

Aceite Esencial de Lavanda (*Lavándula Angustifolia*): Extracción, Caracterización de Compuestos Volátiles, Capacidad Antioxidante y Actividad Antimicrobiana

Lavender Essential Oil (Lavándula Angustifolia): Extraction, Characterization Of Volatile Compounds, Antioxidant Capacity And Antimicrobial Activity

Jaime Orlando Rojas Molina¹ Ana Maricela Trávez Castellano¹ Zoila Eliana Zambrano Ochoa¹
Luis Emilio Zúñiga Altamirano¹ Omar Fabricio Palacios Rosero¹

¹Universidad Técnica de Cotopaxi, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales,
Latacunga, Ecuador

Resumen

Este trabajo tuvo como objetivo optimizar el proceso de extracción del aceite esencial de lavanda (*Lavándula angustifolia*), empleando el método de extracción de arrastre de vapor. Para este proceso se controló los factores: tiempo (60, 105 y 150 min) y relación de material vegetal / agua destilada (1:3, 1:4 y 1:5). Mediante el programa Design Expert 8.0.6 (Stat-Ease Inc., Minneapolis, EE.UU.), se elaboró un diseño experimental de superficie respuesta IV Óptimo, donde se obtuvo 17 corridas experimentales. La combinación óptima de la extracción, se logró con una relación de masa/disolvente de 1:5 y tiempo de 150 minutos; donde se obtuvo un rendimiento 0,6499%. El aceite esencial fue caracterizado mediante CG-MS con detector de masas, resultando en mayor cantidad la presencia de terpenos, cuantitativamente los compuestos que se encontraron en mayor cantidad fueron el eucaliptol (44,78 %) y alcanfor (4,83 %). Además, se evaluó la capacidad antioxidante del aceite esencial, obteniéndose 88,24 $\mu\text{mol Fe}^{2+}/\text{g}$ por la metodología de FRAP y 101,23 μmol de Trolox/g por ABTS. La evaluación de la actividad antimicrobiana del aceite, fue desarrollada mediante la metodología de Concentración Mínima Inhibitoria (CMI) donde se reflejó una eficacia frente a la *Pseudomonas aeruginosa* (ATCC 27853), *Salmonella entérica*, *Escherichia coli* (ATTC 25922), *Listeria monocytogenes* (ATTC 19115), *Bacillus cereus* (ATTC 10876) y *Staphylococcus aureus* (ATTC 25923). El aceite de lavanda demostró buenas características de capacidad antioxidante y actividad antimicrobiana.

Palabras clave: arrastre de vapor, actividad antimicrobiana, capacidad antioxidante, *Lavándula Angustifolia*.

Recibido: 30 de mayo de 2022 – revision aceptada: 2 de agosto de 2022

Correspondiente al autor: jaime.rojas@utc.edu.ec

Abstract

This research has as an objective to optimize the extraction process of the lavender essential oil (*Lavándula angustifolia*), employing the vapor drag method. For this process the parameters were controlled: time (60, 105 y 150 min) and plant material ratio / distilled water (1;3, 1;4 y 1;5). The program Design Expert 8.0.6 (Stad-Ease Inc., Minneapolis, EE.UU.), was used to calculate an experimental design was made of response surface IV optimum, in which 17 experimental conditions were obtained. The optimal extraction combination was achieved with a mass/solvent ratio of 1:5 and a time of 150 minutes; where a yield of 0.6499% was obtained. The essential oil optimized was characterized using CG-MS with mass detector, resulting in a greater quantity the presence of terpenes, quantitatively appear as major compounds the eucalyptol (44.78 %) and camphor (4,83 %). In addition, the antioxidant capacity of the essential oil was evaluated, obtaining 88.24 $\mu\text{mol Fe}^{2+}/\text{g}$ by the FRAP methodology and 101.23 $\mu\text{mol Trolox/g}$ by ABTS. The antimicrobial oil activity evaluation was developed using the Minimum Inhibitory Concentration methodology (MIC) which was reflected an efficacy activity against to the *Pseudomonas aeruginosa* (ATCC 27853), *Salmonella entérica*, *Escherichia coli* (ATTC 25922), *Listeria monocytogenes* (ATTC 19115), *Bacillus cereus* (ATTC 10876) y *Staphylococcus aureus* (ATTC 25923). Lavender oil showed good characteristics of antioxidant capacity and antimicrobial activity.

Key words: vapor drag, antimicrobial activity, antioxidant capacity, *Lavandula Angustifolia*.

Introducción

Antiguamente los egipcios usaban la lavanda para el embalsamiento de cuerpos, elaboración de perfumes y desinfección de superficies. En la edad media los romanos utilizaban los extractos de lavanda como aromatizante y repelente para insectos. En el siglo XX, el médico griego Dioscórides, utilizaba la lavanda en aromaterapia por sus propiedades medicinales, para tratar quemaduras y cicatrizar heridas. (Moreira, 2020).

La planta de lavanda es un arbusto leñoso, su aceite esencial es utilizado en la industria cosmética y de perfumería. Sus flores secas

contienen mayor cantidad de aceite esencial, donde destacan los compuestos químico flavonoides, ácido rosmarínico, terpenos, saponinas, acetato de linalilo y xantatos. (Estrada, 2017).

