

Variación estacional del rendimiento de extracción y actividad biológica in vitro del aceite esencial de *Lippia alba* (pampa orégano)

Seasonal variation of extraction yield and in vitro biological activity of *Lippia alba* (pampa orégano) essential oil

Fernández-Rosillo, Frank^{1*}; Aguirre-Vargas, Elza Berta¹

¹Escuela de Posgrado, Universidad Nacional del Santa, Chimbote, Perú

Recibido: 09/10/2024 | Aceptado: 04/11/2024 | Publicado: 17/12/2024

Correspondencia*: frank.fernandez.rosillo@gmail.com

RESUMEN

Los aceites esenciales (AE) son una mezcla compleja de compuestos aromáticos y volátiles, debido a sus propiedades biológicas están ganando interés como una alternativa potencial y viable dentro de la producción de alimentos en la categoría de aditivos con tendencia natural. La investigación tuvo como objetivo estimar el rendimiento de extracción en dos épocas del año (estación seca y lluviosa) y la actividad biológica in vitro del AE de *Lippia alba* (pampa orégano). La extracción del AE se realizó por hidrodestilación (equipo Clevenger), se evaluó la actividad antibacteriana in vitro por el método de difusión en disco frente a tres especies bacterianas asociadas con el deterioro de alimentos *Escherichia coli*, *Salmonella enteritidis* y *Staphylococcus aureus*, se determinó la capacidad antioxidante mediante los ensayos DPPH, FRAP, ABTS y el contenido total de compuestos fenólicos por el método de Folin-Ciocalteu. Los resultados mostraron un incremento en el rendimiento de extracción de 106.3% para la época lluviosa. El AE exhibió una actividad baja frente a las bacterias estudiadas y la capacidad antioxidante mostró resultados diferenciados, para DPPH 12.24 $\mu\text{mol Trolox/g}$, FRAP 57.64 $\mu\text{mol Fe}^{2+}/\text{g}$ muestra, ABTS 14.41 $\mu\text{mol Trolox/g}$ muestra y 72.69 mg ácido gálico/g muestra con respecto al contenido de compuestos fenólicos.

Palabras clave: Actividad antibacteriana; capacidad antioxidante; compuestos fenólicos; hidrodestilación

ABSTRACT

Essential oils (EO) are a complex mixture of aromatic and volatile compounds, and due to their biological properties they are gaining interest as a potential and viable alternative in food production in the category of additives with a natural tendency. The objective of the research was to estimate the extraction yield in two seasons (dry and rainy season) and the in vitro biological activity of the EO of *Lippia alba* (pampas oregano). EO extraction was performed by hydrodistillation (Clevenger equipment), in vitro antibacterial activity was evaluated by the disk diffusion method against three bacterial species associated with food spoilage *Escherichia coli*, *Salmonella enteritidis* and *Staphylococcus aureus*, antioxidant capacity was determined by DPPH, FRAP, ABTS assays and the total content of phenolic compounds by the Folin-Ciocalteu method. The results showed an increase in extraction yield of 106.3% for the rainy season. The EO exhibited low activity against the bacteria studied and the antioxidant capacity showed differentiated results, for DPPH 12.24 $\mu\text{mol Trolox/g}$, FRAP 57.64 $\mu\text{mol Fe}^{2+}/\text{g}$ sample, ABTS 14.41 $\mu\text{mol Trolox/g}$ sample and 72.69 mg gallic acid/g sample with respect to the content of phenolic compounds.

Keywords: Antibacterial activity; antioxidant capacity; phenolic compounds; hydrodistillation

Cómo citar este artículo: Fernández-Rosillo, F. & Aguirre-Vargas, E.B. (2024). Variación estacional del rendimiento de extracción y actividad biológica in vitro del aceite esencial de *Lippia alba* (pampa orégano). *Revista Científica Dékamu Agropec*, 5(2), 1-12. <https://doi.org/10.55996/dekamuagropec.v5i2.273>

1. INTRODUCCIÓN

El Perú es un país que tiene una gran diversidad vegetal, la cual comprende el 8% de la diversidad vegetal mundial, con alrededor de 20 000 especies de plantas, siendo gran parte de ellas nativas (Kloucek et al., 2005). Cada región del Perú posee una riqueza vegetal característica conocidas y usadas tradicionalmente por la población local por sus actividades antimicrobianas, antiinflamatorias, larvicidas, repelentes y antiparasitarias (Bussmann et al., 2011). Sin embargo, pocas especies vegetales peruanas nativas y no-nativas han sido estudiadas en relación a sus propiedades biológicas (Castro–Alayo et al., 2019). Las plantas de la familia *Verbenaceae* están conformadas por hierbas, árboles y arbustos, estas se distribuyen por Sudamérica, Centroamérica y África tropical, consta de alrededor de 90 géneros y 2 000 especies (Pascual et al., 2001), dentro de las cuales se incluyen al género *Lippia* y a la especie *Lippia alba* (Linde et al., 2016; Mamun-Or-Rashid et al., 2013), arbusto conocido en el Perú como pampa orégano (Pezo-Pérez & Gonzales-Coral, 2016).

