latitud sur y 76° 40' longitud oeste. (Jiménez et al., 2015).

La presente investigación tendrá una duración de 400h, las cuales serán tomadas en cuenta desde la recolección de materia prima, el proceso para la obtención del aceite esencial, recogida de datos, tabulaciones y discusión de los resultados.

#### **3.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN**

Documental Experimental

La investigación es de tipo documental porque selecciona, recolecta y analiza documentos referidos al tema, que permiten estudiar de forma más precisa los hechos, problemas, hipótesis y datos obtenidos de dichas publicaciones para presentarlos en una investigación con resultados más amplios y coherentes. Se basa en la utilización de diferentes técnicas de: localización y fijación de datos, análisis de contenidos y documentos, el proceso de búsqueda que se realizó está basado en la investigación bibliográfica.

La investigación se llevará a cabo en el laboratorio con ayuda de personal que conoce el funcionamiento de cada uno de sus equipos y con tareas encomendadas a cada persona, los experimentos o procesos que se realizarán para el levantamiento de datos de dicha investigación hacen que sea una investigación de tipo experimental, donde se abordarán distintos tipos de preguntas y se buscarán las soluciones de manera conjunta para cumplir el objetivo deseado.

## **3.3 MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN**

### **3.3.1 MÉTODO DE ANÁLISIS**

El método de análisis se va a hacer uso en la investigación, debido a que los balances de masa que se van a realizar a partir de los datos recolectados de los procesos que se realizarán para la obtención de aceite esencial; estos cálculos se van a realizar tanto para la tecnología discontinua como para la tecnología continua, con el afán de determinar el rendimiento de cada caso, y determinar cuál es el más apropiado para la extracción del aceite esencial de canela amazónica *O. quixos*.

### **3.3.2 MÉTODO COMPARATIVO**

Para la realización del método comparativo se van a utilizar los balances de masa que se realizaron en las dos tecnologías de estudio tanto las del primer caso como las del segundo caso, para de esta manera poder identificar la tecnología más eficiente con la cual se pueda obtener el aceite esencial proveniente de la materia vegetal que son las hojas de canela amazónica *O. quixos*.

## **3.4 METODOLOGÍA DE TRABAJO**

En la figura 13 se muestra el esquema de trabajo a realizar en el presente trabajo. El mismo consta de tres etapas fundamentales.

En la primera etapa de acondicionamiento de la materia prima se realizarán las acciones para cuantificar los parámetros de interés de las materias primas y acondicionarlas para su posterior procesamiento.

La segunda etapa es donde se someterán las materias primas al proceso de transformación. En este caso se propone un esquema tecnológico similar a lo propuesto por Armijo et al. (2012) El equipamiento utilizado es el tradicional para un proceso de extracción de aceites esenciales con la peculiaridad de que en este caso los destiladores por arrastre con vapor fueron dos distintos, uno discontinuo y otro semicontinuo. Estas dos tecnologías generaron los dos casos de estudios de este trabajo.

En la tercera etapa se cuantificarán los productos y residuales obtenidos en ambos casos de estudios.

Los pasos realizados se detallan a continuación.



Figura 13Figura 17. Esquema de trabajo

### 3.4.1 ACONDICIONAMIENTO DE LA MATERIA PRIMA

Esta etapa del proceso se iniciará con la preparación de la materia prima que consiste en la recolección de las hojas frescas de canela amazónica *O. quixos*. Esto se realizará en las áreas verdes de la Universidad Estatal Amazónica, de las hojas frescas de canela amazónica *O. quixos* que serán recolectadas se va a separar cualquier sustancia extraña a la materia prima, la materia prima seleccionada será lavada para después pesar en la balanza digital (Thomas Scientific TSXB4200C) Se pesarán dos muestras con la misma cantidad para cada caso de estudio.

### 3.4.2 PROCESO

En la figura 14 se muestran las etapas del proceso de extracción de aceite esencial de *O. quixos* por destilación por arrastre con vapor para ambos casos de estudios. En los dos casos las hojas serán puestas en contacto con vapor saturado a presión atmosférica. Los vapores que contienen aceites que salen del destilador serán condensados en un condensador de doble tubo. Ya condensados los vapores se dejarán reposar en decantadores para que por diferencia de densidad sean separados.

### 3.4.3 CUANTIFICACIÓN DE LOS RESULTADOS

Tanto para el primer caso y el segundo caso se realizará el cálculo de humedad con diferencia de pesos en la hoja fresca que serán secadas en la estufa (*Barnstead lab line*) y pesadas en la balanza digital (*Thomas Scientific TSXB4200C*) con ayuda de la primera ecuación que utiliza (Nielsen, 2017) en su investigación.

