

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

**OBTENCIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE ALBAHACA (*Ocimum* sp) POR MEDIO DE
DESTILACIÓN POR ARRASTRE DE VAPOR**

POR:

OLANDA LORENA MILLA VELASQUEZ

TESIS

**PRESENTADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA COMO
REQUISITO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE**

INGENIERO EN TECNOLOGÍA ALIMENTARIA



CATACAMAS, OLANCHO

HONDURAS, C.A.

FEBRERO, 2023

OBTENCIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE ALBAHACA (*Ocimum sp*) POR MEDIO DE
DESTILACIÓN POR ARRASTRE DE VAPOR

POR:

OLANDA LORENA MILLA VELASQUEZ

HECTOR ALONZO GOMEZ GOMEZ Ph.D.

Asesor Principal

PRESENTADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA COMO
REQUISITO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE

INGENIERO EN TECNOLOGÍA ALIMENTARIA

CATACAMAS, OLANCHO

HONDURAS, C.A.

FEBRERO, 2023

Contenido

	Página
LISTA DE TABLAS	iii
LISTA DE FIGURAS	iv
LISTA DE ANEXOS	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
RESUMEN	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II.OBJETIVOS	2
2.1. Objetivo General	2
2.2. Objetivos Específicos	2
III.REVISIÓN DE LITERATURA	3
3.1. Generalidades del <i>Ocimum</i>	3
3.1.2. Origen y distribución de la albahaca	3
3.2. Composición química de la albahaca	6
3.3. Características generales de los aceites esenciales	8
3.3.1. Clasificación de los aceites esenciales	9
3.3.2. Aplicaciones de los aceites esenciales	10
3.4. Destilación por arrastre de vapor	11
3.5. Rendimientos de los aceites esenciales	13
IV.MATERIALES Y MÉTODO	14
4.1. Descripción y Localización del área de la investigación	14
4.2. Materiales y equipo	15
4.3. Manejo del experimento	15
4.4. Diagrama de flujo durante el proceso de destilación	17
4.5. Variables experimentales	18
4.5.1 Descripción de variables independientes	18

4.5.2 Descripción de variables dependientes	20
V.RESULTADOS Y DISCUSIÓN	22
5.1 Pérdidas de peso en hojas de especies de <i>Ocimum</i>	22
5.2 Rendimientos de destilación con hojas de albahaca	23
5.2.1 Rendimientos de aceite esencial de albahaca	23
5.2.2 Rendimiento de hidrolatos de albahaca	24
VI.CONCLUSIONES	27
VII.RECOMENDACIONES	28
VIII.BIBLIOGRAFÍA	29
ANEXOS	35

LISTA DE TABLAS

	Página
Tabla 1. Corridas experimentales y combinación de los factores	19

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Morfología de la <i>Ocimum tenuiflorum</i>	3
Figura 2. <i>Ocimum selloi</i> Benth	4
Figura 3. <i>Ocimum basilicum</i>	5
Figura 4. <i>Ocimum tenuiflorum</i>	6
Figura 5. Componentes y beneficios del aceite esencial de albahaca	7
Figura 6. Actividad para síntesis esquemática de metabolitos secundarios	9
Figura 7. Esquema de la extracción por arrastre de vapor	11
Figura 8. Localización satelital de SIFAT en Costa Rica.	14
Figura 9. Esquema de las etapas de investigación.....	15
Figura 10. Recolección de las tres especies albahaca.....	16
Figura 11. Selección de las tres especies albahaca	16
Figura 12. Deshidratación de las tres especies albahaca	16
Figura 13. Destilador utilizado en el proceso	17
Figura 14. Flujograma del proceso del experimento	18
Figura 15. Pérdidas de peso en las hojas de albahaca	22
Figura 16. Rendimiento de aceite esencial de albahaca	23
Figura 17. Rendimiento de hidrolatos de albahaca	25

LISTA DE ANEXOS

	Página
Anexo 1. Acondicionamiento del área de trabajo para destilación por arrastre de vapor.	35
Anexo 2. Recolección de la albahaca en campo	35
Anexo 3. Deshidratador solar ubicado en la finca de SIFAT, Costa Rica.	36
Anexo 4. Pesado de las hojas de albahaca.....	36
Anexo 5. Decantación de los líquidos obtenidos luego de destilación	37
Anexo 6. Medición de los resultados obtenidos en el experimento	37
Anexo 7. Envasado de los aceites esenciales obtenidos.....	38
Anexo 8. Análisis de varianza estadística para el aceite esencial de albahaca	38
Anexo 9. Análisis de varianza estadística para hidrolatos de albahaca.....	39

DEDICATORIA

Primero agradezco infinitamente a nuestro Creador por ser omnipotente y que su voluntad haya llegado hasta aquí.

A mis padres Cesar Milla y Digna Velásquez por ser los seres que más amo en esta vida, y con orgullo puedo decir que soy afortunada de tenerlos y que sin su apoyo no hubiera podido redactar este texto.

A mis hermanos Estrella Milla y César Miguel Milla por ser mi más grande motivación, mi orgullo y sobre todo los causantes de mis alegrías.

A mis seres queridos por el apoyo constante y su compañía, a nuestra Universidad Nacional de Agricultura como mi alma mater, a cada uno de mis catedráticos que con sabiduría me guiaron durante este recorrido.

Agradezco a mis amistades por las experiencias compartidas, por sus consejos, por la oportuna inspiración que me han dado durante este recorrido.

AGRADECIMIENTO

A **Jesús** nuestro creador

A mis padres **Cesar Donald Milla y Digna Emerita Velásquez** por su desmedido apoyo brindado, enseñándome que las barreras solo se encuentran en nuestras mentes, y que todo se puede lograr confiando en Dios para lograr nuestros mayores anhelos.

A mis hermanos **Digna Estrella y Cesar Miguel** por su inmenso cariño y apoyo en todos los momentos que los he necesitado.

A la **Universidad Nacional de Agricultura** por haberme formado y brindado la oportunidad de crecer académicamente y moralmente.

A mis compañeros y amigos de la clase **SATHIRI** siempre los recordaré de una hermosa manera, a **Dodany Pérez, Nicolle Molina, Javier Guevara, Joel Padilla y Elton Mendoza** por su gran amistad, por el apoyo y los consejos que me brindaron en todo momento.

A mis asesores **Héctor Gómez Gómez, Josué David Matute y Lidia Magdalena Diaz** por su valioso apoyo y su tiempo, para poder hacer posible el cumplimiento de este trabajo.

A **Kathy Bryson y Alex Arroyo** de SIFAT en Costa Rica por ayudarme en todo lo que necesite, brindarme sus conocimientos y consejos, les agradezco inmensamente.

Milla Velásquez, O.L. 2022. Obtención de aceite esencial de albahaca (*Ocimum* sp) por medio de destilación por arrastre de vapor. Tesis Ing. Tecnología Alimentaria. Universidad Nacional de Agricultura, Catacamas, Olancho, Honduras C.A

RESUMEN

La albahaca es una planta herbácea conocida desde la antigüedad, además se reconoce por ser fuente de sustancias bioactivas, principalmente de sus hojas, teniendo varias aplicaciones, como gastronómicas, farmacológicas, en la industria químicas e, igualmente el procesamiento de alimentos ha tenido un gran auge. La albahaca contiene propiedades beneficiosas para la salud, especialmente compuestos aromáticos, compuestos fenólicos, vitaminas, y minerales. Con la finalidad de extraer el aceite esencial de hojas de *Ocimum selloi*, *Ocimum basilicum* y *Ocimum tenuiflorum*, se realizó la destilación por arrastre de vapor. Para un mejor aprovechamiento se realizó deshidratación solar de las hojas, posteriormente se destilaron. Los tratamientos fueron tres especies de albahaca, en temperaturas de 90, 120, 160 °C, y con tiempos de 90, 135, 180 minutos. Se encontraron pérdidas de humedad elevadas para los tratamientos conformados por *O. basilicum* alcanzando hasta 89%, también rendimientos elevados de aceite esencial que contenían *O. tenuiflorum* hasta de 0.54%, al contrario de la *O. basilicum* que la menor fue de 0.23%. Igualmente los rendimientos de hidrolatos predominantes fueron los tratamientos de *O. basilicum* alcanzando hasta el 91%. De esto se deduce que la *Ocimum basilicum* tiene mayores pérdidas de humedad, por lo que genera un menor peso seco, y mayor cantidad de hidrolatos, del mismo modo los tiempos elevados en la destilación generan aumentos en aceite esencial de *O. tenuiflorum*, dichos resultados sugieren una gran oportunidad para la albahaca como fuente de aceite esencial para ser usada en diferentes aplicaciones.

Palabras clave: terpenos, hidrolatos, esencia, aromas, rendimiento.