La tendencia del uso de aditivos naturales en la producción de alimentos (Konfo et al., 2023) responde a la percepción negativa de los consumidores sobre los alimentos procesados que hacen uso de aditivos químicos sintéticos, ya que muchos de estos pueden tener un impacto perjudicial en la salud del consumidor, tales como causar alergias, ser carcinogénicos (López et al., 2021), o que están asociadas con intoxicaciones alimentarias, así como con el surgimiento de resistencia microbiana a algunos conservantes (aditivos antimicrobianos) como los sorbatos, benzoatos, entre otros (Ozdikmenli & Demirel Zorba, 2016). Dentro de la categoría de aditivos con tendencia natural, los AE están ganando interés como una alternativa potencial y viable, ya que poseen diversas propiedades biológicas, tales como: antibacteriana antifúngica y antioxidante (Fang et al., 2025; Lam-Gutiérrez et al., 2024; López-Hernández et al., 2024), pero también, pueden proporcionar aroma (aromatizantes) y sabor (saborizantes) a los alimentos, mejorando así sus propiedades sensoriales (Souza et al., 2024). Un AE es una mezcla compleja de compuestos aromáticos y volátiles formados en el metabolismo secundario de las plantas y son responsables del aroma característico de estas (Ruiz et al., 2015), se obtienen de diferentes partes, como de hojas, tallos, semillas, frutos, flores, raíces y cortezas, mediante el uso de diferentes métodos de extracción como la hidrodestilación, arrastre por vapor, prensado en frío, fluido supercrítico, entre otros (Burt, 2004).

Se ha reportado el estudio de la actividad biológica del AE de *Lippia alba* como analgésico, antiinflamatorio, antipirético sedante, antidiarreico, antifúngico, en enfermedades intestinales y hepáticas, anticolesterolémico, larvicida, repelente, antimicrobiano, antiviral, antimalaria y molusquicida (Mamun-Or-Rashid et al., 2013; Pascual et al., 2001; Pérez Cordero et al., 2017) y de plantas peruanas, por ejemplo, la actividad antimicrobiana del AE de Palo Santo (*Bursera graveolens*) contra *Bacillus cereus* y *Clostridium perfringens* (Sotelo Mendez et al., 2017), del AE de *Ageratina pentlandiana* y *Peperomia galioides* contra *S. aureus*, *S. epidermis*, *B. subtilis*, *B. cereus*, *E. coli*, *Salmonella Typhimurium*, *Enterococcus faecalis* y *Proteus vulgaris* (Solís-Quispe et al., 2019), al igual que el AE de *Lantana camara* (yerba de la maestranza) que ha mostrado potencial para inhibir a *S. aureus*, *Micrococcus luteus* y *Listeria monocytogenes* (Requelme Bautista, 2020). Asimismo, una relevante actividad antioxidante exhibidos por el AE de *Hedeoma mandoniana* (Solís-Quispe et al., 2018), de *Schinus areira* L. y de *Minthostachys spicata* (Solís-Quispe et al., 2016).

No obstante, existen estudios que demuestran la viable aplicación de los AE en la conservación de alimentos, por ejemplo: en frutas frescas a través del uso de películas comestibles incorporadas con AE (Sánchez Aldana et al., 2015; Marzo Rojas, 2010), en carne y productos cárnicos como antioxidante natural para prevenir las reacciones de oxidación (Pateiro et al., 2018) o como agente antimicrobiano para mejorar la estabilidad microbiológica (Jayasena & Jo, 2013), en bebidas como agente antimicrobiano y aromatizante natural (Armijos et al., 2018), en productos de panadería

como agente antifúngico o conservante natural entre otros (Gavahian et al., 2020). El objetivo de la investigación consistió en determinar el rendimiento de extracción del AE de *Lippia alba* en dos épocas del año, estación seca y lluviosa, evaluar la actividad antibacteriana in vitro del AE por el método de difusión en disco frente a tres especies bacterianas *E. coli*, *Salmonella enteritidis* y *S. aureus*, determinar la capacidad antioxidante mediante los ensayos DPPH, FRAP, ABTS y el contenido total de compuestos fenólicos para visar su posible uso en la industria alimentaria.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Recolección y procesamiento del material vegetal

Identificación de la especie vegetal

La especie vegetal *Lippia alba* (pampa orégano) fue identificada por el Ingeniero Forestal y Ambiental Jorge Antonio Fernández Jibaja y el Biólogo Dr. Alexander Huamán Mera y contó con la autorización para fines de investigación científica de flora silvestre con colecta a la Administración Técnica Forestal y de Fauna Silvestre de la región Cajamarca de la Autoridad Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR) mediante acto resolutivo: RA N° D000122-2022-MIDAGRI-SERFOR-ATFFS-CAJAMARCA.

Colecta y georreferenciación

Las hojas frescas de *Lippia alba* se colectaron in situ en el sector Tabacal del distrito de Jaén, Provincia de Jaén, Cajamarca, Perú, se anotaron las coordenadas con GPS (Garmin, GPSMAP 64sx), ubicadas en el sistema de coordenadas Universal Transversa de Mercator (UTM) con X=739986, Y= 9365111 a los 1260 m.s.n.m. La colecta se ejecutó en 2 épocas estacionales, septiembre de 2023 (estación seca) y febrero de 2024 (estación lluviosa).

