

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA**



**PARÁMETROS DE EXTRACCIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE  
ALBAHACA (*Ocimum basilicum* L.) POR ARRASTRE DE  
VAPOR**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**CRISTIAN FRANCHESCO ARAUJO PAREDES**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO QUÍMICO**

**PUNO – PERÚ**

**2018**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA**

**PARÁMETROS DE EXTRACCIÓN DE ACEITE ESENCIAL  
DE ALBAHACA (*Ocimum basilicum* L.) POR ARRASTRE DE  
VAPOR**

**TESIS PRESENTADA POR:**

**CRISTIAN FRANCHESCO ARAUJO PAREDES**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO QUÍMICO**




**APROBADA POR:**

**PRESIDENTE:**

  
\_\_\_\_\_  
Dr. GREGORIO PALOMINO CUELA


**PRIMER MIEMBRO:**

  
\_\_\_\_\_  
M.Sc. GERMÁN QUILLE CALIZAYA

**SEGUNDO MIEMBRO:**

  
\_\_\_\_\_  
Ing. MARLENI YOVANNA VALENCIA PACHO

**DIRECTOR / ASESOR:**

  
\_\_\_\_\_  
Dr. MOISÉS PÉREZ CAPA

**ÁREA:** Tecnologías ambientales y recursos naturales

**TEMA:** Obtención de producto industrial

**LÍNEA:** Recursos naturales y medio ambiente

**FECHA DE SUSTENTACIÓN:** 25 de Julio del 2018

## ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS .....	6
ÍNDICE DE TABLAS .....	7
ÍNDICE DE ACRÓNIMOS.....	8
DEDICATORIA .....	9
AGRADECIMIENTOS.....	11
RESÚMEN.....	12
ABSTRACT.....	13
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>14</b>
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA .....</b>	<b>16</b>
2.1 Consideraciones generales de los aceites esenciales .....	16
2.2 Importancia de los aceites esenciales .....	16
2.3 Plantas aromáticas .....	17
2.4 Situación económica de plantas aromáticas .....	17
2.5 Albahaca ( <i>Ocimum basilicum</i> ) .....	18
2.6 Aceite esencial de Albahaca.....	19
2.7 Caracterización Físicoquímica .....	21
2.8 Caracterización Organoléptica.....	22
<b>III.MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>22</b>
3.1. Equipo: Destilador de arrastre con vapor.....	22
3.2. Materia Vegetal .....	23
3.1 Insumos.....	23
3.2 Materiales.....	23
3.3 Equipos .....	23
3.4 Métodos de investigación .....	23

3.5	Recolección del material vegetal: .....	24
3.6	Destilación de la Materia Vegetal .....	24
3.6.1	Método utilizado para la extracción de aceites esenciales.....	24
3.7	Proceso de extracción de los aceites esenciales .....	26
3.7.1	Recepción .....	26
3.7.2	Selección.....	26
3.7.3	Acondicionado del material vegetal .....	27
3.7.4	Pesado .....	27
3.7.5	Extracción.....	27
3.7.6	Decantación .....	27
3.7.7	Secado .....	27
3.7.8	Envasado .....	28
3.8	Determinación de Propiedades Físicas .....	28
3.8.1	Preparación de las muestras para su análisis.....	28
3.8.2	Determinación del rendimiento de aceite esencial .....	29
3.9	Métodos utilizados para el análisis fisicoquímico .....	29
3.10	Diseño Experimental .....	31
<b>IV.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>32</b>
4.1	Resultados del rendimiento del aceite esencial obtenido de la especie Ocimum basilicum L.....	32
4.2	Comportamiento del rendimiento en función del tiempo de extracción. ...	35
4.3	Resultados obtenidos de las propiedades fisicoquímicas del aceite esencial OCIMUM BASILICUM L.....	37
4.4	Análisis estadístico de los resultados .....	40

4.4.1 Evaluación estadística del Rendimiento de aceite esencial de OCIMUN	
BASILICIM L.....	40
4.4.2 Diseño Experimental Factorial 2 <sup>n</sup> :.....	41
<b>V. CONCLUSIONES</b> .....	47
<b>VI. RECOMENDACIONES</b> .....	48
<b>VII. REFERENCIAS</b> .....	49
<b>ANEXOS</b> .....	52

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: Principales componentes de aceite esencial de <i>Ocimum spp</i> (Ortuño, 2006).....	21
Figura N° 2: Equipo de destilación continua por arrastre de vapor .....	26
Figura N° 3: Comparación del rendimiento del aceite esencial en la extracción (resultados promedio) C1 (Hoja Entera), C2 (Hoja Cortada) .....	33
Figura N° 4: Curva de extracción del aceite esencial (g) obtenidos por arrastre de vapor en función del tiempo (min). .....	35
Figura N° 5: Diagrama de Pareto Estandarizada para Rendimiento.....	45
Figura N° 6: Efectos principales para Rendimiento .....	45
Figura N° 7: Superficie de respuesta.....	46

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Comercio mundial de especias y aromáticas (Berzins, 2011).....	18
Tabla N° 2: Partes de plantas empleadas en la obtención de aceite esencial (Ortuño, 2006).....	20
Tabla N° 3: Cantidad de material vegetal recolectado.....	24
Tabla N° 4: Condiciones del material vegetal para la extracción .....	24
Tabla N° 5: Condiciones de operación del caldero.....	25
Tabla N° 6: Resultados de rendimiento (%) de aceite esencial en las hojas enteras y picadas de la especie <i>Ocimum basilicum</i> L. ....	33
Tabla N° 7: Resultados de los análisis fisicoquímicos realizados al aceite esencial, de la especie <i>Ocimum basilicum</i> L. ....	37
Tabla N° 8: Resultados de la miscibilidad en etanol y humedad realizados al aceite esencial, de la especie <i>Ocimum basilicum</i> L.....	37
Tabla N° 9: Características organolépticas del aceite esencial de <i>Ocimum basilicum</i> L. ....	38
Tabla N° 10: Resultados del porcentaje de humedad de la materia prima de la especie OCIMUN BASILICIM L.....	39
Tabla N° 11: Resultados para el análisis de varianza .....	40
Tabla N° 12: Datos para el diseño factorial en el proceso de extracción del aceite esencial. ....	41
Tabla N° 13: Análisis de Varianza para Rendimiento - Extracción de aceite esencial.....	42
Tabla N° 14: Coeficiente de regresión para Rendimiento - Extracción de aceite esencial.....	43
Tabla N° 15: Valores óptimos de extracción de aceite esencial .....	44

## ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

**ANOVA:** Análisis de Varianza.

**EV:** Elettrónica Veneta.

**FIA:** Fundación para la Innovación Agraria.

**MV:** Materia Vegetal.

**NMX:** Norma Mexicana.

**OMC:** organización Mundial del comercio.

**UNCTAD:** Agencia Conjunta de Cooperación Técnica de la Conferencia de las Naciones Unidas Sobre Comercio y Desarrollo.



## DEDICATORIA

### **A Dios**

Por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

### **A mis padres.**

Por ser el pilar fundamental en todo lo que soy, en toda mi educación, tanto académica, como de la vida, por su incondicional apoyo perfectamente mantenido a través del tiempo.

### **A mi madre Amanda.**

Por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor. Mamá gracias por darme una carrera para mi futuro, todo esto te lo debo a ti.

### **A mis familiares.**

A mis hermanos por ser el ejemplo de los cuales aprendí aciertos y de momentos difíciles a Miriam, Ever, Zuely, Anais y Yesica. A mis sobrinos que siempre están junto a mi Jesmar, Francisco, Anjely, Luana, Emanuel, Estefano, Agata, Alison, Nataniel, Yoshua. A mis tíos por su apoyo incondicional, a mi primo Ray por pasar gratos y buenos momentos juntos fuera y dentro de la universidad y a todos mis demás primos y primas.

**A mis amigos.**

Que nos apoyamos mutuamente en nuestra formación profesional y que hasta ahora, seguimos siendo amigos: Grettel, Lucero, Alexandra, Rider, Mercy, Abdy y a mi enamora Estéfani por haberme acompañado en la realización de este trabajo.

Finalmente, a los ingenieros, aquellos que marcaron cada etapa de nuestro camino universitario, y que me ayudaron en asesorías y dudas presentadas en la elaboración de la tesis

**¡Gracias a ustedes!**

## AGRADECIMIENTOS

Dicen que la mejor herencia que nos pueden dejar nuestros padres son los estudios, sin embargo, no creo que sea el único legado del cual yo particularmente me siento muy agradecido, mis padres me han permitido trazar mi camino y caminar con mis propios pies. Ellos son mis pilares de la vida, les agradezco por apoyarme en realizar este trabajo de titulación.

Mi agradecimiento a todos, mi familia, que de una u otra manera me brindaron su colaboración y se involucraron en este proyecto y a Ray, un gran primo a quien estimo tanto.

A mis amigos. Con todos los que compartí dentro y fuera de las aulas. Aquellas amigas, que se convierten en amigos de vida y aquellos que serán mis colegas, gracias por todo su apoyo y diversión Lu y Grett.

Agradezco a mi director de tesis Dr. Moisés Pérez Capa, con su experiencia, conocimiento y motivación me oriento en la investigación.

Agradezco a los todos docentes que, con su sabiduría, conocimiento y apoyo, motivaron a desarrollarme como persona y profesional en la Universidad Nacional del Altiplano.

## RESÚMEN

Se pretende dar un mayor valor agregado al aceite esencial de albahaca con el fin de lograr mayores beneficios en las industrias alimentaria y así potenciar la agricultura en nuestra región. En el trabajo de Obtención de los parámetros fisicoquímicos óptimos para la obtención del aceite esencial de *Ocimum basilicum* L., utilizando el método de extracción por arrastre de vapor de agua a nivel de planta piloto, se logró extraer aceite esencial de albahaca variando la muestra y el proceso físico sometido a las muestras de hojas de albahaca (2,73 g de aceite esencial de hojas cortadas y 2,69 g de hojas enteras) por cada 2 kg, se evaluó la influencia del tiempo sobre los procesos de extracción y sus propiedades fisicoquímicas del aceite esencial extraído. Como diseño experimental se utilizó un arreglo combinatorio factorial (2x2x2) completamente al azar. Para la evaluación de las hipótesis se utilizó el análisis de varianza (ANOVA) en el cual se aplicaron tres repeticiones; con tal análisis se llegó a determinar lo siguiente: Del aceite esencial extraído, los rendimientos más altos son (0,1622% -0,1527%) que se alcanzaron en la muestra de hojas cortadas, por el contrario, los rendimientos más bajos (0,1184% - 0,0986%) se alcanzaron en la muestra de hojas enteras; la temperatura óptima de extracción es de 87,5 °C, el tiempo de extracción como límite máximo es de una hora. No existe diferencia significativa en el porcentaje de rendimiento respecto a la parte del vegetal utilizada y al proceso físico sometido a las muestras. Posteriormente, se realizó pruebas fisicoquímicas al aceite esencial obtenido, donde se observan los siguientes resultados densidad (0,8744 kg/m<sup>3</sup> a 20°C), viscosidad (0,051 Pa.s a 30°C), Índice de refracción (1,4156 a 20°C), pH (4,1 a 20°C), Índice de acidez (0,47% a 20°C), Miscibilidad en etanol a un 60% (7,5); 70% (5,9) y 90% (0,8); porcentaje de humedad (92%) para ambos métodos de extracción.