Para el levantamiento de los datos en el primer caso se utilizará la balanza digital (*Thomas Scientific* TSXB4200C) en donde se pesará el agua para el destilador, junto con la materia vegetal al final de la destilación se volverá a pesar el agua del destilador y la materia vegetal, para el cálculo de la humedad se utilizará la primera ecuación propuesta por Nielsen (2017) la mezcla heterogénea del destilador el aceite y el agua de destilado también se pesará para la realización de los balances de masa.

Los resultados en el segundo caso con el destilador semicontinuo se obtendrán pesando la masa inicial y masa final de agua en el generador de vapor y con la diferencia de los pesos se obtendrán los kg que se consumirá en la destilación, en el destilador se pesará e introducirán las hojas frescas de canela, al final de la destilación se pesarán y se extraerán para realizar el cálculo de la humedad contenida en las hojas. También se levantarán los datos después de la decantación del aceite esencial y extracto acuoso.

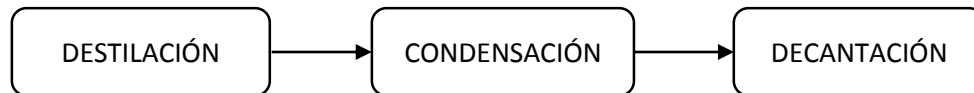


Figura 14. Diagrama en bloques de la etapa “Proceso”

#### Caso 1. Destilador discontinuo.

La destilación discontinua se desarrolló según las etapas que se muestran en la figura 5. Se introducirán 4 kg de agua y 1 kg de materia prima (hoja fresca de *O. quixos*). El agua que se introducirá en el destilador una vez que alcance la temperatura de ebullición circulará a través de las hojas arrastrando el aceite esencial (Figura 15). Esta corriente que contiene la mezcla de aceite esencial con vapor saturado se condensara y enfriara en un condensador de doble tubo para posteriormente ser separada en un decantador donde se obtendrán dos muestras, una de aceite esencial y otra de agua con aceite en suspensión.



Figura 15. Instalación experimental del caso 1.

#### Caso 2. Destilador semicontinuo.

En la figura 20 se muestra la instalación experimental del Caso 2. El equipamiento que se utilizará en esta instalación difiere del Caso 1 en el Generador de Vapor y en el Destilador utilizado.

Como se puede observar en la Figura 16 se utilizará el destilador discontinuo como Generador de vapor y el destilador semicontinuo es un tambor rotatorio semejante a los utilizados por Julián and Ramos (2015).



Figura 16. Instalación experimental del caso 2.

**Los pasos experimentales que se realizaran se describen a continuación:**

Para la obtención de aceite esencial en el equipo semicontinuo utilizando el método de tambor rotatorio se introducirán 40 kg de agua al generador de vapor, el tiempo que se estima para generar el vapor será de aproximadamente una hora y treinta minutos esto es en dependencia del calor que se le aplique al tanque que contiene el agua.

Se utilizará 1 kg de materia prima (hoja fresca de canela) se introducirán al destilador 250 g cada 15 minutos, durante una hora.

Surgirá del destilador una corriente combinada que contiene el aceite esencial de canela que será arrastrado por la acción del vapor saturado debido a que es más volátil y se extrae con mayor fluidez.



La corriente que salga del destilador que contendrá vapor saturado y sustancias vegetales entrara al proceso de condensado el cual se encarga de condensar y enfriar la mezcla mediante un condensador de doble tubo, con un flujo de agua en contracorriente para así transformar la mezcla heterogénea de agua y aceite esencial.

La mezcla de agua y aceite (Figura 17) entrará al separador donde se dejará reposar durante 2 horas, esta corriente se separará por diferencia de densidades en 2 fases: una fase acuosa y una fase lipídica de tal forma que el aceite por ser menos denso quedara sobre el agua, se extraerá el agua y se recogerá el aceite esencial, donde se medirá (mL) y se pesará (g) las dos corrientes que van a salir del decantador para realizar el respectivo balance de masa en todo el proceso.

Balance de masa

Los estudios de casos realizados fueron los siguientes:

Caso 1: Se alimentó 1 kg de hojas y 4 kg de vapor al destilador discontinuo

Caso 2: Se alimentó 1 kg de hojas y 4 kg de vapor al destilador semicontinuo

Caso 3: Se alimentó 2,8 kg de hojas y 4 kg de vapor al destilador semicontinuo

Caso Base: Se alimentó 2 kg de hojas y 4 kg de vapor al destilador semicontinuo

### **Nomenclatura**

(HojE): Masa de las hojas a la entrada del destilador

(HojS): Masa de las hojas a la salida del destilador

(HumHojE): % de Humedad de las hojas entrada del destilador

(HumHojS): % de Humedad de las hojas a la salida del destilador

(AceitS): Masa de aceite esencial de salida del decantador

(VapAceit): Masa de vapor y aceite a la salida del destilador

(AgAceitE): Masa de agua y aceite a la entrada del decantador

(VapE): Masa de vapor de entrada al decantador

(PerdAgDest): Perdidas de agua en el destilador

(CompAgVapE): Composición de agua en el vapor de entrada al destilador

(EfDecant): Eficiencia del proceso de Decantación

(Aceit): Aceite a la salida del Decantador

(AgAceitS): Mezcla heterogénea de agua y aceite a la salida del Decantador

(CompAceitAgAceitS): Composición del aceite Mezcla heterogénea de agua y aceite a la salida del Decan

