



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
COLEGIO DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS

OBTENCIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE SALVIA (*Buddleja perfoliata*) MEDIANTE EL PROCESO DE EXTRACCIÓN POR ARRASTRE DE VAPOR Y EVALUACIÓN DE SU ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIATURA EN INGENIERÍA EN ALIMENTOS

PRESENTA:

ULISES OCTAVIO DANIEL HERNÁNDEZ

DIRECTOR DE TESIS:

DR. RUBÉN JONATAN ARANDA GARCÍA

CO-DIRECTORA DE TESIS:

DRA. LILIA ALEJANDRA CONDE HERNÁNDEZ

Diciembre 2019

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
1. MARCO TEÓRICO	5
1.1 Antecedentes	5
1.2. Aceites esenciales	5
1.2.1 Distribución	6
1.2.2 Clasificación	7
1.2.3 Propiedades	8
1.2.4 Usos de los aceites esenciales	9
1.2.5 Proyección de los aceites esenciales	9
1.2.6 Aceites esenciales con importancia económica	10
1.2.7 Consideraciones de los aceites esenciales	10
1.2.8 Aceites esenciales como antioxidantes	11
1.3 Salvia <i>Buddleja perfoliata</i>	12
1.3.1 Composición química	13
1.4 Actividad antioxidante	13
1.4.1 Características de los antioxidantes	13
1.4.2 Tipos de antioxidantes	14
1.4.3 Métodos para la evaluación de la actividad antioxidante	14
1.5 Métodos de obtención de aceites esenciales	15
1.5.1 Destilación por arrastre con vapor (DAV)	15
1.5.2 Hidrodestilación (HIDRO)	16
1.5.3 Presión en frío	17
1.5.4 Hidrodifusión	17
1.5.5 Extracción con solventes	17
1.5.6 Extracción asistida con ultrasonido	18
1.5.7 Extracción asistida con microondas	19
1.5.8 Extracción con CO ₂ supercrítico	19
1.5.9 Extracción con agua subcrítica	20
2. METODOLOGÍA	21
2.1 Obtención de la materia prima	22
2.2 Preparación de la muestra	22

2.3 Destilación por arrastre de vapor (DAV).....	22
2.4 Actividad antioxidante	23
2.5 Determinación de humedad.....	24
3. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	25
3.1 Rendimiento	25
3.2 Capacidad antioxidante	29
3.3 Determinación de humedad.....	35
CONCLUSIONES	37
RECOMENDACIONES	38
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	39

DEDICATORIA

A mis padres y hermanos por su apoyo durante todo este tiempo, especialmente a mi madre por todo su amor y que nunca dejo de creer en mí.

A Jade por ser esa luz que ilumina mi vida.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad los consumidores de alimentos han expresado el deseo de reducir el uso de productos sintéticos para la conservación de alimentos, esto ha orientado a la industria alimentaria a investigar tecnologías para el desarrollo de nuevos productos, materias primas o componentes alimenticios. Una de las tendencias actuales es el uso de metabolitos secundarios (terpenos, compuestos fenólicos, glúcidos y alcaloides) y compuestos bioactivos de origen natural.¹

El interés de extraer aceites esenciales a partir de plantas aromáticas ha tomado relevancia en los últimos años, debido a que estos, son mezclas complejas de compuestos orgánicos volátiles que se originan por el metabolismo secundario de las plantas, dando como resultado productos agroindustriales de alto valor agregado, los cuales son utilizados para la elaboración de saborizantes, aromatizantes, licores, perfumes, artículos de aseo, materias primas para productos farmacéuticos y en la conformación del sabor de alimentos y bebidas.²

Una de las plantas con mayor actividad antioxidante es la salvia, incluso se ha mostrado que la salvia es tan potente como el romero, esto se ha probado únicamente para tres compuestos: carnosol, rosmanol y rosmadiol.³ Además el compuesto rosmanol-9-etil éter fue identificado únicamente en romero y salvia demostrando ser uno de sus componentes antioxidantes activos y con una mayor actividad que el hidroxitolueno butilado (BHT).⁴ La salvia ha evidenciado poseer una fuerte actividad antioxidante comparada con el romero, cuando fue probada contra la oxidación de metil linoleato en un medio apolar.⁵ No obstante más estudios sobre la salvia han difundido la presencia de clases adicionales de compuestos activos, incluyendo ácidos fenólicos, flavonoides y terpenoides.⁶

De acuerdo con la literatura, estos compuestos pueden contribuir a las propiedades medicinales de la salvia, utilizada en medicina popular para el

tratamiento de varias dolencias.⁷ Además, algunos de estos derivados se han identificado recientemente como componentes antioxidantes activos y se pueden utilizar como conservadores de alimentos.⁸

La obtención de aceites esenciales se puede realizar por distintos procesos de extracción, tales como destilación por arrastre con vapor, hidrodestilación, presión en frío, hidrodifusión, extracción con solventes, extracción asistida con ultrasonido, extracción asistida con microondas, extracción con CO₂ supercrítico, extracción con agua subcrítica, por mencionar algunos, pero de entre todos los métodos de obtención de aceite esencial, el método de destilación por arrastre con vapor ha sido ampliamente usado, especialmente por su producción a escala comercial.⁹

Aproximadamente 3,000 aceites esenciales se han producido de por lo menos 2,000 especies de plantas, de ellos 300 son importantes comercialmente. La producción anual mundial de aceites esenciales es de 40,000 a 60,000 toneladas teniendo un valor estimado en el mercado de 700 millones de dólares, esto indica que la producción y consumo de aceites esenciales va en aumento mundialmente.¹⁰ La alta actividad antioxidante aunado con la producción anual de la salvia ofrece un campo de oportunidad en la explotación de esta materia prima para la extracción de su aceite esencial, así se podrá proporcionar a los agricultores la posibilidad de llevar a cabo no solo una actividad primaria, sino también una actividad secundaria puesto que, en la actualidad la industria de los aceites esenciales se encuentra en constante crecimiento y desarrollo en varios países.¹¹

Los aceites esenciales están muy difundidos en el reino vegetal. Localizándolos en diferentes partes de la planta, por ejemplo: en las hojas, en la corteza, en las raíces, en las flores e incluso en frutos y la cáscara. Por lo tanto, se necesita la realización de estudios que permitan desarrollar procesos tecnológicos económicos, convenientes y rentables, empleando plantas como la salvia como una fuente de materias primas óptimas para la obtención de productos con alto valor agregado.

Al desarrollar procesos de extracción de aceites esenciales de plantas se proyecta la posible diversificación de cultivos, ofreciendo un modelo de desarrollo al aprovechar plantas medicinales y sus propiedades. La extracción de aceites esenciales es un proceso con tecnologías limpias que brinda la posibilidad de utilizar el 100% de los desechos generados en su proceso contribuyendo a la conservación del medio ambiente.¹²

Es por ello que se desea extraer aceite esencial de salvia (*Buddleja perfoliata*) a través del método de destilación por arrastre de vapor, siendo éste un proceso de extracción limpio, lo que garantiza la buena calidad del producto final, ya que se obtiene totalmente libre de solventes, permitiendo evaluar su actividad antioxidante y posibilitando su uso como aditivo alternativo en la industria alimentaria para la obtención de alimentos potencialmente funcionales.

OBJETIVO GENERAL

Obtener aceite esencial a partir de salvia (*Buddleja perfoliata*) mediante destilación por arrastre de vapor y evaluar su actividad antioxidante.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Extraer aceite esencial de salvia (*Buddleja perfoliata*) mediante destilación por arrastre de vapor.
2. Evaluar el rendimiento en forma cualitativa del aceite esencial de salvia (*Buddleja perfoliata*) obtenido.
3. Medir la actividad antioxidante del aceite esencial obtenido mediante el método ABTS⁺.

HIPÓTESIS

Los valores encontrados de rendimiento y actividad antioxidante del aceite esencial serán comparables con los reportados para otras plantas.

1. Marco Teórico

1.1 Antecedentes

El origen de los aceites esenciales se presume que fue en oriente, específicamente en Egipto, Persia y la India luego se dieron a conocer en occidente, en el año 485 a.C. ya se conocía el aceite de trementina el cual fue obtenido por los métodos conocidos actualmente, aunque se desconoce con exactitud cuál fue el método que se empleó para su extracción, siendo este aceite uno de los más antiguos.^{13, 14}

Los datos experimentales de los métodos empleados en los tiempos antiguos, son escasos y ambiguos. Hasta la edad media, el arte de la hidrodestilación fue muy usada para la preparación de aguas florales cuando se obtenían los aceites esenciales en la superficie del agua floral, comúnmente eran desechados por considerarlos un subproducto indeseado.¹⁴

1.2. Aceites esenciales

Los aceites esenciales son considerados metabolitos secundarios de las plantas, son fracciones líquidas volátiles que proporcionan aromas y sabores característicos, constituidos por mezclas complejas de hidrocarburos, compuestos oxigenados y residuos no volátiles. Las plantas pueden producir aceite esencial para diversos fines, por un lado protegen a la planta de plagas, enfermedades e inclusive de la posible invasión de otras plantas, pero también sirven para atraer insectos y aves (polinizantes). Estas cualidades de protección y atracción, se ven reflejadas en propiedades antisépticas, antiinflamatorias, antidepresivas y otras, presentes en menor o mayor grado en la totalidad de los aceites.¹⁵ Generalmente son mezclas complejas de más de 100 componentes que pueden ser componentes alifáticos de

bajo peso molecular (alcanos, alcoholes, aldehídos, cetonas, ésteres y ácidos), monoterpenos, sesquiterpenos y fenilpropanos. Se caracterizan por ser uniformes en sabor, dependiendo del origen de la materia prima, el cual es muy intenso, están libres de enzimas, taninos, bacterias, suciedad, entre otras cosas. Los aceites esenciales no son constituyentes de humedad, tampoco aportan color significativo al producto final, que en este caso sería a las especies.¹⁴

1.2.1 Distribución

Se pueden encontrar en diferentes partes de la planta, como por ejemplo: en las hojas (ajenjo, albahaca, buchú, cedrón, eucalipto, hierbabuena, limoncillo, mejorana, menta, pachuli, quenopodio, romero, salvia, toronjil, etc.), en las raíces (angélica, asaro, azafrán, cálamo, cúrcuma, galanga, jengibre, sándalo, sasafrás, valeriana, vetiver, etc.), en el pericarpio del fruto (limón, mandarina, naranja, etc.), en las semillas (anís, cardamomo, eneldo, hinojo, comino, etc.), en el tallo (canela, caparrapí, etc.), en las flores (árnica, lavanda, manzanilla, piretro, tomillo, clavo de olor, rosa, etc.) y en los frutos (alcaravea, cilantro, laurel, nuez moscada, perejil, pimienta, etc.).¹⁶