**Palabras Clave:** Aceite Esencial, albahaca, parámetros óptimos, extracción, diseño estadístico.

## ABSTRACT

It is intended to give a greater added value to the essential oil of basil in order to achieve greater benefits in the food industries and thus enhance agriculture in our region. In the work of Obtaining the optimal physicochemical parameters for obtaining the essential oil of *Ocimum basilicum* L., using the steam extraction method at the pilot plant level, it was possible to extract basil essential oil by varying the sample and the physical process subjected to the samples of basil leaves (2.73 g of essential oil of cut leaves and 2.69 g of whole leaves) per 2 kg, the influence of time on the extraction processes and their properties was evaluated physicochemical of the extracted essential oil. As an experimental design, a completely random factorial combinatorial arrangement (2x2x2) was used. For the evaluation of the hypotheses the analysis of variance (ANOVA) was used in which three repetitions were applied; with such analysis, the following was determined: Of the extracted essential oil, the highest yields are (0.1622% -0.1575%) that were reached in the sample of cut leaves, on the contrary, the lowest yields ( 0.11184% - 0.0986%) were reached in the whole leaf sample; The optimum extraction temperature is 87.5 ° C, the extraction time as maximum limit is one hour. There is no significant difference in the percentage of yield with respect to the part of the vegetable used and the physical process submitted to the samples. Subsequently, physicochemical tests were performed on the essential oil obtained, where the following results were observed: density (0.8744 kg / m<sup>3</sup> at 20 ° C), viscosity (0.051 Pa.s at 30 ° C), refractive index (1.4156 a) 20 ° C), pH (4.1 at 20 ° C), Acidity Index (0.47% at 20 ° C), Miscibility in ethanol at 60% (7.5); 70% (5.9) and 90% (0.8); humidity percentage (92%) for both extraction methods.

**Keywords:** Essential oil, basil, optimal parameters, extraction, statistical design.

## I. INTRODUCCIÓN

La protección del medio ambiente se ha convertido en un tema prioritario para el sector industrial, por ello es importante lograr un aprovechamiento racional de los productos agroindustriales. Por lo tanto, es necesaria la realización de estudios que potencien el desarrollo de procesos tecnológicos económicos, eficaces y rentables, que incentiven la utilización de plantas aromáticas como una fuente de materias primas adecuadas para la obtención de productos de alto valor agregado.

La determinación de parámetros óptimos nos permite evaluar la tecnología en la extracción del aceite esencial de la albahaca que posteriormente puede ser utilizado con fines industriales o médicos según sea necesario. Se pretende dar un mayor valor agregado a la albahaca, con el fin de lograr mayores beneficios en la industria alimentaria y poder potenciar la agricultura Regional - Nacional para aprovechar esta especie, ya que constituye una alternativa económica de exportación para el país.

La obtención del aceite esencial de la albahaca constituirá una alternativa para crear nuevas industrias, creando nuevas fuentes de trabajo, al incentivar el cultivo y difundir sus beneficios a nivel nacional.

Este trabajo es importante porque pretende utilizar las propiedades de la albahaca (*Ocimum basilicum* L.) para extraer aceite esencial por arrastre de vapor, evaluar algunas de sus propiedades fisicoquímicas y realizar un análisis

estadístico que determinará sus parámetros óptimos de extracción, para que pueda ser empleado como aditivo farmacéutico, alimenticio o para la elaboración de biopesticidas contribuyendo a la cadena productiva de esta planta favoreciendo su aprovechamiento. Para esto, se requiere que el aceite esencial contenga un olor característico, propiedades antisépticas para evitar la degradación de los alimentos, grado terapéutico con el fin de favorecer la salud del organismo mediante la mejora de oxigenación y nutrición celular provocando el cuidado de la piel, alivio de dolor de cuerpo (golpes). Del mismo modo es pertinente por que la cantidad de albahaca generado en Perú permite la utilización de la planta como materia prima para la extracción de aceites esenciales.

En el presente trabajo de evaluaron los parámetros fisicoquímicos óptimos para la extracción de aceite esencial de la albahaca por arrastre de vapor, obtener el aceite esencial de *Ocimum basilicum* mediante el método de arrastre de vapor de agua, determinar la influencia del tiempo de operación sobre el proceso de extracción y analizar alguna de sus propiedades fisicoquímicas del aceite esencial extraído que se obtiene de la destilación por arrastre de vapor, de este método se va a tener como variables la concentración de la planta (hoja entero y cortado).

Con este trabajo se espera contribuir en la elaboración de futuras investigaciones sobre la obtención de aceites esenciales, ya que con estudios como éste se establecen parámetros óptimos para dar un seguimiento a investigaciones futuras.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Consideraciones generales de los aceites esenciales

Generalmente son mezclas complejas de hasta más de 100 componentes (metabolitos secundarios) que pueden ser: Compuestos alifáticos de bajo peso molecular (alcanos, Alcoholes, aldehídos, cetonas, ésteres y ácidos), Monoterpenos, Sesquiterpenos y Fenilpropanos. Estos metabolitos secundarios cubren un amplio espectro de efectos farmacológicos mostrando diversas propiedades biológicas, como propiedades antiinflamatorias, antioxidantes, y anticancerígenos (García et al., 2010). Otras actividades biológicas también se reportan como biocidas en contra de una amplia gama de microorganismos como bacterias, hongos, virus, protozoarios insectos y plantas (Kalemba & Kunicka, 2003).

### 2.2 Importancia de los aceites esenciales

Los aceites esenciales constituyen una importante fuente de pesticidas naturales y actualmente representan en el mercado mundial unos 700 000 millones de dólares con un total de 45 000 toneladas producidas al año (Tripathi et al., 2009).

Son considerados como un importante recurso natural para la obtención de nuevos insecticidas, ya que su naturaleza lipofílica facilita la interferencia de procesos metabólicos, fisiológicos y comportamentales, esenciales para los insectos (Nishimura, 2001).

Los aceites esenciales son muy eficaces y uno de sus varios objetivos fue el de identificar la actividad acaricida de los aceites esenciales de albahaca (*Ocimum basilicum*), tomillo (*Thymus vulgaris*) y cilantro (*Coriandrum sativum*) contra el ácaro *Tetranychus urticae*. L. Para *Ocimum basilicum* la concentración



efectiva fue de 1,6 %, la efectividad fue mayor con los aceites de tomillo y de albahaca. Finalmente, se formuló un acaricida natural cuyo principio activo fue el aceite esencial de tomillo; éste se comparó con la mezcla sintética Abamectina-Tetradifón, mostrando similar efecto acaricida, (Patricio Yáñez M., et al., 2014).

### **2.3 Plantas aromáticas**

El hombre ha hecho uso de las plantas aromáticas desde la antigüedad, usándolas inicialmente a imitación de los animales, guiado por su instinto, posteriormente de manera empírica y más tarde de forma racional, conociendo sus propiedades terapéuticas de manera progresiva mediante los avances tecnológicos en el área de química analítica principalmente (Muñoz, 1996).

Por plantas aromáticas podemos entender que son aquellas plantas medicinales cuyos principios activos están constituidos, de manera total o parcial por esencias. Constituyen el 0,66 % del total de las plantas medicinales (Muñoz, 1996; Fundación para la Innovación Agraria, 2008).

### **2.4 Situación económica de plantas aromáticas**

En los últimos años, la utilización de plantas y hierbas para fines farmacéuticos ha sufrido un proceso de reducción, a pesar de la creciente preferencia de los consumidores por los productos naturales, sobre todo en la medicina. No obstante, en la actualidad esta situación ha comenzado a revertirse. El crecimiento anual esperado es del 4 %, es decir que, a nivel mundial, cada 15 años se duplica su consumo (Berzins, 2011).

Según información publicada por el centro de comercio internacional, agencia conjunta de cooperación técnica de la conferencia de las naciones unidas sobre comercio y desarrollo (UNCTAD) y la organización Mundial del

comercio (OMC), se estimó que en el año 2010 la cifra de negocios del mercado mundial de productos naturales fue de unos \$ 100 000 millones, donde los medicamentos constituirían alrededor del 80 % de este mercado (Fundación para la Innovación Agraria, 2008).

En la tabla 01 se muestra la producción mundial de especias y aromáticas, así como el aporte económico que tienen.

Tabla N° 1: Comercio mundial de especias y aromáticas (Berzins, 2011)

	Mil toneladas	Millones de Dólares
Especias	780	2 340
Aromáticas	310	1 500

Los principales compradores finales de partes de plantas aromáticas y medicinales son la industria de fitofármacos en Europa y los Estados Unidos (suplementos dietarios), la industria de las infusiones (tés), la industria de alimentos y la cosmética. En todos los casos, las adquisiciones obedecen a una rigurosa programación de los procesos industriales a que será sometida la materia prima, y en consecuencia resulta crítica tanto la regularidad y seguridad de su abastecimiento, como la calidad del producto. En esta última cuenta no sólo su contenido de principios activos (o esencias), sino que también las prácticas bajo las cuales fueron producidas (Fundación para la Innovación Agraria, 2008).

## 2.5 Albahaca (*Ocimum basilicum*)

La composición química del extracto de *O. basilicum* revela la presencia de taninos, flavonoides, saponinas y terpenos volátiles como alcanfor, timol, metilchavicol, linalol, eugenol y pinenos (May y col., 2008).

La planta de albahaca ha sido cultivada y usada durante miles de años en medicina y culinaria. Se han encontrado reportes sobre su uso en el antiguo Egipto, Roma y Grecia. Comercialmente se cultiva principalmente en Estados Unidos, la Región Mediterránea y en muchas otras partes del mundo. Su uso es tanto en fresco como en seco en el área alimentaria como aditivo, así como en la medicina tradicional, en donde es considerada estimulante, tónico, carminativo, febrífugo, expectorante, diurético, analgésico, antibacterial, antidiarreico, antiemético, antiespasmódico, sedante, ayuda en el parto, calmante de las picaduras de insectos, también se le atribuyen propiedades afrodisíacas (Fonnegra y Jiménez, 2007; Ibrahim y col.,2011).

## **2.6 Aceite esencial de Albahaca**

El cultivo de *Ocimum basilicum* es de suma importancia económica global, con una producción mundial anual de 100 T de aceites esenciales sintetizados y almacenados en tricomas glandulares especializados, ubicados en diversos órganos de la planta (flores, hojas, brotes, tallos y semillas) con una calidad que depende de factores externos (climáticos y agronómicos) e internos del cultivo como la variedad, edad de la planta y órgano utilizado (Chirinos y col., 2009).