El material vegetal de lavanda posee el 1% de compuestos terpénicos, donde se destaca el ácido ursólico, benzopironas y herniaria, ácido rosmarínico y picrosalvina. El aceite esencial es un líquido de color amarillo cuyos principales componentes son: carburos terpenos (25-30%), alcoholes libres (30-40%), linanol (25-38%), ésteres (40-58%) y un 0,6% como máximo de alcanfor (Muñoz, 2018).

Los aceites esenciales son conocidos por las diversas actividades biológicas, donde se destacan las propiedades antimicrobianas y antioxidantes, por ello han sido empleados en la industria farmacéutica y cosmética. Dentro de los metabolitos secundarios que se encuentran en la planta, se puede citar a los compuestos volátiles, hidrocarburos saturados y no saturados, aldehídos, alcoholes, éteres, ésteres, fenoles y terpenos (Ruiz et al., 2015; Bakkali, et al., 2008).

Los rendimientos en las extracciones del aceite esencial son bajas donde se obtiene entre 0,1 al 1,0 % en peso seco de la planta. Este tipo de compuestos tiene escasa solubilidad en agua por lo que se requiere de alcohol o disolventes polares para disolverlos (Mena, et al., 2015).

La composición química del aceite esencial de lavanda contiene como compuestos principales el linanol, geraniol y borneyol. Además, el B-oxicimeno (10%), cineol (20%) y alcanfor (20%); ésteres en pequeña cantidad (2% a 3%), principalmente valerianatos, butiratos y acetatos (acetato de linalilo) (Del Villar y Herráiz, 2010).

El método de secado por aspersión utiliza un material de recubrimiento y núcleo que se disuelve, dispersa o emulsifica en un disolvente que se atomizan formando un aerosol. El disolvente es eliminado por calor creando pequeñas gotitas solidificadas (microesferas) que atrapan los compuestos de interés (Saifullah et al., 2019).

Los estudios realizados a extractos vegetales ha permitido emplearlos en calidad de antioxidantes, antimicrobianos, aromatizantes, saborizantes, colorantes, energizantes y

enriquecedores del alimento con activos naturales propios de la planta (Pérez, 2018).

En el presente trabajo se optimizó el proceso de extracción del aceite esencial lavanda mediante el método de arrastre de vapor, además se caracterizó el aceite en función a sus compuestos volátiles, capacidad antioxidante y actividad antimicrobiana.

Metodología

La planta de lavanda (*Lavándula Angustifolia*) fue recolectada en su etapa de floración, luego se seleccionó el material libre de enfermedades o alteraciones morfológicas (Gaibor et al., 2017).

El aceite esencial de lavanda fue extraído en un equipo de arrastre de vapor modelo LP-10L (Lanphan Ltd., China) utilizando como factores: tiempo (A) 60, 105 y 150 minutos y relación material/disolvente (B) de 1:3, 1:4 y 1:5. Los factores fueron seleccionados de acuerdo a los estudios realizados por Quezada et al. (2019) y Soler et al. (2021).

Una vez ejecutada la extracción el aceite esencial se recogió en una trampa de Clevenger adaptada al equipo extractor, posteriormente se añadió de 2 g sulfato de sodio y se dejó reposar por media hora, se filtró, y posteriormente, se envasó en frascos ámbar, luego, se almacenó a temperatura de refrigeración. Se realizaron tres repeticiones a las condiciones óptimas de extracción del aceite esencial (Marín, 2015).

Con el programa estadístico Design Expert 8.0.6 (Stat-Ease Inc., Minneapolis, EE.UU.), se elaboró el diseño experimental para la extracción, empleando un diseño de

superficie respuesta IV Óptimo, de tal forma que la extracción optimizada presentó mejores respuestas en el rendimiento.

La Tabla 1 muestra las condiciones del diseño experimental del proceso de extracción del aceite esencial de lavanda.

Tabla 1. Condiciones experimentales seleccionadas para el diseño de experimentos

Factor	Nomenclatura	UM	Tipo	Subtipo	Mínimo	Máximo
Tiempo	A	min	Nomínico	Discreta	60	150
Relación material/agua destilada	B		Nomínico	Discreta	1:5	1:3

Fuente: Palacios y Zúñiga, 2022

Los factores experimentales e intervalos evaluados son expuestos en la Tabla 1. En el proceso de extracción se controló los factores: tiempo (60, 105 y 150 min) y relación de material vegetal / agua destilada (1:3, 1:4 y 1:5).

Mediante el programa Design Expert 8.0.6 (Stad-Ease Inc., Minneapolis, EE.UU.), se elaboró un diseño experimental de superficie respuesta IV Óptimo, donde se obtuvo 17 corridas experimentales, que son expuestas en la Tabla 2.

Tabla 2. Corridas experimentales para la extracción del aceite esencial de lavanda

Corrida	Tiempo (min)	Relación material/agua destilada
1	60	1:4
2	150	1:2
3	60	1:4
4	150	1:3
5	105	1:2
6	105	1:4
7	105	1:4
8	150	1:2
9	60	1:3
10	60	1:2
11	105	1:4
12	150	1:4
13	105	1:3
14	105	1:3
15	105	1:2
16	150	1:4
17	60	1:2

1:2: 1 parte de material vegetal/2 partes de agua

1:3: 1 parte de material vegetal/3 partes de agua

1:4: 1 parte de material vegetal/4 partes de agua

Fuente: Palacios y Zúñiga, 2022

En la Tabla 2 se muestran las 17 combinaciones experimentales, detallando las condiciones de extracción del aceite de lavanda en cada corrida experimental.