1.2.2 Clasificación

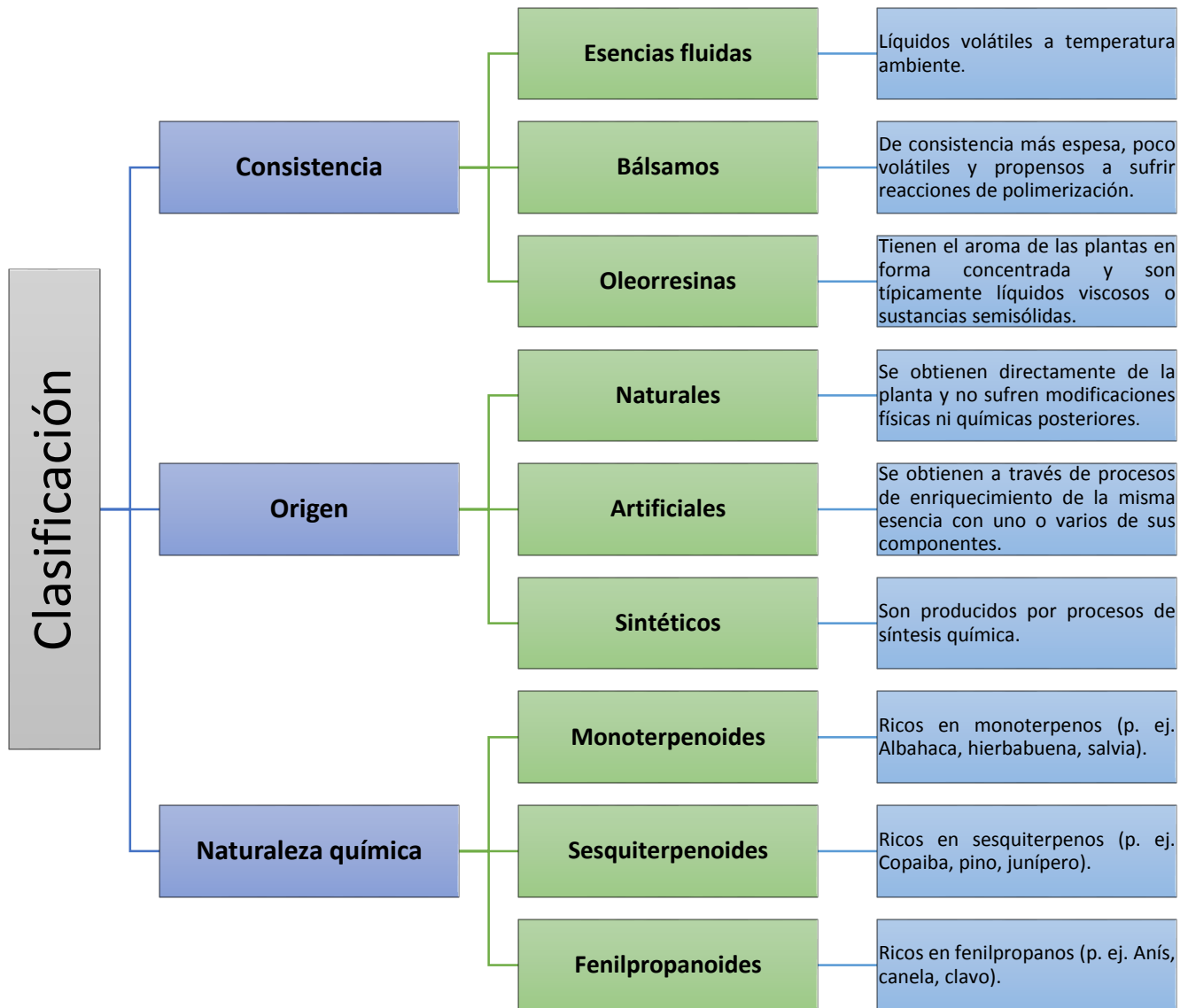


Figura 1. Clasificación de los aceites esenciales.¹⁶

1.2.3 Propiedades

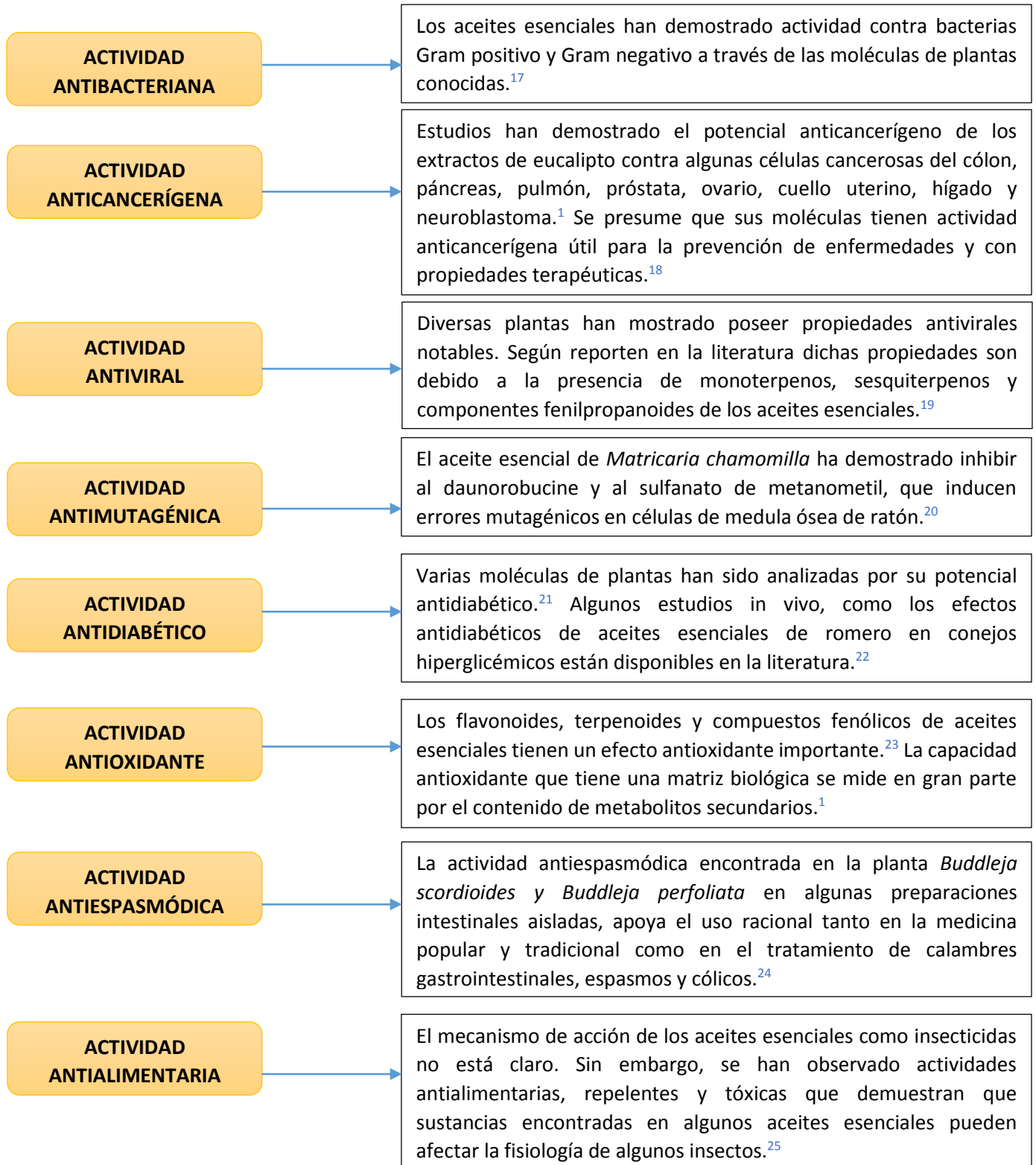


Figura 2. Propiedades de los aceites esenciales.

1.2.4 Usos de los aceites esenciales

Los aceites esenciales se utilizan en numerosas aplicaciones y en diferentes áreas industriales y científicas, tales como:

- Industria alimentaria: tienen aplicación como potenciadores de sabor para todo tipo de bebidas, helados, galletas, golosinas, productos lácteos, etc.
- Industria cosmética y farmacéutica: se utilizan en perfumes, principios activos, conservadores, etc.
- Industria de plaguicidas: se emplean como agentes pulverizantes, atrayentes y repelentes de insectos.
- Industria de productos de limpieza: se emplean para dar fragancia a los jabones, detergentes, desinfectantes, productos de usos hospitalarios, etc.
- Medicina: algunos aceites esenciales, como el de lavanda, se utiliza en el tratamiento de heridas y quemaduras.
- Aromaterapia.²⁶

1.2.5 Proyección de los aceites esenciales

Es importante destacar que en países industrializados alrededor del 30% de la población cada año padece enfermedades transmitidas por los alimentos, tan solo en el año 2000 al menos dos millones de personas murieron de enfermedades diarreicas en todo el mundo.²⁷ Por lo tanto, persiste la necesidad de nuevos métodos para reducir o eliminar la transmisión de patógenos a través de los alimentos, posiblemente en combinación con los métodos ya existentes.²⁸ De igual forma, la sociedad occidental parece estar experimentando una tendencia de consumo "verde",²⁹ deseando menos aditivos alimentarios sintéticos y productos con un menor impacto en el medio ambiente; por lo tanto, el alcance de nuevos métodos para hacer que los alimentos sean seguros y que proyecten una imagen natural o "verde", es mediante el uso de aceites esenciales como aditivo antibacteriano.³⁰

En este sentido, la industria de los aceites esenciales se encuentra en constante desarrollo y crecimiento en diferentes países.³¹

1.2.6 Aceites esenciales con importancia económica

Alrededor de 300 aceites esenciales se consideran importantes desde el punto de vista comercial.³² Los aceites esenciales que tienen la mayor producción y valor en el mercado mundial son el de orégano, hierbabuena, menta, eucalipto, citronela, limón, clavo y alcanfor. Después le siguen los de albahaca, ajeno, ajowan, anís, eneldo, estragón, salvia silvestre, lavanda, salvia, tomillo, manzanilla, cilantro, hinojo, y comino.³³ El valor en el mercado de estos aceites varía dependiendo de la fuente, pureza, composición, entre otros factores. Sin embargo, en general, el costo de aceite de anís y cilantro está alrededor de los 20 a 30 dólares por libra. No obstante, los aceites de caléndula, tomillo, eneldo, saborizantes muy utilizados en verano, llegan a incrementar su costo hasta los 100 dólares por libra de aceite esencial. Los precios de alcaravea, hinojo, salvia silvestre, lavanda y albahaca están alrededor de los 50 a 80 dólares por libra.³⁴

Además, una combinación de dos diferentes aceites esenciales puede resultar en una mejora considerable de la actividad antioxidante en comparación con los aceites individuales. Un efecto sinérgico ha sido bien documentado para propiedades insecticidas de los aceites esenciales.³⁵ Por consiguiente, se presenta la necesidad de analizar y documentar tal efecto sinérgico para los aceites esenciales que poseen importante actividad antioxidante.