El aceite esencial de la albahaca se obtiene generalmente de las hojas y flores, y se realiza durante la etapa de floración de la planta. Existen aproximadamente 150 especies de *Ocimum*, de las cuales la mayor parte posee aceites esenciales. Aunque solo los aceites de *O.basilicum* y *O.gratissimum* son producidos comercialmente (Reyes y Patiño, 2007; Zheljzakov y col., 2008; Jeba y Vaidyanathan, 2011).

Tabla N° 2: Partes de plantas empleadas en la obtención de aceite esencial  
(Ortuño, 2006)

Aceite esencial	Parte de la planta utilizada
Ciprés, jara	Ramas
Lavanda, lavandín	Sumidades floridas
Menta, hierba limón, eneldo	Planta entera
Geranio	Hojas
Neroli, rosa ylang ylang	Flor
Limón, naranja, mandarina	Capa externa del fruto
Romero, tomillo, ajedrea, mejorana	Panta entera con flor
Melissa	Planta fresca
Abeto de Siberia	Acículas
Manzanilla	Flor seca
Canela	Corteza
Cedro	Madera
Lima	Fruto entero
Clavo	Botones florales
Vetiver	Raíz
Mostaza	Semillas
Albahaca	Hojas

En la tabla 02 se presenta una lista de plantas aromáticas con la parte que es utilizada de cada una de ellas para la obtención de aceites esenciales.

Los principales compuestos que conforman el aceite esencial son: metil chavicol (85,5 %), linalool (1,1 %), y limoneno (2,6 %). Los componentes minoritarios son:  $\alpha$ -pineno (0,18 %), alcohol fenchílico (1,2 %), citronelol (0,65 %), geraniol (0,03 %), cinamato de metilo (0,5 %) y eugenol (0,78 %), entre otros (Reyes y Patiño, 2007).

En la figura 01 se muestran los compuestos mayoritarios presentes en el aceite esencial de *Ocimum* spp.

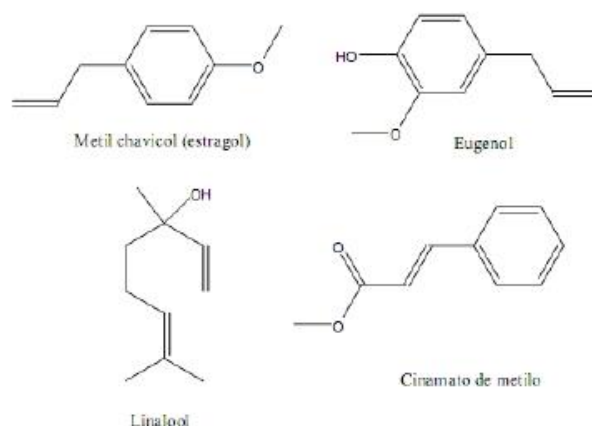


Figura N° 1: Principales componentes de aceite esencial de *Ocimum* spp (Ortuño, 2006).

La variación de la composición química del aceite esencial de albahaca es grande, esto debido a que esta planta crece en diferentes partes del mundo, lo cual dificulta también la estandarización internacional de su aceite (Reyes y Patiño, 2007; González- Zúñiga, y col., 2011).

## 2.7 Caracterización Físicoquímica

### Densidad, Solubilidad, Humedad e Índice de refracción

Según estudios anteriores el aceite esencial de *Ocimum basilicum* es inferior a la del agua (<1g/ml); y es insoluble en agua y totalmente soluble en etanol. El Índice de refracción no presenta ningún tipo de adulteraciones en su contenido: y se encuentra dentro de los rangos normales (1,40 -1,61), (Murillo et al. 2004).

Entre los resultados de la investigación se dieron contenido de humedad de los materiales en estudio varió de 78,497% y 93,410%. La densidad promedio de aceites esenciales en hojas de *Eucalyptus archeri* fue 0,867 g/cm<sup>3</sup>, para hojas

y frutos de *Schinus molle* L. 0,838 y 0,854 g/cm<sup>3</sup> correspondientemente. (López de la Cruz R. ,2015).

## **2.8 Caracterización Organoléptica**

Las características organolépticas encontradas durante un proceso de destilación al vapor en la extracción del aceite esencial de *Origanum vulgare* (Orégano), fueron de un color ligeramente amarillo, presento un aroma sugeneris, un sabor picante y textura aceitosa, (De la Cruz A.G.M, Jaico C.M.J, 2016).

## **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

Una vez seleccionada la destilación por arrastre con vapor como el procedimiento desarrollado por ser apropiada desde el punto de vista técnico y económico, fácil de implementar y no requiere de tecnologías sofisticadas, debió puntualizarse en una de sus tres categorías: Destilación con agua, destilación con vapor saturado o destilación con vapor seco.

Se escogió la destilación con vapor saturado, puesto que en ésta es mayor la difusión del vapor a través de las membranas vegetales y es menor la desnaturalización del producto por hidrólisis o quemado.

### **3.1. Equipo: Destilador de arrastre con vapor.**

Durante el planteamiento inicial del proyecto, se utilizó el equipo de Unidad de destilación para la obtención de aceites esenciales MOD. UDCA-2/EV, para el trabajo de grado “Extracción de un aceite esencial a partir de la albahaca” desarrollado en la Universidad Nacional del Altiplano (fig. 02), en el que se desarrollara la parte experimental; esto con el fin de ahorrar tiempo y aprovechar los recursos disponibles.

### 3.2. Materia Vegetal

Hojas frescas de la especie:

- Ocimum basilicum procedente del distrito de Arequipa – Perú.

### 3.1 Insumos

- Agua de la red pública.

### 3.2 Materiales

- Material de acero (Tijeras, regla, bandejas, soporte universal)
- Material de Vidrio y otros (Pera de decantación, botellas de vidrio, marcadores de CD)
- Materiales de Empaque (tapones de goma, cinta adhesiva)

### 3.3 Equipos

- Balanza analítica capacidad máxima 5 Kg., precisión 0,0001.
- Refractómetro
- Extractor de aceites esenciales, Modelo UDCA-2/EV, Elettronica Veneta.
- pH metro

### 3.4 Métodos de investigación

La metodología que se ha usado para el desarrollo de esta investigación se indica a continuación:

- Recolección y selección de la materia vegetal (MV)
- Destilación de la materia vegetal.
- Determinación del rendimiento y parámetros de extracción.
- Propiedades fisicoquímicas.

### 3.5 Recolección del material vegetal:

La planta de *Ocimum basilicum* L. (albahaca) adquiridas en los mercados de la ciudad de Puno.

La cantidad de material vegetal recolectado se registró en la siguiente tabla:

Tabla N° 3: Cantidad de material vegetal recolectado

	Mercado Central	Mercado Unión y Dignidad
1	10	10
2	10	10
Total, Recolectado	20 kg	20 kg

El material recolectado que se aprecia en la tabla 03, luego de su recolección fue clasificado y acondicionado físicamente.

### 3.6 Destilación de la Materia Vegetal

Se realizó una destilación por arrastre con vapor del material vegetal fresco, para la extracción del aceite esencial de la especie en estudio.

Tabla N° 4: Condiciones del material vegetal para la extracción

Humedad (%) Promedio	92 %
Estación de recolección	Verano (DICIEMBRE)

#### 3.6.1 Método utilizado para la extracción de aceites esenciales.

El método utilizado es la destilación por arrastre con vapor. Este método se realizó aplicando vapor de agua en forma directa a la materia vegetal y de esta forma se obtuvo una mezcla vapor-aceite esencial, en donde la mezcla fue arrastrada por el vapor de agua aplicado; posteriormente esta mezcla vapor-aceite se llevó a un punto de condensación, donde se realizó la separación del aceite esencial con el agua del vapor de arrastre.



La extracción del aceite esencial se llevó a cabo empleando un equipo de destilación con parámetros del proceso de extracción similares, para evitar distorsiones en el rendimiento esperado y disminuir la incertidumbre, de acuerdo a lo siguiente:

Tabla Nº 5: Condiciones de operación del caldero

Tiempo de funcionamiento del caldero (Minutos)	50 a 60 minutos
Presión (bar)	4
Análisis de dureza del agua del caldero	(+)
Funcionamiento del ablandador	✓
Funcionamiento de la bomba	✓
Funcionamiento de la resistencia	✓
Caudal de vapor (Kg/h)	4
Caudal de agua de condensador (L/h)	140- 150
Temperatura del calderin (°C)	87,5
Temperatura de entrada del agua de enfriamiento (°C)	25-30
Temperatura de salida del agua de enfriamiento (°C)	40-45

#### **Condiciones de operación de la Unidad de Extracción:**

La cantidad de material vegetal tal como hojas enteras y hojas picadas a 1-2 cm (ambos 1800 gramos y 2000 gramos) fueron utilizadas para cada tratamiento (08 tratamientos con 3 repeticiones en total), para obtener datos de reproducibilidad; con el fin de evaluar la influencia de las variables, parte del vegetal y la condición física del material vegetal, en el rendimiento y las propiedades fisicoquímicas de los aceites esenciales extraídos.

El extractor de los aceites esenciales consiste en un equipo de destilación discontinua marca Elettronica Veneta, el cual está conformado por un generador de vapor SCT04/EV, una cámara de extracción en el cual se colocará el material vegetal, un condensador el cual utiliza agua fría de la red pública, un vaso de

florentino recolector y una pera de decantación para separar el aceite del agua. (Véase Figura 02). Para cada tratamiento se emplearon aproximadamente entre 150-160 L. de agua.



Figura N° 2: Equipo de destilación continua por arrastre de vapor

### **3.7 Proceso de extracción de los aceites esenciales**

#### **3.7.1 Recepción**

La materia prima utilizada para la extracción del aceite esencial, fueron las hojas frescas de la especie *Ocimum basilicum*, recolectadas de dos zonas diferentes de la ciudad de Puno, en un total 40 kg de la especie *Ocimum basilicum*.

#### **3.7.2 Selección**

Luego de la recolección general de hojas, se procedió a la selección por separado, el estado físico de la parte de la planta, la cual no presentaba ningún daño físico.

### **3.7.3 Acondicionado del material vegetal**

Una vez seleccionado la materia prima vegetal, se procedió al acondicionamiento físico, para lo cual a las hojas se les dividió en dos grupos, a un grupo se le sometió al corte de 1 a 2 cm utilizando una tijera de metal, y al otro grupo se le dejó las hojas enteras.

### **3.7.4 Pesado**

Las hojas se pesaron por separado obteniendo pesadas para 8 tratamientos, luego cada pesada fue introducida a la cámara del extractor, fijándose el lecho vegetal.