(CompAceitAgAceitE): Composición del aceite Mezcla heterogénea de agua y aceite a la entrada del Dec

materiales y metodos

**Balance de masa total y de composición de agua en el Destilador.**

$$0 = \text{HojE} + \text{VapE} - \text{HojS} - \text{VapAceit} - \text{PerdAgDest} \quad \text{Ec.1}$$

$$0 = \text{HumHojE} * \text{HojE} + \text{CompAgVapE} * \text{VapE} - \text{HumHojS} * \text{HojS} - \text{CompAgVapAceitS} * \text{VapAceit} - \text{PerdAgDest} \quad \text{Ec.2}$$

Balance de Masa en el Condensador

$$0 = \text{VapAceit} - \text{AgAceit} \quad \text{Ec.3}$$

Balance de masa total y de composición de aceite en el Decantador

$$0 = \text{AgAceitE} - \text{Aceit} - \text{AgAceitS} \quad \text{Ec.4}$$

$$0 = \text{AgAceitE} * \text{CompAceitAgAceite} - \text{Aceit} - \text{AgAceitS} * \text{CompAceitAgAceitS} \quad \text{Ec. 5}$$

$$\text{AgAceitE} * \text{CompAceitAgAceite} = \text{Aceit} * (1 - \text{EfDecant}) \quad \text{Ec. 6}$$

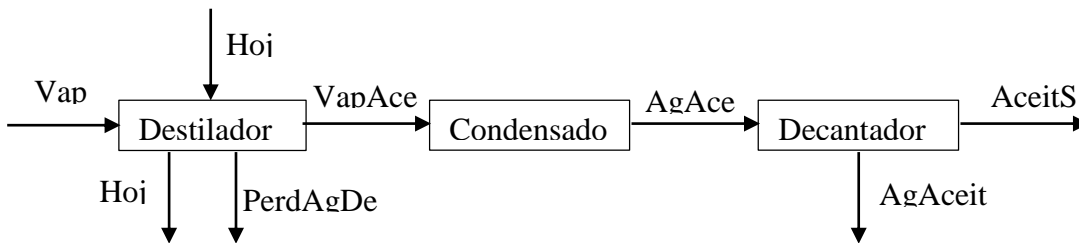


Figura 17. Diagrama de bloque del proceso de obtención de aceite esencial de *O. quixos*

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSION

#### Caso 1 1KG DE MATERIA VEGETAL EXTRACCION DISCONTINUA

En el proceso de extracción del caso 1 se utilizó 1 kg de materia vegetal (hoja de canela amazónica *O. quixos*) en el destilador discontinuo con una duración de 1 hora donde la perdida de agua fue 0 y se obtuvo 0.00283 kg de aceite esencial como se puede observar en la Tabla 2 blablablá. Este proceso de extracción de aceite esencial el cual servirá para la comparación entre los distintos casos que se realizaron.

Tabla 2. Caso 1 extracción discontinua con 1 kg de materia vegetal.

Equipo	Corriente	Composición	U	Caso 1
Destilador	VapE		kg	4,0000
	HojE		kg	1,0000
		HumHojE		0,5187
	HojS		kg	1,2000
Condensador		HumHojS		0,6374
	PerdAgDest		kg	0,0000
	VapAceit		kg	0,6308
Decantador	AgAceitE		kg	0,6308
		CompAceitAgAceitE		0,9950
	AgAceitS		kg	0,6280
		CompAceitAgAceitS		0,9995
	Ace AceitS		kg	0,0028

#### Caso 2 1 KG DE MATERIA VEGETAL EXTRACCION SEMICONTINUA

Para la extracción de aceite esencial en el Caso 2 se utilizó el destilador semicontinuo alimentado con vapor saturado que fue generado por el destilador discontinuo, al destilador semicontinuo que consta de un tambor rotatorio se introdujo 1 kg de materia vegetal y se obtuvo 0,0005 kg de aceite esencial, los datos se pueden observar en la tabla 3 cabe mencionar que

existen pérdidas de vapor por escape y por condensación que contienen parte del aceite esencial de la destilación.

Tabla 3. Caso 2 extracción semicontinua con 1 kg de materia vegetal.