I. INTRODUCCIÓN

El aceite esencial es una mezcla compleja de compuestos volátiles, producidos por organismos vivos como las plantas y se aíslan únicamente por medios físicos, como ser maceración, prensado, extracción con solventes volátiles y especialmente la destilación por arrastre de vapor con agua, que cumplen diversas funciones ecológicas en las plantas (Ovares 2016). Los aceites esenciales se pueden obtener de diferentes partes de las materias naturales, de las raíces, los tallos y sobre todo de las hojas y las flores, ya que estas son de las partes que más aroma tienen, por lo tanto poseen gran potencial para la obtención del aceite esencial (Díaz 2010).

El aceite esencial de albahaca tiene algunas referencias terapéuticas al ser usado para la gastritis, insuficiencia pancreática, espasmos digestivos, gastroenteritis, ansiedad, depresión, insomnio, poliartritis reumatoide, y entre otros trastornos circulatorios venosos. En el caso de las propiedades antisépticas, es de gran importancia para la inhibición de algunos microorganismos dañinos a la salud, también ayuda como un conservante natural, que busca prolongar la vida útil de alimentos que se consumen, sin causar alteraciones en las propiedades organolépticas y físicas de los alimentos (Fachriyah *et al.* 2020).

En una gran variedad de productos se hace uso de aceites esenciales empleados varias veces como saborizantes en los alimentos, sobre todo bebidas, aditivos, agentes saborizantes de tabaco, formando parte también de los componentes para cosméticos y perfumes, se utilizan en la industria farmacéutica, y en otras áreas como la aromaterapia. Por su importancia el objetivo de este trabajo es estudiar las condiciones de extracción de aceite esencial de la albahaca mediante destilación por arrastre de vapor.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

Estudiar las condiciones de extracción de aceite esencial de hojas de *Ocimum* sp. mediante destilación por arrastre de vapor.

2.2. Objetivos Específicos

Evaluar el rendimiento de aceite esencial obtenido de *Ocimum selloi*, *Ocimum basilicum* y *Ocimum tenuiflorum*.

Medir el efecto de la temperatura de destilación en el rendimiento del aceite esencial.

Estimar el mejor tiempo en el proceso de destilación de hojas de albahaca.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1. Generalidades del *Ocimum*

3.1.1. Descripción botánica del género *Ocimum*

Es una planta anual de 20-50 cm de altura (Figura 1) con tallos erectos y ramificados. Las hojas son opuestas, pecioladas, de forma oval u ovallanceoladas con borde ligeramente dentado. Las flores son blancas o blanco rosa, zigomorfas, reunidas en corimbos axilares, dispuestas de 5 a 6 flores por verticilo. Las mismas se encuentran en la parte superior del tallo o en los extremos de las ramas. Florece en verano: diciembre-enero. El fruto es un tetraquenio, contiene 4 semillas ovales, lisas, cuyo color varía del marrón al negro, además que pertenecen a las familias herbáceas provenientes de África (Fernández 2004).



Figura 1. Morfología de la *Ocimum tenuiflorum*

3.1.2. Origen y distribución de la albahaca

El género *Ocimum* de la familia Lamiaceae, tiene aproximadamente 150 especies nativas de varias regiones tropicales del mundo, pero especialmente África, que incluyen plantas anuales, perennes y arbustos. Las hojas de albahaca se pueden usar frescas o secas como especias. Los aceites esenciales extraídos de hojas y flores frescas se pueden utilizar como aditivos aromáticos en alimentos, productos farmacéuticos y cosméticos. El interés por las plantas medicinales y sus derivados biológicamente activos se ha incrementado en el siglo XXI, en relación con el posible desarrollo de nuevos fármacos potenciales. Por lo que se realizan continuos estudios a diferentes especies de albahaca (INECOL 2021).

Es de dicha forma que la variedad *Ocimum selloi Benth* (Figura 2), conocida comúnmente como “anís de campo”, “albahaca anisada” o “elixir paregórico”, es una especie herbácea anual, nativa de las regiones principales del sureste y también el sur de Brasil. Popularmente tiene gran uso como antidiarreico, antiespasmódico y antiinflamatorio, estimulante, emético y para el tratamiento de las vías respiratorias superiores. Posee una comprobada actividad como repelente de insectos. Esta variedad no es cultivada a escala comercial y, por el momento, sólo se la encuentra en forma silvestre o cultivada en jardines familiares, aunque el interés en su domesticación, así como el de otras plantas del género *Ocimum* ha crecido en relación al siglo XX (Schroeder y Burgos 2012).



Fuente: Petruzzello, 2022.

Figura 2. *Ocimum selloi Benth*

De igual manera se encuentra la *Ocimum basilicum* (Figura 3), conocida también como “albahaca común”, encontrándose en varias regiones, pero se conoce principalmente por ser originaria de Asia, además se ha utilizado como planta medicinal y su efecto se debe a los alcaloides, taninos, flavonoides, compuestos fenólicos, además que se encuentran biológicamente activos con propiedades insecticidas, nematocidas, fungistáticos y antimicrobianos. El tamizaje fitoquímico evidenció la presencia de triterpenos y esteroides, taninos, azúcares, flavonoides y saponinas, estas últimas muy escasas. Se caracterizó químicamente los aceites esenciales de *O. basilicum* por sus propiedades antisépticas y controladores de *Alternaria* sp. y *Penicillium digitatum* (Pers.) (Farias *et al.* 2022).



Fuente: Barisani, 2018.

Figura 3. *Ocimum basilicum*

Por otra parte se encuentra la variedad *Ocimum tenuiflorum* (Figura 4), conocida principalmente como “albahaca tailandesa”, considerada en la India como planta sagrada, de rápido desarrollo, hojas e inflorescencia violácea, utilizada masivamente como repelente de insectos en este su país de origen por su fuerte aroma a eugenol, anís y regaliz de estragol. Además, es una de las especies aromáticas más apreciadas por sus compuestos bioactivos tales como fenoles y flavonoides con efectos antioxidantes benéficos para la salud humana (Pandales y Santos 2017).



Fuente: Petruzzello, 2022.

Figura 4. *Ocimum tenuiflorum*

3.2. Composición química de la albahaca

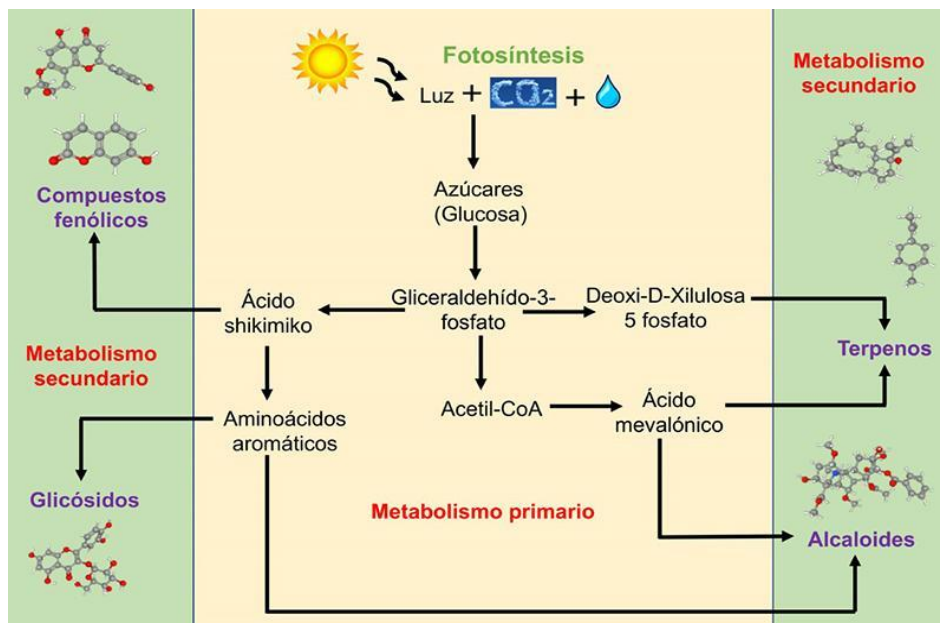
Los componentes principales del aceite esencial son linalol, eugenol, y metilchavicol (Figura 5), para las hojas de *Ocimum basilicum* el componente principal es el eugenol. Aunque el contenido de aceite esencial puede variar, entre 0.04 y 0.7%, según la variedad, el quimiotipo, la procedencia, el momento de la recolección y el contenido de humedad de la planta (Fernández 2004). Inicialmente se identificaron en la albahaca púrpura, el compuesto metilchavicol como el componente más abundante en el aceite esencial (52,40% y 63,32%) Fachriyah *et al.* 2020).

3.3. Características generales de los aceites esenciales

Los aceites esenciales o esencias, son compuestos naturales, de composición compleja, estas son las sustancias aromáticas naturales, responsables de las fragancias de las flores, hojas y otros órganos vegetales de las plantas. Cabe señalar que solamente se emplea esta definición, si se obtienen mediante arrastre en corriente de vapor de agua, o por expresión del pericarpio para el caso de los cítricos. Principalmente son sintetizadas y segregadas por determinadas estructuras histológicas especializadas, frecuentemente se localizan sobre o en la proximidad de la superficie de las plantas (López 2004).