1.2.7 Consideraciones de los aceites esenciales

Los aceites esenciales se constituyen de varias moléculas activas por lo que pueden afectar múltiples objetivos en una célula.³⁶ Los aceites esenciales pueden ejercer efectos citotóxicos en las células eucarióticas. Generalmente los alcoholes, aldehídos y compuestos fenólicos son los responsables de la citotoxicidad de los

aceites esenciales utilizados en cierta concentración.³⁷ La citotoxicidad es importante en aplicaciones quimioterapéuticas de los aceites esenciales contra una variedad de virus, bacterias y hongos.³⁸

Si los aceites esenciales tienen contacto con el aire, estos se oxidan, solidifican y resinifican, en consecuencia pierden su olor característico, también se alteran fácilmente bajo la acción de la luz, tornándose amarillos y oscuros, modificándose su esencia. Como consecuencia de la oxidación en algunos casos se llega a producir ácido carbónico (aceite esencial de anís), otras veces ácido benzoico (aceite esencial de almendra) y también ácido cinámico (aceite esencial de canela).³¹

1.2.8 Aceites esenciales como antioxidantes

El estrés oxidativo ocasionado, por la generación de radicales libres y especies reactivas de oxígeno (ROS, por sus siglas en inglés), causa daño a las macromoléculas celulares.³⁹ Este daño oxidativo ha sido relacionado con varios problemas de salud tales como envejecimiento, arterioesclerosis, cáncer, la enfermedad de Alzheimer, la enfermedad de Parkinson, diabetes y asma.⁴⁰ El balance celular de radicales libres es mantenido por distintos antioxidantes. Los flavonoides, terpenoides y compuestos fenólicos de los aceites esenciales tienen un efecto antioxidante importante.²³ Asimismo los antioxidantes son sustancias que pueden impedir, inhibir o retrasar procesos que inducen a la formación de radicales libres y oxidaciones catalíticas.⁴¹

Con respecto a los alimentos con alto contenido lipídico, estos son más susceptibles al deterioro de lípidos. En efecto, la oxidación, mediada por reacciones de radicales libres, es responsable de la rancidez de alimentos sin conservadores en ácidos grasos insaturados, por lo que los antioxidantes naturales son sugeridos como una buena alternativa a los antioxidantes sintéticos tales como butil-hidroxianisola (BHA) o butil-hidroxitolueno (BHT).³⁷

El uso de los aceites esenciales en productos alimenticios ha crecido considerablemente ya que los consumidores son más conscientes sobre posibles problemas de salud asociados con los conservadores sintéticos. Por consiguiente, existe actualmente un creciente interés en los aditivos naturales con propiedades antioxidantes y antimicrobianas potenciales para la conservación de alimentos y para inhibir el crecimiento de sustancias patógenas prolongando la vida útil de los productos alimenticios.⁴² Además recientemente las nuevas tendencias alimenticias conllevan a investigaciones sobre productos libres de conservadores sintéticos, por lo que resulta interesante estudiar la actividad antioxidante de los aceites esenciales de plantas.⁴¹

1.3 *Salvia Buddleja perfoliata*

El género *Buddleja* se compone de aproximadamente 100 especies distribuidas principalmente en las regiones subtropicales de Asia, en la mayor parte del continente americano, el este y sur de África y donde 50 de estas especies se encuentran distribuidas en distintas partes de América de las cuales 16 crecen en México.^{24, 43}

La *Buddleja perfoliata* conocida en español como salvia de bolita, hierba de manita, salvia chiquita o salvia de campo fue reconocida oficialmente en la Farmacopea Mexicana en 1930, donde se demostró que tenía una actividad antisudorífica. Se dispone de información ambigua y limitada sobre los tipos y compuestos químicos encontrados en esta planta. Esta planta también contiene aceites esenciales como el ácido tánico, gálico y oxálico, entre otros.²⁴

En la medicina popular mexicana, se usa como antiséptico, diurético, en el tratamiento de la tuberculosis, para dolores musculares y de cabeza y enfermedades como el catarro.

Existe muy poca información en cuanto a los perfiles químicos de esta planta y particularmente en cuanto a los aceites esenciales.⁴⁴

1.3.1 Composición química

En la Tabla 1 se presenta la composición química del aceite esencial de la salvia estudiada.

Tabla 1. Composición química del aceite esencial de *Salvia Buddleja perfoliata*.⁴⁴

Compuesto	%
<i>α-campholenal</i>	3.89
<i>cis-verbenol</i>	18.96
<i>Verbenona</i>	5.21
<i>cis-carveol</i>	1.70
<i>Eremofileno</i>	1.11
<i>Germacreno-D-4-ol</i>	16.09
<i>Óxido de cariofileno</i>	1.87
<i>Globutol</i>	3.96
<i>Cubenol</i>	11.64
<i>β-Eusdesmol</i>	24.28
<i>Pivalato de limoneno-6-ol</i>	1.65

1.4 Actividad antioxidante

La actividad antioxidante es la capacidad que tiene una sustancia para inhibir la degradación oxidativa (por ejemplo, la peroxidación lipídica), por consiguiente cuando un antioxidante actúa, se debe principalmente a su capacidad para reaccionar con radicales libres recibiendo el nombre en muchas ocasiones de terminador de cadena.⁴⁵

1.4.1 Características de los antioxidantes

Las características principales de un compuesto o sistema antioxidante son, la prevención o detección de una cadena de propagación oxidativa, mediante la

estabilización del radical generado y la regeneración del antioxidante radicalario ayudando a reducir el daño oxidativo en el cuerpo humano.⁴⁶

Gordon⁴⁷ da una clasificación de los antioxidantes mencionando que, hay dos tipos principales, “el primario” que consiste en la ruptura de la reacción en cadena o como secuestrador de radicales libres y el “secundario”, en el cual se incluyen la desactivación de metales, inhibición de los hidroperóxidos lipídicos interrumpiendo la producción de volátiles indeseables, la regeneración de antioxidantes primarios, etc.

En efecto, en el ámbito alimentario se puede definir a los antioxidantes como aquellas sustancias que, en bajas concentraciones, actúan previniendo o retardando la oxidación de materiales fácilmente oxidables tales como las grasas.⁴⁸

1.4.2 Tipos de antioxidantes

Existen numerosas sustancias con propiedades antioxidantes; por ejemplo, los compuestos de formación “in situ”, es decir aquellos que se producen durante la transformación de la materia prima en un alimento, los productos de las reacciones de Maillard que se generan por reacción de los azúcares y las proteínas, los péptidos y las fermentaciones, las enzimas; glucosa oxidasa, catalasa y superóxido dismutasa, los constituyentes de los alimentos; aminoácidos, fosfolípidos, carotenos y proteínas, algunas sustancias químicas definidas; tocoferoles, ácido ascórbico y sus derivados y extractos de plantas; hierbas y especias.

1.4.3 Métodos para la evaluación de la actividad antioxidante

Los modelos in vitro más frecuentemente usados para la evaluación de la actividad antioxidante son:

- a) Método del radical DDPH (2-2-difenil-1-picrilhidracilo)
- b) Método FRAP (Poder Antioxidante de Reducción Férrica, por sus siglas en inglés)

- c) Método ORAC, (Capacidad de Absorción de Radicales Oxígeno, por sus siglas en inglés)
- d) Método del ABTS (6-sulfonato-3-etilbenzotiazolina)
- e) Método del DMPD (N,N-dimetil-p-fenilendiamina)

1.5 Métodos de obtención de aceites esenciales

Los aceites esenciales pueden ser extraídos de diferentes tipos de plantas y partes de éstas mediante diversos métodos de extracción. La obtención de aceites esenciales y el método usado para la extracción normalmente dependen del material botánico utilizado, el estado (fresco o seco) y la forma del material (trozos, entero, etc.). El método de extracción es uno de los factores primarios para determinar la calidad del aceite esencial. Un procedimiento inapropiado puede ocasionar daños o alteraciones al distintivo químico del aceite esencial, en algunos casos ocasiona cambio en color y sabor o mal olor y cambios físicos (por ejemplo, en la viscosidad). Todos estos cambios deben ser evitados. Los métodos de extracción de los aceites esenciales se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Métodos de extracción de aceites esenciales.¹³

Métodos tradicionales	Métodos emergentes
<i>Destilación por arrastre de vapor</i>	Extracción asistida con ultrasonido
<i>Hidrodestilación</i>	Extracción asistida con microondas
<i>Presión en frío</i>	Extracción con CO ₂ supercrítico
<i>Hidrodifusión</i>	Extracción con agua supercrítica
<i>Extracción con solventes</i>	

1.5.1 Destilación por arrastre con vapor (DAV)

Es un método que consiste en separar sustancias insolubles en agua y ligeramente volátiles, de otros productos no volátiles; de esta forma, compuestos orgánicos de

alto punto de ebullición son destilados con cierta rapidez por debajo del punto de ebullición del agua, al lograr ser arrastrados por el vapor generado. La destilación es una operación utilizada con frecuencia para la purificación y aislamiento de líquidos orgánicos. La destilación aprovecha las volatilidades y puntos de ebullición de los componentes líquidos a separar. La destilación por arrastre de vapor también se emplea con frecuencia para separar aceites esenciales de tejidos vegetales. La pureza y el rendimiento del aceite esencial dependerán de la técnica que se utilice para el aislamiento.¹⁴

En la destilación por arrastre de vapor, los componentes volátiles son retenidos por las membranas si estas se encuentran secas, esto hace necesario un remojo del material, lográndose con la condición de vapor saturado. Distintas condiciones se alcanzan si el material se remoja con agua fría o caliente, también entran en juego algunos factores como la solubilidad y temperaturas.⁴⁹

En la destilación por arrastre con vapor, la materia prima a estudiar no está en contacto directo con el agua, se coloca en la cámara de extracción. El vapor es producido en la parte inferior y el equipo comúnmente utilizado es el de destilación tipo Clevenger.

Esta técnica se utiliza a nivel industrial debido a su alto rendimiento, la pureza del aceite obtenido y porque no requiere tecnología sofisticada.

1.5.2 Hidrodestilación (HIDRO)

En el proceso de hidrodestilación la materia prima está completamente inmersa en el agua en ebullición. El principio de este proceso es que hay un contacto directo entre la materia prima y el agua.⁵⁰

La hidrodestilación es el método estándar para la extracción de los aceites esenciales de plantas como la madera o flores, y se usa algunas veces para aislar productos naturales no solubles en agua y con alto punto de ebullición.

Comparando los dos métodos de destilación con respecto a rendimiento, velocidad de extracción, pérdidas de compuestos oxigenados y la susceptibilidad a la hidrólisis de los compuestos obtenidos, la destilación por arrastre con vapor presenta mayor rendimiento y menos susceptibilidad a la hidrólisis, mientras que el proceso de hidrodestilación tiene la desventaja de producir menor cantidad de aceite y este es más susceptible a hidrólisis, sin embargo el proceso es más rápido.⁵¹

1.5.3 Presión en frío

Este proceso es el más antiguo para la obtención de aceite esencial, incluso se utilizó mucho antes que se descubriera el proceso de destilación. Este método tiene la ventaja de que requiere poco o nada de calor durante el proceso, sin embargo, el rendimiento es muy bajo. Es más utilizado para obtener el aceite esencial de la piel de frutos cítricos debido a la inestabilidad térmica de los aldehídos que contiene el aceite.⁵⁰

1.5.4 Hidrodifusión

La hidrodifusión es un proceso similar a la destilación por arrastre con vapor, pero éste método sólo difiere en la forma de entrada de vapor. El vapor se administra por la parte superior de la materia prima, mientras que en el proceso de destilación por arrastre con vapor, el vapor entra por la parte inferior.