Mediante el modelo matemático y las restricciones de las variables, se optimizó el proceso de extracción, obteniéndose las

soluciones sugeridas a las condiciones de extracción optimizadas.

El rendimiento de cada corrida experimental, se lo ejecutó mediante la relación de masa del material vegetal y el aceite esencial obtenido luego de la destilación, la relación matemática se detalla a continuación:

$$\text{Rendimiento (\%)} = \frac{M1}{M2} \times 100$$

Donde:

M1= Masa final de aceite esencial expresada en gramos (g).

M2= Masa inicial del material vegetal expresada en gramos (g) (Nazem et al., 2019).

Los compuestos volátiles del aceite esencial fueron determinados mediante cromatografía de gases con detector de masas, se empleó el equipo espectrómetro de masas Agilent Technologies 5975 inert XL MSD with Triple-Axis Detector GC-MS de sobremesa Agilent. Las condiciones operativas, se fijó a una temperatura del horno de 50°C durante 1 minuto y luego hasta alcanzar los 320°C por 5 minutos. La temperatura de operación se mantuvo entre los 200°C y 300 °C. Para la determinación se inyectó 1 µL de aceite con hexano (1:1). Los datos de GC-MS fueron capturados a 70 eV usando tiempos de escaneo de 1,5 segundo en el rango de masa de 50-1000 amu. Los espectros de masas se contrastaron con los obtenidos con estándares y reportados en bases de espectros: NIST 05, Wiley 6, NBS 75k, Palisade 600, Adams 2001 y Flavorlib (Jo et al., 2021; Najibullah et al., 2021).

La determinación de la capacidad antioxidante del aceite esencial de lavanda, fue realizada por las metodologías de FRAP y ABTS. Para preparar el reactivo FRAP se utilizó acetato de sodio 300 mM, ácido acético glacial con pH 3,6; cloruro férrico 20 mM (FeCl₃.6H₂O), y se preparó una disolución de TPTZ 10 mM en HCl 40 mM. Las tres soluciones se mezclaron en la relación 10:1:1 (v/v/v). El ensayo FRAP se realizó a con 1 g de muestra, al cual se le añadió 0,3 ml de reactivo y se incubaron a 37 °C durante 4 min. La absorbancia se midió a 593 nm con relación a un blanco de reactivo. La capacidad antioxidante total de las muestras se determinó frente a un patrón de sulfato ferroso (Jo et al., 2021).

El ensayo de ABTS [2,2-azino-bis (3-etil-benzotiazolina6-ácido sulfónico)] para la determinación de radicales libre, se realizó mediante la reacción de la disolución de ABTS (7mM) con persulfato de potasio 2,45 m, luego se lo dejó reposar la mezcla en la oscuridad a temperatura ambiente durante 12-16 horas antes de su uso. La disolución de ABTS+ se diluyó con metanol (99,8 % v/v) hasta una absorbancia de 0,70 ± 0,02 a 734

nm. Después de agregar 25 µL de solución de muestra a 275 µL de disolución ABTS+, se registró la absorbancia después de 7 min a 734 nm. La solución ABTS+ se utilizó como blanco muestra, se utilizó el trolox como estándar analítico (Hadjadj et al., 2020).

Al aceite esencial se le sometió al contacto con cepas bacterianas, para evaluar el efecto inhibitorio. Los microorganismos utilizados corresponden a la colección de la Universidad Técnica de Cotopaxi: *Pseudomonas aeruginosa* (ATCC 27853), *Salmonella entérica*, *Escherichia coli* (ATTC 25922), *Listeria monocytogenes* (ATTC 19115), *Bacillus cereus* (ATTC 10876) y *Staphylococcus aureus* (ATTC 25923).

La determinación de las concentraciones mínimas inhibitorias (CMI), se lo realizó utilizando un cultivo joven, luego, se ajustó la turbidez del cultivo bacteriano mediante la

escala McFarland hasta alcanzar el estándar de 0,5. Posteriormente, se elaboró el medio de cultivo con las concentraciones de aceite esencial y se colocaron en cajas petri, teniendo las siguientes concentraciones 5, 3, 1; 0,5 y 0,1 mg/L, donde se añadió 10 µL de cada cepa. Después se incubó por 24 h a 37 °C, se evaluó el crecimiento bacteriano por la presencia unidades formadoras de colonia. La CMI se definió como la concentración que completamente inhibió el crecimiento celular visible durante un período de incubación de 24 h a 37 °C (Merghni et al., 2018).

Resultados

• Evaluación del modelo para el rendimiento

Los datos obtenidos mediante un diseño de superficie respuesta son expuestos en la matriz experimental presentada en la Tabla 3.