También se definen como mezclas de componentes volátiles, siendo productos del metabolismo secundario de las plantas, compuestos en su mayor parte por hidrocarburos de la serie polimetilénica del grupo de los terpenos, aunque en menor medida llegan a ser parte del grupo de los compuestos aromáticos derivados del fenilpropano (López 2004). En conjunto con otros compuestos casi siempre oxigenados, que transmiten a los aceites esenciales el aroma por los que se les caracteriza. Se debe agregar que los aceites esenciales normalmente son extraídos de las hojas o/y flores frescas, además se pueden utilizar como aditivos aromáticos en alimentos, productos farmacéuticos y cosméticos (Montoya 2010).

Antes bien el interés que se dan las plantas medicinales y sobre todo de sus resultados biológicamente activos se ha incrementado en el siglo XXI, en relación con los posibles desarrollos para los nuevos fármacos potenciales (Loredana *et al.* 2009). El valor medicinal que se le brinda a las plantas, compete a la presencia de una sustancia química, el cual es su principio activo, por lo que llega a producir un efecto fisiológico. Muchos de los principios activos son sumamente complejos, sin embargo de forma general, pertenecen a por lo menos alguna de las categorías de metabolitos secundarios (Figura 6) alcaloides, glúcidos, taninos, saponinas, fenoles, quinonas, terpenos, carotenoides, cumarinas, flavonoides, resinas (Carhuapoma *et al.* 2014).



Fuente: INECOL, 2021.

Figura 6. Actividad para síntesis esquemática de metabolitos secundarios

La proporción de aceite esencial en la materia prima vegetal puede variar mucho dependiendo de las plantas y puede oscilar entre un 0,015 % y más de 1% (AEMPS 2018). En general, los aceites esenciales, constituyen del 0,1 al 1% de peso seco en la planta. Cuando están frescos, a temperatura ambiente, son incoloros, ya que al oxidarse se resinifican y toman un color amarillento oscuro (lo que se puede prevenir depositándolos en recipientes de vidrio de color topacio, totalmente llenos y cerrados perfectamente). Aunque existen diferentes clasificaciones en los aceites esenciales, la mayoría de los aceites son menos densos que el agua y con un alto índice de refracción, (López 2004).

3.3.1. Clasificación de los aceites esenciales

Para poder realizar una clasificación adecuada y sobre todo idónea de los aceites esenciales se deben clasificar con base a diferentes criterios o formas químicas y físicas que contengan. Iniciando por la consistencia, es decir las esencias fluidas (son líquidos volátiles a

temperatura ambiente), bálsamos (consistencia más espesa), y las oleorresinas (líquidos muy viscosos o sustancias semisólidas) (Martínez 2003).

Dentro de otro criterio para la clasificación es el origen de los aceites esenciales, existiendo naturales, que se obtienen directamente de la planta y no sufren modificaciones físicas, los artificiales que se obtienen, a través de procesos de enriquecimiento con uno o varios componentes, y por consiguiente las sintéticas, que son los producidos por la combinación de procesos de síntesis química, estos son más económicos y por lo tanto son mucho más utilizados como aromatizantes y saborizantes (Martínez 2003).

Por último se encuentra la clasificación mayoritaria, que es la naturaleza química, siendo monoterpenos los de principal interés, debido a que es donde entra la albahaca y se les denominan aceites esenciales monoterpenoides, también están los sesquiterpenos denominados, aceites esenciales sesquiterpenoides, para terminar con los fenilpropanos denominados, aceites esenciales fenilpropanoides. Este tipo de clasificación es la que resulta mucho más útil, debido a las aplicaciones que están teniendo en los estudios (Martínez 2003).

3.3.2. Aplicaciones de los aceites esenciales

Recientemente se le puede reconocer al aceite esencial de la planta entera una cierta acción sobre lo que es el sistema digestivo y el sistema neurovegetativo medicinas (Gonzales-Zuniga *et al.* 2011). Algunos aceites esenciales se utilizan en farmacia para la obtención de diversos principios activos (anetol, eugenol), o aromatizantes en la preparación de jarabes, suspensiones, elixires, y entre otras. Asimismo, en la industria de la alimentación, licorería y confitería se suelen utilizar como aromatizantes (López 2004).

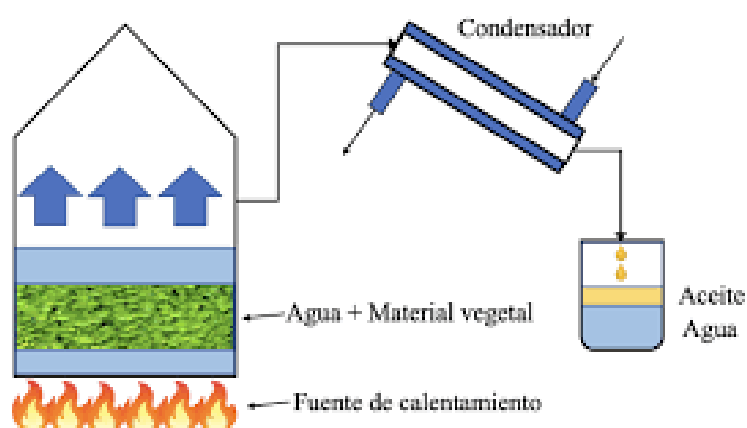
En relación directa con los aceites esenciales ha surgido la denominada aromaterapia, siendo una disciplina perteneciente a la medicina natural, que emplea básicamente aceites esenciales en sus tratamientos. En este sentido, hay que destacar la técnica del aromagrama, que está

confirmando experimentalmente el poder antibacteriano y fungicida de los aceites esenciales, este procedimiento es semejante al antibiograma, que es un sistema empleado para definir el poder de un antibiótico, pero en este nuevo procedimiento se está sustituyen los antibióticos por lo aceites esenciales (López 2004).

Así mismo la albahaca también tiene una diversidad de usos en alimentos, cosméticos, perfumes, productos orales y dentales, licores, pesticidas y medicinas (Gonzales-Zuniga *et al.* 2011). Las distintas especies de *Ocimum* son ricas en aceites volátiles que pueden variar considerablemente en la misma especie y de acuerdo con las condiciones del cultivo. Se emplea el aceite de *Ocimum* en perfumería y aromaterapia (INECOL 2021).

3.4. Destilación por arrastre de vapor

La elección del método de extracción del aceite esencial depende del estado original y de las características de la materia prima vegetal. Por lo tanto, lo que se conoce por aceites volátiles o aceites esenciales son una mezcla con componentes volátiles. Es por ello que existen muchos métodos para obtener aceites esenciales, aunque el más utilizado es la extracción por arrastre vapor (Figura 7) o extracción en corriente de vapor (Gómez *et al.* 2015).



Fuente: Colina *et al.*, 2022.

Figura 7. Esquema de la extracción por arrastre de vapor

Inicialmente el método que se utilizó para la elaboración o fabricación de aceites esenciales es por destilación de agua, destilación de agua y vapor, destilación con arrastre de vapor de agua o conocida como destilación a vapor. De igual manera el método de vapor se puede completar con un sistema de cohobación, como por ejemplo el agua condensada del separador, la cual vuelve a entrar automáticamente al hervidor para poder obtener unas pérdidas mínimas de agua como resultado (Kusumo *et al.* 2021).

La destilación a vapor se basa en el equilibrio de los líquidos inmiscibles y es empleado para separar sustancias orgánicas, e insolubles en agua, y ligeramente volátiles de otras no volátiles que se encuentran en la mezcla. Cuando se tienen mezclas de líquidos que no son miscibles entre sí, se obtiene una destilación que sigue la ley de Dalton, sobre las presiones parciales. Como resultado de este comportamiento y cuando uno de los componentes es agua, al trabajar a presión atmosférica se puede separar un componente de mayor punto de ebullición que del agua a una temperatura menor de 100 °C, a tiempos extensos (Cárdenas 2014).

Las destilaciones por arrastre de vapor duran entre 3, 4 o más horas, según la hierba que se trate, obteniéndose muy poca cantidad de esencia. Esto se debe a que el contenido en aceites de las plantas es bajo, y por ello hace falta destilar abundante cantidad de hierbas para obtener un volumen que justifique el gasto de destilación (Unión Europea 2008).

Debido a lo anterior, con esta técnica se pueden separar sustancias inmiscibles en agua y que se descomponen a su temperatura de ebullición o cerca de ella, por lo que se emplea con frecuencia para separar aceites esenciales naturales que se encuentran en hojas haciendo referencia a la albahaca, cáscaras o semillas de algunas plantas (té, limón, menta, canela, cáscaras de naranja o limón, anís, pimienta, y entre otros) (Cárdenas 2014).