Este método se utiliza cuando el material ha sido secado y es insensible a la temperatura de ebullición.⁵²

1.5.5 Extracción con solventes

La extracción con solventes ha sido implementada para flores frágiles o delicadas, las cuales no son tolerantes al calor del proceso de destilación. Se han utilizado

diferentes disolventes como acetona, hexano, éter de petróleo, metanol o etanol.⁵³ En este proceso, el solvente es mezclado con la materia prima y después calentado para extraer el aceite esencial, posteriormente se lleva a cabo un proceso de filtración. Más adelante, el filtrado es concentrado por evaporación del solvente, el concentrado es una resina o mezcla de ceras, fragancias y aceite esencial. El concentrado es mezclado con alcohol puro para extraer el aceite esencial y destilado a baja temperatura. El alcohol absorbe los compuestos volátiles y cuando el alcohol se evapora, se obtiene el aceite esencial. No obstante, este método consume mucho tiempo y el valor comercial de los solventes es alto, lo que hace que los aceites esenciales sean más costosos que los obtenidos por otros métodos.⁵⁴

1.5.6 Extracción asistida con ultrasonido

La latente aplicación industrial del ultrasonido ha sido reconocida por la industria de extracción fito-farmacéutica para un amplio rango de extractos de hierbas.⁵⁵ El mejorar la eficiencia de la extracción de compuestos orgánicos por ultrasonido, es atribuido al fenómeno de la cavitación, producida en el disolvente por el paso de una onda ultrasónica. Las burbujas de cavitación son producidas y comprimidas durante la aplicación del ultrasonido. En el tratamiento de los tejidos vegetales, se ha observado que las células que contienen los aceites esenciales poseen una piel muy fina que puede ser fácilmente destruida por sonicación,⁵⁶ por lo tanto, la aplicación de ultrasonido facilita la liberación de compuestos extraíbles y mejora el transporte de masa del solvente de la fase continua en la célula de la planta.⁵⁴ Por lo que, la eficiente ruptura celular y la eficaz transferencia de masa, son los dos principales factores que llevan al mejoramiento de la extracción con ultrasonido.⁵⁷ Por otra parte, para la extracción de aceites esenciales a nivel laboratorio es utilizado comúnmente un baño ultrasónico. Se ha reportado un incremento en el rendimiento del aceite esencial asistido con ultrasonido comparado con métodos tradicionales.^{58, 56} Por consiguiente, la extracción asistida con ultrasonido

representa un método recomendable para la extracción del aceite esencial con compuestos sensibles.

1.5.7 Extracción asistida con microondas

En años recientes, diferentes investigadores han aplicado la técnica de microondas para la extracción de algunos aceites esenciales⁵⁹ y han reportado que los aceites esenciales obtenidos en 30 minutos o menos fueron comparables, desde un punto de vista de calidad y de cantidad, con aquellos obtenidos con el doble de tiempo con técnicas tradicionales como la hidrodestilación o extracción con solventes.

La extracción asistida con microondas emplea radiación como una fuente de calentamiento para la mezcla del solvente con la muestra. Debido al efecto particular de la radiación por microondas sobre la materia (es decir, la rotación dipolo y la conductancia iónica), el calor con microondas es instantáneo y surge en el interior de la muestra lo que conduce a una extracción muy rápida.⁶⁰ Una ventaja del calor generado por microondas es la ruptura de enlaces de hidrógenos débiles, lo que provoca la rotación dipolo de las moléculas.

1.5.8 Extracción con CO₂ supercrítico

Los fluidos supercríticos han sido considerados como un medio alternativo a la extracción del aceite esencial. El dióxido de carbono es el fluido supercrítico más utilizado debido a sus condiciones críticas ($T_c = 31.1^\circ\text{C}$ y $P_c = 72.8 \text{ atm}$).⁶¹ A alta presión el CO₂ se vuelve líquido, por lo cual puede ser utilizado como un medio seguro e inerte para extraer moléculas aromáticas de la planta a estudiar. No hay residuos del disolvente en el producto final obtenido debido a que el CO₂ líquido simplemente se revierte a gas y se evapora a condiciones de presión y temperatura atmosférica. A pesar de la alta solubilidad de los componentes del aceite esencial en el CO₂, la velocidad de extracción es relativamente lenta.

De acuerdo a Conde Hernández,⁶² la actividad antioxidante del aceite esencial de romero fue hasta 14 veces más alta por extracción supercrítica que por destilación por arrastre con vapor e hidrodestilación.

1.5.9 Extracción con agua subcrítica

El agua subcrítica o agua caliente presurizada ha sido introducida como un extractante bajo condiciones dinámicas (presión suficientemente alta para mantener el agua bajo condiciones de estado líquido y temperatura en el rango de 100 - 374°C). Jiménez-Carmona et al.⁶³ reportaron que la eficiencia (en términos del volumen del aceite esencial / 1 g de planta) de la extracción continua con agua subcrítica fue 5.1 veces más alta que por el método de destilación por arrastre con vapor. Este método es más rápido (aproximadamente 15 min), proporciona un aceite esencial más valioso (con altas cantidades de compuestos oxigenados y presencia insignificante de terpenos), y permite un ahorro sustancial en costo, en términos de energía y materia prima.

2. Metodología

A continuación se presenta el diagrama de flujo de la metodología general seguida en este trabajo de investigación.

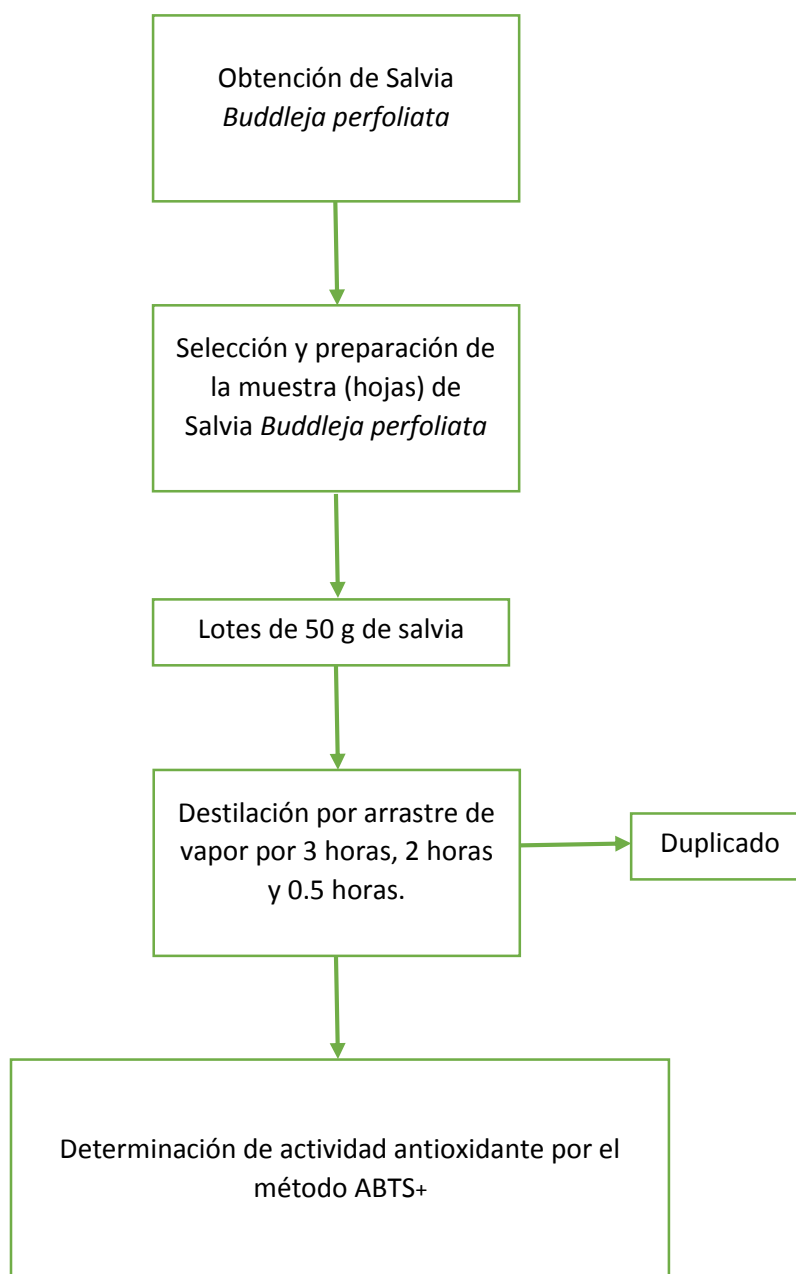


Figura 3. Metodología general del trabajo realizado

2.1 Obtención de la materia prima

La salvia fue comprada seca, en la tienda “Sagrado Corazón de Jesús” ubicada en la Colonia San Ramón en la ciudad de Puebla, donde, de acuerdo a la información proporcionada por el vendedor, la salvia es procedente del municipio de Atlixco y el tratamiento que se le dio para su secado fue la exposición a temperatura ambiente.

2.2 Preparación de la muestra

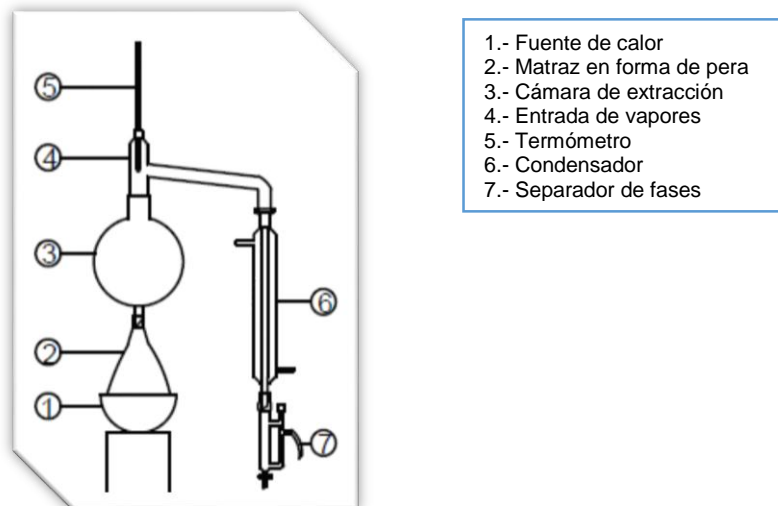
A la salvia adquirida se le retiraron los trozos de ramas para dejar únicamente las hojas. Se realizaron las corridas empleando hojas enteras.

2.3 Destilación por arrastre de vapor (DAV)

El proceso de obtención de aceite esencial por DAV se llevó a cabo en un aparato de destilación tipo Clevenger; el aparato cuenta con una fuente de calor, un matraz en forma de pera de 2 L, un matraz de bola de 2 L (cámara de extracción), un condensador recto y un separador de fases que sirve para separar y recuperar el aceite esencial del agua (Figura 3).

Para la destilación por arrastre de vapor se utilizó 1.5 L de agua destilada colocándola en el matraz en forma de pera y la salvia se colocó en el matraz de bola para la obtención del aceite, se utilizó el vapor de arrastre cuando el agua estaba en ebullición y de esta forma el aceite extraído fue arrastrado junto con el vapor de agua hacia un condensador que enfrió la mezcla la cual se separó posteriormente para obtener el producto deseado.

Se realizaron 8 corridas con diferentes tiempos de extracción 3 horas, 2 horas, 1 hora y 0.5 horas, utilizando 50 g de hojas de salvia *Buddleja perfoliata*, todos los experimentos se realizaron por duplicado.