Tabla 3. Matriz experimental para la extracción del aceite esencial de Lavanda

Corrida	Tiempo (min)	Relación material/agua destilada	Rendimiento de extracción (%)
1	60	1:4	0,5207
2	150	1:2	0,6423
3	60	1:4	0,5307
4	150	1:3	0,4312
5	105	1:2	0,2834
6	105	1:4	0,5654
7	105	1:4	0,5796
8	150	1:2	0,6424
9	60	1:3	0,3632
10	60	1:2	0,2889
11	105	1:4	0,5687
12	150	1:4	0,6420
13	105	1:3	0,3999
14	105	1:3	0,4232
15	105	1:2	0,2912 _n
16	150	1:4	0,6231
17	60	1:2	0,2889

1:2: 1 parte de material vegetal/2 partes de agua

1:3: 1 parte de material vegetal/3 partes de agua

1:4: 1 parte de material vegetal/4 partes de agua

Fuente: Palacios y Zúñiga, 2022

En la Tabla 4 se muestran los resultados del modelo codificado de rendimiento, donde se observa que el modelo cuadrático resultó significativo con un nivel de confianza del 95,0 %.

Tabla 4. Parámetros del modelo codificado del rendimiento

Indicador	Rendimiento de extracción (%)
Intercepto	0,43
X_{RMA}	0,088*
X_{TIE}	0,088*
$X_{RMA} X_{TIE}$	-0,062*
X_{TIE}^2	0,059*
R^2	0,9025
R^2 ajustado	0,8439
R^2 predicho	0,5473
F modelo	15,42*
F falta de ajuste	172,18
Precisión adecuada	11,65

RMA: relación masa/agua

TIE: tiempo de extracción

*Valor significativo para $p \leq 0,05$

Fuente: Palacios y Zúñiga, 2022

Los factores X_{RMA} (relación masa/agua) y X_{TIE} (tiempo de extracción), fueron significativos generando una influencia en el rendimiento de la extracción del aceite esencial.

El coeficiente de correlación (R^2) indicó que el modelo ajustado explica el 90,25 % de

variabilidad del rendimiento, por lo cual se acepta el modelo matemático.

La figura 1 muestra la interacción entre los factores X_{RMA} (relación masa/agua) y X_{TIE} (tiempo de extracción) sobre el rendimiento del proceso de extracción.

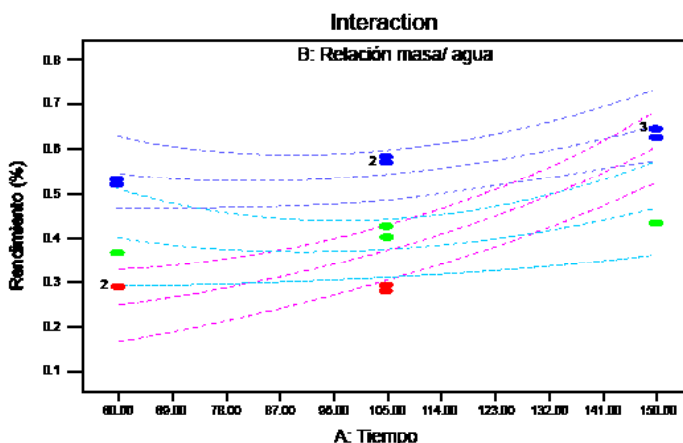


Figura 1. Interacción entre los factores RMA: relación masa/agua (Verde: 1:2, Rojo: 1:3 y Azul: 1:4) y TIE: tiempo de extracción.

Nota. Figura generada con los datos experimentales en el programa Design Expert 8.0.6 (Stad-Ease Inc., Minneapolis, EE.UU.).

Fuente: Palacios y Zúñiga, 2022

En la figura 1 se observa la interacción entre los factores X_{RMA} y X_{TIE} , donde existió una relación directamente proporcional con el rendimiento, es decir, a medida que aumentar X_{RMA} y X_{TIE} aumenta el rendimiento del proceso.

- **Optimización de los modelos del diseño experimental**

Con el buen ajuste del modelo, se procedió a la optimización numérica de la variable rendimiento (%). La figura 2 representa la superficie respuesta lograda para la optimización. La condición óptima prevista se obtuvo con un RMA de 1:5 Y TIE de 150 min, con una función de deseabilidad de 1,00, que es lo ideal.

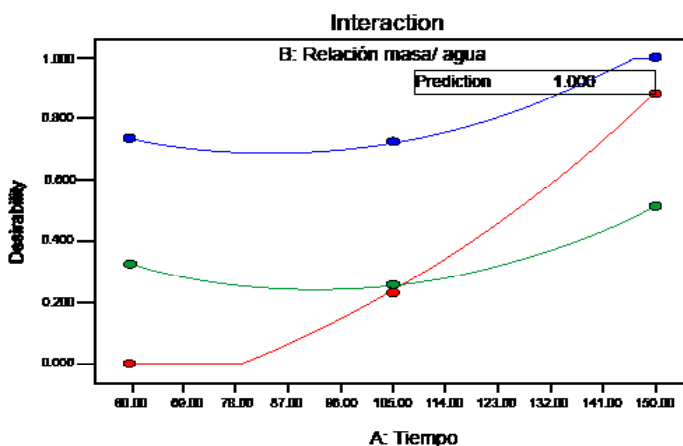


Figura 2. Optimización numérica para el rendimiento

Nota. Figura generada con los datos experimentales en el programa Design Expert 8.0.6 (Stat-Ease Inc., Minneapolis, EE.UU.).