3.5. Rendimientos de los aceites esenciales

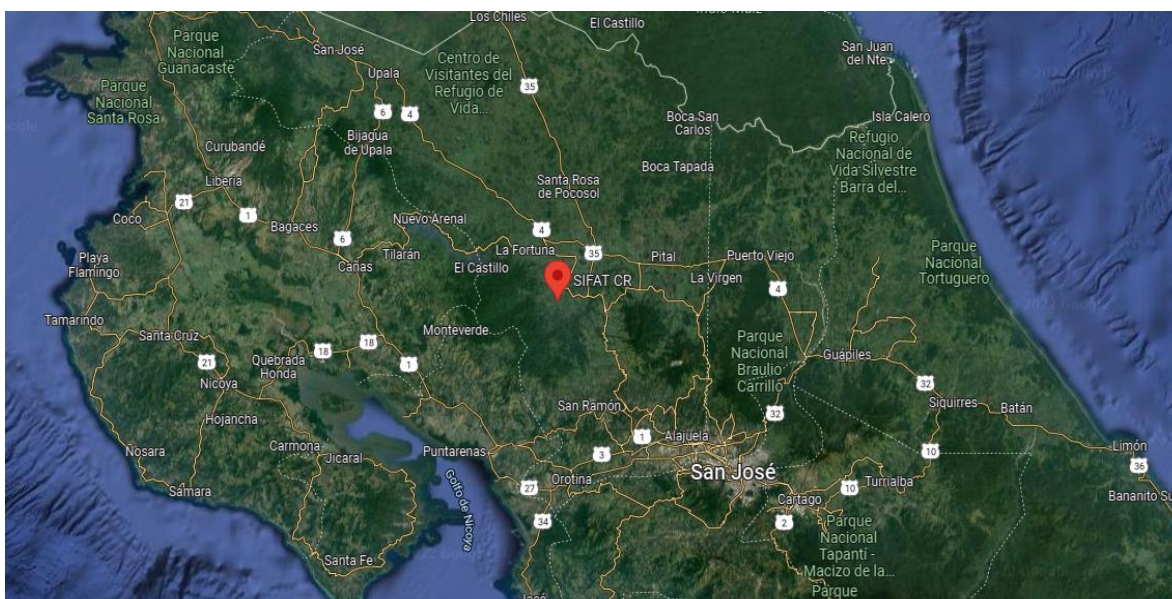
Los rendimientos suelen ser menores al 1%, es decir destilando 100 kg, de una hierba fresca, se obtienen rangos alrededor de 1 kg, o menos de aceite esencial. Esto no sólo obliga a optimizar la destilación, sino a contar con muchas toneladas de hierba a destilar, inclusive con muchas personas que provean de la hierba que se pretende llevar al proceso de la destilación (Unión Europea 2008).

Los aceites esenciales de albahaca han sido objeto de una amplia investigación no sólo por ser un producto natural que es utilizado para la conservación de los alimentos, sino también porque han mostrado beneficios en la alimentación y la salud humana. Se realizan estudios por sus propiedades biológicas como antitumorales, analgésicos, insecticidas, antidiabéticos y antiinflamatorio, además son higiénicos, tienen un sabor fuerte y de calidad, no colorean el producto, están exentos de enzimas y taninos, y mantienen su composición principal, siempre y cuando estén debidamente almacenados (Toro y Londoño 2018).

IV. MATERIALES Y MÉTODO

4.1. Descripción y Localización del área de la investigación

El trabajo se realizó en las instalaciones de SIFAT (Servants In Faith and Technology), ubicado en el distrito La Tigra, Cantón de San Carlos, perteneciente a la provincia de Alajuela, Costa Rica. Posee las coordenadas geográficas: latitud $10^{\circ}21' N$ y longitud $84^{\circ}36' O$, a una altura entre los 200 y 1,110 msnm (Figura 8), con un clima tropical húmedo-lluvioso. Posee una temperatura promedio anual de $27.5^{\circ}C$, además con acumulaciones de precipitaciones anuales de 3,500 mm, y humedad relativa alta entre 85% y 90% (MAG 2020).



Fuente: Google maps, 2022.

Figura 8. Localización satelital de SIFAT en Costa Rica.

4.2. Materiales y equipo

Los materiales con los que se trabajó fueron las hojas de la planta de albahaca y agua destilada. De igual forma los equipos que se utilizaron fueron un destilador marca VEVOR, un deshidratador solar (Anexo 6), bandejas plásticas, envases de vidrio color topacio, balanza analítica, embudo de destilación, embudos de acero inoxidable, pipeta, una propipeta plástica, tijeras para la poda, libreta de apuntes y navaja.

4.3. Manejo del experimento

El experimento se realizó en tres etapas (Figura 9) con las siguientes condiciones:

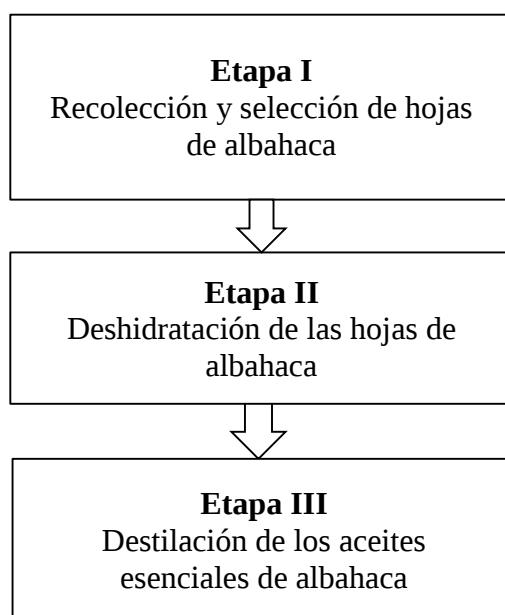


Figura 9. Esquema de las etapas de investigación

Etapa I. Recolección y selección de hojas de albahaca

Se recolectaron las hojas (Anexo 2) de albahaca genovesa, albahaca tailandesa y albahaca anisada (Figura 10), posteriormente se seleccionaron (Figura 11). Luego se les realizó una limpieza de forma general, para que no existan contaminaciones, ni tampoco algún riesgo de

que se causen pudriciones, posteriormente se extendieron sobre una superficie con ventilación de aire.



Figura 10. Recolección de las tres especies, albahaca anisada (A), albahaca genovesa (B), albahaca tailandesa (C)



Figura 11. Selección de las tres especies, albahaca anisada (A), albahaca tailandesa (B), albahaca genovesa (C)

Etapas II. Deshidratación de las hojas de albahaca

La deshidratación de las hojas de albahaca (Figura 12) se realizó por medio de un deshidratador solar (Anexo 3), colocando la materia en cedazos plásticos, posteriormente recibieron de forma continua una corriente de calor, obteniendo así los resultados esperados.



Figura 12. Deshidratación de las tres especies, albahaca anisada (A), albahaca genovesa (B), albahaca tailandesa (C)

Etapla III. Destilación de los aceites esenciales de la albahaca

La destilación por arrastre de vapor (Figura 13), empleada para obtener aceites esenciales de albahaca, se realizó colocando las hojas secas, en el destilador posteriormente se agregó agua destilada para dar inicio al proceso. Dicho proceso se realizó utilizando 3 diferentes especies del género *Ocimum* (albahaca anisada, albahaca genovesa y albahaca tailandesa), durante 3 tiempos 90, 135, 180 minutos y a 3 temperaturas 90, 120 y 160 °C. El destilado que se obtuvo se colocó en un embudo de decantación (Anexo 5) para la obtención del aceite esencial.



Figura 13. Destilador utilizado en el proceso

4.4. Diagrama de flujo durante el proceso de destilación

Se realizaron mínimos procedimientos específicos (Figura 14) durante el experimento, de dicha forma existe una veracidad en el resultado, además se mantiene las óptimas condiciones del proceso y sobre todo la calidad final del producto.