- 1.- Fuente de calor
- 2.- Matraz en forma de pera
- 3.- Cámara de extracción
- 4.- Entrada de vapores
- 5.- Termómetro
- 6.- Condensador
- 7.- Separador de fases

Figura 4. Equipo de destilación tipo Clevenger. Fuente Pérez.⁶⁴

2.4 Actividad antioxidante

La actividad antioxidante fue analizada mediante el método ABTS (2,2'-azinobis-ácido 3-etil-benzotiazolino-6-sulfónico) según la metodología desarrollada por Re *et al.*⁶⁵ y modificada por Kuskoski *et al.*⁶⁶

Para la formación del radical se siguió el siguiente procedimiento: Se colocaron 0.0033 g de persulfato de potasio y 0.0194 g del reactivo ABTS en un frasco pequeño de vidrio ámbar. Se añadieron 5 mL de agua destilada, la mezcla se agitó perfectamente y se dejó reposar durante 16 h en oscuridad y a temperatura ambiente.

Procedimiento: antes de utilizar el radical se debe agitar perfectamente. Posteriormente se hizo una mezcla de etanol absoluto con el radical ABTS^{•+}, en las proporciones adecuadas para obtener una solución con absorbancia de 0.70 ± 0.02 a 754 nm en un espectrofotómetro UV-Vis (longitud de máxima absorbancia), valor requerido para dar inicio a la reacción. Se vertieron 3920 μL de la solución de radical ABTS^{•+} -etanol absoluto a la celda de cuarzo para comenzar la medición en el espectrofotómetro y se registró su absorbancia como la absorbancia inicial (Abs

inicial). Se adicionaron 80 μL de la disolución aceite esencial-etanol y en ese momento se empezó a contar el tiempo de la reacción (tiempo cero). Concluida la reacción (7 minutos después) la lectura fue registrada (Abs final).

El espectrofotómetro utilizado fue el THERMO-SCIENTIFIC marca GENESYS.



Figura 5. Espectrofotómetro THERMO-SCIENTIFIC

2.5 Determinación de humedad

La humedad de las salvias fue realizada en base a la norma NMX-F-083-1986 donde se pesó una cantidad de muestra conveniente en el crisol previamente llevadas a peso contante en horno de aire caliente a 100°C durante dos horas, para pasarlo a un desecador durante 1 hora, posteriormente se colocaron los crisoles con las muestras en el horno a 100°C durante 24 horas. Posterior a esto se sacaron y colocaron en el desecador para dejar enfriar y llegar a peso constante para pesar, así con todas las muestras.

3. Discusión de resultados

3.1 Rendimiento

Los resultados de rendimiento mostrados por las muestras de destilación por arrastre de vapor se observan en la Tabla 3 y de manera gráfica en la figura 6. Se utilizó la ecuación 1 para el cálculo porcentual del rendimiento.

$$\text{Ecuación [1]} \quad \text{Rendimiento}(\%) = \frac{\text{gr del aceite obtenido}}{\text{gr de Salvia seca}} * 100$$

Tabla 3. Rendimiento para destilación por arrastre de vapor

DESTILACIÓN POR ARRASTRE DE VAPOR						
	Peso de muestra (gr)	Tiempo de destilación	Aceite obtenido (g)	Rendimiento (%)	Promedio de rendimiento (%)	Desviación Estándar
Muestra 1	50	3hr	1.0714	2.1428	2.3434	0.28369124
Muestra 1-D	50	3hr	1.272	2.544		
Muestra 2	50	2hr	1.1013	2.2026	2.2282	0.03620387
Muestra 2-D	50	2hr	1.1269	2.2538		
Muestra 3	50	1hr	0.2581	0.5162	0.5413	0.03549676
Muestra 3-D	50	1hr	0.2832	0.5664		
Muestra 4	50	0.5hr	0.2363	0.4726	0.4636	0.01272792
Muestra 4-D	50	0.5hr	0.2273	0.4546		

El rendimiento del aceite esencial obtenido a un tiempo de destilación de 3 horas fue de 2.3434% y fue mayor en comparación con los aceites esenciales

obtenidos en 2 horas, 1 hora y 0.5 horas. El menor rendimiento se obtuvo a un tiempo de 0.5 hr.

Al hacer un análisis comparativo, Pérez⁶⁴ (2018) reportó un valor de 1.0514% como su valor más alto de rendimiento con 50 gramos de muestra de *Salvia Officinalis* durante 2 horas de destilación obtenidos por DAV, en este trabajo se obtuvo un mayor rendimiento. Russo⁶⁷ (2013) en su trabajo experimental reportó valores de 1.49% en hojas juveniles y 1.31% en hojas adultas de *Eucalyptus globulus* durante una destilación de 2 horas por DAV, igualmente, en este trabajo se encontraron mayores rendimientos.

Con el fin de tener un marco de referencia con *Salvia (Buddleja perfoliata)*, Juárez *et al.*⁴⁴ (2016) obtuvieron 0.36% de rendimiento en 50 gramos de muestra en 130 ml de agua destilada durante 15 minutos por el método de HIDRO acoplado a un microondas. En este trabajo, el aceite esencial obtenido por el tiempo de destilación de 0.5 horas dio un valor promedio de 0.4636% de rendimiento, por lo que se asemejan el tiempo y la cantidad de muestra utilizada, con respecto al trabajo de Juárez *et al.*⁴⁴ (2016), en donde se obtuvo el aceite esencial por HIDRO acondicionado con microondas, en esta investigación, además de utilizar menor tiempo de extracción se encontró un mayor porcentaje de rendimiento, sin embargo, las microondas involucran un flujo de calor más eficiente, pues a diferencia de los métodos clásicos de calentamiento conductivo, las microondas pueden calentar toda la muestra casi simultáneamente y a un ritmo alto, por lo que se hubiera esperado que el microondas hubiera mejorado el rendimiento, sin embargo, no fue así.⁶⁸

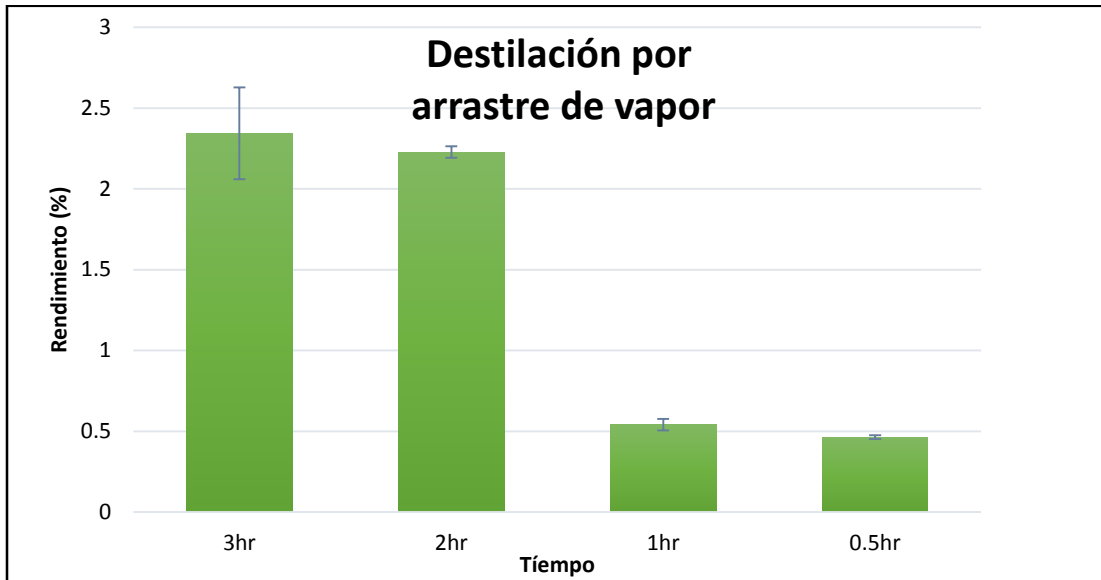


Figura 6. Grafica de rendimiento para destilación por arrastre de vapor

De acuerdo a los datos, se observa que el rendimiento más alto para la muestra de 3 hr, fue para la réplica 1 (2.544%) y el rendimiento más bajo fue para la réplica 2 (2.1428%), teniendo un promedio de 2.3434% y una desviación estándar de 0.283 mostrando mayor dispersión que las otras muestras.

El rendimiento más alto para la muestra de 2 hr, replica 2 fue de 2.2538% y el rendimiento más bajo fue de 2.2026% teniendo un promedio de 2.2282% y una desviación estándar de 0.036 mostrando una dispersión similar a la muestra de 1 hr.

El rendimiento más alto para la muestra de 1 hr, fue de 0.5664% y el rendimiento más bajo fue de 0.5162% teniendo un promedio de 0.5413% y una desviación estándar de 0.035.

El rendimiento más alto para la muestra de 0.5 hr, fue de 0.4726% y el rendimiento más bajo fue de 0.4546% teniendo un promedio de 0.4636% y una

desviación estándar de 0.012 mostrando una menor dispersión que las otras muestras (Figura 6).

Como el montaje de laboratorio es de vidrio y no está aislado, las pérdidas de calor a los alrededores son muy altas, lo que hace que el vapor se condense con demasiada facilidad pudiendo ser este un factor en el rendimiento.

La variabilidad en el rendimiento en aceites esenciales procedentes del género *Salvia*, puede ser considerada muy significativa,⁶⁹ ya que existen especies con un bajo contenido de aceite esencial (*S. hydrangea* y *S. multicaulis*) cuyo contenido no llega a superar el 0.42%,^{70, 71, 72} mientras que otras especies como *S. pomífera* alcanzan valores superiores al 4%.⁷³ En valores intermedios se encuentra *S. officinalis*, cuyo rendimiento en aceite esencial se encuentra entre el 1.4-2%.^{74, 75} Considerando los resultados obtenidos en este trabajo, el valor más alto fue de 2.5440% y el valor más bajo fue de 0.4546%, por lo que se encuentran dentro de los rangos reportados por otros autores.

Como se puede observar, los valores del rendimiento son muy diferentes entre cada muestra y su duplicado, lo cual refleja que cada muestra presenta un rendimiento característico (Tabla 3). Es importante notar también que estas diferencias en el rendimiento que se observa en las muestras son en condiciones idénticas.

El rendimiento está relacionado con la variación de numerosos factores, localización geográfica, variabilidad genética, variaciones estacionales del año, factores ambientales, tipo y edad de las hojas y forma de ejecución del muestreo y análisis del aceite esencial.⁷⁶

La relación sólido-líquido y el tiempo de extracción se perfilan como los factores más importantes que influyen en la eficiencia de extracción en términos de calidad y rendimiento del producto a obtener.⁷⁷

3.2 Capacidad antioxidante

La capacidad antioxidante se estimó a partir de valores reportados en un estudio previo donde se generó una curva estándar, base Trolox.⁶⁴

La curva estándar de Trolox se generó con concentraciones de 0-0.2 g/ml.

La representación gráfica de los porcentajes de inhibición de la curva estándar de Trolox se observan en la figura 7.