Pre tratamiento del material vegetal

Las hojas frescas se limpiaron y seleccionaron separando aquellas con daños físicos, con presencia de hongos y/o cualquier impureza impregnada. Las hojas se secaron bajo sombra por un periodo de 72 horas a temperatura ambiente, se extendieron sobre mantas limpias, permitiendo la transferencia del flujo de aire a todo el material vegetal y finalmente, las hojas secas se cortaron en trozos pequeños y se trituraron utilizando un molino eléctrico con motor, hasta obtener una muestra homogénea de partículas pequeñas (Fernández Rosillo et al., 2024).

2.2. Hidrodestilación del aceite esencial

La extracción del AE se realizó por hidrodestilación, empleando un equipo Clevenger a una temperatura de 400 °C. La proporción peso/volumen fue 300 g de muestra vegetal y 3300 ml de agua destilada (1/11). Finalmente se calculó el rendimiento de extracción para cada estación, mediante la ecuación (1) (Rao et al., 2005).

$$Y = \frac{V * 100}{W} \quad (1)$$

Y es el rendimiento obtenido del AE (%), V es el volumen de AE de *Lippia alba* extraído (mL), y W es la cantidad de muestra vegetal que se utilizó (g).

2.3. Evaluación de la actividad biológica in vitro

Determinación de la actividad antibacteriana

El AE se evaluó puro (100%), utilizando el método de difusión en disco sobre *E. coli* ATCC 25922, *Salmonella enteritidis* ATCC 13076 y *S. aureus* ATCC 25923, siguiendo el protocolo M02-A11 de la

Clinical and Laboratory Standards Institute (Clinical and Laboratory Standards Institute, 2012). Las cepas bacterianas se cultivaron en Tryptic soy agar (TSA) y las colonias aisladas de cada bacteria se transfirieron a tubos de solución salina estéril (NaCl 0.85%) hasta alcanzar una densidad óptica de 0.08 a 0.1 de absorbancia a la longitud de onda de 625 nm, que corresponde al estándar 0.5 McFarland equivalente a $1-2 \times 10^8$ CFU/MI (CLSI, 2012b). Este fue el inóculo o solución bacteriana de trabajo. Seguidamente, las placas de agar Mueller Hinton (MH) fueron inoculadas con el inóculo bacteriano respectivo con la ayuda de un isopo estéril. 10 μ L de cada AE (100%) fueron colocados en discos de papel estériles (Whatman No 3) de 6 mm de diámetro, los cuales se transfirieron a las placas de agar MH. En cada placa se colocaron tres discos conteniendo el mismo AE y un disco de antibiótico estreptomycin como control positivo. Luego, las placas de agar MH se incubaron a 37°C durante 20 h. Después del periodo de incubación, los diámetros de la zona de inhibición (DZI) se midieron haciendo uso de un vernier. El experimento se llevó a cabo en triplicado (Sinche Ambrosio, 2020). Con los valores de los DZI del crecimiento de los microorganismos se calculó para el AE y cada microorganismo el porcentaje del efecto inhibitorio relativo (PIR) respecto al control positivo. El PIR se obtuvo aplicando la ecuación (2) (Martínez, 2003) y la actividad antibacteriana se consideró alta, cuando el PIR fue mayor que 70%, intermedia, entre 50 - 70% y baja, cuando fue menor a 50% (Ramírez A. & Díaz B., 2007).

$$PIR = \left(\frac{\text{Media del diámetro del halo de inhibición}}{\text{Diámetro del halo de inhibición del control positivo}} \right) \times 100 \quad (2)$$

Determinación de la capacidad antioxidante

La capacidad antioxidante se determinó por los ensayos DPPH, ABTS y FRAP.

Ensayo DPPH: Se siguió el método de radical libre 2,2-difenil-1-picryl-hidrazyl-hidrato (DPPH) propuesto por Scherer & Godoy (2009). La mezcla de la reacción consistió en 500 μ L de las soluciones diluidas de los AE, 3 ml de etanol y 300 μ L de solución del radical DPPH (150 μ M) en etanol. Después, la reacción se dejó 45 minutos bajo oscuridad y la densidad óptica se midió a 517 nm. El etanol se utilizó como el blanco y se construyó una curva de calibración con Trolox como padrón a concentraciones que oscilaron entre 10 y 100 μ M. Los resultados se expresaron en μ M de Trolox equivalente (TE) por g de la muestra (μ mol TE/gm).

Ensayo ABTS: Se siguió el método planteado por Re et al. (1999). El catión radical ABTS^{•+} se generó mediante la reacción de 5 ml de solución acuosa de ABTS (7 mM) con 88 μ L de persulfato de potasio 140 mM (concentración final de 2.45 mM). La mezcla se mantuvo en la oscuridad durante 16 h antes de su uso y luego se diluyó con 50% de etanol para obtener una absorbancia de 1.0 ± 0.02 unidades a 734 nm usando un espectrofotómetro. Se dejó que los AE (30 μ L) o una sustancia de referencia (Trolox) reaccionaran con 3 ml de la solución radical ABTS azul-verde. La disminución de la absorbancia a 734 nm se midió después de 6 min. Para la calibración se utilizaron soluciones etanólicas de concentraciones conocidas de Trolox. Los resultados se expresaron como micromoles de equivalentes de Trolox (TE) por gramo de muestra (μ mol de TE/gm).