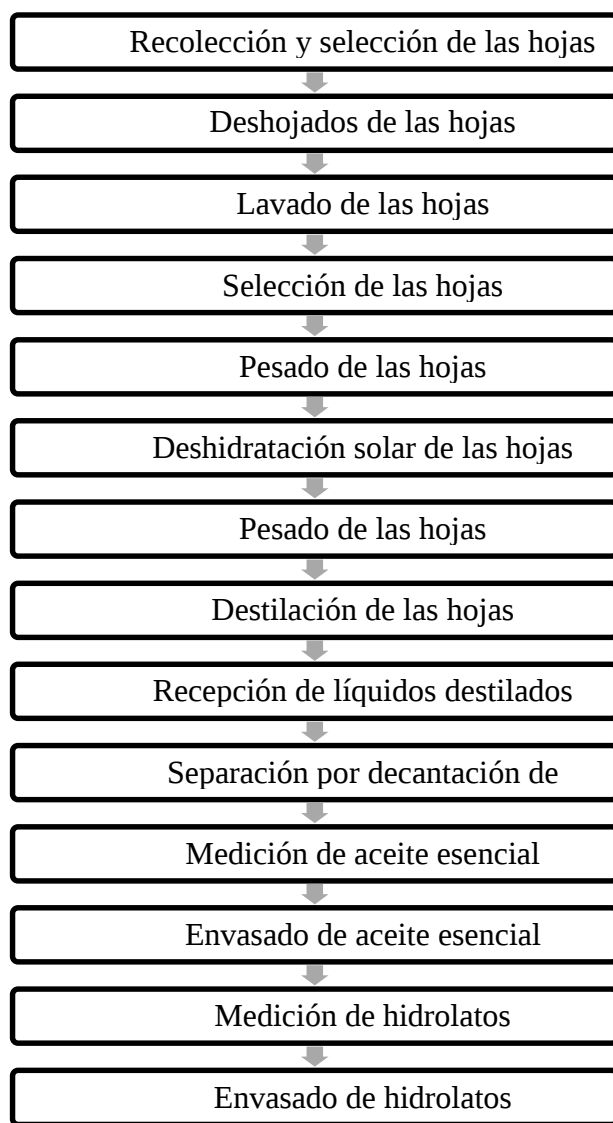


Figura 14. Flujograma del proceso del experimento

4.5. Variables experimentales

4.5.1 Descripción de variables independientes

Los tipos de albahaca utilizados durante el experimento, fueron la albahaca anisada, albahaca genovesa y albahaca tailandesa.

Variable tiempo, dentro del experimento fueron usados tres en específico, siendo 90, 135 y 180 minutos.

Variable de temperatura, la cual durante el experimento fueron usados tres temperaturas diferentes, siendo 90, 120 y 160 °C.

Finalmente estas variables se muestran en las corridas experimentales (Tabla 1), existiendo así combinaciones entre las mismas, a las cuales fueron sometidas en el proceso de destilación usando agua destilada como solvente.

Tabla 1. Corridas experimentales y combinación de los factores

Tratamiento	Identificación	Albahaca	Tiempo (min)	Temperatura (°C)
T 1	M1 t1 T1	M1	90	90
T 2	M1 t1 T2	M1	90	120
T 3	M1 t1 T3	M1	90	160
T 4	M1 t2 T1	M1	135	90
T 5	M1 t2 T2	M1	135	120
T 6	M1 t2 T3	M1	135	160
T 7	M1 t3 T1	M1	180	90
T 8	M1 t3 T2	M1	180	120
T 9	M1 t3 T3	M1	180	160
T 10	M2 t1 T1	M2	90	90
T 11	M2 t1 T2	M2	90	120
T 12	M2 t1 T3	M2	90	160
T 13	M2 t2 T1	M2	135	90
T 14	M2 t2 T2	M2	135	120
T 15	M2 t2 T3	M2	135	160
T 16	M2 t3 T1	M2	180	90
T 17	M2 t3 T2	M2	180	120
T 18	M2 t3 T3	M2	180	160
T 19	M3 t1 T1	M3	90	90
T 20	M3 t1 T2	M3	90	120

T 21	M3 t1 T3	M3	90	160
T 22	M3 t2 T1	M3	135	90
T 23	M3 t2 T2	M3	135	120
T 24	M3 t2 T3	M3	135	160
T 25	M3 t3 T1	M3	180	90
T 26	M3 t3 T2	M3	180	120
T 27	M3 t3 T3	M3	180	160

M1=albahaca anisada, M2=albahaca genovesa, M3=albahaca tailandesa, t1=90min, t2=135min, t3=180min, T1=90°C, T2=120°C, T3=160°C.

4.5.2 Descripción de variables dependientes

Se evaluó el rendimiento de aceite esencial, tomando en cuenta el volumen líquido obtenido aplicando cada tratamiento.

$$Rac = \frac{Pf}{Pi} \times 100\%$$

Dónde: Rac =rendimiento de aceites esenciales

Pf =peso final del aceite esencial

Pi = peso inicial para destilación

Se evaluó el rendimiento de hidrolatos, tomando los datos del volumen líquido de los tratamientos, obtenido luego de la separación entre los hidrolatos con el aceite esencial.

$$Rh = \frac{Pf}{Pi} \times 100\%$$

Dónde: Rh =rendimiento de hidrolatos

Pf =peso final de hidrolatos

Pi = peso inicial para destilación

Se evaluó los rendimientos de la pérdida de peso después del secado en las hojas, tomando en cuenta el peso fresco y el peso final de las mismas.

$$\mu = \frac{mf}{mh} \times 100\%$$

Dónde: μ =rendimiento en pérdida de peso

mf =peso final

mh = peso fresco

Diseño experimental y análisis estadístico

Todos los análisis para rendimientos de aceite esencial e hidrolatos se realizaron con el Software Estadístico Minitab 19. Los datos fueron sometidos a un análisis de varianza (ANOVA) de tres vías o tridireccional usando un nivel de significancia de 5% ($P \leq 0.05$). Posteriormente se realizaron las pruebas de medias utilizando el Test de Tukey.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Pérdidas de peso en hojas de especies de *Ocimum*

En los resultados correspondientes a las pérdidas de peso en las hojas de las tres especies de albahaca utilizadas, se observó que las mayores pérdidas (Figura 15), fueron para albahaca anisada (*Ocimum selloi*) con un 22.65%; luego fue la albahaca genovesa (*Ocimum basilicum*) y la albahaca tailandesa (*Ocimum tenuiflorum*), que se encontraron con resultados menores, con 10.52% y 14.77%, respectivamente.