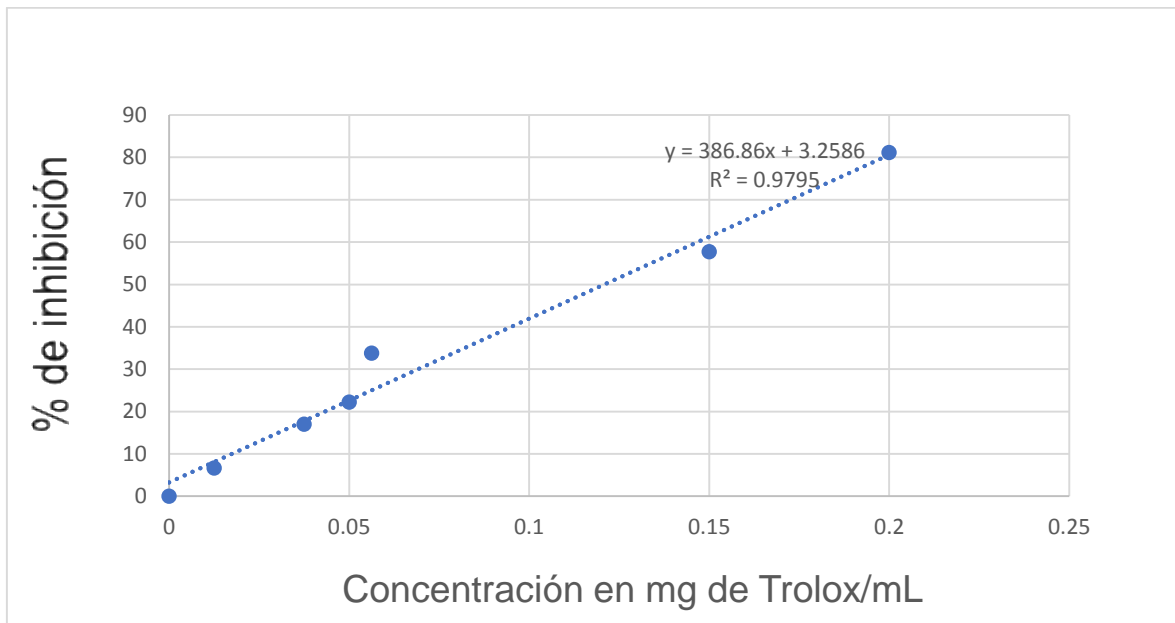


Figura 7. Curva estándar de solución a base Trolox

Con la ecuación obtenida de la curva estándar de Trolox se despeja para obtener el valor de mg Trolox /mL [Ec. 2].

$$\text{Ecuación [2]} \quad \frac{\text{mg Trolox}}{\text{mL}} = \frac{\% \text{ inhibición} - 3.2586}{386.86}$$

Tabla 4. Valores de %inhibición aceite esencial *Salvia Buddleja perfoliata*

	ABS. Inicial nm	ABS. Final nm	% Inhibición	% Inhi.-%Solvente
Muestra 1	0.7	1.44	79.4285714	76.86575359
Muestra 1-D	0.709	0.16	77.4330042	74.87018639
Muestra 2	0.681	0.179	73.7151248	71.15230698
Muestra 2-D	0.702	0.248	64.6723647	62.10954684
Muestra 3	0.705	0.292	58.5815603	56.01874245
Muestra 3-D	0.707	0.283	59.9717115	57.40889362
Muestra 4	0.703	0.439	37.5533428	34.990525
Muestra 4-D	0.694	0.429	38.184438	35.62162

Los porcentajes de inhibición mostrados en la Tabla 4 fueron calculados con la ecuación [3] y asimismo los ajustes de los porcentajes de inhibición fueron obtenidos restándole al % inhibición, el % de inhibición del solvente, calculado en estudios previos⁶⁴, siendo su valor 2.562817837 %.

$$\text{Ecuación [3]} \quad \text{Inhibición (\%)} = \frac{[Abs_{inicial} - Abs_{final}]}{Abs_{inicial}} * 100$$

Para considerar el factor de dilución en los resultados, se divide volumen de aforo entre la muestra g (aceite esencial) [ecuación 4], el factor de dilución se muestra en la Tabla 5.

$$\text{Ecuación [4]} \quad F.D. = \frac{\text{Volumen aforo (ml etanol)}}{\text{Muestra (g aceite esencial)}}$$

Tabla 5. Factor de disolución aceite esencial Salvia de bolita (*Buddleja perfoliata*)

	Aceite (g)	Volumen aforo ml (Etanol)	FD
Muestra 1	0.01	35	3500
Muestra 2	0.01	35	3500
Muestra 3	0.0134	46.9	3500
Muestra 4	0.01	35	3500

Tabla 6. Valores de Capacidad Antioxidante aceite Salvia de bolita (*Buddleja perfoliata*)

CAPACIDAD ANTIOXIDANTE (mg Trolox/ gr Aceite esencial)				
	muestra 1	muestra 2	muestra 3	muestra 4
	3hr	2hr	1hr	0.5hr
	665.93868	614.24798	477.33159	287.08509
	647.88438	532.43632	489.90857	292.79473
Promedio	656.9115	573.3422	483.6201	292.794734
Desv EST	12.7663156	57.8495827	8.89326533	4.03732873

Con el porcentaje de inhibición y la ecuación de la curva estándar del antioxidante de referencia (Trolox) se calcularon los mg Trolox de aceite esencial para cada muestra del aceite esencial de salvia de bolita (*Buddleja perfoliata*), mostrados en la Tabla 6.

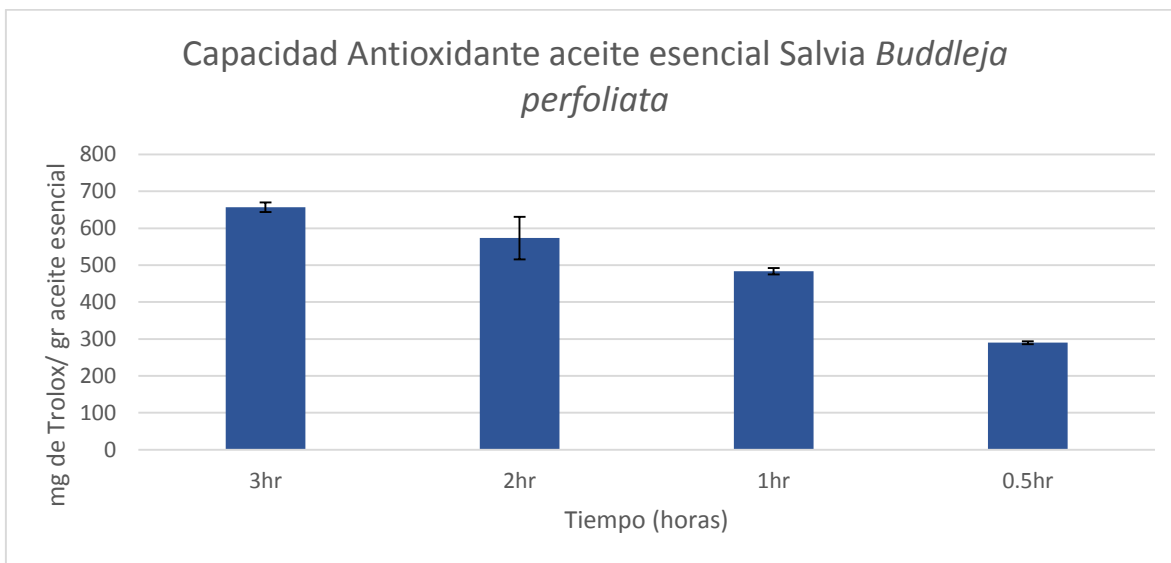


Figura 8. Grafica de Capacidad Antioxidante mg Trolox/ gr aceite esencial

De los cuatro valores promedio de capacidad antioxidante, el valor más alto fue de 656.9115 ± 12.76 mg Trolox/ g aceite esencial correspondiente a la muestra de 3 hr y el valor más bajo fue de 292.7947 ± 4.03 mg Trolox/ g aceite esencial correspondiente a la muestra de 0.5 hr, lo cual nos refleja que a mayor tiempo de extracción mayor es su actividad antioxidante, sin embargo en la extracción de 0.5 horas también se obtuvo un alto poder antioxidante a pesar de ser en menos tiempo y con el mismo factor de disolución de 35000.

También se puede observar que la capacidad antioxidante de la muestra de 1 hr fue de 573.3422 ± 57.84 mg Trolox/ g aceite esencial, teniendo una mayor dispersión de datos, la muestra de 2 hr reporto un valor promedio de capacidad antioxidante de 483.6201 ± 8.89 mg Trolox/ g aceite esencial presentando valores con alta actividad antioxidante.

Comparando los valores encontrados para salvia de bolita con lo reportado por Flores-Martínez⁷⁸ en 2 muestras secas de *Rosmarinus officinalis* de diferentes casas comerciales, mostraron capacidades antioxidantes de 40.23 y 149.29 mg Trolox/g de hoja seca, correspondientes a porcentajes de inhibición de 15.8 y 58.6%

respectivamente. Para este trabajo se encontró que la actividad antioxidante de salvia de bolita (*Buddleja perfoliata*) en los diferentes tiempos de extracción a los que fue sometida tienen una actividad más alta comparada con la de romero. Otros autores como Conde *et al*⁶² (2017) reportaron un valor también para romero de 0.26 mg Trolox/ g aceite esencial obtenido por DAV, para *Salvia Officinalis*, Pérez⁶⁴ (2018) presentó su valor más alto de 0.236 mg Trolox/g aceite esencial estos valores son comparables, puesto que son plantas de la misma especie.

En función a los valores presentados se observa que salvia de bolita (*Buddleja perfoliata*) mostró diferencias de capacidad antioxidante, con respecto a otros autores, estas discrepancias pudieron deberse a la diferencia entre las especies, a las condiciones del medio ambiente donde se desarrolló la planta (clima, localización, temperatura, fertilidad, enfermedades y exposición plagas), al tiempo de realización de la prueba, los métodos de determinación empleados para su cuantificación entre otros.⁷⁹

Generalmente las plantas con alta capacidad antioxidante contienen más antioxidantes de los cuales la mayoría de ellos son compuestos fenólicos⁸⁰ con la presencia de grupos hidroxilo. Por ejemplo, en el caso especial de la salvia se ha encontrado que contiene alto contenido polifenólicos, esto se debe principalmente a sus propiedades redox, que les permiten actuar como agentes reductores, donantes de hidrogeno y extintores del oxígeno singlete.⁸¹

Por lo anteriormente descrito, el contenido de antioxidantes es un parámetro cada vez más importante con respecto a su funcionalidad en la salud y calidad en diversos productos.⁸²

Con el fin de observar y evaluar cómo se comportaba el porcentaje de inhibición con respecto al tiempo, se tomaron lecturas cada minuto, así como su porcentaje de inhibición para la muestra 4 (Tabla 7 y Figura 9).