Ensayo FRAP: Se tomó como referencia a Benzie & Strain (1996) con algunas modificaciones, el reactivo FRAP se preparó haciendo una mezcla de 0.3 M tampón acetado (pH 3,6), 0.1 M TPTZ diluido en ácido clorhídrico 0.4 M y 0.2 M de cloruro férrico hexahidratado (FeCl₃ · 6H₂O) en proporción de 10:1:1 de cada reactivo. El reactivo se pipeteó a tubos de ensayo de 2.7 mL, a continuación, se le agregó 90 μ L de AE y 270 μ L de agua destilada, luego se llevó a baño maría a 30 °C durante 4 minutos, finalmente se pasó lectura a 593 nm en un espectrofotómetro (marca: EMCLAB, modelo: EMC-11-UV, fabricado en Alemania). La capacidad antioxidante se determinó a partir de una curva de calibración lineal de sulfato ferroso heptahidratado (FeSO₄ · 7H₂O) de 200 a

3800 μm de concentración. Las muestras se realizaron por triplicado y los resultados fueron expresados en $\mu\text{mol Fe}^{2+}/\text{gm}$.

Determinación del contenido total de compuestos fenólicos

Se determinó utilizando el método de Folin-Ciocalteu descrito por Singleton et al. (1999) con algunas modificaciones. El AE se diluyó en etanol y esta solución se homogenizó por 45 minutos en un baño de ultrasonido a 45°C. Los AE (150 μl) se mezclaron con 750 μl de reactivo de Folin-Ciocalteu (1:10) y 600 μl de 7.5 % de Na_2CO_3 . La densidad óptica se midió utilizando un espectrofotómetro a 740 nm después de 2 h de incubación a temperatura ambiente en la oscuridad. Un blanco se preparó en condiciones similares con agua destilada. Los resultados se expresaron como mg equivalentes de ácido gálico por g de muestra (mg AGE/g).

3. RESULTADOS

3.1. Rendimiento de extracción del aceite esencial

El procesamiento de extracción se muestra en la figura 1 y la comparación de los resultados del rendimiento de extracción del AE para cada estación se evidencia en la tabla 1, mostrando que el tiempo de caída de la primera gota es más rápido para la época lluviosa, asimismo se infiere que se produce un incremento en el rendimiento de 106.3% para la misma estación.



Figura 1. Procesamiento de extracción del aceite esencial de *Lippia alba*

Tabla 1. Procesamiento de extracción del aceite esencial de *Lippia alba*

<i>Lippia alba</i>	Estación seca (septiembre 2023)	Estación lluviosa (febrero 2024)
Tiempo de caída de la primera gota de AE (min)	44	40
Volumen extraído de AE (mL)	0.50 ± 0.007	1.0 ± 0.008
Rendimiento de extracción del AE (%)	0.16	0.33

Leyenda: ± = desviación media estándar

3.2. Evaluación de la actividad antibacteriana in vitro del AE

En la figura 2, se observa los resultados del método de difusión en disco, mostrando los halos de inhibición para cada microorganismo y el antibiótico control (estreptomomicina), asimismo en la tabla 2 se exhibe los valores de los promedios de los halos de inhibición, el PIR y la actividad antibacteriana, en la cual se evidencia que el AE de *Lippia alba* posee un efecto inhibitor bajo frente a los tres microorganismos del estudio, no obstante, el mayor valor del PIR se exhibió frente a *S. aureus*.

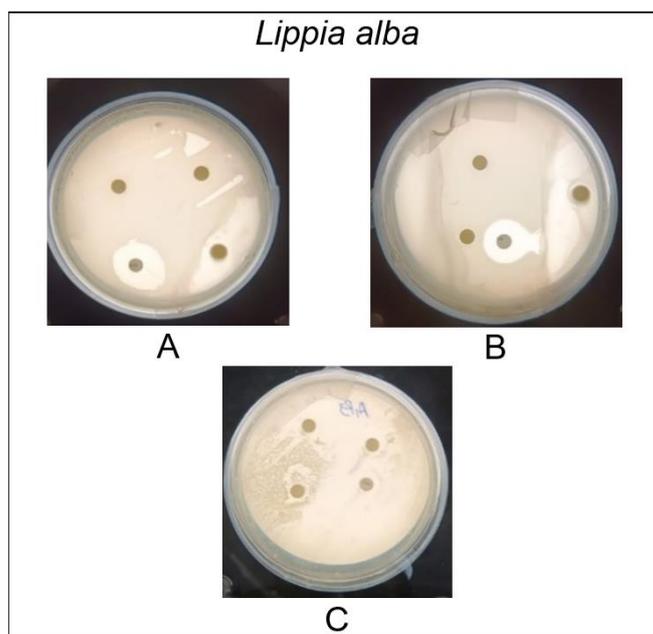


Figura 2. Ensayo de inhibición con 01 sensidisco con antibiótico y 03 con AE de *Lippia alba* frente a A: *E. coli*, B: *Salmonella enteritidis* y C: *S. aureus*