Fuente: Palacios y Zúñiga, 2022

Para validar la optimización numérica, se replicó la corrida experimental a las condiciones óptimas y se comparó con los valores predichos generados por el

programa estadístico. En la comparación se observó resultados similares entre los valores experimentales y predichos, que se observan en la Tabla 5.

Tabla 5. Valores predichos y experimentales, obtenidos con las restricciones definidas en el proceso de optimización

Parámetro	Valor predicho	Valor experimental Media (Desviación estándar)
Rendimiento (%)	0,6544	0,6499 (0,021)

Fuente: Palacios y Zúñiga, 2022

- **Caracterización de la composición del aceite esencial de *Lavandula angustifolia*, mediante cromatografía de gases con detector de masas.**

Los resultados de la caracterización química del aceite esencial de lavanda son expuestos en la Tabla 6, donde se aprecia 17 compuestos volátiles que representan el 100 % de la composición total del aceite esencial.

Tabla 6. Composición del aceite esencial de *Lavandula angustifolia*

Compuesto	Unidad	%
Alfa-Pineno	%p/v	3,43
Beta-Pineno	%p/v	4,48
Limoneno	%p/v	5,53
Beta-Falsacidreno	%p/v	11,19
Eucaliptol	%p/v	44,78
Linalool	%p/v	1,91
Alfa-Ocimeno	%p/v	1,25
Borneol	%p/v	11,69
Alcanfor	%p/v	4,83
Criptone	%p/v	0,55
Cuminal	%p/v	0,63
Beta-Cariofileno	%p/v	2,81
Gergemacreno	%p/v	1,20
Beta-Ocimeno	%p/v	2,49
Cariofileno Oxido	%p/v	1,03
Alfa-Cadinol	%p/v	1,17
Longipineno	%p/v	1,02
Total de compuestos en el aceite ensayado	%p/v	100,00

Fuente: Palacios y Zúñiga, 2022

En la tabla 6 se recopila la información relativa a los compuestos volátiles detectados en el aceite esencial, donde se destacan compuestos monoterpenos, hidrocarburos terpénicos, hidrocarburos alifáticos, ésteres, compuestos fenólicos, fenilpropanoides, entre otros (Ruiz et al., 2015). Se aprecia una composición variada marcada por la presencia del eucaliptol como compuesto mayoritario.

En la figura 4 se observa el cromatograma del aceite esencial de lavanda obtenido por GC-MS, donde se representa la relación entre la abundancia y los tiempos de retención de los compuestos químicos, mientras mayor abundancia exista mayor cantidad de sustancia.

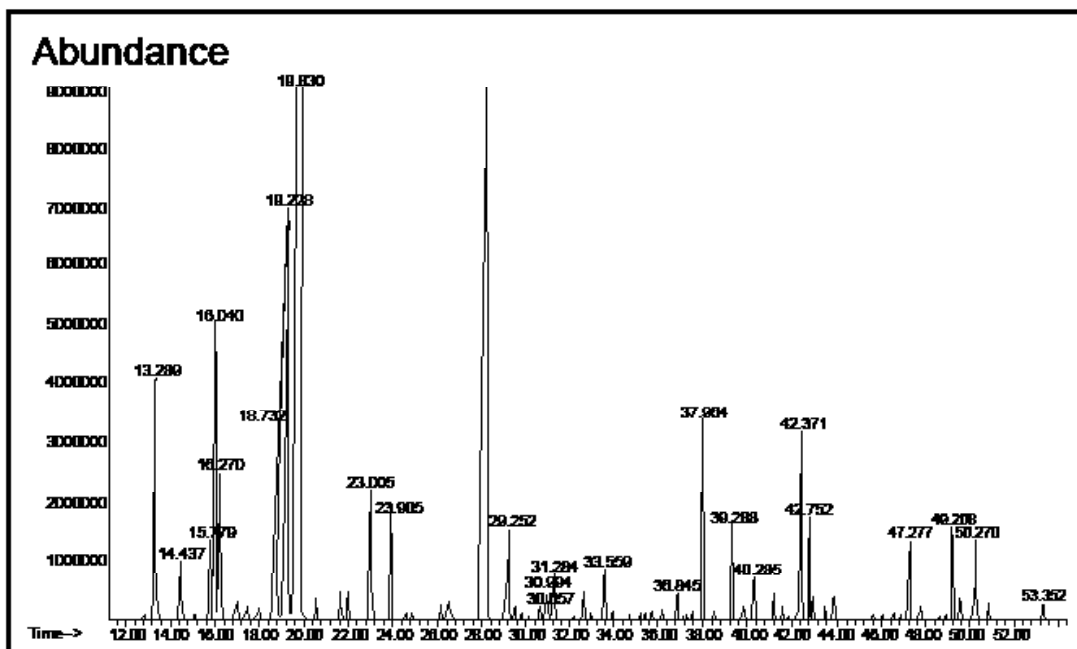


Figura 4. Cromatograma del aceite esencial de *Lavandula angustifolia*

Fuente: Palacios y Zúñiga, 2022

- Determinación de la capacidad antioxidante del aceite esencial de *lavandula angustifolia*.** La determinación de la capacidad antioxidante del aceite esencial de lavanda, se lo realizó mediante las metodologías de FRAP y ABTS, los resultados son expuestos en la Tabla 7.