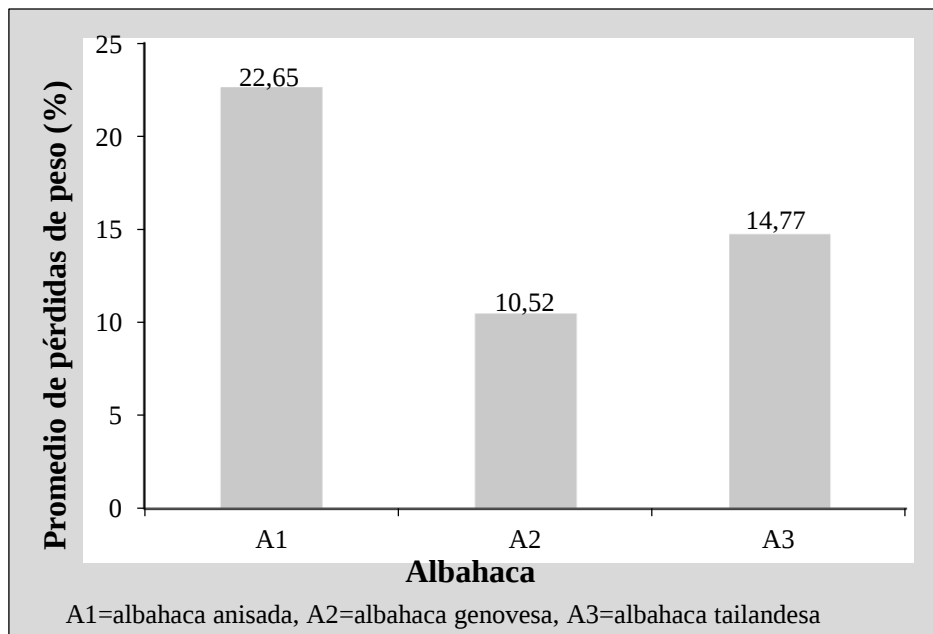


Figura 15. Pérdidas de peso en las hojas de albahaca

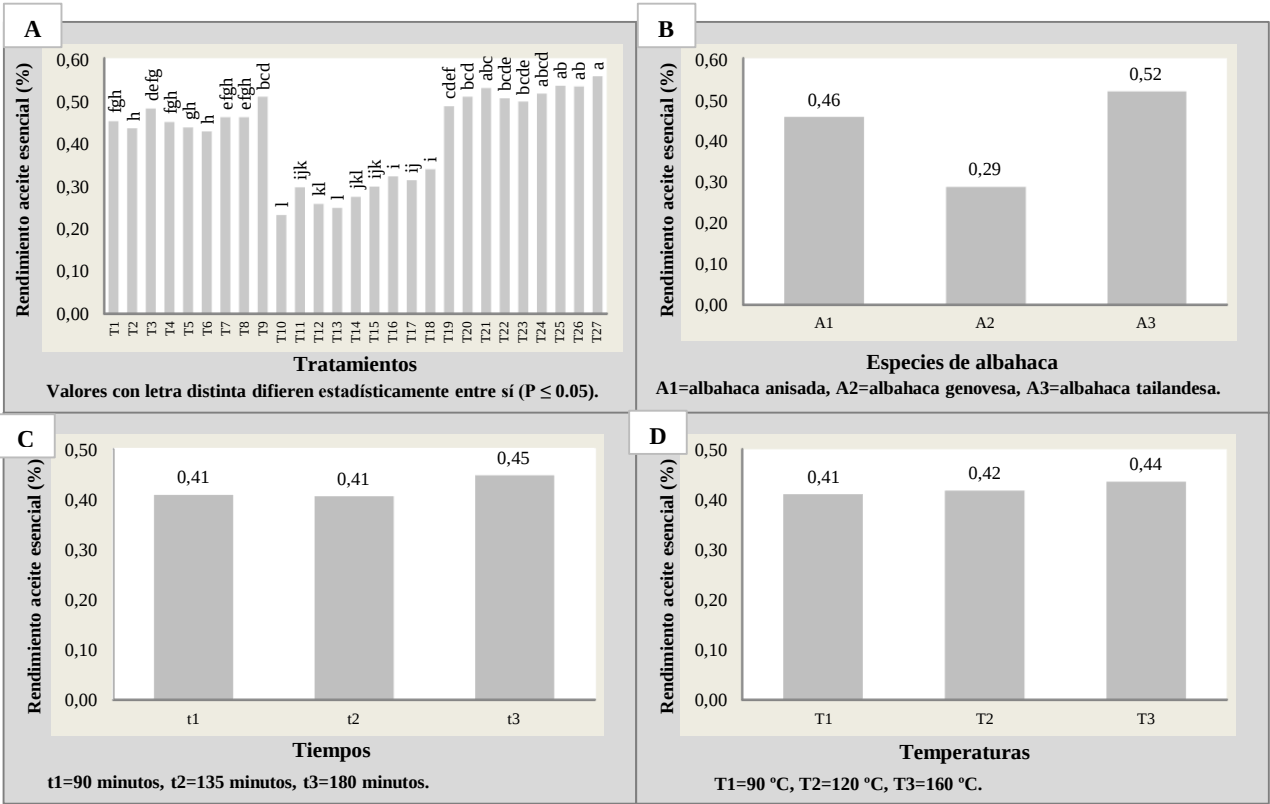
Los valores de peso luego de deshidratación en las hojas de albahaca encontrados en el presente trabajo son similares con los descritos por Vásquez *et al.* (2015), donde trabajan con *Ocimum basilicum*, que presentó promedios entre el 15.62% y el 13.60% de peso seco. Las

hojas de albahaca en estado fresco tienen mayores pesos, debido a que poseen alrededor del 90% de humedad.

5.2 Rendimientos de destilación con hojas de albahaca

5.2.1 Rendimientos de aceite esencial de albahaca

El rendimientos de aceite esencial en hojas de albahaca (Figura 16,A) con mejor resultado fue el T27 (correspondiendo a albahaca tailandesa, 160 °C y 180 minutos), estos resultados se aproximan al 0.54% de aceite esencial. Sin embargo, el tratamiento con menor rendimiento de aceite fue T10 (compuesto por albahaca genovesa, 90 °C y 90 minutos), con un valor de 0.23% de aceite esencial. Los resultados muestran que, existen diferencias estadísticamente significativas (Anexo 8), cuando se analiza la interacción de los tres factores evaluados (especie de albahaca, temperatura y tiempo) en el proceso de la destilación.



A=Rendimiento de aceite según los tratamientos, B=Rendimiento de aceite según las tres especies de albahaca, C= Rendimiento de aceite según los tres tiempos, D=Rendimiento de aceite según las tres temperaturas

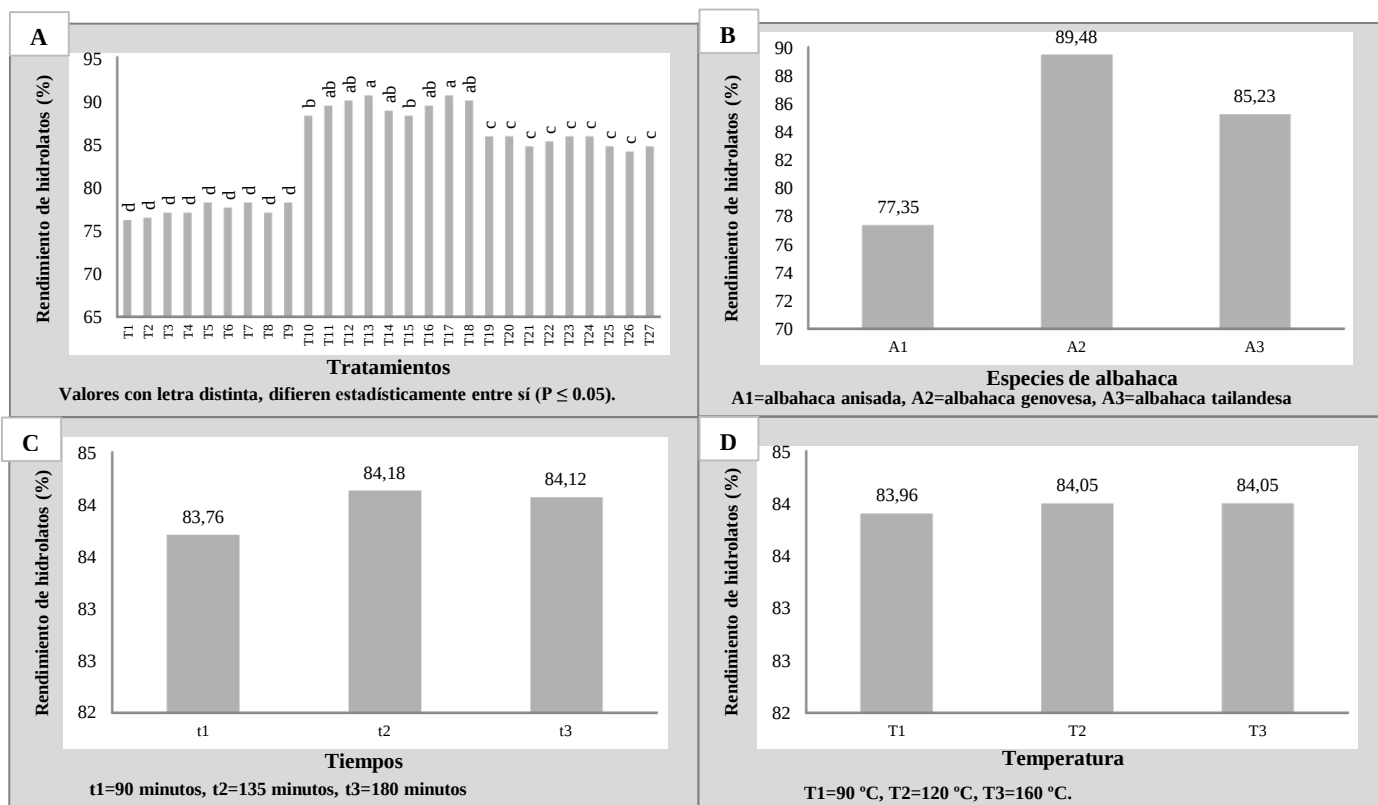
Figura 16. Rendimiento de aceite esencial de albahaca

La presencia de aceites esenciales en la albahaca, está íntimamente relacionado con la especie y con las condiciones de la región en las que se desarrolló la planta, en este trabajo se encontraron diferencias entre las tres especies de albahaca para el rendimiento de aceite esencial. Se hizo una comparación, entre los datos obtenidos en este trabajo con los de Carrillo (2020), en general, los datos encontrados fueron de un rendimiento de aceite de 1.177%, siendo rendimientos mayores, alcanzando hasta el doble del resultado en esta investigación (Figura 16, A) que fue de 0.54%.

Existe variación entre los resultados obtenidos del aceite esencial, hubo efecto de la interacción, entre las tres variables en estudio, especies de albahaca, tiempos y temperaturas de destilación (Figura 16) (Anexo 8), el cual se muestra en el resultado de mayor rendimiento, que tiene una combinación entre albahaca tailandesa, el tiempo más extenso (180 min) y en conjunto con la temperatura más elevada (160 °C). Estos resultados anteriores, presentan diferencia estadísticamente significativa con el T10, albahaca genovesa, un tiempo corto de 90 min. y una baja temperatura de 90 °C (Figura 16, A). Estos resultados encontrados muestran que los rendimientos mayores se alcanzan al usar los valores más altos de temperatura y tiempo (Figura 16,C,D), encontrándose altos rendimientos en las tres especies de albahaca (Figura 16,B).

5.2.2 Rendimiento de hidrolatos de albahaca

Los rendimientos referentes a los hidrolatos de hojas de albahaca (Figura 17), en los cuales se encontraron un mejor resultado fue para el T17 (comprende de albahaca genovesa, 120 °C y 180 minutos), obteniendo un resultado de 90.59% en rendimiento de hidrolatos. No obstante, se obtuvieron rendimientos bajos como los obtenidos en el T1 (albahaca anisada, 90 °C y 90 minutos), con 76.19% en hidrolatos. Al igual que en el rendimiento de aceite esencial hubo diferencias estadísticamente significativas cuando se analizan los tres factores en conjunto (especie de albahaca, temperatura y tiempo) (Anexo 9).



