



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

### RESUMEN.

Ante la necesidad que presenta la sociedad de reemplazar los productos químicos por productos orgánicos o naturales en la agricultura, es de importancia el estudio de los diferentes extractos vegetales así como su obtención y producción a gran escala.

Existen muchos métodos de obtención de extractos vegetales, sin embargo en este apartado se hablara básicamente de una extracción sólido-líquido en el equipo Soxhlet, la cual es una operación importante en todos los procesos tecnológicos relacionados con la industria química y agroquímica.

La extracción Soxhlet consiste en el lavado sucesivo de una mezcla sólida con un determinado solvente (etanol) que va “lavando o extrayendo” de la mezcla, los componentes más solubles en él. Mediante el lavado sucesivo de una mezcla, se puede extraer de ella componentes cuya solubilidad en el solvente extractante es muy baja, debido al efecto acumulado de las múltiples extracciones.

El extracto vegetal obtenido es el resultado de concentrar los principios activos de las plantas, estos deben ser tóxicos para las plagas, que por ser biodegradable causan mínimo daño al ecosistema. Por dichos aspectos se ve en la necesidad de diseñar y optimizar las condiciones de trabajo de un equipo de extracción sólido-líquido de tal forma que su manejo sea accesible a todo tipo de personas y su construcción sea económica, para obtener productos de calidad y así satisfacer las necesidades de dicho sector.

Es importante establecer los parámetros de extracción para lograr la estandarización del proceso, esto garantizará la calidad, rendimiento, seguridad y eficacia del producto.



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

### PALABRAS CLAVES.

Extracción sólido-líquido

Fitoquímico

Planta piloto

Diseño

Soxhlet

Plaguicida Orgánico.



**INDICE GENERAL**

INTRODUCCIÓN. .... 7

CAPÍTULO I ..... 12

**1. MARCO TEÓRICO: ..... 12**

**1.1. EXTRACTO VEGETAL ..... 12**

1.1.1 DEFINICION: ..... 12

1.1.2. ANTECEDENTES HISTORICOS:..... 12

**1.1.3. ACCIÓN DE LOS EXTRACTOS VEGETALES DE USO AGRÍCOLA . 14**

**1.2. DESCRIPCION DE LOS VEGETALES SELECCIONADOS PARA LA EXTRACCION. .... 14**

1.2.1 ALTAMISA (*Ambrosia peruviana*). ..... 15

**1.3 METODO DE EXTRACCION:..... 19**

1.3.1 DESCRIPCION DEL EQUIPO DE EXTRACCION. .... 19

1.3.1. CARACTERISTICAS PARA LA EXTRACCION CON EL EQUIPO SOXHLET ..... 20

1.3.2. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA EXTRACCIÓN SOXHLET: ..... 22

**1.4. ESCALAMIENTO: ..... 23**

1.4.1. DEFINICIÓN: ..... 23

1.4.2. HISTORIA: ..... 23

1.4.3. PRINCIPAL APLICACIÓN DEL ESCALAMIENTO. PLANTAS PILOTO. .... 24

PROPÓSITOS DE LAS PLANTAS PILOTOS: ..... 25

ALCANCES TÉCNICOS DE LA PLANTA PILOTO: ..... 25

CAPÍTULO II ..... 26

**2.1. PROCESO DE EXTRACCIÓN: ..... 26**

**2.2. PROCEDIMIENTO ..... 26**

2.2.1. RECOLECCION DE PLANTAS. .... 26

2.2.2. SELECCIÓN DE LAS PARTES DE LA PLANTA A UTILIZAR: ..... 27

2.2.3. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA: ..... 27

2.2.4. OBTENCION DE LOS EXTRACTOS ..... 29



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

2.2.4.1. EXTRACCIÓN SOXHLET. PROCESO:.....	29
2.2.5. ANALISIS DE LOS EXTRACTOS. SCREENING FITOQUIMICO DE LOS EXTRACTOS ALCHOLICOS.....	31
CAPÍTULO III .....	35
<b>3. RESULTADOS Y DISCUSIONES. ....</b>	<b>35</b>
<b>3.1. EXTRACCIÓN: .....</b>	<b>35</b>
<b>EXTRACTO DE HOJAS SECAS DE EUCALIPTO .....</b>	<b>35</b>
<b>EXTRACTO DE HOJAS SECAS DE ALTAMISA .....</b>	<b>35</b>
<b>3.2. SCREENING FITOQUIMICO .....</b>	<b>36</b>
Tabla # 3. RESULTADO DEL SCREENING FITOQUIMICO DEL EXTRACTO ALCOHOLICO DE ALTAMISA.....	36
Tabla # 4. RESULTADO DEL SCREENING FITOQUIMICO DEL EXTRACTO ALCOHOLICO DE EUCALIPTO .....	37
<b>3.3 ESCALAMIENTO DE LA PLANTA PILOTO DE EXTRACCIÓN SOLIDO- LÍQUIDO. ....</b>	<b>37</b>
3.3.1. CALCULO DEL RENDIMIENTO DE LAS EXTRACCIONES EN EL EQUIPO SOXHLET. ....	37
3.3.2. CALCULO DE LA DEMANDA DE EXTRACTO A CUBRIR. ....	38
3.3.3. CALCULO DE LA DEMANDA DE EXTRACTO EN SOLUCION.....	39
3.3.4. CALCULO DE LA CANTIDAD DE DISOLVENTE.....	39
3.3.5. CALCULO DE LA CANTIDAD DE MUESTRA SECA. ....	40
IV. CONCLUSIONES: .....	41
V. RECOMENDACIONES.....	42
VI. BIBLIOGRAFIA: .....	44
ANEXOS:	
ANEXO1. REGISTRO TECNICO. ....	40
ANEXO2. PLANOS.....	42



UNIVERSIDAD DE CUENCA



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

Yo, ADRIANA PAULINA CALDAS AVILA, reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de INGENIERA QUÍMICA. El uso que la Universidad de Cuenca hiciere de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autor.

ADRIANA PAULINA CALDAS AVILA  
0105015598

---

*Cuenca Patrimonio Cultural de la Humanidad. Resolución de la UNESCO del 1 de diciembre de 1999*

Av. 12 de Abril, Ciudadela Universitaria, Teléfono: 405 1000, Ext.: 1311, 1312, 1316

e-mail [cdjbv@ucuenca.edu.ec](mailto:cdjbv@ucuenca.edu.ec) casilla No. 1103

Cuenca - Ecuador



UNIVERSIDAD DE CUENCA



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

Yo, ADRIANA PAULINA CALDAS AVILA, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor/a.

ADRIANA CALDAS.  
0105015598

---

*Cuenca Patrimonio Cultural de la Humanidad. Resolución de la UNESCO del 1 de diciembre de 1999*

Av. 12 de Abril, Ciudadela Universitaria, Teléfono: 405 1000, Ext.: 1311, 1312, 1316  
e-mail cdjbv@ucuenca.edu.ec casilla No. 1103

Cuenca - Ecuador



UNIVERSIDAD DE CUENCA



---

# **UNIVERSIDAD DE CUENCA.**

**FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA**

**“OPTIMIZACIÓN, ESCALAMIENTO Y DISEÑO DE UNA PLANTA  
PILOTO DE EXTRACCIÓN SÓLIDO LÍQUIDO”**

**Tesis Previa A La Obtención  
del Título de Ingeniera Química**

**AUTORA:**

**ADRIANA PAULINA CALDAS AVILA**

**DIRECTOR:**

**Dr. JUAN PARRA**

**CUENCA, 2012**



## DEDICATORIA.

*Principalmente a Dios por darme la vida,  
guiar cada uno de mis pasos  
y darme la fortaleza para culminar con éxito  
una etapa más en mi vida.*

*A mi familia  
por haberme brindado un ambiente de unidad,  
amor y alegría, en donde pude desarrollar las mejores cualidades  
a las que aspira todo ser humano.*



## **AGRADECIMIENTOS.**

*A mis padres quienes a lo largo de toda mi vida han apoyado y motivado tanto mi formación académica, como espiritual, creyeron en mí en todo momento y no dudaron de mis habilidades.*

*A mis hermanos, abuelos y demás familiares por cada uno de sus consejos y por su apoyo incondicional.*

*A mis profesores quienes me transmitieron sus conocimientos, con paciencia y amor a la carrera.*

*De manera especial a mi director, Dr. Juan Parra quien me guio con sabios y acertados consejos para la feliz culminación de esta tesis.*

*Mis sinceros agradecimientos también van para el Dr. Virgilio Espinoza quien confió en mí para la designación de este trabajo y me apoyo durante todo el desarrollo del mismo.*

*Al Dr. Geovanny Larriva por su tiempo e importante conocimiento brindado.*

*Un agradecimiento especial también va para el Ingeniero William Mejía por su gran apoyo paciencia y consejos técnicos precisos y oportunos.*

*Po último pero no menos importante no podía faltar mi agradecimiento a mis queridos compañeros y amigos por todas las experiencias vividas, por la paciencia tras largas horas de estudio, por hacer más amena cada clase y por siempre saber ser amigos. De igual manera, gracias Andrés por tu infinita paciencia, por tu tierna compañía y tú inagotable apoyo, gracias por compartir mi vida y mis logros.*



## INTRODUCCIÓN.

Ante la necesidad que presenta la sociedad de reemplazar los productos químicos por productos orgánicos o naturales en la agricultura, es de importancia el estudio de los diferentes extractos vegetales así como su obtención y producción a gran escala.