### **3.7.5 Extracción**

Una vez establecido el lecho con el material vegetal, el equipo extractor fue programado con parámetros antes mencionados.

### **3.7.6 Decantación**

Para la decantación se utilizó como refrigerante agua potable de la red pública a temperatura ambiente (como parte del equipo extractor). Culminado el tiempo de extracción en el equipo extractor, el aceite recolectado fue colocado en una pera de decantación para una segunda decantación pasando un tiempo de aprox. 20 minutos.

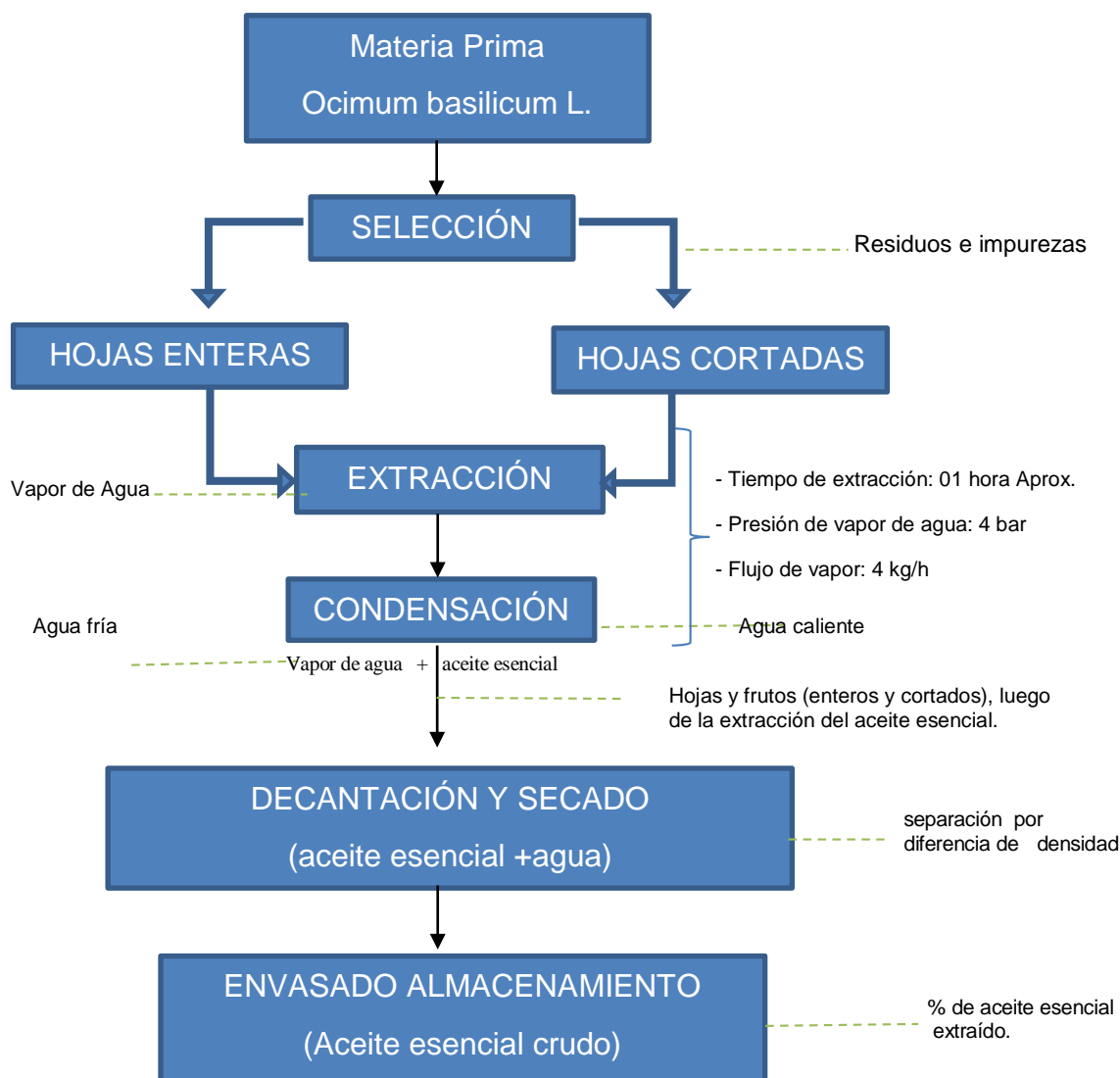
### **3.7.7 Secado**

Luego de recolectar el aceite esencial de la segunda decantación se sometió a un secado para eliminar el agua aun presente en la mezcla; usando el equipo Secador por Convección Forzada de la Facultad de Ingeniería Química.

### 3.7.8 Envasado

Posteriormente al secado, el aceite esencial obtenido fue envasado en frascos de vidrio, luego se almaceno bajo condiciones de refrigeración (4-5 °C), y fueron sometidos a los análisis y evaluaciones correspondientes.

#### Diagrama de Flujo de Procedo de Extracción:



### 3.8 Determinación de Propiedades Físicas

#### 3.8.1 Preparación de las muestras para su análisis.

El aceite esencial que se obtuvo fue separado por decantación y posteriormente se le sometió a un secado con el fin de sacar el agua residual,

para su posterior análisis. Se tomo muestras de aceite esencial para cada uno de los análisis realizados.

### 3.8.2 Determinación del rendimiento de aceite esencial

Para determinar el rendimiento del aceite esencial, se tomó como referencia, el peso (g) de aceite esencial extraído sobre la cantidad del material vegetal (g), haciendo uso de una balanza analítica.

$$\text{Rendimiento (\%)} = (W2/W1) \times 100$$

Donde:

W1= Peso en gramos del material vegetal sometido a extracción.

W2= Peso en gramos del aceite esencial extraído.

### 3.9 Métodos utilizados para el análisis fisicoquímico

Con el fin de verificar y evaluar las características fisicoquímicas del aceite esencial de *Ocimum basilicum*, se determinaron algunas constantes físicas como la densidad relativa, índice de refracción y potencial de hidrogeno (pH) y como constante química el índice de acidez. Posteriormente se realizó la evaluación de los resultados obtenidos para determinar la existencia de diferencias significativas.

Normas utilizadas:

- ✓ Determinación de Índice de acidez, Norma AFNOR, NFT 75-103 (1969).
- ✓ Determinación de la densidad relativa, Norma Mexicana, NMX-F-075-1987.
- ✓ Determinación del Índice de refracción, Norma AFNOR, NFT 75-112 (1964).
- ✓ Determinación del pH por medio del Potenciómetro. Norma Mexicana, NMX-V-041-1972.

El índice de acidez, es el número de miligramos de hidróxido de potasio que se requerirán para neutralizar los ácidos libres que existen en un gramo del producto. En un matraz de 100-200 ml, se pesó  $2 + 0,05$  g de la muestra, luego se adicionará con una pipeta 5 ml de alcohol etílico (95% v/v a 20 °C) y 5 gotas de fenolftaleína, posteriormente se neutraliza la disolución con hidróxido de potasio 0,1 N; hasta la aparición de coloración rosado intenso la cual persista por algunos segundos, considerando esta formación como el punto final de la valoración. El índice de acidez de los aceites esenciales se determinará según Norma AFNOR, NFT 75-103 (1969).

#### **La Densidad Relativa:**

La densidad de los aceites esenciales, se determinó a temperatura ambiente empleando un picnómetro. Inicialmente se pondrá el picnómetro previamente limpio y seco en una Balanza Analítica; posteriormente, se adiciono agua destilada y se pesó nuevamente. Cabe mencionar, que el volumen del picnómetro que se utilizo estuvo estandarizado. A continuación, se pesará el aceite esencial, con el picnómetro previamente secado en una estufa y, con los datos anteriormente obtenidos, se determinó la densidad relativa de la esencia. Este procedimiento se realizó por triplicado para cada uno de los aceites esenciales aislados por destilación con vapor de agua. La Densidad relativa de los aceites esenciales se determinó según Norma Mexicana, NMX-F-075-1987.

#### **Índice de Refracción:**

El viscosímetro de Ostwald mide la viscosidad de un fluido con una densidad conocida. Éste se determinó a una temperatura constante, la temperatura de referencia es de 20°C, El índice de refracción de los aceites

esenciales se determinó según la Norma AFNOR NF T 75 – 112, utilizando el viscosímetro de Ostwald.

### 3.10 Diseño Experimental

El estudio del porcentaje de aceite esencial y la variación relativa de las propiedades físico químicas del aceite esencial de *Ocimum basilicum*, se realizó mediante un diseño factorial axbxc, con tres repeticiones en cada tratamiento. Las variables y niveles utilizados son las que se indican a continuación:

#### Variable independiente (03):

A: Especie de planta (A1)

B: Parte de la Planta (B1)

C: Proceso físico sometido a la materia vegetal (Hoja entera (C1), Hoja picada (C2))

#### Variable dependiente (02):

Porcentaje de rendimiento de aceite esencial

Propiedades fisicoquímicas de aceite esencial.

Tratamientos:

Para realizar las pruebas experimentales, se empleó un diseño completamente al azar con arreglo factorial 2x2x2; con 3 repeticiones, obteniendo un total de 24 tratamientos (2x2x2x3).

Diseño estadístico:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + C_k + (AB)_{ij} + (BC)_{jk} + (AC)_{ik} + (ABC)_{ijk} + E_{ijk}$$

Donde:

Y: Variable de respuesta de la i, j, k – ésima unidad muestreada experimental.

U: Efecto de la media general.

A: Efecto del i- ésimo especie de planta.

B: Efecto del j- ésimo parte de la planta.

C: Efecto del k- ésimo proceso de la planta.

AB ij: Efecto de la interacción localidad de variedad de planta – parte vegetal.

AC ik: Efecto de la interacción localidad de variedad de planta – proceso del vegetal.

BC jk: Efecto de la interacción parte vegetal – proceso de la planta.

ABC ijk: Efecto de la interacción localidad de variedad de planta – parte vegetal -proceso de la planta.

E ijk: Efecto del error experimental.

Los datos obtenidos fueron analizados posteriormente con el análisis de varianza (ANOVA) para determinar la existencia de diferencias en el porcentaje de rendimiento y en las características fisicoquímicas de los aceites esenciales extraídos, con respecto a las variables independientes

#### **IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

##### **4.1 Resultados del rendimiento del aceite esencial obtenido de la especie *Ocimum basilicum* L.**

En el siguiente cuadro se muestra los resultados generales del rendimiento del aceite esencial (%) de la especie en estudio, *Ocimum basilicum* L., para el caso de hojas (enteras y cortadas).



De acuerdo al diseño experimental planteado se realizaron 08 tratamientos cada uno de ellos con tres repeticiones, obteniendo un total de 24 datos experimentales.

Tabla Nº 6: Resultados de rendimiento (%) de aceite esencial en las hojas enteras y picadas de la especie *Ocimum basilicum* L.