Equipo	Corriente	Composición	U	Caso 2
Destilador	VapE		kg	4,0000
	HojE		kg	1,0000
	HojS	HumHojE		0,5187
Condensador	PerdAgDest		kg	1,4000
	VapAceit	HumHojS		0,6789
			kg	2,4050
Decantador	AgAceitE		kg	0,4998
		CompAceitAgAceitE		0,9989
	AgAceitS		kg	0,4993
		CompAceitAgAceitS		0,9999
	Ace AceitS		kg	0,0005

### Caso 3 2,8 KG DE MATERIA VEGETAL EXTRACCION SEMICONTINUA

En el caso 3 procedemos de la misma forma que se realizado en el segundo caso utilizando el destilador discontinuo como generador de vapor que abastece al destilador de tambor rotario con vapor saturado, con la diferencia que utilizamos 2,8 kg de materia vegetal para la extracción en la cual se obtuvo 0.00278 kg de aceite esencial, los datos de esta extracción se pueden observar en la tabla 4.

Tabla 4. Caso 3 extracción semicontinua con 2,8 kg de materia vegetal.

Equipo	Corriente	Composición	U	Caso 3
Destilador	VapE		kg	4,0000
	HojE		kg	2,8000
	HojS	HumHojE		0,5187
Condensador	PerdAgDest		kg	4,7000
	VapAceit	HumHojS		0,6789
			kg	2,4050
Decantador	AgAceitE		kg	0,7812
		CompAceitAgAceitE		0,9960

AgAceitS		kg	0,7789
	CompAceitAgAceitS		0,9996
Ace AceitS		kg	0,0027

#### Caso 4 2 KG DE MATERIA VEGETAL EXTRACCION SEMICONTINUA

En el caso 4 (Tabla 4) se trabajó bajo las mismas condiciones que los casos anteriores de las extracciones semicontinuas, al caso 4 se alimentó de 2 kg de materia vegetal que al final de la extracción se obtuvo 0,00185 kg de aceite esencial los datos del proceso de extracción se registraron en la tabla 489.

Tabla 5. Comparación de resultados de los casos 1, 2, 3, y 4.

Equipo	Corriente	Composición	U	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4
Destilador	VapE		kg	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000
	HojE		kg	1,0000	1,0000	2,8000	2,0000
		HumHojE		0,5187	0,5187	0,5187	0,5187
	HojS		kg	1,2000	1,4000	4,7000	3,4000
		HumHojS		0,6374	0,6789	0,6789	0,6789
	PerdAgDest		kg	0,0000	2,4050	2,4050	2,4050
Condensador	VapAceit		kg	0,6308	0,4998	0,7812	0,6210
Decantador	AgAceitE		kg	0,6308	0,4998	0,7812	0,6210
		CompAceitAgAceitE		0,9950	0,9989	0,9960	0,9967
	AgAceitS		kg	0,6280	0,4993	0,7789	0,6191
		CompAceitAgAceitS		0,9995	0,9999	0,9996	0,9997
	Ace AceitS		kg	0,0028	0,0005	0,0027	0,0018

Como se puede observar en la tabla 5 de la comparación de resultados de cada caso que se realizó en el proceso para la obtención de aceites esenciales de las hojas de canela amazónica *O. quixos* donde el primer caso se realizó en el destilador discontinuo con 1 kg de materia vegetal que alcanzo 95°C de temperatura y el proceso de extracción duro 1 hora en el cual se obtuvo 0,00283 kg de aceite esencial, hay que mencionar también que las pérdidas de agua en el destilador discontinuo resultaron en 0, para el segundo caso se utilizaron las mismas condiciones en cuanto a la materia vegetal, y la misma cantidad de agua que ingreso al destilador discontinuo con la que se generó el vapor saturado para la alimentación del destilador semicontinuo de tambor rotatorio este proceso se realizó para el caso 2, 3 y 4 en el 2 se obtuvo 0,0005 kg de aceite esencial, en el caso 3 se obtuvo 0,00278 kg de aceite esencial al cual se suministró 2,8 kg de materia vegetal y por último en el caso 4 se obtuvo 0,00185 kg de aceite esencial al que se

alimentó con 2 kg de materia vegetal, en los procesos de extracción de forma semicontinua existen pérdidas de agua por el vapor que se escapa y en el destilador por el agua condensado que para los 3 casos la cantidad de 2,405 kg según el balance de masa realizado de las dos tecnologías al no existir perdidas en la extracción semicontinua esta resulta más eficiente que la discontinua.