Existen muchos métodos de obtención de extractos vegetales, sin embargo en este apartado se hablara básicamente de una extracción sólido-líquido en el equipo Soxhlet, la cual es una operación que está presente prácticamente en todos los procesos tecnológicos relacionados con la industria química y agroquímica.

La extracción Soxhlet consiste básicamente en el lavado sucesivo de una mezcla sólida con un determinado solvente (etanol) que va “lavando o extrayendo” de la mezcla, los componentes más solubles en él. Mediante el lavado sucesivo de una mezcla, se puede extraer de ella componentes cuya solubilidad en el solvente extractante es muy baja, debido al efecto acumulado de las múltiples extracciones i

El extracto vegetal obtenido es el resultado de concentrar los principios activos de las plantas empleando un vehículo etanólico para su obtención y empleo como plaguicidas.

Dichos extractos deben ser tóxicos para las plagas, que por ser biodegradable causan mínimo daño al ecosistema. Por dichos aspectos se ve en la necesidad de diseñar y optimizar las condiciones de trabajo de un equipo de extracción sólido-líquido de tal forma que su manejo sea accesible a todo tipo de personas y su construcción sea muy económica, para obtener un producto de buena calidad y así satisfacer las necesidades de dicho sector.



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

Es importante establecer los parámetros de extracción para lograr la estandarización del proceso, esto garantizará la calidad, rendimiento, seguridad y eficacia del producto. Para poder obtener resultados con estas características es necesario contar con la tecnología y los conocimientos, herramientas fundamentales para el presente estudio.

Dentro de este contexto he creído oportuno obtener extractos vegetales de: Altamisa (*Artemisia vulgaris*) y de Eucalipto (*Eucalyptus Globulus Labill*); presentado una nueva alternativa tecnológica que responda apropiadamente a la competitividad y sostenibilidad de la agricultura, la seguridad soberanía alimentaria y la estabilidad ambiental del país.



## CAPÍTULO I

### 1. MARCO TEÓRICO:

#### 1.1. EXTRACTO VEGETAL

##### 1.1.1 DEFINICION:

Un extracto vegetal es una mezcla compleja, con multitud de compuestos químicos, obtenible por procesos físicos, químicos y/o microbiológicos a partir de una fuente natural y utilizable en cualquier campo de la tecnología.<sup>ii</sup>

El carácter especial de los extractos vegetales es que a partir de una misma planta se pueden obtener extractos diferentes con principios activos variados. También depende del solvente empleado para extraer una parte vegetal definida. El alcohol disuelve los principios activos liposolubles de una parte vegetal específica. Los extractos de planta se diferencian no solamente por medio del solvente primario empleado, sino también por los pasos de preparación empleados. La extracción a partir de una planta vegetal con un solvente primario proporciona, en primera instancia, un extracto bruto o bien, un extracto general no tratado. Sin embargo, si este extracto bruto se trata adicionalmente mediante pasos de purificación, es decir mediante la eliminación de partes fitoquímicas específicas no deseadas, o bien, mediante concentración de principios activos importantes deseados, entonces se obtienen extractos especiales óptimos, a diferencia del extracto bruto.

iii

##### 1.1.2. ANTECEDENTES HISTORICOS:

Las primeras herramientas que permitieron a la humanidad proteger los cultivos y semillas de todo tipo de plaga fueron los extractos de plantas, convirtiéndose en una solución práctica empleada por las culturas ancestrales milenarias para el cuidado de las cosecha. Nuestros antepasados utilizaron los extractos de varias plantas como repelentes de insectos. Los indígenas de Mesoamérica, emplearon tradicionalmente el ají (*Capsicum* sp) para conservar las semillas. El barbasco



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

(*Lonchocarpus*) cuyo principal componente activo es la rotenona fue empleado por regiones del Amazonas para la agricultura y la pesca que era su fuente de subsistencia. El neem (*Azadirachta*) fue usado en la India. Por causa del crecimiento demográfico, el consecuente incremento en la demanda de alimentos planteó nuevos retos para la agricultura y para la humanidad. Estas necesidades develaron las limitaciones de calidad, eficacia, y viabilidad económica de los preparados artesanales como hidrolatos, purines, vióles, caldos microbianos, entre otros, por su incipiente desarrollo tecnológico, consistencia y control de calidad, frente a alternativas químicas que se consolidaron durante el siglo XX. La terminación de las dos primeras guerras mundiales dejó una industria bélica vacante con una sólida capacidad instalada, inventarios y desarrollo de armas químicas que posteriormente fueron enfocados hacia nuevos usos y necesidades como el control de plagas y enfermedades agrícolas; esto ocasionó que de los controles de tipo biológico o natural sean reemplazados rápidamente por los plaguicidas de síntesis química a partir de los años 1950 y 1960, sin tener en cuenta los riesgos y peligros asociados para la salud humana, la protección del ambiente y los recursos naturales.<sup>iv</sup>

Los pesticidas de síntesis química utilizados correcta y racionalmente, pueden ser útiles para la humanidad. Sin embargo, su uso indiscriminado y exclusivo ha ocasionado graves problemas como la contaminación ambiental, el desarrollo de resistencia hacia plagas y enfermedades, el incremento en los costos de la producción, el resurgimiento de problemas fitosanitarios la eliminación de organismos benéficos, la pérdida de la biodiversidad, el agotamiento y salinización de los suelos, entre otros. Así mismo, su mal uso ha generado problemas toxicológicos para los agricultores y consumidores por la presencia de residuos peligrosos en los cultivos y en los alimentos y otros problemas medioambientales, de allí la necesidad de reemplazar dichos pesticidas por extractos vegetales que no sean dañinos tanto para el ambiente como para las personas que los manipulen.



### 1.1.3. ACCIÓN DE LOS EXTRACTOS VEGETALES DE USO AGRÍCOLA

Los extractos vegetales los componen múltiples ingredientes activos de origen natural y actúan bajo diversos modos de acción cuando son usados para el manejo de plagas y enfermedades. Dentro de sus modos de acción se incluyen:

- El efecto **repelente** se expresa cuando un extracto o sustancia tiene propiedades para que la plaga objeto del manejo se aleje, no llegue y permanezca fuera de la zona de interés en el sistema productivo (cultivo, potrero, establo, entre otros).
- El efecto **deterrente** se refiere a la capacidad de una sustancia para evitar que una plaga cumpla su ciclo en una zona tratada, al interferir en su alimentación u oviposición, sin importar si ésta se encuentra o no en la zona de interés.
- La **anti alimentación** es el efecto resultante de una sustancia capaz de evitar que la plaga se alimente del cultivo de interés al alterar el comportamiento habitual de la misma, lo que impide a su vez la oviposición y por tanto, afecta su ciclo biológico y debilita sus poblaciones.
- Por otro lado, algunas plantas tienen la capacidad de interferir en el normal desarrollo de otras plantas, este es el llamado efecto **alelopático**. A pesar de tratarse en su mayoría de efectos no letales, algunos extractos tienen la posibilidad de eliminar insectos (insecticidas), hongos (fungicidas), moluscos (molusquicidas) y bacterias (bactericidas) entre otras actividades biocidas.<sup>v</sup>

### 1.2. DESCRIPCIÓN DE LOS VEGETALES SELECCIONADOS PARA LA EXTRACCIÓN.

Muchas plantas se conocen desde tiempos inmemorables por sus virtudes terapéuticas, estas propiedades proceden de las sustancias contenidas en ellas y se llaman principios activos.