Tabla 7. Ensayos de capacidad antioxidante

Ensayo	Unidades	Media (Desviación estándar)
ABTS	$\mu\text{mol ET/g}$	101,23 (1,12)
FRAP	$\mu\text{mol Fe}^{2+}/\text{g}$	88,24 (2,23)

ET: equivalente de trolox

Fuente: Palacios y Zúñiga, 2022

- Evaluación de la actividad antimicrobiana del aceite esencial de *lavandula angustifolia*.** concentración mínima inhibitoria (CMI) contra las bacterias. Los resultados, se muestran en la Tabla 6, encontrándose en el intervalo de 0,5 a 5,0 mg/L.

La actividad antibacteriana del aceite de lavanda se determinó in vitro, calculando su

Tabla 8. Ensayos de capacidad antioxidante

Microorganismo	Aceite esencial (mg/L)
<i>Salmonella enterica</i>	3,0
<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 25923	0,5
<i>Escherichia coli</i> ATCC 25922	3,0
<i>Listeria monocytogenes</i> ATCC 19115	3,0
<i>Bacillus cereus</i> ATCC 10876	5,0

Fuente: Palacios y Zúñiga, 2022

Discusión

El método de extracción, el diámetro de partícula, el tiempo y la relación masa/disolvente influyen en el rendimiento y composición del aceite esencial. Para la ejecución de la extracción se evaluaron intervalos de tiempo de 60 a 150 min y relación material/agua destilada de 1:3 a 1:5, donde se empleó un diseño de superficie de respuesta; estas condiciones fueron seleccionadas de acuerdo a los expuesto por investigaciones realizadas por Quezada et al (2019) y Soler et al (2021) y Marín (2015).

Los rendimientos de la extracción del aceite esencial de lavanda variaron entre 0,6424 y 0,2834 %. Lo que se asemeja a estudios realizados sobre la misma especie vegetal, donde los rendimientos estuvieron en el rango de 0,223 a 0,358 % (Soler, 2021), 0,7 % de rendimiento (Wilson et al., 2021) y 0,60 % de rendimiento (Danila et al., 2018).

El modelo matemático para rendimiento presentó significancia en los términos cuadráticos, además, la relación masa/agua y

el tiempo de extracción influyeron la misma proporción en el rendimiento (Tabla 4). El coeficiente de XRMA fue positivo, con esta relación el rendimiento incrementó con el incrementó de la relación masa disolvente, logrando un valor máximo de 0,6420 % a 150 min y relación masa disolvente de 1:5.

Soler (2021), encontró resultados similares en el comportamiento de la extracción de aceites esenciales de lavanda mediante arrastre de vapor. La superficie de contacto del disolvente y el material vegetal, se ven influenciados por el fenómeno de difusión y la transferencia de masa, cantidades altas de disolvente cubren una mayor superficie en el material vegetal, esto lleva a tener un mayor rendimiento del proceso de extracción (Harborne, 2018). El tiempo influye de forma directa en el rendimiento, debido a la difusión y volatilización de los componentes entre fases. Los mejores rendimientos se dan en las primeras horas de extracción, debido a la transferencia de masa de los compuestos con tendencia al equilibrio (Harborne, 2018).

Los compuestos volátiles que aparecen en mayor cantidad en el aceite esencial de lavanda son: el eucaliptol (44,78 %) y en menor cantidad el borneol (11,69 %). Los dos componentes pertenecen al grupo de los terpenos (Eslahi et al., 2017).

La composición del aceite esencial del aceite optimizado, difiere a lo planteado por Germinara et al. (2017) donde reporta al linalol (23,8%) y el borneol (10,7%) como compuestos principales, Wilson et al. (2021) reporta que el linalol acetato (34,3%) y linalol (26,5%) son los compuestos principales, además Danila et al. (2018) indica que el linalool (44.65%) y eucalyptol (15.44%) con los compuestos mayoritarios. La composición química de los aceites esenciales de las mismas especies, pueden variar debido al clima, tiempo de cosecha y locación geográfica (Verma y Shukla, 2015).

El aceite esencial de lavanda reflejó una buena característica para eliminar radicales libres, la capacidad antioxidante obtenida por las metodologías de FRAP y ABTS fueron de 88,24 $\mu\text{mol Fe}^{2+}/\text{g}$ y 101,23 $\mu\text{mol ET} / \text{g}$ respectivamente.

La actividad antioxidante del aceite de lavanda tiene semejanza a lo expuesto por Geovannini et al. (2016) el que reportó datos de FRAP de 28 μmol equivalente FeSO_4/mL y ABTS de 110 μmol equivalente ácido ascórbico/ mL , Carrasco (2015) indicó para ABTS 165 a 170 μmol equivalentes de trolox/ mL , Bogdan et al (2021) publicó valores 71,85 μmol equivalente trolox/ mL para la metodología de ABTS.

La variada composición química de la planta de lavanda, hace que presente una alta actividad

antioxidante, especialmente marcada por la presencia de aceites esenciales y compuestos fenólicos. El linalool y el acetato de linalool, son los compuestos principales de las flores de lavanda, independiente de la fase de desarrollo (Nurzyńska et al., 2016).