Tabla 2. Actividad antibacteriana in vitro por el método de difusión en disco del AE de *Lippia alba*

Microorganismo	<i>Lippia alba</i>			Actividad
	Zona de inhibición (mm) del Antibiótico control (Estreptomomicina)	Zona de inhibición (mm) del AE	Porcentaje de inhibición relativo (%)	
<i>E. coli</i>	17.67 ± 3.79	7.02 ± 0.56	39.75	Baja
<i>Salmonella enteritidis</i>	22.00 ± 8.89	6.69 ± 0.92	30.4	Baja
<i>S. aureus</i>	32.33 ± 4.62	15.67 ± 9.35	48.45	Baja

Leyenda: ± = desviación media estándar

3.3. Determinación de la capacidad antioxidante y contenido total de compuestos fenólicos del AE

La tabla 3 exhibe diferencias significativas entre los resultados de los ensayos de la capacidad antioxidante para los ensayos DPPH, FRAP, ABTS, y del contenido total de compuestos fenólicos del AE de *Lippia alba*.

Tabla 3. Capacidad antioxidante y contenido total de compuestos fenólicos del AE de *Lippia alba*

<i>Lippia alba</i>			
Capacidad antioxidante			Compuestos fenólicos
	Ensayo		Método
DPPH ($\mu\text{mol Trolox/g}$ muestra)	FRAP ($\mu\text{mol Fe}^{2+}/\text{g}$ muestra)	ABTS ($\mu\text{mol Trolox/g}$ muestra)	Folin-Ciocalteu (mg GAE/g muestra)
12.24 ^b \pm 0.18	57.64 ^e \pm 2.29	14.41 ^d \pm 0.13	72.69 ^f \pm 1.89

Leyenda: \pm = desviación media estándar. Letras diferentes representan diferencias significativas entre los tratamientos

4. DISCUSIÓN

Estudios muestran rendimientos de extracción del AE de *Lippia alba* extraída de hojas frescas por hidrodestilación, Aular et al. (2016) reportaron un rendimiento de extracción de 0.83%, Santos et al. (2016) de 1.00%, asimismo (Teles et al., 2012) mostraron tres rendimientos de extracción 0.82, 1.56 y 2.22% en diferentes zonas geográficas, resultados mayores a los obtenidos en la investigación para la época seca y lluviosa que correspondió a 0.16 y 0.33% respectivamente; no obstante, estos rendimientos son mayores al reportado por Glamočlija et al. (2011) que obtuvo 0.15%.

La variación estacional del rendimiento de extracción del estudio concuerda con El Ahrar (2016) que en su estudio reporta una variación en los rendimientos del AE de *Mentha longifolia L.*, de igual manera con Smitha & Vandana (2016) que reportaron que el contenido de los AE obtenidos de distintas especies de *Ocimum* varían ampliamente según la época de cosecha, asimismo con la investigación de (Perigo et al., 2016) en la cual reportaron que el contenido de los aceites extraídos de once especies de Piper están influenciadas por las condiciones ambientales; no obstante los resultados de la investigación donde se evidencia que en la época de lluvias se obtiene un mayor rendimiento del AE difiere de lo reportado por Liao et al. (2021) donde indican que los rendimientos de los AE extraídos de *Lavandín* en distintas estaciones exhiben comportamientos más bajos en invierno y los más altos en verano y con Pinheiro et al. (2016) que evaluaron el efecto de la estacionalidad sobre el rendimiento y la composición química del AE de *Hesperozygis ringens (Benth) Epling*, donde los rendimientos más elevados se alcanzaron en otoño, primavera y verano, mientras que los más bajos se mostraron en invierno.

Con respecto a la actividad antibacteriana, la investigación se asemeja en comparación con los resultados exhibidos para otras especies frente a los microorganismos estudiados, Yasunaka et al. (2005) y Setzer et al. (2008) reportaron para el AE de *Piper amalago*, exhibió una débil actividad frente a *E. coli* y *S. aureus* y Araujo Baptista et al. (2019) mostraron un efecto moderado contra *S. aureus*.

La investigación exhibe un contenido de compuestos fenólicos totales mayor que los obtenidos por Proestos et al. (2013) para distintos aceites que oscilan entre 1.0 y 18 mg GAE/g, así como mayores contenidos que los reportados para treinta y nueve de cuarenta y dos AE reportado por (Lin et al. (2020) los cuales variaron entre 4.05 y 57.69 ($\mu\text{g GAE}/5 \text{ mg}$), y también para el AE de *B. graveolens* (palo santo) que estimaron en 5.71 mg equivalentes de ácido gálico/100 g de AE Mendez et al.

(2017). No obstante, la investigación exhibe mejores resultados en el ensayo ABTS que los obtenidos por (Guerrini et al., 2009) para *Piper aduncum* y semejantes a lo reportado por (Castro-Alayo et al., 2019) para los AE de *Tagetes minuta* (huacatay) y *Minthostachys mollis* (muña).