El estudio de dichos componentes se centra en aquellas sustancias que ejercen una acción farmacológica sobre el ser humano o los seres vivos en general. Algunos de estos principios han sido aislados, estudiados y sintetizados en el laboratorio, mientras que otros están todavía por analizar.<sup>vi</sup>

Los principios activos de las plantas pueden ser sustancias simples, de composición química igual o parecida (alcaloides), o bien mezclas complejas (gomas, resinas y aceites esenciales). Generalmente los elementos de interés medicinal constituyen una porción cuantitativamente pequeña de la planta, mientras que las sustancias de reserva (almidones, agua), son importantes para la conservación de la planta a pesar de no ejercer una acción específicamente medicinal. A la planta también la constituyen las materias que le proporcionan masa (lignina o la celulosa), que son el verdadero esqueleto que configura la estructura y la forma.<sup>vii</sup>

## 1.2.1 ALTAMISA (*Ambrosia peruviana*).



FIGURA1. *Artemisia vulgaris*

Fuente: <http://www.herbalfire.com/artemisia-vulgaris-mugwort-p-164.html>. Descargado: 2011/09/29



### **TAXONOMIA Y MORFOLOGIA:**

Nombre científico: *Artemisia vulgaris*

Nombre común o vulgar: Altamisa o Marco

Familia: Asteraceae

Tallo: aterciopelado, alcanza una altura entre 50 cm y 2 m.

Hojas: son pinadas, alternas, en su parte superior son verdes y el envés es de color verde blanquecino aterciopelado.

Flores: nacen en la parte superior.

Fruto: posee el fruto de color café oscuro.

Sus semillas son dispersadas por aves y por el viento lo que permite su crecimiento de manera silvestre. Por esta razón es una planta de alta adaptabilidad a diferentes tipos de ambientes.<sup>viii</sup>

### **HABITAT:**

El género *Ambrosia* consta de 42 especies ampliamente distribuidas, en especial en oeste de América del norte. En el Ecuador la especie *Ambrosia vulgaris* crece en forma silvestre. Esta especie puede encontrarse en casi toda la sierra ecuatoriana.<sup>ix</sup>

### **COMPOSICIÓN:**

Es muy rica en un aceite esencial que está compuesto por eucaliptol (1-8cineol) y tuyaona principalmente; contiene también resinas, mucílago; en las partes herbáceas se hallan pequeñas cantidades de adenina, colina y además contiene vitaminas A, B y C.<sup>x</sup>

### **PROPIEDADES Y USOS:**

En la Edad Media, la altamisa se usaba como hierba protectora mágica y en épocas más remotas para proteger a los viajeros contra los malos espíritus y animales salvajes. El uso medicinal consiste en el tratamiento de problemas

digestivos y menstruales. Las hojas son antisépticas, digestivas y antipiréticas. Sus infusiones se han usado tradicionalmente para tratar fiebre, resfriados y diarrea. Cuando se excede su dosificación puede ocasionar trastornos nerviosos e incluso convulsiones. La planta puesta en el piso si no mata por lo menos repele las pulgas en lugares infestados por éstas.<sup>xi</sup>

### 1.2.2. EUCALIPTO (*Eucalyptus globulus labill*).



FIGURA 2. *Eucalyptus Globulus Labill*

Fuente: [http://arbolespain.blogspot.com/2010\\_10\\_01\\_archive.html](http://arbolespain.blogspot.com/2010_10_01_archive.html), Descargado: 2011/09/29

#### TAXONOMIA Y MORFOLOGIA:

Nombre científico: *Eucalyptus Globulus Labill*.

Nombre común o vulgar: Eucalipto blanco, Gomero azul de Tasmania, Árbol de la fiebre.

Familia: *Myrtaceae* (Mirtáceas).<sup>xii</sup>

Tallo: recto con corteza que se deshace, de color gris azulado, y puede alcanzar alturas hasta 50 m y un diámetro de 1,5 m.

Hojas: cuando son adultas generalmente son lanceovaladas, pecioladas, con el nervio central muy marcado, brillante y de textura endurecida, mientras que



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

cuando son hojas jóvenes se presentan sin peciolo que abrazan el tallo, de colores verde gris.

Flores: solitarias o reunidas en umbelas con numerosos estambres muy destacados y sin pétalos.

Fruto: en cápsula leñosa de hasta 2,5 cm de longitud, con hasta 4 celdas que contienen un gran número de semillas. Florecen entre la primavera y el verano.<sup>xiii</sup>

### **HABITAT:**

Prefiere suelos ligeramente ácidos y zonas frescas y húmedas. No resiste el frío intenso y es un poco sensible a las sequías prolongadas.

Es natural de Australia y de Tasmania, donde se pueden encontrar más de 300 especies del género *Eucalyptus*.

Los eucaliptos han sido desde hace ya mucho tiempo los árboles dominantes de los Andes ecuatorianos y fueron introducidos hace más de 200 años al país, desde entonces, este árbol ha sido plantado en forma masiva, y es ahora la especie más común en muchos paisajes.

### **COMPOSICIÓN:**

Las hojas contienen aceite esencial en una cantidad que varía entre el 1.5 y el 3 %. En el aceite esencial el eucaliptol (1,8-cineol) representa el 75-85 %.

También forman parte del aceite esencial otros terpenos y alcoholes, como el pineno, canfeno, terpinol y eugenol.

De igual manera se hallan presentes en las hojas taninos, ácidos polifenólicos, flavonoides, ceras.

Recientemente se ha encontrado una nueva sustancia presente en las hojas del *Eucalyptus globulus* llamada eucaliptona y se están estudiando sus efectos anti infecciosos.<sup>xiv</sup>

### **PROPIEDADES Y USO:**

- Las hojas son anticatarrales, balsámicas y expectorantes.

- Tiene poder antiséptico además de febrífugo.
- Reduce los niveles de azúcar en el plasma sanguíneo.
- Por su poder antiséptico y su agradable aroma se usa en multitud de preparados industriales para combatir los resfriados.<sup>xv</sup>

### **1.3 METODO DE EXTRACCION:**

La extracción es la técnica más empleada para separar un producto orgánico de una mezcla de reacción o para aislarlo desde sus fuentes naturales. Puede definirse también como la separación de un componente de una mezcla en medio de un disolvente. Los métodos de extracción pueden ser de 2 tipos:

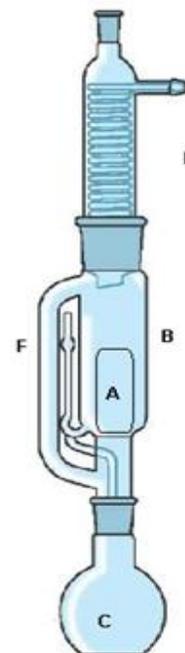
- Extracción líquido-líquido.
- Extracción sólido-líquido.

Sin embargo nuestro estudio se centrará en la extracción sólido- líquido por el método Soxhlet.

#### **1.3.1 DESCRIPCION DEL EQUIPO DE EXTRACCION.**

##### **EQUIPO SOXHLET:**

El equipo Soxhlet tiene como función recircular los vapores condensados con ayuda de un sifón a la fuente de disolvente que se encuentra en evaporación continua, arrastrando consigo los principios activos de la materia prima contenido en los cartuchos desechables. La capacidad aproximada en un equipo de laboratorio es de 500 ml de volumen primario con una recirculación de 100 ml cada



**FIGURA 3.**

Fuente: [http://www.vidrafoc.com/index.php?main\\_page=product\\_info&cPath=270\\_455\\_287\\_241&products\\_id=344](http://www.vidrafoc.com/index.php?main_page=product_info&cPath=270_455_287_241&products_id=344)

Descargado en: 2011/10/01



cinco minutos aproximadamente en estado estable. La velocidad de reflujo depende directamente de la eficiencia y el tamaño del condensador.

La sustancia sólida se introduce en un cartucho poroso (generalmente hecho con papel de filtro, que permite al solvente entrar y salir reteniendo al sólido) que se coloca dentro del recipiente (B). Se adosa un balón (C) a dicho recipiente donde se coloca el volumen de solvente que se utilizará en la extracción. Por el extremo superior del recipiente (B), se coloca un condensador (D).