## CAPITULO V

### 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. CONCLUSIONES

1. Para la obtención de aceites esenciales de la hoja de canela amazónica *O. quixos* se utiliza la extracción por arrastre con vapor de agua de forma discontinua, por ser económica, eficiente y amigable con el medio ambiente. En la propuesta de una nueva tecnología semicontinua es inminente la utilización de un tambor rotatorio para la obtención de aceites esenciales por arrastre con vapor de agua los resultados han sido muy satisfactorios que al llevarlos a una comparación tecnológica es mejor la tecnología semicontinua.
2. Se obtuvo aceite esencial de las hojas de canela amazónica *O. quixos* por el proceso de extracción por arrastre con vapor de agua de forma discontinua, en el caso 1 se obtuvo 0,0028 kg de aceite esencial de 1 kg de hoja, a diferencia del resto de casos que se los realizó de forma semicontinua, en el caso 2 se obtuvo 0,0005 kg de aceite esencial de 1 kg de materia vegetal, en el caso 3 se obtuvo 0,0027 kg de aceite esencial de 2,8 kg de materia vegetal y en el caso 4 se obtuvo 0,0018 kg de aceite esencia de 2 kg.
3. Se realizaron las corridas experimentales, se realizó el levantamiento de datos, se realizó el balance de masa de cada una de las corridas experimentales y se determinó que el mejor rendimiento en cuanto a la obtención de aceites esenciales mediante la extracción por arrastre con vapor de agua es con la tecnología semicontinua equipada con tambor rotatorio.

#### RECOMENDACIONES

1. Que se realicen modificaciones el equipo tambor rotatoria que permita la disminución de las pérdidas de agua que existe por condensación y por el escape de vapor para mejorar su eficiencia al momento de la extracción de aceite esencial.
2. Que se estudien otros parámetros de diseño como el ángulo de inclinación del tambor rotatorio ya que incide directamente sobre el tiempo de residencia de la materia vegetal

y otros parámetros operacionales como son: la temperatura y presiones del vapor para ver su influencia en el rendimiento del aceite esencial.

3. Que se realicen extracciones con otras especies que utilicen el método de destilación por arrastre con vapor que no solo provengan de la amazonia sino de todo el Ecuador.



## CAPÍTULO VI

### 6 BIBLIOGRAFÍA

- Almachi, I. (2016). *Caracterización de la diversidad de artrópodos en parcelas con especies ocotea quixos y myroxylon balsamun en el centro de investigación, postgrados y conservación amazónica, Universidad Estatal Amazónica, periodo 2015-2016.* LATACUNGA/UTC/2016,
- Alvarez, M., Melendez, L., & Cosío, S. (2012). Procedimientos para la extracción de aceites esenciales en plantas aromáticas. *Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste*, 15-17.
- Alzamora, L., Morales, L., Armas, L., & Fernández, G. (2001). *Medicina tradicional en el Perú: Actividad antimicrobiana in vitro de los aceites esenciales extraídos de algunas plantas aromáticas.* Paper presented at the Anales de la Facultad de Medicina.
- Angulo, A. (2012). Introducción a la Industria de los Aceites Esenciales extraídos de Plantas Medicinales y Aromáticas. *Servicio Nacional de Aprendizaje SENA*, 1-33.
- Ardila, M., Vargas, A., Pérez, J., & Mejía, L. (2009). Ensayo preliminar de la actividad antibacteriana de extractos de *Allium sativum*, *Coriandrum sativum*, *Eugenia Caryophyllata*, *Origanum vulgare*, *Rosmarinus officinalis* y *Thymus vulgaris* frente a *Clostridium perfringens*. *Biosalud*, 8(3), 47-57.
- Armijo, J., Vicuña, E., Romero, P., Condorhuamán, C., & Hilario, B. (2012). Modelamiento y simulación del proceso de extracción de aceites esenciales mediante la destilación por arrastre con vapor. *Revista Peruana de Química e Ingeniería Química*, 15(2), 19-27.
- Azuola, R., & Aguilar, P. (2007). Extracción de sustancias asistida por ultrasonido (EUA). *Tecnología en marcha*, 20(4), 1.
- Ballabeni, V., Tognolini, M., Bertoni, S., Bruni, R., Guerrini, A., Rueda, G., & Barocelli, E. (2007). Antiplatelet and antithrombotic activities of essential oil from wild *Ocotea quixos* (Lam.) Kosterm.(Lauraceae) calices from Amazonian Ecuador. *Pharmacological research*, 55(1), 23-30.
- Ballabeni, V., Tognolini, M., Giorgio, C., Bertoni, S., Bruni, R., & Barocelli, E. (2010). *Ocotea quixos* Lam. essential oil: in vitro and in vivo investigation on its anti-inflammatory properties. *Fitoterapia*, 81(4), 289-295.