Tabla 7. Porcentaje de inhibición con respecto al tiempo aceite esencial Salvia de bolita (*Buddleja perfoliata*)

TIEMPO (min)	MUESTRA 4
1	0.13988487
2	4.83405272
3	22.0460015
4	26.0289318
5	28.4471395
6	33.1413073
7	34.990525
8	36.4130001
9	37.8354752
10	38.8312078



Figura 9. Grafica % de inhibición con respecto al tiempo

Se tomó como referencia la muestra 4 ya que fue la que tuvo datos más similares entre si observándose que en los minutos 4 y 5 aumenta el porcentaje de

inhibición lo cual coincide según lo reportado por Re *et al*⁶⁵ el tiempo de 4 minutos es el más apropiado. Sin embargo, SELLAPPAN *et al*⁸³ sugiere tiempos de medida de 6 minutos para los patrones de referencia y de 7 minutos para los compuestos puros, extractos de plantas o alimentos. A pesar de esto los valores de actividad antioxidante pueden depender del tiempo escogido a efectuar la medición. La absorbancia medida por el método ABTS es determinada a los 1 y 7 minutos; los resultados obtenidos por algunos investigadores indican que la reacción con el radical ABTS^{•+} no se completa hasta pasado un minuto.⁶⁵

3.3 Determinación de humedad

La determinación de humedad se realizó para corroborar si la humedad en la salvia de bolita (*Buddleja perfoliata*) influye en el rendimiento del aceite esencial, debido a que al adquirir salvia de bolita nueva se presentó un menor rendimiento teniendo corridas prácticamente sin obtención de aceite esencial. Esto se solucionó al adquirir otra salvia de mejor calidad.

Tabla 8. Determinación de humedad de salvias *Buddleja perfoliata* analizadas

Salvia <i>Buddleja perfoliata</i>	Crisol peso constante (g)	Muestra (g)	Crisol +Muestra (g)	A 24horas (g)	Porcentaje de humedad (%)
Muestra 1-N	51.415	2.4313	53.5728	53.2674	0.57
Muestra 2-N	49.3460	2.2849	51.6309	51.6309	0.55
Muestra 3-A	46.9413	2.1382	49.0795	48.8428	0.48
Muestra 4-A	46.7826	2.5894	49.3720	49.0949	0.56

El contenido de humedad se calculó de acuerdo a la siguiente ecuación.

$$\text{Ecuación [5]} \qquad \% \text{ humedad} = \frac{P_i - P_f}{P_i} * 100$$

Donde

P_i =Peso del crisol con muestra inicial (gr)

P_f =Peso del crisol con muestra seca (24 hr) (gr)

Se observó diferencia significativa en el porcentaje de humedad entre las salvas analizadas, se atribuye que puede ser por diversos factores, como el tipo de secado, el almacenamiento, el lugar de origen de la planta, etc.

Conclusiones

1. Se extrajo aceite esencial de salvia de bolita (*Buddleja perfoliata*) mediante destilación por arrastre de vapor, demostrando que es efectivo en la obtención de aceites esenciales debido a que no utiliza sustancias químicas produciendo extractos más puros.
2. El aceite esencial demostró tener un buen rendimiento en los tiempos de 3 horas y 2 horas, así como que en 0.5 horas se obtiene un rendimiento muy similar al de 1 hora de extracción.
3. El aceite esencial evaluado por el método ABTS mostró tener una mayor actividad antioxidante a comparación a la de otras plantas
4. Los tiempos de extracción influyen en la actividad antioxidante.
5. La calidad de la planta influye en el rendimiento de obtención de aceite esencial de salvia *Buddleja perfoliata*.

Recomendaciones

Optimizar el proceso para que las pérdidas de calor por convección y conducción disminuyan y el flujo de vapor sea el requerido.

Para analizar la calidad se debe realizar las pruebas físicas, químicas y sensoriales sin dejar pasar demasiado tiempo después de la extracción debido que los aceites esenciales presentan oxidaciones que pueden influir en los resultados a obtener y analizar.

Para estimar un valor comercial que tendría el aceite es recomendable realizar un estudio de costos del proceso de extracción por arrastre de vapor como una variable adicional para definir una mejora del proceso y su posible implementación comercial.

Referencias bibliográficas

1. Boom, E. A., Orozco, J. A., Alean, J. D., & Rojano, B. (2018). Evaluación de la actividad antioxidante de aceites esenciales de eucaliptos cultivados en Colombia. *Información Tecnológica*, 29(6), 57-66.
2. Chilibingua, I. C. L., & Ortiz J. (2006). Extracción del aceite esencial de las semillas de cardamomo (*Elettaria cardamomum*) para el uso en la industria alimenticia. (Tesis de grado). Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador.
3. Nakatani, N., Inatani, R., & Fujii, A. (1989). Food antioxidant production from sage. Japan patent, (1-44232).
4. Djarmati, Z., Jankov, R. M., Schwirtlich, E., Djulinac, B., & Djordjevic, A. (1991). High antioxidant activity of extracts obtained from sage by supercritical CO₂ extraction. *Journal of the American Oil Chemists Society*, 68(10), 731-734.
5. Cuvelier, M. E., Berset, C., & Richard, H. (1994). Antioxidant constituents in sage (*Salvia officinalis*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 42(3), 665-669.
6. Bisio, A., Romussi, G., Ciarallo, G., & De Tommasi, N. (1997). Flavonoide und triterpenoide aus *Salvia blepharophylla* Brandegees ex Epling. *Pharmazie*, 52(4), 330-331.
7. Keller, Mitzie Stuart. *Mysterious herbs and roots: Ancient secrets for beautiful health, magick, prevention and youth*. Peace Press, 1978.
8. Markovic, D., A., Djarmati, Z., Jankov, R. M., Markovic, D., M., Ignjatovic, L., M. (1996). Electrochemical Behaviour of Rosmanol 9-Ethyl Ether, a Diterpene Lactone Antioxidant Isolated from Sage. *Mikrochim Acta*, 124, 219-226.
9. Lira, P. D. L., Retta, D., Tkacik, E., Ringuelet, J., Coussio, J. D., Van Baren, C., & Bandoni, A. L. (2009). Essential oil and by-products of distillation of bay leaves (*Laurus nobilis* L.) from Argentina. *Industrial Crops and Products*, 30(2), 259-264.

10. Djilani, A., & Dicko, A. (2012). The therapeutic benefits of essential oils. In Nutrition, Well-Being and Health. InTech.
11. Canigüeral, S., Dellacassa, E., & Bandoni, A. L. (2003). Plantas Medicinales y Fitoterapia: ¿indicadores de dependencia o factores de desarrollo?. Acta farmacéutica bonaerense, 22(3), 265-279.
12. Véliz, M. Y., González, C. Y. & Martínez, Y. (2019). Evaluación técnica y económica del proyecto de obtención de aceites esenciales. Tecnología Química, 39(1), 208-220
13. Rodríguez Álvarez, M., Alcaráz Meléndez, L., Real Cosío, S (2012). Procedimientos para la extracción de aceites esenciales en plantas aromáticas. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, La Paz, Baja California Sur, México.
14. Valencia, M. Z. (2018). Métodos de extracción de aceite esencial de la semilla de Moringa (*Moringa oleífera*). (Tesis de grado). Universidad Rafael Landívar, Guatemala de la Asunción, Guatemala.
15. Torrenegra, M. E., Granados, C., Osorio, M. R. & León, G (2015). Comparación de la hidrodestilación asistida por radiación de microondas (MWHD) con hidrodestilación convencional (HD) en la extracción de aceite esencial de *Minthotachys mollis*. Información Tecnológica. 26(1), 117-122.
16. Martínez, A. (2003). Aceites esenciales. Universidad de Antioquía. Medellín, Colombia.
17. Teixeira, B., Marques, A., Ramos, C., Neng, N.R., Nogueira, J.M., Saraiva, J.A., Nunes, M.L., (2013). Chemical composition and antibacterial and antioxidant properties of commercial essential oils. Industrial crops and products, 43, 587-595.
18. Ballester, C. (2016). Composición química y propiedades antibacterianas y antioxidantes de aceites esenciales de especies de *Thymus* procedentes de cultivo ecológico y su aplicación a películas de quitosano. (Tesis de grado). Universidad Miguel Hernández, Orihuela, España.

19. Astani, A., Reichling, J., Schnitzler, P. (2011). Screening for antiviral activities of isolated compounds from essential oils. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2011.
20. Hernandez-Cerulos, A., Madrigal-Bujaidar, E., de la Cruz, C. (2002). Efecto inhibitorio del aceite esencial del chamomile en los intercambios del cromatid de la hermana inducidos por daunoubicin y el methanesulfonate metílico en medula del ratón. *Toxicol.* (135),103-110.
21. Dahanukar, A., Hallem, E. A., & Carlson, J. R. (2005). Insect chemoreception. *Neurobiol.* (15), 423-430.
22. Esquivel-Gutierrez, E. R., Noriega-Cisneros, R., Bello-González, M. A., Savedra-Molina, A. & Salgado-Garciglia, R. (2012). Plantas utilizadas en la medicina tradicional mexicana con propiedades antidiabéticas y antihipersivas. *Biológicas.* 14(1), 45-52.
23. Sánchez-Vioque, R., Polissiou, M., Astraka, K., De los Mozos-Pascual, M., Tarantilis, P., Herraiz-Peñalver, D., & Santana-Méridas, O. (2013). Polyphenol composition and antioxidant and metal chelating activities of the solid residues from the essential oil industry. *Industrial crops and products*, 49, 150-159.
24. Cortés, A. R., Delgadillo, A. J., Hurtado, M., Domínguez- Ramírez, A. M., Medina, J. R. & Kazuko, A. (2006). The antispasmodic activity of *Buddleja scordioides* and *Buddleja Perfoliata* on isolated intestinal preparations. *Biol. Pharm. Bull.* 29(6), 1186-1190.
25. Santana, O., Cabrera, R., Giménez, C., Gonzalez- Coloma, A., Sánchez-Vioque, R., de los Mozos-Pascual, M., Rodriguez-Conde, M.F., Laserma-Ruiz, I., Usano-Aleman, J. & Herraiz, D. (2012). GRASAS Y ACEITES. 63(2), 214-222.
26. Caballero, Y. F., & Rodríguez M. A. (2014). Obtención de aceites esenciales a partir de cáscara de mango (*Mangifera indica L.*) mediante la técnica de arrastre de vapor. (Tesis de grado). Universidad de San Buenaventura, Cartagena, Colombia.

27. World Health Organization. (2012). Food safety and foodborne illness. Fact sheet 237. World Health Organization, Geneva.
28. Leistner, L. (1978). Hurdle effect and energy saving. Food quality and nutrition, 553-557.
29. De Silva, T. (Ed.). (1995). A manual on the essential oil industry. United Nations Industrial Development Organization.
30. Burt, S. (2004). Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods—a review. International journal of food microbiology, 94(3), 223-253.
31. Bandoni, A. (2003). Los recursos vegetales aromáticos en Latinoamérica su aprovechamiento industrial para la producción de aromas y sabores. 2^a.ed.
32. Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D., & Idaomar, M. (2008). Biological effects of essential oils—a review. Food and chemical toxicology, 46(2), 446-475.
33. Bedi, S., & Vyas, S. P. (2008). A handbook of aromatic and essential oil plants: cultivation, chemistry, processing and uses. In A Handbook of aromatic and essential oil plants: cultivation, chemistry, processing and uses. Agrobios (India).
34. Brester, G., Swanser, K., & Watts, T. (2002). Market Opportunities and Strategic Directions for Specialty Herbs and Essential Oil Crops in Montana. Montana Department of Agriculture.
35. Jiang, Z., Akhtar, Y., Bradbury, R., Zhang, X., & Isman, M. B. (2009). Comparative toxicity of essential oils of *Litsea pungens* and *Litsea cubeba* and blends of their major constituents against the cabbage looper, *Trichoplusia ni*. Journal of agricultural and food chemistry, 57(11), 4833-4837.
36. Carson, C. F., & Hammer, K. A. (2011). Chemistry and bioactivity of essential oils. Lipids and essential oils as antimicrobial agents, 203-238.
37. André, C., Castanheira, I., Cruz, J. M., Paseiro, P., & Sanches-Silva, A. (2010). Analytical strategies to evaluate antioxidants in food: a review. Trends in food science & technology, 21(5), 229-246.