El solvente se calienta, los vapores ascienden por el tubo (E), condensan en el refrigerante (D) y caen dentro del recipiente (B) impregnando al sólido que se encuentra en el cartucho (A). EL recipiente (B) se va llenando lentamente de líquido hasta que llega al tope del tubo (F) y se descarga dentro del balón (C) repite automáticamente hasta que la extracción se completa. El solvente de extracción se evapora, recuperando así a la sustancia deseada.

### **1.3.1. CARACTERISTICAS PARA LA EXTRACCION CON EL EQUIPO SOXHLET<sup>xvi</sup>**

Para la extracción con el equipo Soxhlet se deben tener en cuenta: la selección del solvente, la matriz sólida y las condiciones de operación.

#### **SELECCIÓN DEL SOLVENTE:**

Debe seleccionarse un solvente conveniente de tal forma que ofrezca el mejor balance de varias características deseables:

- alto límite de saturación y selectividad respecto al soluto por extraer
- capacidad para producir el material extraído con una calidad no alterada por el disolvente
- estabilidad química en las condiciones del proceso
- baja viscosidad, baja presión de vapor
- baja toxicidad e inflamabilidad



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

- baja densidad
- baja tensión superficial
- facilidad y economía de recuperación de la corriente de extracto y
- bajo costo

Cada solvente diferente produce extractos y composiciones específicos. El solvente más ampliamente utilizado para extraer extractos vegetales de las plantas es el etanol.

En este trabajo se selecciono como disolvente el etanol porque en investigaciones previas del mismo proyecto se encontró que en ensayos de antagonismo de varios extractos vegetales ante *Botrytis cinérea* y *Alternaria spp.* Tienen eficacia los extractos metanolicos de eucalipto y Altamisa. Se opto por el uso de etanol en lugar de metanol por sus propiedades parecidas, por su disponibilidad y menor toxicidad que el primero.

### **CARACTERÍSTICAS DEL SOLVENTE. ETANOL:**

El compuesto químico etanol, conocido como alcohol etílico, es un alcohol que se presenta en condiciones normales de presión y temperatura como un líquido incoloro e inflamable con un punto de ebullición de 78 °C y punto de fusión de -114,1 °C.

Es altamente inflamable, soluble en agua en cualquier proporción, reacciona violentamente con oxidantes fuertes y lentamente con hipoclorito cálcico, óxido de plata y amoníaco.<sup>xvii</sup>

### **CARACTERÍSTICAS DE LA MATRIZ:**

La extracción con Soxhlet depende fuertemente de las características de la matriz y de las dimensiones de las partículas puesto que la difusión interna puede ser el paso limitante durante la extracción. Partiendo de esto se puede decir que se



necesitará un menor tiempo de extracción con una buena eficiencia si el tamaño de partícula es menor mientras que si las dimensiones de las partículas son mayores la extracción se realizará en un mayor tiempo.

### **CONDICIONES DE OPERACIÓN:**

Durante la extracción en el Soxhlet, el solvente se recupera normalmente por evaporación. Las temperaturas de extracción y evaporación tienen un efecto significativo en la calidad final de los productos. Las altas temperatura de ebullición para la recuperación del solvente pueden disminuirse usando evaporación flash o separación por membrana para recuperar el solvente; sin embargo en nuestro caso se emplea el método de evaporación en el mismo equipo Soxhlet, tomando en cuenta que primero se debe eliminar y/o sacar del equipo extractor el cartucho de muestra, de esta forma se producirá la evaporación del solvente el cual se condensará posteriormente en el extractor, a la vez que también se producirá la concentración del extracto en el balón esto se realizará hasta que la consistencia del mismo sea espesa.

### **1.3.2. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA EXTRACCIÓN SOXHLET: <sup>xviii</sup>**

#### **Ventajas:**

- Gran capacidad de recuperación e instrumentación simple.
- No se requiere filtración posterior. El disolvente orgánico se evapora quedando sólo disolvente orgánico se evapora quedando sólo analito.
- El disolvente y la muestra están en contacto íntimo y repetido. De manera que se mejora muchísimo la extracción porque siempre se emplea un disolvente limpio.
- El disolvente proviene de una condensación luego es líquido y está caliente. Favorece la solubilidad del analito.



## Desventajas:

- Es un proceso lento e imposible de acelerar.
- Se requiere gran cantidad de disolvente.
- Inaplicable a analitos termolábiles, que se descompongan con el calor o reaccionen.
- Necesidad de etapa final de evaporación.
- El método no depende de la matriz.

## 1.4. ESCALAMIENTO:<sup>xix</sup>

### **1.4.1. DEFINICIÓN:**

El escalamiento es el proceso mediante el cual se desarrollan los criterios y las reglas de asignación numérica que determinan las unidades de medida significativas para llevar de un tamaño dado a otro tamaño mayor o menor un equipo industrial, operación u objetivo.

Escalar un proceso o equipos es convertirlo de su escala de investigación (laboratorio) a escala industrial o micro industrial.

### **1.4.2. HISTORIA:**

En un principio, el escalamiento se entendía como el simple hecho de hacer más grandes las cosas. A finales del siglo XIX, los químicos alemanes, capaces de producir en el laboratorio muchas sustancias de muy alto valor comercial no eran capaces de reproducirlos a gran escala con la misma calidad, rendimiento y pureza.

Cambiar los matraces por retortas no era suficiente para producir a gran escala un producto determinado. Se dieron cuenta que escalar una reacción química del laboratorio a nivel industrial requiere de un conocimiento mayor al de la simple química. Y esto quedó demostrado cuando aparece el método Haber-Bosch (para síntesis de amoníaco), el cual tomaba en cuenta las características tanto físicas



como químicas de la reacción, así como también del equipo necesario para realizarla.

Es entonces que la ingeniería química prueba que es necesario integrar a la física y a la química para el escalamiento de procesos y que es la única disciplina de la ingeniería que es capaz de hacerlo.

En la actualidad, la complejidad de las necesidades humanas así como el avance tecnológico hacen cada vez más complicadas las operaciones de escalamiento pues ya no sólo se desea escalar hacia las grandes naves industriales sino también hacia la microescala y la nanoproducción. Ya no sólo la química y la física (si bien aún fundamentales) las únicas disciplinas que intervienen en el escalamiento, ahora se tienen al cálculo de equipo, robótica, mecánica, resistencia de materiales, medicina, biología, etc.

### **1.4.3. PRINCIPAL APLICACIÓN DEL ESCALAMIENTO. PLANTAS PILOTO.**

#### **Definición:**

Se define como planta piloto al proceso que consiste en partes específicas ensambladas que operan como un todo armónico con el propósito de reproducir, a escala, procesos productivos. En estos procesos intervienen fenómenos, simples o complejos, de interés para la ingeniería química, permitiendo el análisis de las interacciones presentes en operaciones tales como la termodinámica, el flujo de fluidos, las transferencias de masa y energía, las reacciones químicas, el control de procesos, entre otras. También facilita la posterior operación y aplicación a nivel industrial o en algún área de trabajo determinada; sirve además para la confrontación de la teoría (modelos) con la práctica y la experimentación en las áreas del conocimiento antes mencionadas.



### **PROPÓSITOS DE LAS PLANTAS PILOTOS:**

El uso de plantas de proceso a escala piloto tiene como propósitos principales:

- Predecir el comportamiento de una planta a nivel industrial, operando la planta piloto a condiciones similares a las esperadas. En este caso los datos obtenidos serán la base para el diseño de la planta industrial.
- Estudiar el comportamiento de plantas industriales ya construidas, en donde la planta piloto es una réplica y estará sujeta a condiciones de operación previstas para la planta industrial. En este caso a la planta piloto se le llama modelo y tiene como función principal mostrar los efectos de los cambios en las condiciones de operación de manera más rápida y económica que si se realizaran en la planta original.