CONCLUSIONES

Se determinó el rendimiento de extracción del AE de *Lippia alba* en dos épocas del año, estación seca y lluviosa, mostrando un incremento en el rendimiento de 106.3% para la época lluviosa. Se evaluó la actividad antibacteriana *in vitro* del AE por el método de difusión en disco frente a tres especies bacterianas *E. coli*, *Salmonella enteritidis* y *S. aureus*, asociadas con el deterioro de alimentos, calculando los PIR se determinó una actividad baja contra cada microorganismo y se determinó la capacidad antioxidante mediante los ensayos DPPH, FRAP, ABTS y el contenido total de compuestos fenólicos, mostrando resultados diferenciados, para DPPH 12.24 $\mu\text{mol Trolox/g}$, FRAP 57.64 $\mu\text{mol Fe}^{2+}/\text{g}$ muestra, ABTS 14.41 $\mu\text{mol Trolox/g}$ muestra y con respecto al contenido de compuestos fenólicos 72.69 mg ácido gálico/g muestra.

FINANCIAMIENTO

Los autores no recibieron ningún patrocinio para llevar a cabo este estudio-artículo.

CONFLICTO DE INTERESES

No existe ningún tipo de conflicto de interés relacionado con la materia del trabajo.

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Conceptualización, curación de datos, análisis formal, investigación, metodología, software, redacción - borrador original, redacción - revisión y edición: Fernández Rosillo, F. & Aguirre Vargas, E.B.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Araujo Baptista, L. M., Rondón Rivas, M. E., Cruz Tenempaguay, R. E., Guayanlema Chávez, J. D., Vargas Córdova, C. A., Morocho Zaragocin, S. V., & Cornejo Sotomayor, X. (2019). Antimicrobial activity of the essential oil of piper amalago l. (piperaceae) collected in coastal ecuador. *Pharmacologyonline*, 3, 15–27.
- Armijos, C., Valarezo, E., Cartuche, L., Zaragoza, T., Finzi, P. V., Mellerio, G. G., & Vidari, G. (2018). Chemical composition and antimicrobial activity of Myrcianthes fragrans essential oil, a natural aromatizer of the traditional Ecuadorian beverage colada morada. *Journal of Ethnopharmacology*, 225, 319–326. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2018.07.018>
- Aular, Y., Villamizar, M., Pérez, Y., & Pérez, V. (2016). Composición química y toxicidad aguda oral del aceite esencial de Lippia alba en ratones. *Salus*, 20(1), 43–51.
- Benzie, I. F. F., & Strain, J. J. (1996). The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a Measure of "Antioxidant Power": The FRAP Assay. *Analytical Biochemistry*, 239(1), 70–76. <https://doi.org/10.1006/abio.1996.0292>
- Burt, S. (2004). Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods—a review. *International Journal of Food Microbiology*, 94(3), 223–253. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2004.03.022>
- Bussmann, R. W., Glenn, A., Sharon, D., Chait, G., Díaz, D., Pourmand, K., Jonat, B., Somogy, S., Guardado, G., Aguirre, C., Chan, R., Meyer, K., Rothrock, A., & Townesmith, A. (2011).