El aceite esencial de lavanda presentó una efectividad alta frente a las cepas bacterianas evaluadas, según los ensayos se puede plantear el siguiente orden de efectividad en la CMI: *Staphylococcus aureus* ATTC25923 > *Salmonella entérica* = *Escherichia coli* ATTC25922 = *Listeria monocytogenes* ATTC 19115 = *Bacillus cereus* ATTC 10876. La bacteria *Bacillus cereus* ATCC 10876 mostró mayor resistencia con una CMI de 5,0 mg/L. En otras investigaciones se presentaron valores parecidos Giovannini et al. (2016) expuso valores de CMI de 0,2 mg/L para el *Staphylococcus aureus*, Hossain et al. (2017) indica una CMI para la *Salmonella entérica* y *Pseudomonas aeruginosa* del 2,0 y 4,0 mg/L respectivamente, además Ciocarlan et al (2021) indicó un CMI 0,3 $\mu\text{g/L}$ de aceite frente *Bacillus subtilis*.

La actividad antimicrobiana del aceite de lavanda, está relacionada al contenido de alcoholes y ésteres (Kosakowska et al., 2021; Sayout et al., 2020). El aceite esencial mostró mejor actividad contra bacterias Gram-negativas. Los mecanismos de acción contra los microorganismos, deben ser mayormente investigadas, pero se asume que el aceite esencial destruye o activa directamente las dianas moleculares (Kosakowska et al., 2021; Sayout et al., 2020).

El compuesto mayoritario el Eucaliptol, posee actividad antimicrobiana en bacterias

Gram-positivas y Gram-negativas, tales efectos ocurren porque el compuesto altera la permeabilidad y la función de la membrana celular, induciendo a la filtración intracelular y alteración morfológica de la célula microbiana (Granados et al., 2015).

Conclusiones

Las condiciones óptimas de extracción del aceite esencial correspondieron a la mejor combinación que corresponde a una relación de masa/disolvente de 1:5 y tiempo 150 minutos, donde se obtuvo un rendimiento 0,6499%. El aceite esencial optimizado presentó una alta cantidad de compuestos terpenos, donde aparecen como compuestos principales el eucaliptol (44,78 %) y bermeol (11,69 %). En la capacidad antioxidante, mediante las metodologías de FRAP y ABTS se obtuvo 88,24 $\mu\text{mol Fe}^{2+}/\text{g}$ y 101,23 μmol de Trolox/g, respectivamente. La alta capacidad antioxidante denota una buena captación de radicales libres. El aceite esencial de lavanda presentó una alta eficacia antimicrobiana frente a la *Salmonella entérica*, *Listeria monocytogenes* (ATTC 19115), *Escherichia coli* (ATTC 25922), *Pseudomonas aeruginosa* (ATCC 27853), *Bacillus cereus* (ATTC 10876) y *Staphylococcus aureus* (ATTC 25923).

Literatura citada

- Bakkali F., Averbeck, S., Averbeck D., Idaomar M. (2008). Biological effects of essential oils: A review. Food and chemical toxicology, 46(2), 446-475.
- Bogdan, M. A., Bungau, S., Tit, D. M., Zaha, D. C., Nechifor, A. C., Behl, T., Copolovici, D. M. (2021). Chemical

Profile, Antioxidant Capacity, and Antimicrobial Activity of Essential Oils Extracted from Three Different Varieties (Moldoveanca 4, Vis Magic 10, and Alba 7) of *Lavandula angustifolia*. Molecules, 26(14), 4381.

- Carrasco Ruiz, A. (2016). Caracterización y bioactividad antioxidante y antienzimática de aceites esenciales de lavandas, tomillos y oréganos de Murcia. Proyecto de investigación:.
- Ciocarlan, A., Lupascu, L., Aricu, A., Dragalin, I., Popescu, V., Geana, E. I., Zinicovscaia, I. (2021). Chemical Composition and Assessment of Antimicrobial Activity of Lavender Essential Oil and Some By-Products. Plant, 10(9), 1829.
- Danila, E., Kaya, D. A., Patrascu, M. A. R. I. A. N. A., Kaya, M. A., & Kumbakisaka, S. (2018). Comparative Study of *Lavandula angustifolia* Essential Oils Obtained by Microwave and Classical Hydrodistillation. Rev. Chim (Bucharest), 69, 2240-2244.
- Del Villar J., Herráiz M. (2010). Guía de plantas medicinales del Magreb. Barcelona : Fundación Dr. Antoni Esteve.
- Eslahi H., Fahimi N., Sardarian A.R. . (2017). Chemical composition of essential oils. En: Essential Oils in Food Processing: Chemistry, Safety and Applications, . Hashemi S.M.B., Khaneghah A.M., de Souza Sant'Ana A. (Eds.). Wiley-Blackwell, , 119-125.
- Gaibor, F., Rodríguez, R., García, M., Casariego, A. (2017). Optimización del proceso de extracción hidroalcohólica a partir de la pulpa de cerezo negro