### **ALCANCES TÉCNICOS DE LA PLANTA PILOTO:**

La planta piloto es una pieza fundamental en el desarrollo de nuevas tecnologías pues al realizar estudios en ella se generan nuevos conocimientos y criterios técnicos que permiten dar pasos hacia adelante en la optimización, control, alcance, seguridad, rentabilidad, de procesos, equipos y energías productivas. La planta piloto permite experimentar de forma económica y eficaz el comportamiento al escalar de:

- Condiciones de operación
- Parámetros de diseño.
- Materiales de construcción
- Operaciones unitarias.
- Impurezas
- Corrosión.
- Procedimientos operativos.
- Problemas de trabajo
- Problemas ambientales

Esto permite crear recursos humanos capacitados para prever errores antes del arranque o durante la puesta a punto y operación de la planta industrial.



## CAPÍTULO II

### 2. MATERIALES Y MÉTODOS:

#### 2.1. PROCESO DE EXTRACCIÓN:

En este capítulo nos referiremos básicamente a la parte experimental de la investigación, la misma que consta de diferentes pasos, los cuales se describirán a continuación:



FIGURA 4.

#### 2.2. PROCEDIMIENTO.

##### 2.2.1. RECOLECCION DE PLANTAS.

Para la realización de esta tesis la recolección de las plantas que nos servirán de materia prima para la extracción Soxhlet se recogieron de la siguiente manera:

- Altamisa: se cosechó sus hojas directamente a orillas del río Machángara, que se encuentra en el Sector “La Playa” de la parroquia de Ricaurte, cuya ubicación geográfica se encuentra en:

Altura: 2528m

Latitud: 0725288m



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

Longitud: 9682642m

- Hojas de Eucalipto: fueron recolectadas en los alrededores de la propiedad de la Sra. Isabel Caldas en el barrio “San Francisco” en el sector de Ricaurte, cuya ubicación geográfica se encuentra en:

Altura: 2513m

Latitud: 0727023m

Longitud: 9682456m

Estos datos fueron tomados con un GPS y el error que se comete con el mismo es de  $\pm 8$ m, para ambos casos.

### **2.2.2. SELECCIÓN DE LAS PARTES DE LA PLANTA A UTILIZAR:**

Cuando se realice la recolección de la materia prima se debe tomar en cuenta de que estas se encuentren en un estado idóneo para la misma, caso contrario estas deberán ser desechadas.

### **2.2.3. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA:**

Las hojas de Altamisa y Eucalipto recolectadas se colocaron en forma ordenada sobre una superficie firme y recubierta de papel periódico para de esta manera eliminar el agua que contienen las hojas. La materia prima se colocó en un lugar seco, libre de humedad y sin exposición directa a los rayos solares.



FIGURA 5.

Como paso posterior se disminuyo el tamaño de la muestra lo más fino posible, teniendo en cuenta la ley de Fick que dice que mientras mayor es el grado de división de la muestra, mayor será la superficie entre las fases de extracción y por tanto mayor será la difusión a través de la membrana porosa; es decir para que durante la destilación el vapor entre en íntimo contacto con el tejido de la planta, para ello en primer lugar se elimina las nervaduras de las hojas secas y se pulverizaron en un molino manual.

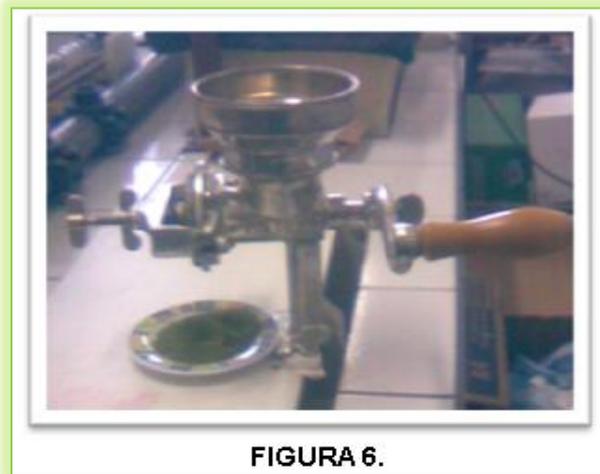


FIGURA 6.

## 2.2.4. OBTENCION DE LOS EXTRACTOS

La extracción es la separación de las porciones activas a partir de los tejidos de las plantas, de los componentes inertes de los mismos, mediante el uso de solventes selectivos denominados “menstruos”.

### 2.2.4.1. EXTRACCIÓN SOXHLET. PROCESO:

Para obtener los extractos se empleó el equipo Soxhlet de marca IVA de Industria Argentina, el cual consta de una manta de calentamiento (de marca BOECO tecnología Alemana y realizado en el laboratorio LABHEAT), matraz redondo de fondo aplanado con cuerpos de ebullición, un refrigerante, cuerpo extractor, mangueras y un cartucho. El mismo que para el presente estudio se encuentra instalado en el laboratorio de Electroquímica de la facultad de Ciencias Químicas.



Los pasos que se siguieron para obtener el extracto son:

- ♦ Se lava el equipo con abundante agua y detergente para eliminar posibles contaminantes.



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

- ◆ Seguidamente después de haber dejado escurrir cada parte del equipo se procede a armarlo, para ello en primer lugar se coloca sobre la manta de calentamiento el matraz de base plana en el cual se pone cuerpos de ebullición (trocitos de tubos capilares), además en este se coloca 300 ml de etanol, el matraz se sujeta a un soporte universal, encima de este matraz se instala el cuerpo extractor en donde va el cartucho con 50 g de muestra previamente pulverizada. Este cartucho es de papel filtro, sellado con grapas. Finalmente por encima del cuerpo extractor va el refrigerante al cual se conectan dos mangueras, una para la entrada del agua y la otra para su evacuación.
- ◆ Una vez instalado el equipo se procede a la extracción para se abre la llave de agua para que circule por el refrigerante y a la vez se conecta la manta calentadora para que el solvente empiece a evaporarse y por tanto a extraer el principio activo de la muestra. Cabe recalcar que esta manta calentadora tiene niveles de temperatura por lo que nuestro primer objetivo será encontrar la temperatura adecuada de tal forma que no se produzca una fuerte explosión del solvente sino únicamente alcance la temperatura de ebullición del mismo para de esta forma provocar la evaporación de este, y así la extracción.
- ◆ Este proceso se repite hasta que se produzca 3 sifonadas en el equipo



- ♦ Cuando transcurre el tiempo necesario para alcanzar las 3sifonadas se apaga el equipo hasta que este se enfríe, luego se desarma el equipo y con ayuda de una pinza se saca el cartucho del cuerpo extractor; después de esto nuevamente se procede a armar el equipo a la misma temperatura para evaporar el solvente y así separar el extracto.
- ♦ Cuando se tiene el extracto listo, se procede a descargar el equipo y colocar el extracto en botellas de vidrio y/o plástico lavadas perfectamente, se etiquetó y guardó en un lugar oscuro para evitar incidencia de la luz.

### 2.2.5. ANALISIS DE LOS EXTRACTOS.<sup>xx</sup> SCREENING FITOQUIMICO DE LOS EXTRACTOS ALCHOLICOS

#### FUNDAMENTO TEÓRICO:

El screening fotoquímico consiste en un conjunto de pruebas microquímicas que son sencillas y rápidas. Estas pruebas permiten detectar la presencia de

determinados grupos compuestos como por ejemplo: alcaloides, lactonas, coumarinas, triterpenteros, etc., mediante formación de precipitados, coloraciones, etc. Ha de mencionarse que las reacciones utilizadas son selectivas para las clases o grupos de compuestos que se investigan; detectando la mínima cantidad posible, con el empleo de un mínimo de equipo de laboratorio.

Las pruebas cualitativas que conforman el screening fotoquímico son:

A continuación detallaremos un conjunto de pruebas o ensayos que empleamos en el screening fotoquímico del extracto alcohólico:



FIGURA 9.

- ♦ **Ensayo de catequinas:** Para ello, tome de la solución alcohólica obtenida una gota, con la ayuda de un capilar y aplique la solución sobre papel de filtro. Sobre la mancha aplique solución de carbonato de sodio. La aparición de una mancha verde carmelita a la luz UV, indica un ensayo positivo.
- ♦ **Ensayo de resinas:** Para detectar este tipo de compuesto, adicione a 2 mL de la solución alcohólica, 10 mL de agua destilada. La aparición de un precipitado, indica un ensayo positivo.