Repeticiones			1 (%)	2 (%)	3 (%)
A1	B1	C1	0,1510	0,1382	0,1285
			0,1306	0,1184	0,1471
			0,1602	0,0986	0,1507
			0,1398	0,1288	0,1443
	B2	C2	0,1326	0,1174	0,1291
			0,1622	0,1476	0,1527
			0,1418	0,1278	0,1263
			0,1214	0,1080	0,1499

A1: Especie (*Ocimum basilicum*), B1: Parte de planta (Hojas), C1: Proceso 1 (Entero), C2: Proceso 2 (Cortado).

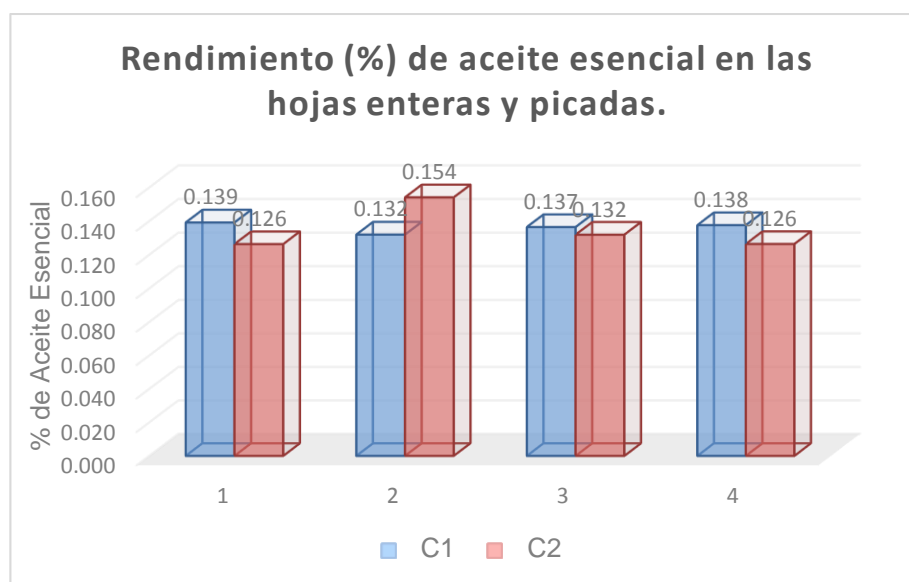


Figura Nº 3: Comparación del rendimiento del aceite esencial en la extracción (resultados promedio) C1 (Hoja Entera), C2 (Hoja Cortada)

Los rendimientos de aceites más altos (0,1622% -0,1527%) se alcanzaron en la muestra de las hojas cortadas OCIMUM BASILICUM L. Por el contrario, los rendimientos más bajos (0,1184% - 0,0986%) se alcanzaron en la muestra de las hojas enteras Ocimum basilicum L.

La compactación de la masa vegetal dentro de la cavidad del extractor no debe ser extrema, ya que el vapor saturado se comporta como cualquier fluido en tránsito, es decir pasa a través del camino de más fácil recorrido. Los resultados obtenidos corroboran la planteado por Cerpa y Elder; ya que, los mayores rendimientos en la extracción del aceite esencial, se dieron en las hojas, a los que se les sometió a procesos físicos de reducción de tamaño (cortado), (Elder, 2010).

El lecho del material vegetal incorporado en la cámara de extracción, requiere ser fijo y es preferible reducir el tamaño de la materia vegetal, para disminuir la porosidad y formar un lecho más compacto, estas condiciones permiten un mejor contacto entre la materia prima y el vapor del agua, debido a que conforme el vapor entra en contacto con el lecho la materia prima se calienta, y va liberando su aceite esencial contenido y éste a su vez, debido a su alta volatilidad se va evaporando. Al ser soluble en el vapor circundante, es “arrastrado”, corriente arriba hacia el tope del extractor, en donde la mezcla, vapor saturado y aceite esencial, fluye hacia el condensador, donde la mezcla es enfriada, hasta la temperatura ambiental, obteniendo una emulsión inestable, el aceite esencial se va acumulando, debido a su casi inmiscibilidad en el agua y a la diferencia de densidad y viscosidad con el agua. (Cerpa, 2007)

#### 4.2 Comportamiento del rendimiento en función del tiempo de extracción.

Para determinar el comportamiento en el proceso de extracción de los aceites esenciales, se realizaron pruebas cuantificando la cantidad de aceite esencial extraído durante 60 minutos, hasta garantizar que el proceso no reporta extracción aceite esencial.

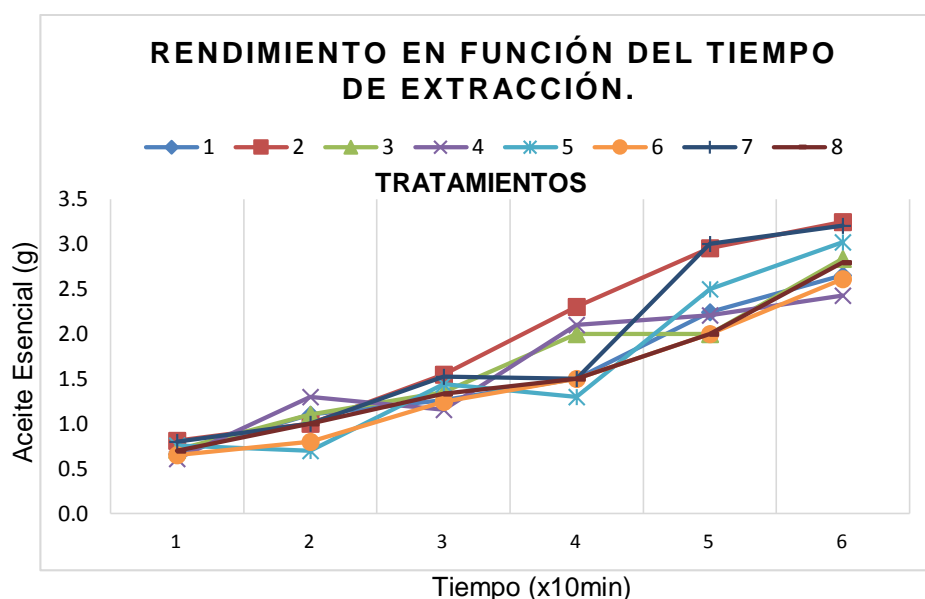


Figura N° 4: Curva de extracción del aceite esencial (g) obtenidos por arrastre de vapor en función del tiempo (min).

En la figura 4 se observa que el tiempo óptimo de extracción para las hojas enteras y cortadas es aproximadamente de 60 minutos, esto es de utilidad ya que se ahorra energía y todo lo que ello implica, pues según nuestros datos, pasado este tiempo no se obtendrá aceite esencial.

De 02 kilogramos de hojas cortadas frescas de la especie *Ocimum basilicum* L. extraídas, durante 60 minutos, se obtuvo 2,652 gr de aceite esencial equivalentes a un rendimiento del 0,1326% peso a peso (P/P).

De 02 kilogramos de hojas cortadas de la especie *Ocimum basilicum* L. extraídas, durante 60 minutos, se obtuvo 3,244 g de aceite esencial equivalentes a un rendimiento del 0,1622 % (P/P).

De 02 kilogramos de hojas cortadas de la especie *Ocimum basilicum* L. extraídas, durante 60 minutos, se obtuvo 2,836 g de aceite esencial equivalentes a un rendimiento del 0,1418 % (P/P).

De 02 kilogramos de hojas cortadas de la especie *Ocimum basilicum* L. extraídas, durante 60 minutos, se obtuvo 2,428 g de aceite esencial equivalentes a un rendimiento del 0,1214 % (P/P).

De 02 kilogramos de hojas enteras frescas de la especie *Ocimum basilicum* L. extraídas, durante 60 minutos, se obtuvo 3,020 g de aceite esencial equivalentes a un rendimiento del 0,1510% (P/P).

De 02 kilogramos de hojas enteras frescas de la especie *Ocimum basilicum* L. extraídas, durante 60 minutos, se obtuvo 2,612 g de aceite esencial equivalentes a un rendimiento del 0,1306% (P/P).

De 02 kilogramos de hojas enteras frescas de la especie *Ocimum basilicum* L. extraídas, durante 60 minutos, se obtuvo 3,204 g de aceite esencial equivalentes a un rendimiento del 0,1602% (P/P).

De 02 kilogramos de hojas enteras frescas de la especie *Ocimum basilicum* L. extraídas, durante 60 minutos, se obtuvo 2,796 g de aceite esencial equivalentes a un rendimiento del 0,1398% (P/P).

#### 4.3 Resultados obtenidos de las propiedades fisicoquímicas del aceite esencial *OCIMUM BASILICUM L.*

Los resultados presentados, corresponden al análisis realizado al aceite esencial extraído por destilación discontinua de arrastre de vapor de agua; estos análisis fueron realizados de acuerdo a los procedimientos indicados en las normativas utilizadas, llevados a la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco para su respectivo análisis fisicoquímicos y así certificar los resultados.

Tabla N° 7: Resultados de los análisis fisicoquímicos realizados al aceite esencial, de la especie *Ocimum basilicum L.*

	ANÁLISIS FÍSICOS				ANÁLISIS QUÍMICOS
	DENSIDAD kg/m <sup>3</sup> 20°C	VISCOSIDAD Pa.s 30°C	I. REFRACCIÓN 20°C	pH 20°C	ÍNDICE DE ACIDEZ
C1	0,8744	0,051	1,4156	4,1	0,47

Tabla N° 8: Resultados de la miscibilidad en etanol y humedad realizados al aceite esencial, de la especie *Ocimum basilicum L.*

	MISCIBILIDAD EN ETANOL /ml			HUMEDAD %
	60%	70%	90%	
C1	7,5	5,9	0,8	2,26

Los resultados presentados en la tabla 07 y 08, corresponden a las características fisicoquímicas de los aceites esenciales extraídos por destilación con arrastre de vapor de agua; en donde se observan resultados para la densidad, viscosidad, Índice de refracción, pH, Índice de acidez Miscibilidad en etanol y porcentaje de Humedad en la especie *Ocimum Basilicum L.*

Según el análisis realizado se comprobó que la densidad del aceite de la albahaca es inferior a la del agua (<1g/ml); además, que es insoluble en agua y totalmente soluble en etanol. El Índice de refracción comprobó que no presenta adulteraciones en su contenido y se encuentra dentro de los rangos normales (1,40 -1,61), como se observa en la tabla 07, (Murillo et al, 2004).

Los resultados registrados en un artículo científico de Control de calidad, obtención y caracterización fisicoquímica de los aceites esenciales y su actividad acaricida, en el que se encuentra el *Ocimum basilicum*, determinaron que la Densidad (0,89 kg/m<sup>3</sup>), Índice de Refracción (1,47), pH (5,0 a 26°C) y Solubilidad en Etanol son similares a los obtenidos en este trabajo y que la variación entre ambos es muy poca y está dentro de los rangos normales en ambos estudios. (Patricio Yáñez M., et al., 2014).