- (*Syzygiumcumini* L. Skeels). *Ciencia y Tecnología de los Alimentos*, 27(2): 51:59.
- Giovannini, A.; Gismondi, A. ; Basso, L.; Canuti, R.; Braglia, A.; Canini, F. (2016). *Lavandula angustifolia* Mill. Essential Oil Exerts Antibacterial and Anti-Inflammatory Effect in Macrophage Mediated Immune Response to *Staphylococcus aureus*. *Journal of Molecular and Cellular Immunology*, 45(1): 11–28.
- Hadjadj, N., Hazzit, M. (2020). Analysis and Antioxidant Activity of Essential Oils and Methanol Extracts of *Origanum*. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 23(1), 85–96.
- Harborne, J. (2018). *Phytochemical Methods*. Hird edition. Ed. Chapman & Hall, London. 1998. pp. 295., 295.
- Hernández, A. K. E., Morales, M. A. R., Castro, Á. J. A., Morales, J. R. Z., & Macías, C. L. M. . (2017). Emulgel de aceite esencial de lavanda. *Revista de difusión científica Jóvenes en la Ciencia* , 3(2), 523-526.
- Hossain, S.; Heo, H.; De Silva, H. (2017). Antibacterial activity of essential oil from lavender (*Lavandula angustifolia*) against pet turtle-borne pathogenic bacteria. *Lab Anim Res*, 33(3): 195-201.
- Jo, Y.; Cho H., Chun J. (2021). Antioxidant activity of b-cyclodextrin inclusion complexes containing trans-cinnamaldehyde by DPPH, ABTS and FRAP. *Food Science Biotechnology*, 30(6):807–814.
- Khorshidian, N., Yousefi, M., Khanniri, E., Mortazavian, A.M. (2018). Potential application of essential oils as antimicrobial preservatives in cheese. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 45:62-72.
- Marín I. (2015). Actividad antioxidante y antibacteriana de aceites esenciales de ecológicos de hinojo, perejil y lavanda. Universidad Miguel Hernández, 1-110.
- Mena, C., Silva, B., Medina, A.,. (2020). Composición química y actividad biológica de los aceites esenciales de Lamiaceas, Asteraceas, Vervencas: Una revisión. *Infoanalítica*, 8. doi:<https://doi.org/10.26807/ia.vi.177>
- Merghni, A., Noumi, E., Hadded, O., Dridi, N., Panwar, H., Ceylan, O. (2018). Assessment of the antibiofilm and quorum sensing activities of *Eucalyptus globulus* essential oil and its main component 1,8-cineole against methicillin-resist *Staphylococcus* strains. *Microbial Pathogenesis*, 118:74-80.
- Moreira, P. (2017). *Lavanda (Lavandula Langustifolia)* (Vol. 5). España : Edición Kindle.
- Najibullah, S., Ahamad, J., Aldahish, A. (2021). Chemical Characterization and -Glucosidase Inhibitory Activity of Essential Oil of *Lavandula angustifolia* Flowers. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 24 (3): 431 - 438.
- Nazem, V., Sabzalian, M., Saeidi, G. (2019). Essential oil yield and composition and secondary metabolites in self- and Essential oil yield and composition and secondary metabolites in self- and. *Industrial Crops & Products*, 332-340.

- Nurzyńska-Wierdak, R; Zawiślak, G. (2016). Chemical composition and antioxidant activity of lavender (*Lavandula angustifolia* Mill.) aboveground parts. *Acta Sci. Pol. Hortorum Cultus*, 15(5): 225-241.
- Palacios, O., Zuñiga, L. (2022). Extracción del aceite esencial de lavanda (*Lavándula angustifolia*) mediante la metodología de arrastre de vapor. Ecuador - Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi.
- Pérez, V. (2018). Estructura química de algunos componentes del extracto etanólico del fruto *bunchosia armeniaca* (cansa boca) con actividad antioxidante y antimicrobiana. Perú: Universidad Inca Garcilazo de la Vega .
- Quezada, W., Quezada, D., Gallardo, A., Cevallos, E., Rojas, J. (2019). Extraction and chemical characterization of the essential oil of *Tagetes pusilla*, in fresh and stored samples. *Afinidad*, 307-311.
- Ruiz, C., Díaz, C., Rojas, R. (2015). Composición química de aceites esenciales de 10 plantas aromáticas peruanas. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 81(2), 81-94.
- Saifullah, M., Islam Shishir, M. R., Ferdowsi, R., Tanver, R., Van Vuong, Q. (2019). Micro and nano encapsulation, retention and controlled release of flavor and aroma compounds: A critical review. *Trends in Food Science & Technology*, 86: 230-251.
- Sayout, A., Ouarhach, A., Dilagui, I. (2020). Antibacterial activity and chemical composition of essential oil from *Lavandula tenuisecta* Coss.ex Ball. an endemic species from Morocco. *European Journal of Integrative Medicine*, 33:81-98.
- Soler, R. (2021). Extracción asistida por ultrasonido de compuestos de valor añadido. Linares: Escuela Politécnica Superior de Linares.
- Verma N., Shukla, S. (2015). Impact of various factors responsible for fluctuation in plant secondary metabolites. *JARMAP*, 2 (4): 105-113.
- Wilson, T., Poulson, A., Packer, C. (2021). Essential Oil Profile and Yield of Corolla, Calyx, Leaf, and Whole Flowering Top of Cultivated *Lavandula angustifolia* Mill. (Lamiaceae) from Utah. *Molecules*: 26, 2-10.