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

- ♦ **Ensayo de Fehling:** Permite reconocer en un extracto la presencia de azúcares reductores. El ensayo se considera positivo si la solución se colorea de rojo o aparece precipitado rojo.
- ♦ **Ensayo de la espuma:** Permite reconocer en un extracto la presencia de saponinas, tanto del tipo esterooidal como triterpénica.  
El ensayo se considera positivo si aparece espuma en la superficie del líquido de más de 2 mm de altura y persistente por más de 2 minutos.
- ♦ **Ensayo de Dragendorff:** Permite reconocer en un extracto la presencia de alcaloides, para ello, si hay opalescencia se considera (+), turbidez definida (++) , precipitado (+++).
- ♦ **Ensayo de Baljet:** Permite reconocer en un extracto la presencia de compuestos con agrupamiento lactónico, en particular Coumarinas, aunque otros compuestos lactónicos pueden dar positivo al ensayo. Se considera un ensayo positivo a la aparición de coloración o precipitado rojo (++) y (+++) respectivamente.
- ♦ **Ensayo de Borntrager:** Permite reconocer en un extracto la presencia de quinonas. Si la fase acuosa alcalina (superior) se colorea de rosado o rojo, el ensayo se considera positivo. Coloración rosada (++) , coloración roja (+++).
- ♦ **Ensayo de Lieberman-Burchard:** Permite reconocer en un extracto la presencia de triterpenos y/o esteroides, por ambos tipos de productos poseer un núcleo del androstano, generalmente insaturado en el anillo B y la posición 5-6.  
Un ensayo positivo se tiene por un cambio rápido de coloración:  
1- Rosado-azul muy rápido.



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

- 2- Verde intenso-visible aunque rápido.
- 3- Verde oscuro-negro-final de la reacción.

- ♦ **Ensayo del cloruro férrico:** Permite reconocer la presencia de compuestos fenólicos y/o taninos en un extracto vegetal. Un ensayo positivo puede dar la siguiente información general:
  - Desarrollo de una coloración rojo-vino, compuestos fenólicos en general.
  - Desarrollo de una coloración verde intensa, taninos del tipo pirocatecólicos.
  - Desarrollo de una coloración azul, taninos del tipo pirogalotánicos.
  
- ♦ **Ensayo de la ninhidrina:** Permite reconocer en los extractos vegetales la presencia de aminoácidos libres o de aminas en general. Este ensayo se considera positivo cuando se desarrolla un color azul violáceo.
  
- ♦ **Ensayo de Shinoda:** Permite reconocer la presencia de flavonoides en un extracto de un vegetal. El ensayo se considera positivo, cuando el alcohol amílico se colorea de amarillo, naranja, carmelita o rojo; intensos en todos los casos.
  
- ♦ **Ensayo de Kedde:** Permite reconocer en un extracto la presencia de glicósidos cardiotónicos. Un ensayo positivo es en el que se desarrolla una coloración violácea, persistente durante 1-2 horas.
  
- ♦ **Ensayo de antocianidinas:** Permite reconocer en los extractos vegetales la presencia de estas estructuras de secuencia C6-C3-C6 del grupo de los flavonoides.

La aparición de color rojo a marrón en la fase amílica, es indicativa de un ensayo positivo.



CAPÍTULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSIONES.

3.1. EXTRACCIÓN:

En este estudio se realizaron ocho extracciones de hojas secas de eucalipto y una extracción de hojas secas de altamisa, obteniendo las siguientes características:

Tabla # 1

EXTRACTO DE HOJAS SECAS DE EUCALIPTO						
#	Cant. de muestra a seca inicial	Cant. de Solvente inicial	Tiempo de extracción	Temperatura de extracción*	Volumen de Extracto Obtenido	Cant. De solvente Recuperado
1	50 g	300 ml	4.30 h	68°C	36	161
2	50 g	300 ml	4.30 h	68°C	42	135
3	50 g	300 ml	4.30 h	68°C	40	142
4	50 g	300 ml	4.30 h	68°C	38	165
5	50 g	300 ml	4.30 h	68°C	42	135
6	50 g	300 ml	4.30 h	68°C	40	142
7	50 g	300 ml	4.30 h	68°C	45	129
8	50 g	300 ml	4.30 h	68°C	40	142
<b>promedio</b>	50 g	300 ml	4.30 h	68°C	40.4	143.9

Tabla # 2.

EXTRACTO DE HOJAS SECAS DE ALTAMISA						
#	Cant. de muestra seca inicial	Cant. de Solvente inicial	Tiempo de extracción	Temperatura de extracción *	Volumen de Extracto Obtenido	Cant. De solvente Recuperado
1	50 g	300 ml	4.30 h	68°C	36 ml	161 cc

\* Esta temperatura fue tomada con la ayuda de un termómetro ya que el equipo no consta con medidor de temperatura sino únicamente consta con un medidor de



nivel de temperatura. Para nuestro estudio específico todas las extracciones se realizaron a un nivel **MAX 6**.

Todos los datos aquí presentados son características únicas y exclusivas para el equipo Soxhlet de marca IVA de Industria Argentina, con manta de calentamiento de marca BOECO tecnología Alemana laboratorio LABHEAT.

### 3.2. SCREENING FITOQUIMICO

En las tablas # 3 y # 4 se muestran los resultados del análisis fitoquímico realizado a los extractos alcohólicos de altamisa y eucalipto respectivamente, en los cuales se puede observar cualitativamente la presencia de determinados grupos de compuestos los cuales se pudieron evidenciar con la ayuda de la microquímica mediante la formación de precipitados, coloraciones, etc.

Tabla # 3. RESULTADO DEL SCREENING FITOQUIMICO DEL EXTRACTO ALCOHOLICO DE ALTAMISA				
N°	ENSAYO	COMPUESTO	RESULTADO	
1	LIBERMAN- BUCHARD	Triterpenos y esteroides	negativo	
2	CLORURO FERRICO	Taninos y fenoles	Positivo	tanino del tipo pirocatecólicos
3	NINHIDRINA	Aminoácidos	Positivo	
4	BORNTRAGER	Quinonas	negativo	
5	ANTOCIANIDINAS	----	negativo	
6	CATEQUINAS	Catequinas	Positivo	
7	FEHLING	Azucares Reductores	Positivo	
8	BALJET	Lactanos y coumarinas	negativo	
9	SHINODA	Flavonoides	negativo	
10	KEDDE	Cardenólicos	negativo	
11	DRAGENDORFF	Alcaloides	Positivo	+++
12	RESINAS	----	negativo	
13	ESPUMA	Saponinas	Positivo	

+++ significa que este metabolito se encuentra en grandes cantidades



Tabla # 4. RESULTADO DEL SCREENING FITOQUIMICO DEL EXTRACTO ALCOHOLICO DE EUCALIPTO				
N°	ENSAYO	COMPUESTO	RESULTADO	
1	LIBERMAN- BUCHARD	Triterpenos y esteroides	positivo	+
2	CLORURO FERRICO	Taninos y fenoles	positivo	tanino del tipo pirocatecólicos
3	NINHIDRINA	Aminoácidos	negativo	
4	BORNRAGER	Quinonas	positivo	++
5	ANTOCIANIDINAS	----	positivo	
6	CATEQUINAS	Catequinas	positivo	
7	FEHLING	Azucares Reductores	positivo	
8	BALJET	Lactanos y coumarinas	positivo	++
9	SHINODA	Flavonoides	positivo	
10	KEDDE	Cardenólicos	negativo	
11	DRAGENDORFF	Alcaloides	positivo	
12	RESINAS	----	positivo	
13	ESPUMA	Saponinas	positivo	

++ significa que este metabolito se encuentra en mayor cantidad.

### 3.3 ESCALAMIENTO DE LA PLANTA PILOTO DE EXTRACCIÓN SÓLIDO-LÍQUIDO.

Los datos que a continuación se presentan son en base a características que presenta el equipo Soxhlet IVA Industria Argentina, y de acuerdo a estos datos se generalizará los parámetros para el diseño la planta piloto de extracción sólido-líquido.

#### 3.3.1. CALCULO DEL RENDIMIENTO DE LAS EXTRACCIONES EN EL EQUIPO SOXHLET.



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

Para realizar este cálculo debemos considerar que a partir de 150 g de muestra vegetal seca y triturada se obtuvo 125 ml de extracto en solución y a partir de este se obtuvieron aproximadamente 30 g de extracto seco, con estos datos podemos tener que el rendimiento en la extracción es:

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{\text{g. de extracto obtenido}}{\text{g. totales de muestra vegetal seca}} * 100$$

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{30 \text{ g}}{150 \text{ g}} * 100$$

**% Rendimiento = 20% con respecto al extracto seco**

### 3.3.2. CALCULO DE LA DEMANDA DE EXTRACTO A CUBRIR.

En el Cantón Cuenca existen 1740 hectáreas de cultivos permanentes, de los cuales estimamos que el 10 % podrían dedicarse a cultivos hortícolas orgánicos, por tanto esto es, 174 hectáreas.