A=Rendimiento de aceite según los tratamientos, B=Rendimiento de aceite según las tres especies de albahaca, C= Rendimiento de aceite según los tres tiempos, D=Rendimiento de aceite según las tres temperaturas

Figura 17. Rendimiento de hidrolatos de albahaca

Como se observa en la figura 17, los resultados de los tratamientos para hidrolatos de albahaca, mostraron una mayor productividad los que contenían albahaca genovesa, alcanzando aproximadamente el 90% de rendimiento de hidrolatos, siendo estos resultados similares a los presentados por Panca y Mendoza (2019), que han alcanzado hasta 97% de rendimiento en hidrolatos. Por otra parte, existen datos menores estadísticamente como el T1 (albahaca anisada, 90 °C y 90 minutos), que alcanzó el 76% de rendimiento en hidrolatos de albahaca, en ambos casos los resultados obtenidos en este estudio son menores a los obtenidos en trabajos similares.

El mejor rendimiento encontrado (Figura 17, A), demuestra que al usarse la combinación de los tres factores hubo diferencias para los rendimientos (Anexo 9), a diferencia del dato encontrado para el menor rendimientos, es que tiene una combinación entre albahaca anisada,

tiempo de 90 min y temperatura de 90 °C (Figura 17). Estos resultados encontrados muestran que los rendimientos mayores se alcanzan al usarse los valores, más altos o los medios para temperatura y tiempo (Figura 17,C,D), se encuentran altos rendimientos en las tres especies de albahaca (Figura 16,B).

VI. CONCLUSIONES

La temperatura y tiempo de destilación, así como el tipo de albahaca son variables que en conjunto afectan los rendimientos de aceite esencial.

Los rendimientos de aceite esencial y los hidrolatos es afectada por la especie de albahaca, siendo en este trabajo la *O. tenuiflorum* la que se obtuvo mejores rendimientos.

Los tratamientos que presentaron mayores rendimientos de aceite esencial fueron aquellos con tiempos de destilación más extensos.

Se observó una mayor concentración de aceite esencial cuando se utilizó alta temperatura de destilación (160°C).

VII. RECOMENDACIONES

Se sugiere llevar a cabo una evaluación de los métodos físicos y químicos para obtener resultados comparables en las mismas condiciones, comparar la actividad microbiológica de los aceites esenciales de albahaca para obtener una mejor comprensión de su composición y potencial uso.

Es recomendable repetir el mismo experimento en una región con un clima más cálido. Esto permitiría aprovechar al máximo el uso de deshidratadores solares y obtener un mejor rendimiento en la producción de aceite esencial y hidrolatos.

Se aconseja destilar a tiempos más extensos y mayores temperaturas, debido a que puede ayudar a separar componentes en diferentes puntos de ebullición, aumentando así la efectividad de los productos finales.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

Acra, Y. Coyuri, V. 2022. Evaluación de la loción con actividad repelente compuesta por aceites esenciales de *Artemisia absinthium* (ajenjo), *Schinus molle* (molle), *Rosmarinus officinalis* (romero), *Ocimum basilicum* (albahaca), Arequipa 2020 (en línea). Arequipa, Perú. Tesis Químico Farmacéutico. 75-77 pp. Consultado el 12 oct. 2022. Disponible en: <http://repositorio.upads.edu.pe/xmlui/bitstream/handle/UPADS/243/TESIS%20ACRA%20MAMANI%20YENY%20-%20COYURI%20QUISPE%20VANIA%20MADERLY.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

AEMPS, Agencia Española de Medicamentos y Productos Sanitarios. 2018. Guía sobre aceites esenciales en productos cosméticos (en línea). Ministerio de Sanidad, Consumo y Bienestar Social. Madrid, España. 5 pp. Consultado el 1 jun. 2022. Disponible en: https://www.aemps.gob.es/publicaciones/publica/docs/Guia_Aceites_Esenciales.pdf

Barisani, B. 2018. *Ocimum basilicum* (en línea). Monaco Nature Encyclopedia 90 pp. Consultado el 30 de nov. 2022. Disponible en: <https://www.monaconatureencyclopedia.com/enciclopedia/plantas/?lang=es>

Carhuapoma, M. Lopez, S. Veliz, F. Inostrosa, L. Yuli, R. Norma, C. 2014. Composición química, actividad antioxidante y toxicidad aguda del aceite esencial de *Satureja pulchella* “Panizara” (en línea). Lima. 1 num. 42 pp. Consultado el 18 mar. 2022. Disponible en: <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/Theo/article/view/11938>

Cárdenas, E. 2014. Determinación de parámetros de operación para la destilación por arrastre con vapor de agua del aceite esencial de molle (*Schinus molle linneo*) en el equipo modular

de extracción de aceites esenciales de la fiqm. UNSCH. Ayacucho, Perú. Tesis Ing. Químico. Consultado el 8 de jun. 2022. Disponible en: http://repositorio.unsch.edu.pe/bitstream/UNSCH/1032/1/Tesis%20Q472_Car.pdf.

Carrillo, E. 2020. Evaluación de la capacidad inhibitoria de mezcla de aceites esenciales de albahaca (*Ocimum basilicum*) y orégano (*Origanum vulgare*) en *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes* y *Salmonella typhimurium* (en línea) Guayaquil, Ecuador. Tesis Lic. Ingeniero Químico. 61-67 pp. Consultados 10 oct. 2022. Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/50594/1/BINGQ-IQ-20P03.pdf>

Colina, J. Contreras, E. Ruiz, J. Monroy, L. Comparación de dos métodos de extracción para el aceite esencial de la cáscara de pomelo (*Citrus maxima*) (en línea). Rev. ing-NOVA. 85-98 pp. Consultado el 28 nov. 2022. Disponible en: <https://revistas.unicartagena.edu.co/index.php/ing-nova/article/view/3729>

Díaz, P. 2010. Efecto del tiempo de secado y de la variedad en las características físico-químicas de la albahaca (*Ocimum basilicum*) seca (en línea). Zamorano, Honduras. Tesis Lic. Ingeniero en Agroindustria Alimentaria. Consultado el 9 jun. 2022. Disponible en: <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/80bd846f-015f-4d93-a5cc-0a143a8033a3/content>

INECOL. 2021. Albahaca *Ocimum basilicum* (en línea). Veracruz, México. 2 num. 15 pp. Consultado el 23 de mar. 2022. Disponible en: <https://www.inecol.mx/inecol/index.php/es/ct-menu-item-25/planta-del-mes/37-planta-del-mes/721-albahaca>

Fachriyah, E. Wibawa, P. Awaliyah, A. 2020. Antibacterial activity of basil oil (*Ocimum basilicum* L) and basil oil nanoemulsion (en línea). IOPSCIENCE. Indonesia. 2 pp. Consultado el 19 mar. de 2022. Disponible en: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1524/1/012060>

Farías, C. Cisternas, C. Morales, G. Muñoz, L. Valenzuela, R. 2022. Albahaca: Composición química y sus beneficios en salud (en línea). Chile. 49 vol. 4 num. 50 pp. Consultado el 29 nov. 2022. Disponible en: https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-75182022000500502&lng=es&nrm=iso&tlng=es

Fernández, V. 2004. Fichas de cultivo de especies aromáticas tradicionales (en línea). Estudios en domesticación y cultivo de especies medicinales y aromáticas nativas. Uruguay. 205 pp. Consultado el 25 may. 2022. Disponible en: <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/8778/1/Fpta-11-p.205-225.pdf>

Google maps. 2022. Mapa satelital localidad de SIFAT en Costa Rica (en línea, sitio web). Consultado el 2 de dic. 2022. Disponible en: <https://www.google.com/maps/place/SIFAT+CR/@10.3506544,-84.5593948,187773m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x8fa06dd64dfae215:0xd4284d08df8e2f32!8m2!3d10.3506491!4d-84.5572061?hl=es>

Gómez, S. Caballero, Y. Rodríguez, M. 2015. Obtención de aceites esenciales a partir de cáscara de mango (*Mangifera indica* L.) mediante técnica de destilación por arrastre de vapor. Cartagena, Colombia. Tesis Ing. Químico. Consultado 8 de jun. de 2022. Disponible en: <http://bibliotecavirtualoducal.uc.cl:8081/handle/10819/2599?show=full>.