Al comparar los valores de índice de refracción obtenidos con los de otras especies que poseen aceites esenciales de valor comercial, se observa que el índice de refracción de *O. basilicum* es similar al de *Eucalyptus globulus* (cuyo índice de refracción fluctúa entre 1,46 y 1,47).

Tabla N° 9: Características organolépticas del aceite esencial de *Ocimum basilicum* L.

Características Organolépticas				
	Aspecto	Olor	Color	Sabor
C1	VISCOSO	ÁCIDO	AMBAR	PICANTE
C2	VISCOSO	ÁCIDO	AMBAR	PICANTE

Los resultados presentados en la tabla 09, corresponden a las características organolépticas del aceite esencial extraído por destilación

discontinua con arrastre de vapor de agua; estas características organolépticas fueron realizadas después de ser extraídos los aceites esenciales.

Otro estudio similar respecto a la caracterización organoléptica Olor, Color Sabor y Textura, se encontró características similares en el trabajo de investigación “Características fisicoquímicas y determinación del porcentaje relativo de sus componentes hidrocarbonados y oxigenados del aceite esencial de las hojas de *Origanum vulgare* (orégano) perteneciente a la familia Labiaceae que es una planta muy aromática, (De la Cruz A.G.M, Jaico C.M.J, 2016).

Tabla N° 10: Resultados del porcentaje de humedad de la materia prima de la especie OCIMUN BASILICIM L.

Resultados análisis de humedad de la materia prima			
Especie	PESO INICIAL (g)	PESO FINAL (g)	% HUMEDAD
C1	2000	160	92
C2	2000	175	91,25

El porcentaje de humedad de las hojas enteras es del 92%, este dato comparado con el obtenido de las hojas cortadas que es del 91,25%, nos indica que hay una pequeña diferencia debido a las diferentes condiciones en las cuales fueron realizados ambos análisis, dicha variación se puede adjudicar a los errores de análisis además de las condiciones en las cuales se han extraído la materia prima.

Según el porcentaje contenido de humedad de hojas de *Eucalyptus archeri* Maiden & Blakely y de *Schinus molle* fueron de 78,497 y 93,410 % respectivamente., este dato comparado con el obtenido en el laboratorio del aceite esencial de albahaca es de 92%, nos indica que hay una gran diferencia debido a las diferentes condiciones en las cuales fueron realizados ambos análisis, (Lopez de la Cruz R. ,2015).

#### 4.4 Análisis estadístico de los resultados

Para el análisis de datos se utilizó el análisis de varianza (ANOVA) de 03 factores (A: Factor Temperatura, B: Factor variedad del Tiempo, C: Factor peso que se le da a la materia prima). Para el análisis se contrastaron los resultados de las muestras que se ven influidas por la variación de estos factores, es decir, se analizó la acción simultánea de los tres factores sobre una variable respuesta.

Tabla N° 11: Resultados para el análisis de varianza

A Temperatura	80 – 87,5 °C
B Tiempo	50 - 60 min
C Cantidad (g)	1800 - 2000 g

A: Factor Temperatura, B: Factor variedad del Tiempo, C: Factor peso.

##### 4.4.1 Evaluación estadística del Rendimiento de aceite esencial de OCIMUN BASILICIM L.

Para la obtención de los datos respecto al rendimiento del aceite esencial, se utilizó el diseño factorial  $axbxc$  ( $2 \times 2 \times 2 = 8$  tratamientos), con tres repeticiones cada tratamiento, obteniendo como variable respuesta el rendimiento del aceite esencial.

Los resultados presentados en la siguiente tabla, corresponden al rendimiento del aceite esencial obtenido en cada uno de los tratamientos realizados.



**Análisis de Varianza:**

Los valores numéricos de las variables que intervienen en el proceso de extracción de los aceites esenciales son presentados en la siguiente tabla, estos valores provienen de la sumatoria de los resultados del rendimiento de aceites esenciales de cada uno de los tratamientos, con sus respectivas repeticiones por cada factor involucrado en el experimento, datos que nos sirven para desarrollar la tabla ANOVA.

Tabla N° 12: Datos para el diseño factorial en el proceso de extracción del aceite esencial.

	N°	A Temperatura (°C)	B Tiempo (min)	C Cantidad (g)	% Rendimiento		
C1	1	80	50	1800	0,1510	0,1382	0,1285
	2	87,5	50	1800	0,1306	0,1184	0,1471
	3	80	60	1800	0,1602	0,0986	0,1507
	4	87,5	60	1800	0,1398	0,1288	0,1443
C2	5	80	50	2000	0,1326	0,1174	0,1291
	6	87,5	50	2000	0,1622	0,1476	0,1527
	7	80	60	2000	0,1418	0,1278	0,1263
	8	87,5	60	2000	0,1214	0,1080	0,1499

C1: entero, C2: cortado.

**4.4.2 Diseño Experimental Factorial 2<sup>n</sup>:**

El diseño factorial completo 2<sup>n</sup> es la estrategia experimental óptima. Este diseño permite explorar una zona escogida del dominio experimental y encontrar una dirección prometedora para la optimización posterior. Se utiliza un diseño factorial para estudiar como un cambio de temperatura, de tiempo o de cantidad afectaban al rendimiento de una extracción.

Tabla N° 13: Análisis de Varianza para Rendimiento - Extracción de aceite esencial.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: Temperatura	0,000098415	1	0,000098415	0,48	0,4994
B: Tiempo	0,000139202	1	0,000139202	0,68	0,4233
C: Albahaca	0,0000156817	1	0,0000156817	0,08	0,7861
AB	0,000234375	1	0,000234375	1,14	0,3023
AC	0,000301042	1	0,000301042	1,47	0,2448
BC	0,000234375	1	0,000234375	1,14	0,3023
Bloques	0,0018651	2	0,000932552	4,54	0,0287
Error total	0,003081	15	0,0002054		
Total (corr.)	0,0059692	23			

Fuente: análisis de varianza calculada por el programa statgraphics centurión XI

R-cuadrada = 48,3849 porciento

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 20,8569 porciento

Error estándar del est. = 0,0143318

Error absoluto medio = 0,00945278

Estadístico Durbin-Watson = 2,18853 (P=0,4838)

Autocorrelación residual de Lag 1 = -0,124579

### El StatAdvisor

La tabla ANOVA particiona la variabilidad de Rendimiento en piezas separadas para cada uno de los efectos. entonces prueba la significancia estadística de cada efecto comparando su cuadrado medio contra un estimado del error experimental. En este caso, 1 efectos tienen un valor-P menor que

0,05; indicando que son significativamente diferentes de cero con un nivel de confianza del 95,0%.

El estadístico R-Cuadrada indica que el modelo, así ajustado, explica 48,3849% de la variabilidad en Rendimiento. El estadístico R-cuadrada ajustada, que es más adecuado para comparar modelos con diferente número de variables independientes, es 20,8569%. El error estándar del estimado muestra que la desviación estándar de los residuos es 0,0143318. El error medio absoluto (MAE) de 0,00945278 es el valor promedio de los residuos. El estadístico de Durbin-Watson (DW) prueba los residuos para determinar si haya alguna correlación significativa basada en el orden en que se presentan los datos en el archivo. Puesto que el valor-P es mayor que 5,0%, no hay indicación de autocorrelación serial en los residuos con un nivel de significancia del 5,0%.

### COEFICIENTE DE REGRESIÓN Y MODELO MATEMÁTICO

Tabla Nº 14: Coeficiente de regresión para Rendimiento - Extracción de aceite esencial.

Coeficiente	Estimado
Constante	0,214181
A: Temperatura	-0,00823778
B: Tiempo	0,0253517
C: Albahaca	-0,000455306
AB	-0,000166667
AC	0,00000944444
BC	-0,00000625

La ecuación del modelo matemático ajustado es:

$$\begin{aligned} \text{Rendimiento} = & 0,214181 - 0,00823778 * \text{Temperatura} + 0,0253517 * \text{Tiempo} - \\ & 0,000455306 * \text{Albahaca} - 0,000166667 * \text{Temperatura} * \text{Tiempo} + \\ & 0,00000944444 * \text{Temperatura} * \text{Albahaca} - 0,00000625 * \text{Tiempo} * \text{Albahaca}. \end{aligned}$$

En donde los valores de las variables están especificados en sus unidades originales. Para hacer que STATGRAPHICS evalúe esta función, seleccione Predicciones de la lista de Opciones Tabulares. Para graficar la función, seleccione Gráficas de Respuesta de la lista de Opciones Gráficas.

### OPTIMIZACIÓN DE RESPUESTA

Optimizar Respuesta

Meta: maximizar Rendimiento

Valor óptimo = 0,148958

Tabla N° 15: Valores óptimos de extracción de aceite esencial

Factor	Bajo	Alto	Óptimo
Temperatura	80,0	87,5	87,5
Tiempo	50,0	60,0	60,0
Albahaca	1800,0	2000,0	2000,0

### El StatAdvisor

Esta tabla muestra la combinación de los niveles de los factores, la cual maximiza Rendimiento sobre la región indicada.

### DIAGRAMA DE PARETO

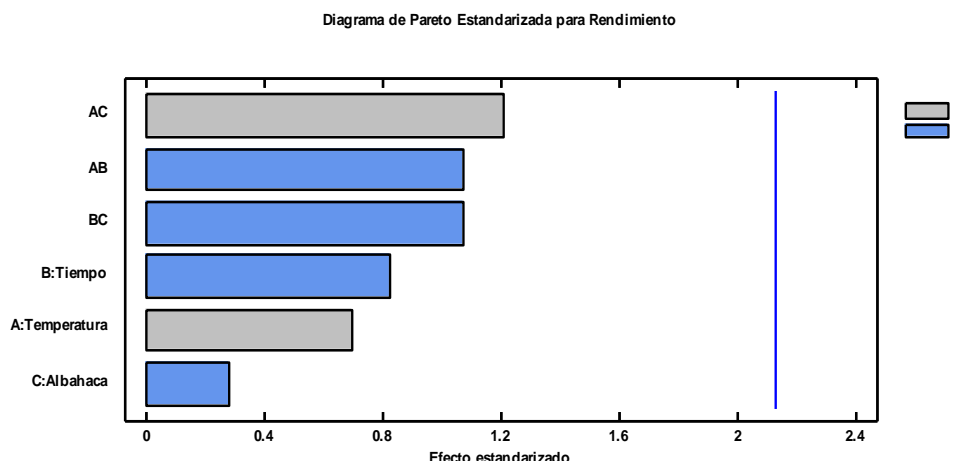


Figura N° 5: Diagrama de Pareto Estandarizada para Rendimiento

A través del diagrama de Pareto se observa la influencia de los factores sobre el aceite esencial extraído. En AC el rendimiento es óptimo debido a que la temperatura influye en la extracción con la materia prima. En AB y BC ambos casos a mayor sea el tiempo habrá una pérdida debido a que durante el proceso de extracción hay recirculación.