La dosis de extracto a aplicar es de 60 g/ha. (Determinado en los estudios *in vitro* y en invernadero). Para 3 cultivos al año se requerirían 180 g/ha.

La demanda anual sería:

$$\begin{array}{r} 180 \text{ g} \quad 1 \text{ Ha} \\ x \quad 174 \text{ Ha} \end{array}$$

$$\underline{x = 31320 \text{ g}}$$

Considerando 250 días laborables por año (5 días a la semana X 50 semanas), la demanda diaria sería:

$$\begin{array}{r} 31320 \text{ g} \quad 250 \text{ días} \\ x \quad 1 \text{ día} \end{array}$$



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

$$x = \underline{125,28 \text{ g al día}}$$

En ocho horas laborables por día:

$$\begin{array}{r} 125,28 \text{ g} \quad 8 \text{ horas} \\ x \quad \quad 1 \text{ hora} \end{array}$$

$$x = 15,66 \text{ g/ hora}$$

Podríamos redondear a:

$$\underline{16 \text{ g/hora de extracto seco al día.}}$$

### 3.3.3. CALCULO DE LA DEMANDA DE EXTRACTO EN SOLUCION.

La cantidad de extracto en solución que se necesita para una producción diaria será:

$$\begin{array}{r} 30 \text{ g extracto seco} \quad 125 \text{ ml de extracto en solución} \\ 125,28 \text{ g de extracto seco} \quad x \end{array}$$

$$x = \underline{522 \text{ ml de extracto en solución al día.}}$$

### 3.3.4. CALCULO DE LA CANTIDAD DE DISOLVENTE.

Para obtener 30 g de extracto seco se necesita de 125 ml de extracto en solución pero para poder conseguir dicha solución se necesita de 900 ml de solvente, ya que se hacen 3 extracciones y en cada una de ellas se utilizan 300 ml, por tanto:

$$\begin{array}{r} 900 \text{ ml solvente} \quad 125 \text{ ml de extracto en solución} \\ x \quad \quad 522 \text{ ml de extracto en solución} \end{array}$$

$$x = \underline{3758 \text{ ml de solvente al día.}}$$



**3.3.5. CALCULO DE LA CANTIDAD DE MUESTRA SECA.**

La muestra debe ser triturada finamente antes de ser pesada. La cantidad de muestra al día que se necesitara será:

$$\begin{array}{r} 125 \text{ ml de extracto en solución} \\ 522 \text{ ml de extracto en solución} \end{array} \quad \begin{array}{r} 150 \text{ g de muestra vegetal seca} \\ x \end{array}$$

**x = 626, 4 g de materia vegetal seca y triturada al día.**



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

### IV. CONCLUSIONES:

- En este estudio se obtuvo extractos de altamisa y eucalipto los mismos que sirvieron para realizar pruebas de campo en cultivos de papas para demostrar la eficiencia en el control de *Botrytis cinérea* y *Alternaria spp.* respectivamente.
- Mediante el análisis fitoquímico se puede identificar y caracterizar a las diferentes plantas debido a la presencia de compuestos químicos específicos en cada caso, los cuales en conjunto forman los denominados “metabolitos secundarios”, siendo estos los que tienen el rol importante en el mecanismo defensivo de las plantas.
- Con los análisis preliminares para la obtención de los extractos de altamisa y eucalipto también se pudo determinar y optimizar los parámetros de funcionamiento del equipo Soxhlet los cuales son de importancia ya que nos permitirán realizar los respectivos cálculos y diseño de la planta piloto de extracción sólido-líquido.
- El escalamiento de la planta piloto de extracción sólido-líquido se realizó en base a datos obtenidos experimentalmente en el equipo Soxhlet IVA industria Argentina con manta de calentamiento de marca BOECO tecnología Alemana laboratorio LABHEAT, por tal motivo, el diseño de un equipo a otro variará ligeramente en algunos factores tales como rendimiento o capacidades.
- Según los datos obtenidos en los resultados experimentales se puede decir que se debe diseñar un equipo para una capacidad de producción de 4000 ml, por tal motivo será de mucha importancia tomar en cuenta el material a emplear en la fabricación, siendo este acero inoxidable ya que resulta más económico y eficiente.



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

- La planta piloto diseñada trabajará en un proceso por lotes o en un proceso batch, es decir, este equipo se caracteriza por no tener flujo de entrada de reactivos, ni de salida de productos mientras se lleva a cabo la extracción, por lo tanto, la muestra y el disolvente son cargados inicialmente en el equipo.

### V. RECOMENDACIONES.

- Las muestras vegetales deben ser recolectadas con algún tiempo de anticipación previa a la extracción ya que esta es la materia prima esencial para este proceso y es necesario tener la cantidad suficiente para que el proceso no tenga paras.
- La materia prima vegetal puede ser almacenada después de haberla secado, para ello se sugiere colocarlas en fundas de papel para de esta forma evitar que las hojas secas absorban la humedad del ambiente.
- Antes de reducir de tamaño las hojas a emplear en la extracción a estas hay que sacarle las nervaduras ya que estas pueden influir en la composición final del extracto.
- Para reducir el tamaño de las hojas se puede emplear un triturador eléctrico industrial ya que este nos facilitará el trabajo a la vez que disminuirá el tiempo de preparación de la muestra.
- Como el proceso de extracción en el equipo Soxhlet se realiza en un proceso por lotes se recomienda preparar las muestras mientras el equipo se encuentra en marcha, pero teniendo la precaución de no descuidar el funcionamiento del equipo, de esta forma se ahorrara tiempo para posteriores extracciones.



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

- Se sugiere que el equipo de extracción sólido-líquido conste de un sistema de medición de temperatura para facilitar el manejo del equipo y por ende la extracción.
- Cabe recalcar que cada equipo Soxhlet tiene sus propias características y es específico para cada estudio de allí la importancia de que luego del diseño de estos se debe realizar las respectivas pruebas y comprobaciones de los parámetros de extracción.
- Los extractos obtenidos deben ser analizados fitoquímicamente por al menos 2 a 3 veces para de esta forma estar completamente seguro de los metabolitos secundarios presentes en cada extracto y así garantizar la calidad de los mismos.
- Para el almacenamiento de los extractos se deben emplear recipientes de color ámbar de vidrio, para de esta forma evitar la incidencia de la luz para que no deterioren los extractos, de igual forma los recipientes deben ser herméticamente cerrados.
- Los reactivos que se empleen en el análisis fitoquímico deben ser preparados un poco antes de ser empleados y con las respectivas normas de seguridad para evitar accidentes y de esta forma garantizar los resultados obtenidos.
- Para garantizar que la temperatura con la que se calienta el etanol o disolvente dentro de un equipo Soxhlet sea homogénea y para evitar proyecciones es recomendable colocar los denominados “cuerpos de ebullición” dentro del balón, estos cuerpos pueden ser pequeñas trazas de



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

vidrio, de porcelana o de piedra pómez, o cualquier otro material poroso, resistente a la temperatura y que no reaccione con ningún compuesto de la solución.