- Bandoni, A. (2003). *Los recursos vegetales aromáticos en Latinoamérica su aprovechamiento industrial para la producción de aromas y sabores.*
- Benítez, I., García, A., Ramos, L., & Prieto, F. (2018). Determinación de las áreas de transferencia de calor en un reactor tambor rotatorio. *Ingeniería Energética*, 39(2), 76-81.
- Borja, D. (2017). EVALUACIÓN DE LA POLÍTICA PÚBLICA DE FOMENTO PRODUCTIVO EN EL CULTIVO DE CACAO EN CHAKRA EN LA RESERVA DE BIÓSFERA SUMACO. In (*Tesis Maestría*). Napo.
- Brack, A. (1997). Biodiversidad amazónica y manejo de fauna silvestre. *Manejo de fauna silvestre en la Amazonia*, 3.
- Brack, A. (2012). *MANEJO DE FAUNA SILVESTRE EN LA AMAZONIA.*
- Bruni, R., Medici, A., Andreotti, E., Fantin, C., Muzzoli, M., Dehesa, M., . . . Sacchetti, G. (2004). Chemical composition and biological activities of Ishpingo essential oil, a traditional Ecuadorian spice from *Ocotea quixos* (Lam.) Kosterm.(Lauraceae) flower calices. *Food chemistry*, 85(3), 415-421.
- Cárdenas, C. (2014). *LAS PLANTAS OLELOPÁTICAS.* Sangolquí, Ecuador: Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE.
- Cárdenas, C., Pozo, W., Rojas, M., Roque, A., & Mihai, R. (2016). Antifungal Activity of Two Botanical Extracts on Rose Crop (*Rosa L. Sp.*), Against *Sphaerotheca Pannosa* Var. *Rosae*. *Agricultural Science Procedia*, 10, 465-474.
- Cerutti, M., & Neumayer, F. (2004). Introducción a la obtención de aceite esencial de limón. 7(12).
- Cira, L., Huerta, S., & Shirai, K. (2002). Fermentación láctica de cabezas de camarón (*Penaeus* sp) en un reactor de fermentación sólida. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 1(1-2).
- De Castro, L., & Garcia, L. (1998). Soxhlet extraction of solid materials: an outdated technique with a promising innovative future. *Analytica chimica acta*, 369(1-2), 1-10.
- Destryana, R., Gary, D., Cole, L., Woolley, C., Chi Huang, T., Hung, T., . . . Shih, W. (2014). Antioxidant and Anti-inflammation Activities of *Ocotea*, *Copaiba* and *Blue Cypress* Essential Oils in Vitro and in Vivo. *Springer Link*, 12.

- Destryana, R., Young, D., Woolley, C., Huang, T., Wu, H., & Shih, W. (2014). Antioxidant and Anti-inflammation Activities of Ocotea, Copaiba and Blue Cypress Essential Oils in Vitro and in Vivo. *91*(9), 1531-1542.
- Duarte, M., & Rai, M. (2015). *Therapeutic Medicinal Plants: From Lab to the Market*: CRC Press.
- Flor, H., & Parra, M. (2017). *Estandarización fitoquímica de extractos hidroalcohólicos de Ishpingo, Ocotea quixos (Lam.) Kosterm.*
- García, C., Martínez, A., Ortega, J., & Castro, F. (2010). Componentes químicos y su relación con las actividades biológicas de algunos extractos vegetales. *Química Viva*, *9*(2).
- García, G., & Acevedo, A. (2018). Volatile Secondary Metabolites in Cascarillo (Ocotea caparrapi (Sandino-Groot ex Nates) Dugand-Lauraceae). *1*.
- García, L., Martínez, A., Ortega, J., & Castro, F. (2010). Componentes químicos y su relación con las actividades biológicas de algunos extractos vegetales. *Química Viva*, *9*(2).
- Gil-Pavas, E. (2016). Diseño y montaje de un equipo para la extracción de aceites esenciales a escala piloto. *Facultad de Ingeniería*(20), 55-72.
- Gök, A., Kirbaşlar, Ş., & Gülay, F. (2015). Comparison of lemon oil composition after using different extraction methods. *Journal of essential Oil Research*, *27*(1), 17-22.
- González, A., Kafarov, V., & A., G. (2009). Desarrollo de métodos de extracción de aceite en la cadena de producción de biodiesel a partir de microalgas. *PROSPECTIVA*, *7*(2).
- González Villa, Á. A. (2004). *Obtención de aceites esenciales y extractos etanólicos de plantas del Amazonas*. Universidad Nacional de Colombia-Sede Manizales,
- Jamel, J., Bouajila, J., Aydi, A., Barth, D., Abderrabba, M., & Mejri, M. (2012). Supercritical CO<sub>2</sub> Extract and Essential Oil of Ruta chalepensis L. growing in Tunisia: A natural source of Undecan-2-one. *Analytical Chemistry Letters*, *2*(5), 290-300.
- Jiménez, D., Burgos, J., Cárdenas, V., Ríos, S., Rey, S., & Navarrete, H. (2015). Herramientas para ordenar la ganadería en la provincia Pastaza de la Amazonia Ecuatoriana. *Livestock Research for Rural Development*, *27*, 1.
- Julián, M., & Ramos, L. (2015). Análisis del crecimiento de la levadura Candida utilis en un biorreactor tambor rotatorio continuo. *Afinidad*, *72*(572).