Gonzales-Zuniga, J. Gonzalez-Sanchez, H. Gonzalez-Palomares, S. Rosales-Reyes, T. Andrade-Gonzalez, I. 2011. Microextracción en fase sólida de compuestos volátiles en albahaca (*Ocimum basilicum* L.) (en línea). Redalyc org. Guanajuato, Mexico. 21 vol. 1 num. 17-22 pp. Consultado el 2 abr. 2022. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/416/41618395001.pdf>

Kusumo, P. Shobib, A. Luthfi, R. 2021. Essential oil extraction from citronella stems

(*Cymbopogon winterianus*) by vacuum distillation (en línea). IOPSCIENCE. Indonesia. 7 pp. Consultado el 5 mar. 2022. Disponible en: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/1053/1/012119/pdf>

López, M. 2004. Los aceites esenciales; Aplicaciones farmacológicas, cosméticas y alimentarias (en línea). ELSEVIER. 23 vol. 7 num. 88-91 pp. Consultado el 20 may. 2022. Disponible en: <https://www.elsevier.es/es-revista-offarm-4-articulo-los-aceites-esenciales-13064296>

Loredana, M. Codruta, S. Varodi, C. Lung, I. Surducan, E. Surducan, V. 2009. The extraction and chromatographic determination of the essentials oils from *Ocimum basilicum* L. by different techniques (en línea). IOPSCIENCE. Rumania. 1-2 pp. Consultado el 20 abr. 2022. Disponible en: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/182/1/012016>

MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica) 2020. Caracterización de la agencia La Tigra (en línea). San Carlos, Costa Rica. Consultado el 22 de abr. 2022. Disponible en: http://www.mag.go.cr/regiones/huetar_norte/caracterizacion-AEA-La-Tigra.pdf

Martínez, A. 2003. Aceites esenciales (en línea). Medellín, Colombia. 5 pp. Consultado el 3 jun. de 2022. Disponible en: http://www.med-informatica.com/OBSERVAMED/Descripciones/AceitesEsencialesUdeA_esencias2001b.pdf

Montoya, G. 2010. Aceites esenciales una alternativa de diversificación para el eje cafetero (en línea). Colombia. 11 pp. Consultado el 13 jun. de 2022. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/55532/9588280264.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Naveda, G. 2010. Establecimiento de un proceso de obtención de extracto de ruda (*Ruta graveolens*) con alto contenido de polifenoles (en línea). Quito, Ecuador. Tesis Ing. agroindustrial. 118 pp. Consultado el 22 mar. 2022. Disponible en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2295/1/CD-3036.pdf>

Ovares, J. 2016. Determinación de los rendimientos y caracterización de los aceites esenciales obtenidos por hidrodestilación a partir de *Lippia alba* y *Rosmarinus officinalis* (en línea). Costa Rica. Tesis Lic. Ingeniería Química. 1-15 pp. Consultado el 1 jun. 2022. Disponible en: <http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/bitstream/123456789/5569/1/40655.pdf>

Panca, P. y Mendoza, M. 2019. Determinación de los factores de extracción del aceite esencial de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) por el método de arrastre de vapor (en línea). Arequipa, Perú. Tesis Lic. Ingeniero Químico. 35-50 pp. Consultado el 6 oct. 2022. Disponible en: http://190.119.145.154/bitstream/handle/20.500.12773/13986/IQpaqupl_mesoma.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Pandales, L. y Santos, H. 2017. Evaluación del desempeño de un sistema acuapónico con tres variedades de albahaca (*Ocimum Basilicum* L.) Bajo condiciones de invernadero como una alternativa de producción limpia. (en línea). Colombia. Tesis Lic. Tecnología en Horticultura. 8-11 pp. Consultado el 2 jun. 2022. Disponible en: <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/16213/PANDALESBECERRA LUISAUGUSTO2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Petruzzello, M. 2022. *Ocimum tenuiflorum*, *tulasi*, *tulsi* (en línea). 2-5 pp. Consultado el 1 dic. 2022. Disponible en: <https://www.britannica.com/plant/holy-basil>

Rivas, K. Rivas, C. Gamboa, L. 2015. Composición química y actividad antimicrobiana del

aceite esencial de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) (en línea). Venezuela. 15 vol. 3 num. 281-289 pp. Consultado el 13 jun. 2022. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/904/90444727006.pdf>

Schroeder, M. y Burgos, A. 2012. Características nutricionales de *Ocimum selloi* Benth.: Concentraciones foliares de macro y micronutrientes (en línea). Argentina. 12 pp. Consultado el 12 may. 2022. Disponible en: <https://www.horticulturaar.com.ar/es/articulos/caracteristicas-nutricionales-de-ocimum-selloi-benth-concentraciones-foliares-de-macro-y-micronutrientes.html>

Toro, V. y Londoño, L. 2018. Aceites esenciales en la conservación de alimentos (en línea). Colombia. 1-5 pp. Consultado el 9 jun. 2022. Disponible en: <file:///home/chronos/u-1a94228d3f86c17ba8108bb0e0e926651d35491a/MyFiles/Downloads/portalderevistas,+4.+ACEITES+ESENCIALES+.pdf>

Unión Europea. 2008. Ficha de Producto de El Salvador hacia el mercado de la Unión Europea (en línea). 3 pp. Consultado el 29 may. 2022. Disponible en: <https://xdoc.mx/preview/ficha-ue-01-aceites-esenciales-generalidades-5ebdb61ed5e03>

Vásquez, C. Ojeda, G. Fortis, M. Preciado, P. González, J. 2015. Sustratos orgánicos en la producción de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) y su calidad fitoquímica (en línea). 5 pp. Consultado el 10 oct. 2022. Disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-09342015000801833&script=sci_arttext

ANEXOS

Anexo 1. Acondicionamiento del área de trabajo para destilación por arrastre de vapor.



Anexo 2. Recolección de la albahaca en campo



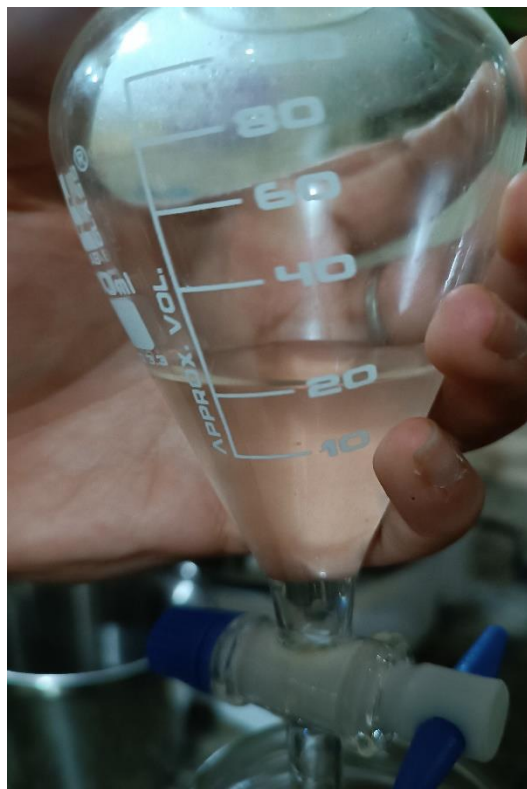
Anexo 3. Deshidratador solar ubicado en la finca de SIFAT, Costa Rica.



Anexo 4. Pesado de las hojas de albahaca



Anexo 5. Decantación de los líquidos obtenidos luego de destilación



Anexo 6. Medición de los resultados obtenidos en el experimento



Anexo 7. Envasado de los aceites esenciales obtenidos



Anexo 8. Análisis de varianza estadística para el aceite esencial de albahaca

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	26	0.84	0.03	161.42	0.00
Lineal	6	0.82	0.13	682.98	0.00
Albahaca	2	0.78	0.39	1953.18	0.00
Tiempo	2	0.02	0.01	73.65	0.00
Temperatura	2	0.00	0.00	22.11	0.00
Interacciones de 2 términos	12	0.01	0.00	4.47	0.00
Albahaca*Tiempo	4	0.00	0.00	5.66	0.00
Albahaca*Temperatura	4	0.00	0.00	4.10	0.00
Tiempo*Temperatura	4	0.00	0.00	3.64	0.01
Interacciones de 3 términos	8	0.00	0.00	5.68	0.00
Albahaca*Tiempo*Temperatura	8	0.00	0.00	5.68	0.00
Error	54	0.01	0.00		
Total	80	0.85			

Anexo 9. Análisis de varianza estadística para hidrolatos de albahaca

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	26	784.01	30.15	71.08	0.00
Lineal	6	719.47	119.91	282.66	0.00
Albahaca	2	671.67	335.83	791.65	0.00
Tiempo	2	23.04	11.52	27.16	0.00
Temperatura	2	24.76	12.38	29.18	0.00
Interacciones de 2 términos	12	56.17	4.68	11.03	0.00
Albahaca*Tiempo	4	28.53	7.13	16.81	0.00
Albahaca*Temperatura	4	23.59	5.89	13.90	0.00
Tiempo*Temperatura	4	4.04	1.01	2.38	0.06
Interacciones de 3 términos	8	8.36	1.04	2.47	0.02
Albahaca*Tiempo*Temperatura	8	8.36	1.04	2.47	0.02
Error	54	22.90	0.42		
Total	80	806.92			