### VI. BIBLIOGRAFIA:

- <sup>i</sup> CHANG R. Química. McGraw Hill Interamericana Editores. Ciudad. 1999. pp. Capítulo 1
- <sup>ii</sup> PARDO J. Patentabilidad de los extractos vegetales. Disponible en: [http://www.pcb.ub.edu/centredepatents/pdf/cursos/dillunsCP/pardo\\_patentesextrac tosplantas.pdf](http://www.pcb.ub.edu/centredepatents/pdf/cursos/dillunsCP/pardo_patentesextrac tosplantas.pdf). descargado en: 2011/09/29
- <sup>iii</sup> REGNAULT C, P. Bernard, V. Charles. Biopesticidas de origen vegetal. Madrid, España: Ediciones Mundi-Prensa; 2004.
- <sup>iv</sup> BERDONCES I SERRA Josep LJuis. Gran enciclopedia de las plantas medicinales, Tomo I. Tikal Ediciones, Impreso en la Unión Europea; 19.
- <sup>v</sup> COCK N. y J. JIMENEZ. Los Extractos Vegetales De Uso Agrícola: Solución Eficaz Y Sostenible Para El Manejo Integrado De Cultivos. 2007.
- <sup>vi</sup> DELLA BEFFA Ma. Teresa. El gran libro de las hierbas. Primera Edición, 2003. Editorial Planeta; 10
- <sup>vii</sup> BERDONCES I SERRA Josep Lluís. Gran enciclopedia de las plantas medicinales, Tomo I. Tikal Ediciones, Impreso en la Unión Europea; 19.
- <sup>viii</sup> MOLINA M. Fítoterapia. Editorial: Núcleo del Azuay de la Casa de la Cultura Ecuatoriana, 2008, Cuenca Ecuador; p. 112.
- <sup>ix</sup> ULLOA C y Moller P. Árboles y arbustos de los andes del Ecuador. Disponible en: [http://www.efloras.org/florataxon.aspx?flora\\_id=201&taxon\\_id=101325](http://www.efloras.org/florataxon.aspx?flora_id=201&taxon_id=101325). Descargado en: 2011/09/30
- <sup>x</sup> MOLINA M. Fítoterapia. Editorial: Núcleo del Azuay de la Casa de la Cultura Ecuatoriana, 2008, Cuenca Ecuador; 112.
- <sup>xi</sup> MENDEZ R. Cultivos Orgánicos: Su control biológico en plantas medicinales y aromáticas. Ecoe ediciones, Ltda. Marzo 2006, Impreso en Colombia; 115



- xii Autor desconocido. Infojardin. Disponible en: <http://fichas.infojardin.com/bonsai/eucalyptus-globulus-eucalipto-blanco-gomero-azul-bonsai.htm>. Descargado en: 2011/09/30.
- xiii MARTINEZ V. Botanical. Disponible en: <http://www.botanical-online.com/floreucalipto.htm>. Descargado en: 2011/09/30.
- xiv Farmacopea Nacional Argentina VI Edición. Wichtl M., (1989), Teedrogen, WBS, pag. 161.
- xv Autor desconocido. Wikipedia, la enciclopedia libre. Disponible en: [http://es.wikipedia.org/wiki/Eucalyptus\\_globulus](http://es.wikipedia.org/wiki/Eucalyptus_globulus). Descargado en: 2011/1/10
- xvi Velazco R, Villada H y Carrera J. Información Tecnológica. Disponible en: [http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-07642007000100009&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-07642007000100009&script=sci_arttext). Descargado en: 2011/10/03
- xvii Autor Desconocido. Wikipedia, la enciclopedia libre. Disponible en: [http://es.wikipedia.org/wiki/Etanol\\_\(combustible\)#Efectos\\_del\\_etanol\\_en\\_la\\_agricultura](http://es.wikipedia.org/wiki/Etanol_(combustible)#Efectos_del_etanol_en_la_agricultura). Descargado en: 2011/10/01.
- xviii Autor desconocido. Wikipedia, la enciclopedia libre. Disponible en: ([http://es.wikiversity.org/wiki/Extracci%C3%B3n\\_en\\_fase\\_s%C3%B3lida#Ventajas\\_del\\_extractor\\_Soxhlet](http://es.wikiversity.org/wiki/Extracci%C3%B3n_en_fase_s%C3%B3lida#Ventajas_del_extractor_Soxhlet)). Descargado en: 2011/10/01
- xix ANAYA A. Humberto P. Flores; ESCALAMIENTO, EL ARTE DE LA INGENIERÍA QUIMICA: PLANTAS PILOTO, EL PASO ENTRE EL HUEVO Y LA GALLINA. Tecnología, ciencia, educación, enero-junio, año/vol23, número 001. Instituto Mexicano de Ingenieros Químicos Distrito, México. Pag.31-39
- xx Dra. MARTINEZ M. METODOS DE ANALISIS DE DROGAS Y EXTRACTOS. Ciudad Habana- Cuba, 1996; pp. 23-28.



## VII. REGISTRO TÉCNICO.

DESCRIPCION	
<p>El corazón del sistema de extracción sólido/líquido son dos torres de extracción, construidas en acero inoxidable 316, cada una está dividido en tres compartimentos remontables los cuales constan de un plato central con pequeños agujeros de un diámetro aproximado de 0.02 mm en donde se colocará la materia prima.</p> <p>En las tapas de las torres se podrá observar <b>Boquillas de Atomización Hidráulica</b>, Aspersión Estándar, las mismas que rociarán la materia prima con disolvente.</p> <p>El producto o extracto es transportado por una tubería hacia el tanque de calentamiento extracto-disolvente, este tanque consta de una manta de calentamiento la misma que tiene un sistema de niquelinas controladas por un <b>termostato</b> para mantener la temperatura del tanque dentro del rango permitido.</p> <p>El sistema de extracción también consta de una <b>bomba</b> la misma que nos proporcionará la presión y velocidad suficiente para hacer recircular el disolvente para posteriores extracciones, este es un factor importante ya que se necesita una presión de 6 bar en la boquilla de aspersión para su correcto funcionamiento.</p> <p>Además de los equipos mencionados también se emplearán un tanque en el cual se recuperará el disolvente al final de las extracciones.</p> <p>Las válvulas que se emplean para el control de los diferentes tanques serán válvulas de esféricas de uno y dos pasos respectivamente de acuerdo al proceso.</p> <p>La <b>tubería de conexión</b> que va desde el tanque extracto-disolvente al tanque de recuperación de disolvente será una doble tubería, la interna será de 1/2" y la externa de 1" la misma que tiene una conexión para entrada de agua y otra conexión en el extremo inferior para la salida de la misma; esta tubería cumple dos funciones, una para transporte de disolvente y la otra como un enfriador.</p>	
CARACTERISTICAS TÉCNICA	
Temperatura del Disolvente:	68°C
Caudal Máximo de la Bomba:	1150 Lts
Capacidad del tanque extracto-disolvente:	5000 ml
Capacidad del tanque de recuperación de disolvente:	4000 ml
Capacidad de cada plato de la torre:	aproximadamente 108 g de materia vegetal seca y triturada.
Capacidad de la boquilla aspersora:	3.1 L/h



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

<b>CARACTERISTICAS DE LOS ACCESORIOS.</b>	
BOQUILLA DE ASPERCIÓN	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ peso aproximado de 0.01Kg</li> <li>+ Aspersión muy fina en un patrón de cono hueco utilizando únicamente presión de líquido</li> <li>+ Cumple las funciones de Humidificación, Neblina ligera y Humectación</li> <li>+ Construidas en acero inoxidable 316</li> <li>+ se emplearan dos boquillas una para cada tanque de extracción.</li> </ul>
VALVULAS	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ emplearemos 6 VÁLVULAS ESFÉRICAS, 2 cuerpos paso total en acero inoxidable 316L .</li> <li>+1 válvula esférica 3 cuerpos paso total.</li> </ul>
TUBERIA	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ tubería en acero inoxidable 316 Según Norma ASTM A554.</li> <li>+ diámetro de la tubería = 1/2 " IPS. Rosca BSPT - NPT</li> <li>+La conexión a los equipos se realizaran con bridas</li> </ul>
TERMOSTATO	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Termostato digital regulable modelo R-76 con 3 display de lectura</li> <li>+Rango de temperatura entre 0 y 100 C</li> <li>+ Rango de tiempo entre 1 y 9.99 minutos</li> <li>+Alimentación: 220 V</li> <li>+ sensor termico incluido</li> </ul>
NIQUELINAS	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Niquelinas de tipo resorte</li> <li>+Flexibles y moldeables.</li> </ul>
TORNILLOS	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ M2 completamente roscado y de longitud variable de acuerdo al tanque.</li> </ul>
CODOS	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Con un ángulo de 45° en acero inoxidable 316 según ASTM A 403</li> </ul>
TEE	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ TEE en acero inoxidable 316 ASTM A 403 según ANSI B 16.9 MSS-SP-43</li> </ul>



## VII. PLANOS.

LAMINA 1: Diagrama del proceso de operación

LAMINA 2: Tanques de extracción

LAMINA 3: Tanque extracto- disolvente

LAMINA 4: Tanque de recuperación de disolvente.