En la figura 06 se muestran los resultados del aceite extraído de los ensayos realizados.

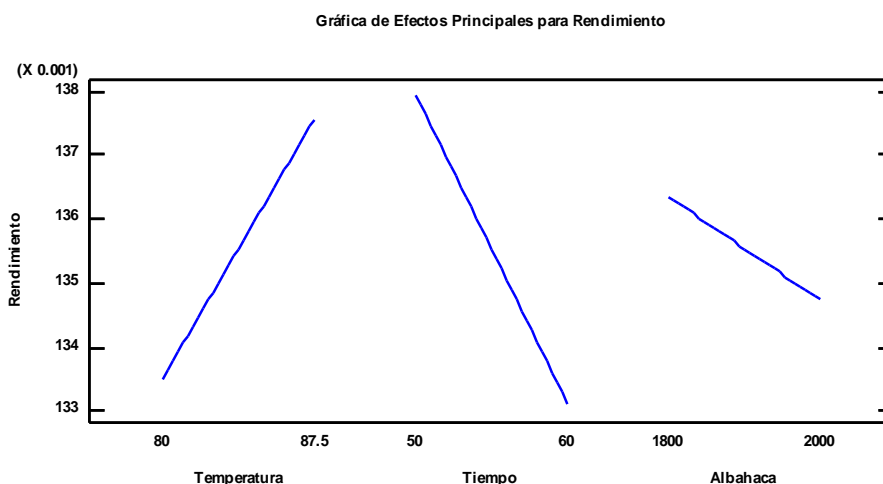


Figura N° 6: Efectos principales para Rendimiento

Según el gráfico de efectos principales, existe una proporcionalidad directa entre la relación ABC y el contenido de aceite extraído, este último es inversamente proporcional con respecto al tiempo de extracción. Y nos indica que a mayor temperatura se puede obtener un mayor rendimiento, respecto al tiempo si la excedemos hay una pérdida en el rendimiento.

### SUPERFICIE DE RESPUESTA

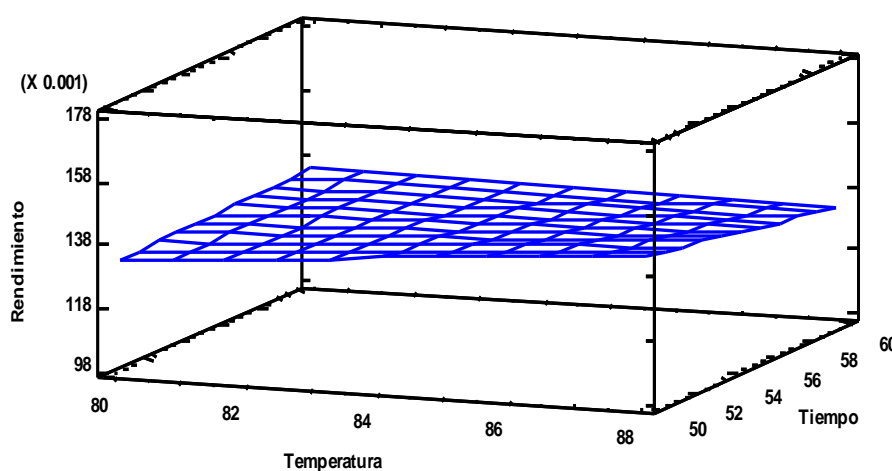


Figura N° 7: Superficie de respuesta

En la figura se muestra el gráfico de superficie de respuesta, donde el menor valor de aceite esencial extraído es con la relación peso 1800 gramos, temperatura de 87,5 y un tiempo de extracción de 60 minutos.

## V. CONCLUSIONES

- Los valores óptimos para lograr una buena extracción son: Temperatura 87,5°C; con un tiempo de 60 minutos y una cantidad de 2000 gramos (peso).
- Se obtuvo 2,73g de aceite esencial de 2000 gramos de hojas de albahaca durante el proceso de extracción por arrastre de vapor de agua.
- El tiempo influye en el momento de la extracción debido a que si excedemos el tiempo de 60 minutos empieza a haber una pérdida del aceite esencial extraído debido a la recirculación que hay durante el proceso en el equipo.
- Los resultados presentes corresponden a las características fisicoquímicas de los aceites esenciales extraídos por destilación con arrastre de vapor de agua; en donde se observan los siguientes resultados densidad (0,8744 kg/m<sup>3</sup> a 20°C), viscosidad (0,051 Pa.s a 30°C), Índice de refracción (1,4156 a 20°C), pH (4,1 a 20°C), Índice de acidez (0,47 a 20°C), Miscibilidad en etanol a un 60% (7,5); 70% (5,9) y 90% (0,8); porcentaje de humedad en la especie OCIMUN BASILICIM L. es de un 92% para ambos métodos de extracción; las variables que se manejan durante la extracción de aceites esenciales en el equipo son la presión en el caldero 40 bar, temperatura en el extractor alrededor de 87,5 °C, y la temperatura del condensado que debe estar próximo a los 40°C para que la separación del aceite con el agua sea óptima.

## VI. RECOMENDACIONES

- La selección y tratamiento de la materia prima es importante antes de la extracción, ya que, en el proceso, el vapor de agua puede arrastrar impurezas dando como resultado un aceite esencial sucio.
- Se debe tener cuidado con la presión y el nivel del agua del caldero, durante la extracción ya que si se incrementa la presión puede ocasionar problemas en la válvula de seguridad.
- Realizar pruebas del comportamiento del aceite esencial de Albahaca, en el desarrollo productos cosméticos y farmacéuticos. Debido a sus propiedades calmantes, anti-inflamatorias, antisépticas.
- Realizar un estudio de más plantas tradicionales con el propósito de extraer sus aceites esenciales cuyos componentes podrían ser utilizados en diferentes campos como la medicina.
- Para mejorar la rentabilidad económica para la extracción de un aceite esencial se debería reducir el tiempo de operación con el fin de disminuir el consumo de recursos, como electricidad y vapor; esto se podría conseguir con el aumento de presión en el proceso de extracción en el método de arrastre con vapor directo.
- Debe de hacerse un mantenimiento al equipo extractor de aceite esencial por arrastre de vapor para su mejor funcionamiento.
- Realizar el cambio del caldero al material de vidrio ya que el de acero (metal enchaquetado) afecta en la composición del aceite esencial extraído (color) y en el proceso de extracción.



## VII. REFERENCIAS

- Berzinz, (2011). Comercio Mundial de especias y aromáticas Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria [monografía en internet]. Argentina.
- Cerpa, C. (2007), Hidrodestilación de aceites esenciales: modelado y caracterización, Universidad de Valladolid, Departamento de Ingeniería Química y Tecnología del Medio Ambiente.
- Chirinos, M., Velásquez, R., Ascanio, C., Mata, J., Carrasqueño, A. (2009). Obtención de aceites esenciales de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) a partir de tejidos cultivados in vivo e in vitro. Revista de la Facultad de Agronomía UCV; vol. 35 (1): 28-33.
- De la Cruz Aguilar, G. M., & Jaico Cruz, M. J. (110). Características fisicoquímicas y determinación del porcentaje relativo de sus componentes hidrocarbonados y oxigenados del aceite esencial de las hojas de *origanum vulgare* (orégano) procedente del jardín botánico de plantas medicinales Bertha Rosa Elena de los Ríos de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Nacional de Trujillo - Perú.
- Elder, H. 2010. Optimización de Procesos Extractivos Aplicados a Especies Vegetales Aromáticas y Medicinales. Buenas Prácticas de Operaciones Unitarias. Normalización de productos naturales obtenidos de especies de la flora aromática latinoamericana. Eduardo Dellacassa. Brazil. Proyecto CYTED IV.20. pp. 37
- Fonnegra, R.G., Jiménez, R.S.L. (2007). Plantas Medicinales Aprobadas en Colombia. 2da. ed., Universidad de Antioquía. Colombia: 35-37.
- Fundación para la Innovación Agraria. Resultados y Lecciones en Plantas Medicinales y Aromáticas (2008). Proyectos de Innovación en Regiones

V, VII, VIII y X. Experiencias de Innovación para el Emprendimiento Agrario [serie en internet] Santiago de Chile.

González-Zúñiga, J.A., González, S.H.M., González, P.S., Rosales, R.T., Andrade, G.I, (2011). Microextracción en fase sólida de compuestos volátiles en albahaca (*Ocimum basilicum* L.). Redalyc;vol. 21 (1):17-22.

Ibrahim, M.M., Aboud, K.A., Hussein, R.M. (2011) Genetic variability and path coefficient analysis in sweet basil for oil yield and its components under organic agriculture conditions. Journal of American Science; vol. 7(6): 150-157.

Kalembe, D. & Kunicka, A. (2003). Antibacterial and antifungal properties of essential oils. Current Medicinal Chemistry 10, 813–829.

Lopez de la Cruz R., (2015). Rendimiento y Composición Química de Aceites Esenciales de *Eucalyptus archeri* y *Schinus molle* - Valle del Mantaro. Huancayo-Perú: 77.

May, A., Alves, B.O., Borlina, M. N., Soares, B. L.E, Zacardi, R de C., Matosso, R de S. E., Rocha, A de M.A., Quaglia, P.M., (2008). Basil Plants Growth and Essential Oil Yield in a Production System with Successive Cuts. Revista de Ciencias Agronómicas. vol. 67: 385-389.

Muñoz, F.(1996) Plantas Medicinales y Aromáticas. Estudio, Cultivo y Procesado. 1ra. ed., Mundi-Prensa, Madrid: 15-18, 20-24.

Murillo, E., Fernández, K., Sierra, D., y A. viña, (2004). Caracterización físico-química del aceite esencial de albahaca. Revista colombiana de química, volumen 33, 139-148 p.

Nishimura, S., (2001) Mammalian Ogg1/Mmh gene plays a major

role in repair of the 8-hydroxyguanine lesion in DNA. *Prog Nucleic Acid Res Mol Biol* 68:107-23.

Ortuño, S.M.F., (2006). *Manual Práctico de Aceites Esenciales, Aromas y Perfumes*. 1ra.ed., Aiyana. España:8-14, 23, 122-125.

Patricio Yáñez M., et al., (2014), COMPARACIÓN DE LA ACTIVIDAD ACARICIDA DE LOS ACEITES ESENCIALES DE *Ocimum basilicum*, *Coriandrum sativum* Y *Thymus vulgaris* CONTRA *Tetranychus urticae*. Artículo científico Carrera de Biotecnología de los Recursos Naturales, Universidad Politécnica Salesiana, Av. 12 de Octubre N24-22 y Wilson, Quito, Ecuador. :25-27.