- Proving that traditional knowledge works: The antibacterial activity of Northern Peruvian medicinal plants. *Ethnobotany Research and Applications*, 9, 67–98.
<https://doi.org/10.17348/era.9.0.67-96>
- Castro–Alayo, E. M., Chávez–Quintana, S. G., Auquiñivín–Silva, E. A., Fernández–Jeri, A. B., Acha–De la Cruz, O., Rodríguez–Hamamura, N., & Olivás–Orozco, G. (2019). Essential oils of native plants from Peru: Effect of the place of cultivation on the physicochemical characteristics and antioxidant activity. *Scientia Agropecuaria*, 10(4), 479–487.
<https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2019.04.04>
- Clinical and Laboratory Standards Institute. (2012). *Performance standards for antimicrobial disk susceptibility tests: Approved standard - Eleventh edition* (Vol. 32, Issue 1).
<https://doi.org/M02-A11>
- El Ahrar, A. (2016). *Variación estacional del aceite esencial obtenido de diferentes quimiotipos de Mentha longifolia L.*
- Fang, Z., Yang, Y., Lin, S., Xu, L., Chen, S., Lv, W., Wang, N., Dong, S., Lin, C., Xie, Y., Liu, J., Meng, M., Wen, W., & Yang, Y. (2025). Development and antimicrobial activity of composite edible films of chitosan and nisin incorporated with perilla essential oil-glycerol monolaurate emulsions. *Food Chemistry*, 462, 141006. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.141006>
- Fernández Rosillo, F., Quiñones Huatangari, L., Ojeda Gaona, T. S., Alfaro Montero, D. del P., Yalta Meza, R. J., Cabrejos Barrios, E. M., & Huamán Mera, A. (2024). Rendimiento de extracción por hidrodestilación del aceite esencial de Piper aduncum L. (matico) mediante un modelo cinético. *Revista Científica Dékamu Agropec*, 5(1), 33–44.
<https://doi.org/10.55996/dekamuagropec.v5i1.208>
- Gavahian, M., Chu, Y.-H., Lorenzo, J. M., Mousavi Khaneghah, A., & Barba, F. J. (2020). Essential oils as natural preservatives for bakery products: Understanding the mechanisms of action, recent findings, and applications. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 60(2), 310–321. <https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1525601>
- Glamočlija, J., Soković, M., Tešević, V., Linde, G. A., & Colauto, N. B. (2011). Chemical characterization of Lippia alba essential oil: an alternative to control green molds. *Brazilian Journal of Microbiology*, 42(4), 1537–1546. <https://doi.org/10.1590/S1517-83822011000400041>
- Guerrini, A., Sacchetti, G., Rossi, D., Paganetto, G., Muzzoli, M., Andreotti, E., Tognolini, M., Maldonado, M. E., & Bruni, R. (2009). Bioactivities of Piper aduncum L. and Piper obliquum Ruiz & Pavon (Piperaceae) essential oils from Eastern Ecuador. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 27(1), 39–48. <https://doi.org/10.1016/j.etap.2008.08.002>
- Jayasena, D. D., & Jo, C. (2013). Essential oils as potential antimicrobial agents in meat and meat products: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 34(2), 96–108.
<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2013.09.002>
- Kloucek, P., Polesny, Z., Svobodova, B., Vlkova, E., & Kokoska, L. (2005). Antibacterial screening of some Peruvian medicinal plants used in Calleria District. *Journal of Ethnopharmacology*, 99(2), 309–312. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2005.01.062>
- Konfo, T. R. C., Djouhou, F. M. C., Koudoro, Y. A., Dahouenon-Ahoussi, E., Avlessi, F., Sohounhloue, C. K. D., & Simal-Gandara, J. (2023). Essential oils as natural antioxidants for the control of food preservation. *Food Chemistry Advances*, 2, 100312.
<https://doi.org/10.1016/j.focha.2023.100312>
- Lam-Gutiérrez, A., Ayora-Talavera, T., Garrido-Ramírez, E. R., Ruíz-Valdiviezo, V. M., Guzmán-Albores, J. M., & Cristóbal-Alejo, J. (2024). Chemical composition and antifungal activity of essential oils extracted from Pimenta dioica and Piper auritum leaves grown in Mexico. *Cogent Food & Agriculture*, 10(1). <https://doi.org/10.1080/23311932.2024.2356935>

- Liao, Z., Huang, Q., Cheng, Q., Khan, S., & Yu, X. (2021). Seasonal Variation in Chemical Compositions of Essential Oils Extracted from Lavandin Flowers in the Yun-Gui Plateau of China. *Molecules*, 26(18), 5639. <https://doi.org/10.3390/molecules26185639>
- Lin, C.-W., Yu, C.-W., Wu, S.-C., & Yih, K.-H. (2020). DPPH free-radical scavenging activity, total phenolic contents and chemical composition analysis of forty-two kinds of essential oils. *Journal of Food and Drug Analysis*, 17(5). <https://doi.org/10.38212/2224-6614.2594>
- Linde, G. A., Colauto, N. B., Albertó, E., & Gazim, Z. C. (2016). Quimiotipos, Extracción, Composición y Aplicaciones del Aceite Esencial de *Lippia alba*. *Revista Brasileira de Plantas Medicinais*, 18(1), 191–200. https://doi.org/10.1590/1983-084X/15_037
- López-Hernández, M., Criollo-Nuñez, J., Beltran, J. I., & Sandoval-Aldana, A. (2024). Chemical composition and antioxidant activity of 'Nufar' basil (*Ocimum basilicum* L.) essential oil from three municipalities of Tolima, Colombia. *Food Chemistry Advances*, 5, 100819. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2024.100819>
- López, P. L., Reinante, R. D., Grosso, N. R., & Olmedo, R. H. (2021). Tendencias en la percepción de los consumidores y adquirentes sobre los aditivos alimentarios. *Nexo Agropecuario*, 9(1), 45–51.
- Mamun-Or-Rashid, A. N. M., Sen, M. K., Jamal, M. A. H. M., & Nasrin, S. (2013). A Comprehensive Ethnopharmacological Review on *Lippia Alba* M. *International Journal of Biomedical Materials Research*, 1(1), 14. <https://doi.org/10.11648/j.ijbmr.20130101.13>
- Martínez, A. (2003). Aceites Esenciales. *División de Publicaciones UIS*, 180. <https://bit.ly/3y1JZRg>
- Marzo Rojas, I. (2010). *Efecto del tipo y conocimiento de aceites esenciales sobre las propiedades mecánicas y barrera de películas comestibles basadas en zeína*.
- Ozdikmenli, S., & Demirel Zorba, N. N. (2016). Evaluation of usage of essential oils instead of spices in meat ball formulation for controlling *Salmonella* spp. *Food Science and Technology International*, 22(2), 93–101. <https://doi.org/10.1177/1082013215571118>
- Pascual, M. E., Slowing, K., Carretero, E., Sánchez Mata, D., & Villar, A. (2001). *Lippia*: traditional uses, chemistry and pharmacology: a review. *Journal of Ethnopharmacology*, 76(3), 201–214. [https://doi.org/10.1016/S0378-8741\(01\)00234-3](https://doi.org/10.1016/S0378-8741(01)00234-3)
- Pateiro, M., Barba, F. J., Domínguez, R., Sant'Ana, A. S., Mousavi Khaneghah, A., Gavahian, M., Gómez, B., & Lorenzo, J. M. (2018). Essential oils as natural additives to prevent oxidation reactions in meat and meat products: A review. *Food Research International*, 113, 156–166. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.07.014>
- Pérez Cordero, A., Chamorro Anaya, L., & Vitola Romero, D. (2017). Caracterización química y evaluación de la actividad antifúngica del aceite esencial foliar de *Lippia alba* contra *Colletotrichum gloeosporioides*. *Revista Peruana de Biología*, 24(2), 211–216. <https://doi.org/10.15381/rpb.v24i2.13499>
- Perigo, C. V., Torres, R. B., Bernacci, L. C., Guimarães, E. F., Haber, L. L., Facanali, R., Vieira, M. A. R., Quecini, V., & Marques, M. O. M. (2016). The chemical composition and antibacterial activity of eleven *Piper* species from distinct rainforest areas in Southeastern Brazil. *Industrial Crops and Products*, 94, 528–539. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.09.028>
- Pezo-Pérez, N. L., & Gonzales-Coral, A. (2016). Caracterización agronómica de pamoá orégano *Lippia alba* (Mill). *Folia Amazónica*, 9(1–2), 179. <https://doi.org/10.24841/fa.v9i1-2.175>
- Pinheiro, C. G., Machado, C. M., Amaral, L. P., Silva, D. T., Almeida, C. A. A., Longhi, S. J., Mallmann, C. A., & Heinzmann, B. M. (2016). Seasonal variability of the essential oil of *Hesperozygis ringens* (Benth.) Epling. *Brazilian Journal of Biology*, 76(1), 176–184. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.16314>