- Kapás, A., András, C., Dobre, T., Vass, E., Székely, G., Stroescu, M., . . . Ábrahám, B. (2011). The kinetic of essential oil separation from fennel by microwave assisted hydrodistillation (MWHHD). *Sci. Bull. Ser. B*, 73, 113-120.
- León, G., Fortich, M., & Martínez, S. (2015). Comparación de dos métodos de extracción del aceite esencial de *Citrus Sinensis* L. *Revista Cubana de Farmacia*, 49(4), 742-750.
- Lerayne, D. M. (2002). EXTRACCIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DE MANDARINA (*Citrus Reticulata*) UTILIZANDO DIÓXIDO DE CARBONO EN CONDICIÓN SUPERCRÍTICA COMO SOLVENTE. *Caracas, Venezuela*.
- López, L. (2013). *Eficacia in vitro de un desinfectante de uso Agroindustrial elaborado a base de aceite esencial de ishpink (ocotea quixos lam. Kosterm)*. Universidad Estatal Amazónica,
- Luque de Castro, M., Valcárcel, M., & Cases, M. (1993). *Extracción con fluidos supercríticos en el proceso analítico*: Reverté.
- Manilla, E., Poggi, H., & Chávez, B. (2004). Evaluación del funcionamiento de un tambor rotatorio aplicado a la biorremediación de un suelocontaminado con hidrocarburos. 29(9), 515-520.
- Márquez, S. D. (2003). EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO EN LA OBTENCIÓN DEL ACEITE. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias*, 579-597.
- Martínez, A., Contreras, J., Belares, R., & Saltillo, S. (2010). Extracción de polifenoles asistida por microondas a partir de *Punica granatum* L. *Revista científica de la Universidad Autónoma de Coahuila*, 2(4).
- Misharina, T. A., & Polshkov, A. N. (2005). Antioxidant properties of essential oils: autoxidation of essential oils from laurel and fennel and of their mixtures with essential oil from coriander. *Applied Biochemistry and Microbiology*, 41(6), 610-618.
- Montealegre, C. (2011). *Etnobotanica preliminar del Espíngo (Ocotea quixos (Lam.) Kosterm.) en la medicina tradicional indígena Inga, pruebas fotoquímicas y evaluación de la actividad antimicrobiana*. Facultad de Ciencias,
- Montoya, G. (2010). *Aceites esenciales una alternativa de diversificación para el eje cafetero*.
- Moreno, J., López, G., & Siche, R. (2010). Modelación y optimización del proceso de extracción de aceite esencial de eucalipto (*Eucalyptus globulus*). *Scientia Agropecuaria*, 1(2), 147-154.

- Mosquera, T., Parra, M., Flor, H., & Noriega, P. (2017). Phytochemical standardization of hydroalcoholic extracts of ishpingo, *Ocotea quixos* (Lam.) Kosterm. *Journal of Medicinal Plants Research*, *11*(36), 568-575.
- Mu'azu, K., Mohammed, A., & Waziri, S. (2012). Development of mathematical model for the prediction of essential oil extraction from *Eucalyptus citriodora* leave. *Journal of Basic Applied Scientific Research*, *2*(3), 2298-2306.
- Navarrete, C., Gil, J., Durango, D., & Garcia, C. (2010). Extracción y caracterización del aceite esencial de manarina obtenido de residuos agroindustriales. *77*(162), 85-92.
- Nejia, H., Séverine, C., Jalloul, B., Mehrez, R., & Stéphane, C. (2013). Extraction of essential oil from *Cupressus sempervirens*: comparison of global yields, chemical composition and antioxidant activity obtained by hydrodistillation and supercritical extraction. *Natural product research*, *27*(19), 1795-1799.
- Nielsen, S. S. (2017). Moisture Content Determination. In *Food Analysis Laboratory Manual* (pp. 105-115): Springer.
- Noriega, P., & Dacarro, C. (2008a). Aceite foliar de *Ocotea quixos* (Lam.) Kosterm.: actividad antimicrobiana y antifúngica. *La Granja*, *7*(1), 3-8.
- Noriega, P., & Dacarro, C. (2008b). Aceite foliar de *Ocotea quixos* (Lam.) Kosterm.: actividad antimicrobiana y antifúngica. *7*(1), 3-8.
- Ocampo, R. A. (2002). Situación actual del comercio de plantas medicinales en América Latina. *Boletín latinoamericano y del Caribe de plantas medicinales y aromáticas*, *1*(4).
- Ortega, C., & Narváez, P. (2018). *Evaluación in vitro de la actividad inhibitoria de aceites esenciales y sus mezclas (Curcuma longa, Cymbopogon citratus, ocotea quixos, melaleuca armillaris, zingiber officinale) en aeromona hydrophila, aeromona salmonicida y Pseudomonas fluorescens.*
- Özek, T. (2012). Distillation Parameters for Pilot Plant Production of *Laurus nobilis* Essential oil. *Records of Natural Products*, *6*(2).
- Pérez, A., Cervantes, E., Julián, M., González, E., Gómez, A., Oquendo, H., . . . Ramos, L. (2012). Procedimiento para enfrentar tareas de diseño de procesos de la industria azucarera y sus derivados. *Revista mexicana de ingeniería química* *11*(2), 333-349.