38. Hammer, K. A., & Carson, C. F. (2011). Antibacterial and antifungal activities of essential oils. *Lipids and essential oils as antimicrobial agents*. Chichester: John Wiley & Sons, 255-306.
39. McCord, J. M. (2000). The evolution of free radicals and oxidative stress. *The American journal of medicine*, 108(8), 652-659..
40. Edris, A. E. (2007). Pharmaceutical and therapeutic potentials of essential oils and their individual volatile constituents: a review. *Phytotherapy research*, 21(4), 308-323.
41. León, G., Osorio, M. R., Torrenegra, M. E. & Gil, J. (2015). Extracción, caracterización y actividad antioxidante del aceite esencial de *Plectranthus amboinicus* L. *Revista Cubana de Farmacia*.49 (4), 708-718.
42. Cacho, J. I., Campillo, N., Viñas, P., & Hernández-Córdoba, M. (2016). Determination of synthetic phenolic antioxidants in edible oils using microvial insert large volume injection gas-chromatography. *Food chemistry*, 200, 249-254.
43. López-Sesenese R., Domínguez-Patiño, G. F., González-Rodríguez J. G. & Uruchurtu-Chavarín J. (2013). Effect of flowing conditions on the corrosion inhibition of carbon steel by extract of *Buddleia perfoliata*. *International Journal of Electrochemical Science*. 8, 477-489.
44. Juárez, Z.N., Bach, H., Sánchez Arreola, E., Bach H. & Hernández, L .R. (2016) Protective antifungal activity of essential oils extracted from *Buddleja perfoliata* and *Pelargonium graveolens* against fungi isolated from stored grains. *The Society for Applied Microbiology. Journal of Applied Microbiology* 120, 1264-1270.
45. Londoño-Londoño, J. (2012). Antioxidantes: importancia biológica y métodos para medir su actividad. In *Desarrollo y Transversalidad serie Lasallista Investigación y Ciencia*. Corporación Universitaria Lasallista.
46. Namiki, M. (1990). Antioxidant Antimutagens in Food. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 29, 273-300.

47. Gordon, M. H. (1990). The Mechanism of Antioxidant Action *in Vitro*. In: Hudson B. J. F. (eds) Food Antioxidants. Elsevier Applied Food Science Series. Springer, Dordrecht
48. Chipault, J.R. (1962). Antioxidants for use in foods, in: Autoxidation and Antioxidants, W. o. Lundberg, ed., Interscience, Vol 2, New York, p. 447.
49. Albarracín, G. C. & Gallo, S. (2003). Comparación de dos métodos de extracción de aceite esencial utilizando *Piper aduncum* (cordoncillo) procedente de la zona cafetalera. (Tesis de grado). Universidad Nacional de Colombia de Manizales, Colombia.
50. Kubeczka, K. H. (2010). 2 History and Sources of Essential Oil Research. ESSENTIAL, 2.
51. Lawrence, B. M. (2002). From the sensation to the synthesis. Advances in flavours and fragrances. Special publication, 277, 57-83.
52. Bousbia, N., Vian, A., Ferhat, M. A., Meklati, B.Y., Chemat, F. A. (2009). A new process for extraction of essential oil from citrus peels: microwave hydrodiffusion and gravity. Journal of Food Engineering, 90, 409-413.
53. Kosar, M., Dorman, H. J. D., Y Hiltunen, R. (2005). Effect of an acid treatment on the phytochemical and antioxidant characteristics of extracts from selected *Lamiaceae* species. Food Chemistry 91, 252-533.
54. Li, T., Zhu, J., Guo, L., Shi, X., Liu, Y., & Yang, X. (2013). Differential effects of polyphenols-enriched extracts from hawthorn fruit peels and fleshes on cell cycle and apoptosis in human MCF-7 breast carcinoma cells. Food Chemistry, 141, 1008-1018.
55. Vilkhov, K., Mauwson, R., Simons, L. & Bates, D. (2008). Applications and opportunities for ultrasound assisted extraction in the food industry. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 9, 161-169.
56. Toma, M., Vinatoru, M., Paniwnyk, L. and Mason, T.J. (2001). Investigation of the effects of ultrasound on vegetal tissues during solvent extraction. Ultrason Sonochem. 8: 137-142.

57. Wang, L. and Weller, C. L. (2006). Recent Advances in Extraction of Nutraceuticals from Plants. *Trends in Food Science and Technology*, 17, 300-312.
58. Jiang, Y., Wu, N., Fu, Y. J., Wang, W., Luo, M., Zhao, C. J., ... & Liu, X. L. (2011). Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oil of Rosemary. *Environmental toxicology and pharmacology*, 32(1), 63-68.
59. Flamini, G., Tebano, M., Cioni, P. (2007). Comparison between the conventional method of extraction of essential oil of *Laurus nobilis* L. and a novel method which uses microwaves applied in situ, without resorting to an oven; *Journal of Chromatography*, 1143,36-40.
60. Camel, V. (2000). Microwave-assisted solvent extraction of environment samples. *Trends Anal Chem*, 19(4), 229-248.
61. Fornari, T., Ruiz-Rodríguez, A., Vicente, G., Vázquez, E., Rodríguez García Risco, M., Reglero, G. (2012). Kinetic study of the supercritical CO₂ extraction of different plants from *Lamiaceae* family, *Journal of Supercritical Fluids* 64 1-8.
62. Conde, L., A. (2017). Evaluación de la actividad antioxidante de extractos de aceites esenciales obtenidos por medio de arrastre de vapor, disolventes y extracción supercrítica, a partir de hoja santa (*Piper auritum*), pápalo (*Porophyllum ruderale*) y romero (*Rosmarinus officinalis* L).
63. Jiménez-Carmona, M. M. (1999). Comparison of subcritical water 1-12 extraction and hydrodistillation of marjoram essential oil. *Journal of Chromatography. A* Vol. 855,626-630.
64. Pérez, J. (2018). Obtención de aceite esencial de *Salvia Officinalis* mediante dos procesos de extracción. (Tesis de grado). Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla, México.
65. Re, R. Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., & Rice-Evans, C. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radic. Biol. Med.*, 26, 9/10, 1231-1237.

66. Kuskoski, E. M., Vega, J. M., Rios, J. J., Fett, R., Troncoso, A. M. & Asuero, A.G. (2003). Characterization of anthocyanins from the fruits of baguaçu (*Eugenia umbelliflora* Berg). *J. Agric. Food Chem.*, 51, 5450-5454,
67. Russo, S. (2013). Toxicidad, efecto antialimentario y repelente de metabolitos secundarios de *Eucalyptus globulus* (Labill) (Myrtaceae) sobre coleópteros de importancia agrícola. (Tesis de grado). Universidad Nacional de la Plata, la Plata, Buenos Aires, Argentina.
68. Golmakani, M. & Rezaei, K. (2008). Comparison of microwave-assisted hydrodistillation with the traditional hydrodistillation method in the extraction essential oils from *Thymus vulgaris* L. *Food Chemistry*: 109(4), 925-930.
69. Pérez, M. (2005). *Salvia lavandulaefolia vahl ssp. Oxyodon*: evaluación de su aceite esencial e incidencia en el medio ambiente según intensidades de recolección. Universidad de Granada, Facultad de Medicina.
70. Ghannadi, A., & Hajhashemi, V. (2010). Review on some Lamiaceae plants of Iranian traditional and folk medicines with anti-inflammatory activity. *Iranian Journal of Pharmaceutical Research*, 63-64.
71. Tepe, B., Donmez, E., Unlu, M., Candan, F., Daferera, D., Vardar-Unlu, G. & Sokmen, A. (2004). Antimicrobial and Antioxidative activities of the essential oils and methanol extracts of *Salvia cryptantha* (Montbret et Aucher ex Benth.) and *Salvia multicaulis* (Vahl). *Food chemistry*, 84(4), 519-525.
72. Base, B. H. C. (2002). Aromatic biodiversity among the flowering plant taxa of Turkey. *Pure and Applied Chemistry*, 74(4), 527-545.
73. Karousou, R., Vokou, D., & Kokkini, S. (1998). Distribution and essential oils of *Salvia pomifera* subsp. *Pomifera* (Labiatae) on the island of Crete (S.Creece). *Biochemical systematics and ecology*, 26(8), 889-897.
74. Tsankova, E. T., Konaktchiev, A. N., & Genova, E. M. (1994). Constituents of essential oils from three *Salvia* species. *Journal of Essential Oil Research*, 6(4), 375-378.
75. Miladinovic, D., & Miladinovic, L. J. (2000). Antimicrobial activity of essential oil of sage from Serbia. *Facta universitatis-series: Physics, Chemistry and Technology* 2(2), 97-100.

76. Boland, D. J., Brophy, J. J. & House, A. P. N. (1991). Eucalyptus Leaf Oils: Use, Chemistry, Distillation and Marketing. ACIAR/CSIRO Inkata Press, Melbourne, Australia. 252.
77. Bucic-Kojic, A., Planinic, M., Tomas, S., Bilic, M. & Velic, M. (2007). Study of solid-liquid extraction kinetics of total polyphenols from grape seeds. Journal Food Engineering. 81, 236-242.
78. Flores-Martínez, H., León-Campos, C., Estarrón-Espinosa, M., Orozco-Ávila, I. (2016). Optimización del proceso de extracción de sustancias antioxidantes a partir del orégano mexicano (*Lippia graveolens* HBK) utilizando la metodología de superficie de respuesta (MSR). Revista Mexicana de Ingeniería Química. Vol. 15(3), 773-785.
79. Wojdylo, A., J. Oszmianski y R. Czemerys. (2007). Antioxidant activity and phenolic compounds in 32 selected herbs. Food Chemistry. 105:940- 949.
80. Connor, A. M., Luby, J. J., Hancock, J. F., Berkheimer, S., & Hanson, E. J. (2002). Changes in fruit antioxidant activity among blueberry cultivars during cold temperature storage. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 50, 893-898.
81. Pizzale, L., Bortolomeazzi, R., Vichi, S., Berengger, E., & Lanfranco, C. S. (2005). Antioxidant activity of sage (*Salvia officinalis* and *A. fruticosa*) and oregano (*Oreganum onites* and *O. indercedens*) extracts related to their phenolic compound content. Journal of the Science of Food and agriculture, 82, 1645-1651.
82. Ayala, Z. J. F., Wang, Y. S., Wang, Y. C. & González-Aguilar, G. A. (2004). Effect of storage temperatures on antioxidant capacity and aroma compounds in strawberry fruit. Lebensm- Wiss u- Technology, 37, 687-695.
83. SELLAPPAN, S., AKOH, C. C., KREWER, G. (2002). Phenolic compounds and antioxidant capacity of Georgia-Grown blueberries and blackberries. J. Agric. Food Chem., 50, 2432-2438.