Reyes, B.J.A., Patiño, P.J.G. (2007). Comparación de los Metabolitos Secundarios Volátiles de dos Especies de *Ocimum* sp. (labiatae), en Función del Método de su Extracción y Estudio de las Actividades Antioxidante, Citotóxica y Antifúngica. Santander, España. Universidad Industrial de Santander. Tesis para obtener el título de licenciatura en Químico; 28-72.

Tripathi A, et al. (2009) Structural characterization of Tip20p and Dsl1p, subunits of the Dsl1p vesicle tethering complex. *Nat Struct Mol Biol* 16(2):114-23.

Zheljazkov, V.D., (2008). Cantrell, C.L., Tekwani, B., Khan, S.I. Content, Composition, and bioactivity of the Essential Oils of Tree Basil Genotypes as a Function of Harvesting. *Journal of Agricultural Food Chemistry*; vol. 56 (2):380-385.

## ANEXOS

### Anexo A:

Tabla A. 1: Resultados de la extracción del aceite esencial peso en gramos.

Tabla A. 2: Resultados de la extracción del aceite esencial en función del tiempo de extracción por cada 10 minutos.

Tabla A. 3: Resultados de los análisis físico realizados:

Tabla A. 4: Resultados de los análisis químicos realizados:

Tabla A. 5: Resultados de los análisis físico realizados:

Tabla A. 6: Porcentaje del rendimiento de aceite esencial x 01 hora de extracción:

### Anexo B:

Figura B. 1: Resultados del Análisis Físicoquímico realizados en la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco – Facultad de Ciencias Químicas, Físicas y Matemáticas.

### Anexo C:

Fotografía C. 1: Acondicionamiento del equipo Extractor de aceites esenciales, Modelo UDCA-2/EV, Elettronica Veneta de la Facultad de Ingeniería Química de la UNA-PUNO.

Fotografía C. 2: Selección de la Albahaca, la cual no presentaba ningún daño físico.

Fotografía C. 3: Pesado de la Materia Vegetal (hojas enteras) antes de iniciar el proceso de Extracción del Aceite Esencial.

Fotografía C. 4: Pesado de la Materia Vegetal (hojas cortadas) antes de iniciar el proceso de Extracción del Aceite Esencial.

Fotografía C. 5: Materia Vegetal dentro del tanque del equipo de extracción.

Fotografía C. 6: Inicio de la extracción del aceite esencia de Albahaca (Tablero de control del equipo de extracción)

Fotografía C. 7: Vista del aceite esencial de Albahaca obtenido durante el proceso de extracción.

Fotografía C. 8: Aceite recolectado en una pera de decantación para una segunda decantación.

Fotografía C. 9: Envasado del Aceite esencial obtenido después del Proceso de Extracción.

Fotografía C. 10: Pesado del aceite esencial extraído para obtener los datos en gramos.

Fotografía C. 11: Materia vegetal (albahaca, hojas enteras y cortadas) obtenido después del proceso de extracción para ser colocados dentro del equipo de secado.

Fotografía C. 12: Puesta en marcha del equipo Secador por Convección Forzada de la Facultad de Ingeniería Química de la UNA-PUNO.

**ANEXO A**

Tabla A. 1: Resultados de la extracción del aceite esencial peso en gramos.

	POR CADA 02 KILOGRAMOS (HOJA ENTERA)				Promedio
	MUESTRA	R1(g)	R2(g)	R3(g)	(g)
C1	1	3,02	2,764	2,57	2,73
	2	2,612	2,368	2,942	
	3	3,204	1,972	3,014	
	4	2,796	2,576	2,886	
	POR CADA 02 KILOGRAMOS (HOJA PICADA)				
C2	5	2,652	2,348	2,582	2,69
	6	3,244	2,952	3,054	
	7	2,836	2,556	2,526	
	8	2,428	2,160	2,998	

Tabla A. 2: Resultados de la extracción del aceite esencial en función del tiempo de extracción por cada 10 minutos.

TIEMPO (MIN)	MUESTRA DE HOJAS CORTADAS (g)				MUESTRA HOJAS ENTERAS (g)			
	1	2	3	4	5	6	7	8
0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0,7	0,8	0,7	0,6	0,8	0,7	0,8	0,7
20	1,1	1,0	1,1	1,3	0,7	0,8	1,0	1,0
30	1,3	1,5	1,4	1,2	1,4	1,2	1,5	1,3
40	1,5	2,3	2,0	2,1	1,3	1,5	1,5	1,5
50	2,2	3,0	2,0	2,2	2,5	2,0	3,0	2,0
60	2,652	3,244	2,836	2,428	3,02	2,612	3,204	2,796

Tabla A. 3: Resultados de los análisis físico realizados:

	ANÁLISIS FÍSICOS			
	DENSIDAD kg/m <sup>3</sup> 20°C	VISCOSIDAD Pa.s 30°C	I. RREFRACCIÓN 20°C	pH 20°C
C1	0,8744	0,051	14,156	4,1
C2	-	-	-	-

Tabla A. 4 : Resultados de los análisis químicos realizados:

ÍNDICE DE ACIDEZ	MISCIBILIDAD EN ETANOL /ml			HUMEDAD %
	60%	70%	90%	
	0,47	7,5	5,9	
-	-	-	-	2,26

Tabla A. 5: Resultados de los análisis físico realizados:


Características Organolépticas			
Aspecto	Olor	Color	Sabor
VISCOSO	ÁCIDO	AMBAR	PICANTE
VISCOSO	ÁCIDO	AMBAR	PICANTE

Tabla A. 6: Porcentaje del rendimiento de aceite esencial x 01 hora de extracción:

Parte de la planta	Extracción 1 hora aprox.	OCIMUM BASILICUM L.				Prom.
		R1(g)	R2(g)	R3(g)	% Rend.	
C1	21/12/2017	3,02	2,764	2,57	0,1390	0,137
	21/12/2017	2,612	2,368	2,942	0,1320	
	22/12/2017	3,204	1,972	3,014	0,1370	
	22/12/2017	2,796	2,576	2,886	0,1380	
C2	26/12/2017	2,652	2,348	2,582	0,1260	0,135
	26/12/2017	3,244	2,952	3,054	0,1540	
	27/12/2017	2,836	2,556	2,526	0,1320	
	27/12/2017	2,428	2,160	2,998	0,1260	


ANEXO B

Figura B. 1: Resultados del Análisis Físicoquímico realizados en la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco – Facultad de Ciencias Químicas, Físicas y Matemáticas.



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS, FÍSICAS Y MATEMÁTICAS**  
 Av. de la Cultura 733 - Pabellón "C" Of. 106 1er. piso - Telefax: 224831 - Apartado Postal 921 - Cusco Perú

---



**UNIDAD DE PRESTACIONES DE SERVICIO DE ANÁLISIS QUÍMICO**  
**DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE QUÍMICA**  
**INFORME DE ANÁLISIS**

Nº0055-18-LAQ

**SOLICITANTE:** CRISTIAN FRANCHESCO ARAUJO PAREDES

**DIRECCION :** JIRON LA UNION Nº151

**CIUDAD :** PUNO

**REGION :** PUNO

**MUESTRA :** ACEITE ESENCIAL DE ALBAHACA

**TESIS :** PARAMETROS DE EXTRACCION DE ACEITE ESENCIAL DE ALBAHACA (OCIMUM BASILICUM L.) POR ARRASTRE DE VAPOR.


**FECHA :** C/24/01/2018

**RESULTADO ANALISIS FISICOQUIMICO:**

=====	
Densidad g/cc 20°C	0.8744
Viscosidad pas-s 30°C	0.051
I.Refracción 20°C	1.4156
Acidez % (Ac.Oleico)	0.47
Humedad %	2.26
Miscibilidad en Etanol:	
Del 60% en ml	7.50
Del 70% en ml	5.90
Del 90% en ml	0.80
=====	

Métodos: Densidad (P3a) , I.R. (I-5), Acidez (A-7), Humedad (C27i) MANUAL DE ALIMENTOS R.Lees Leonard Hill.  
 Viscosidad por el Viscosímetro de Ostwald

Cusco, 07 de Febrero 2018



Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco  
 Unidad de Prestación de Servicios de Análisis

*[Firma]*

**RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE ANALISIS QUIMICO**



## ANEXO C

Fotografía C. 1: Acondicionamiento del equipo Extractor de aceites esenciales, Modelo UDCA-2/EV, Elettronica Veneta de la Facultad de Ingeniería Química de la UNA-PUNO.



Fotografía C. 2: Selección de la Albahaca, la cual no presentaba ningún daño físico.



Fotografía C. 3: Pesado de la Materia Vegetal (hojas enteras) antes de iniciar el proceso de Extracción del Aceite Esencial.



Fotografía C. 4: Pesado de la Materia Vegetal (hojas cortadas) antes de iniciar el proceso de Extracción del Aceite Esencial.



Fotografía C. 5: Materia Vegetal dentro del tanque del equipo de extracción.



Fotografía C. 6: Inicio de la extracción del aceite esencia de Albahaca (Tablero de control del equipo de extracción)

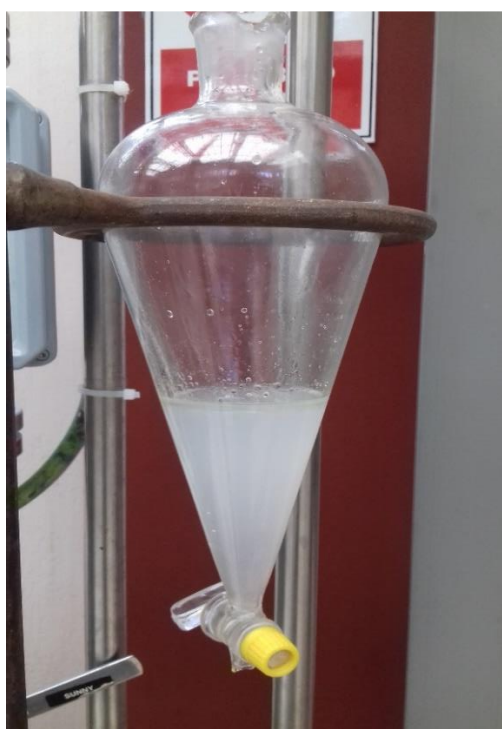




Fotografía C. 7: Vista del aceite esencial de Albahaca obtenido durante el proceso de extracción.



Fotografía C. 8: Aceite recolectado en una pera de decantación para una segunda decantación.



Fotografía C. 9: Envasado del Aceite esencial obtenido después del Proceso de Extracción.



Fotografía C. 10: Pesado del aceite esencial extraído para obtener los datos en gramos.



Fotografía C. 11: Materia vegetal (albahaca, hojas enteras y cortadas) obtenido después del proceso de extracción para ser colocados dentro del equipo de secado.



Fotografía C. 12: Puesta en marcha del equipo Secador por Convección Forzada de la Facultad de Ingeniería Química de la UNA-PUNO.