- Radice, M., Pérez, A., Escobar, J., Silva, J., Correa, C., & Moya, A. (2017). Ocotea quixos essential oil: A systematic review about the ethno-medicinal uses, phytochemistry and biological activity. *Mol2Net*.
- Ribeiro, O., Alva, A., & Valles, J. (2001). Extracción y caracterización del aceite esencial de jengibre (*Zingiber officinale*). *Alimentaria*, 1(1), 38-42.
- Ríos, E., Giraldo, G., León, D., & Moreno, A. (2008). Estudio del perfil de compuestos volátiles de los rizomas de *Curcuma longa* L. Cultivada en el departamento del Quindío-Colombia. Evaluation of the volatile profile of the rhizomes of *curcuma longa* L. Crops in Quindio-Colombia.
- Ríos, L., Lopera, G., Caicedo, R., Granda, F., Montoya, A., Restrepo, G., & Suárez, R. (2007). Extraction and characterization of cardamom oil (*Elettaria cardamomum*). 74(151), 47-52.
- Ríos, W. G., Garlasqui, J. J., & Rodríguez, L. A. (2015). Diseño construcción e instalación de un condensador con envolvente multitubular para la obtención de aceites esenciales para el Laboratorio de Procesos y Operaciones Unitarias de la FIQ-UNAP.
- Robledo, A., Aguilar, C., & Montañez, J. (2012). Uso del olote de maíz como sustrato microbiano para la obtención de xilanasas. *Revista científica de la Universidad Autónoma de Coahuila*, 7(4), 1-1.
- Rodríguez, M., Alcaraz, L., & Real, S. (2012). Procedimientos para la extracción de aceites esenciales en plantas aromáticas. *Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste*, 15-17.
- Rolli, E., Marieschi, M., Maietti, S., Sacchetti, G., & Bruni, R. (2014). Comparative phytotoxicity of 25 essential oils on pre-and post-emergence development of *Solanum lycopersicum* L.: A multivariate approach. 60, 280-290.
- Ronquillo, C., & Chicaiza, T. (2016). *Evaluación de la actividad antioxidante bioautográfica de 5 variedades de aceites esenciales amazónicos (Ocotea quixos; Psidium guajava; Eugenia stipitata; Piper auritum; Piper imperiale)*.
- Ruíz, H., Rodríguez, R., Rodríguez, R., Contreras, J., & Aguilar, C. (2007). Diseño de biorreactores para fermentación en medio sólido. *Revista mexicana de ingeniería química*, 6(1).

- Sacchetti, G., Guerrini, A., Noriega, P., Bianchi, A., & Bruni, R. (2006). Essential oil of wild ocotea quixos (lam.) kosterm.(lauraceae) leaves from amazonian ecuador. *21*(4), 674-676.
- San Martin, A., Villanueva, E., Cruz, A., Flores, D., Gomez, D., Almanza, G., & Flores, Y. (2012). ESTUDIO FITOQUIMICO Y ESPECTROSCOPICO PRELIMINAR DE CINCO PLANTAS MEDICINALES DEL CARMEN PAMPA (COROICO) BOLIVIA. *SCIELO*, 9.
- Sangucho, A. (2017). *Identificación y caracterización de los metabolitos secundarios específicos de Ocotea quixos, con acción antifúngica*. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. IASA I. Carrera de Ingeniería de Ciencias Agropecuarias.,
- Scalvenzi, L., Yaguache, B., Cabrera, P., & Guerrini, A. (2016). Actividad antifúngica in vitro de aceites esenciales de Ocotea quixos (Lam.) Kosterm. y Piper aduncum L. *Bioagro*, 28(1), 039-046.
- Torres, E., Moreno, R., Tamayo, Y., Hermosilla, R., & Guillén, Z. (2014). Estudio de la actividad antibacteriana del aceite esencial de los rizomas de Curcuma longa L. *Química Viva*, 13(2).
- Torres, S., Velandia, J., & Murcia, H. (2013). Acetylsalicylic acid with fungicides, as an alternative application, for the powdery mildew in rose´s control. *Uptc*, 7.
- Velasco, R., Villada, H., & Carrera, J. (2007). Aplicaciones de los Fluidos Supercríticos en la Agroindustria *scielo*, 18, 53-66.
- VILLA, A. A. G. (2004). OBTENCIÓN DE ACEITES ESENCIALES Y EXTRACTOS ETANOLICOS DE PLANTAS DEL AMAZONAS.