- Proestos, C., Lytoudi, K., Mavromelanidou, O., Zoumpoulakis, P., & Sinanoglou, V. (2013). Antioxidant Capacity of Selected Plant Extracts and Their Essential Oils. *Antioxidants*, 2(1), 11–22. <https://doi.org/10.3390/antiox2010011>
- Ramírez A., L. S., & Díaz B., H. E. (2007). Actividad antibacteriana de extractos y fracciones del ruibarbo (*Rumex conglomeratus*). *Scientia*, 33, 397–400.
- Rao, B. R. R., Kaul, P. N., Syamasundar, K. V., & Ramesh, S. (2005). Chemical profiles of primary and secondary essential oils of palmarosa (*Cymbopogon martinii* (Roxb.) Wats var. *motia* Burk.). *Industrial Crops and Products*, 21(1), 121–127. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2004.02.002>
- 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 Radical Biology and Medicine*, 26(9–10), 1231–1237. [https://doi.org/10.1016/S0891-5849\(98\)00315-3](https://doi.org/10.1016/S0891-5849(98)00315-3)
- Requelme Bautista, M. C. (2020). *Efecto antibacteriano in vitro del extracto etanólico de hojas de Lantana camara (hierba de la maestranza) sobre Staphylococcus aureus*. Universidad Católica los Ángeles Chimbote.
- 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. <https://doi.org/10.37761/rsqp.v81i2.10>
- Sánchez Aldana, D., Contreras-Esquivel, J. C., Nevárez-Moorillón, G. V., & Aguilar, C. N. (2015). Caracterización de películas comestibles a base de extractos pécticos y aceite esencial de limón Mexicano. *CyTA - Journal of Food*, 13(1), 17–25. <https://doi.org/10.1080/19476337.2014.904929>
- Scherer, R., & Godoy, H. T. (2009). Antioxidant activity index (AAI) by the 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl method. *Food Chemistry*, 112(3), 654–658. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.06.026>
- Setzer, W. N., Park, G., Agius, B. R., Stokes, S. L., Walker, T. M., & Haber, W. A. (2008). Chemical Compositions and Biological Activities of Leaf Essential Oils of Twelve Species of Piper from Monteverde, Costa Rica. *Natural Product Communications*, 3(8). <https://doi.org/10.1177/1934578X0800300823>
- Sinche Ambrosio, C. M. (2020). *Unravelling the potential of citrus essential oils derived from citrus processing as an alternative antimicrobial feed additive in pigs* [Universidade de São Paulo]. <https://doi.org/10.11606/T.11.2020.tde-18052020-151325>
- Singleton, V. L., Orthofer, R., & Lamuela-Raventós, R. M. (1999). [14] Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent (pp. 152–178). [https://doi.org/10.1016/S0076-6879\(99\)99017-1](https://doi.org/10.1016/S0076-6879(99)99017-1)
- Smitha, G. R., & Vandana, T. (2016). Seasonal variation in the essential oils extracted from leaves and inflorescence of different *Ocimum* species grown in Western plains of India. *Industrial Crops and Products*, 94, 52–64. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.07.041>
- Solís-Quispe, L., Pino, J. A., Falco, A. S., Tomaylla-Cruz, C., Quispe-Tonccochi, E. G., Solís-Quispe, J. A., Aragón-Alencastre, L. J., & Solís-Quispe, A. (2019). Chemical composition and antibacterial activities of essential oil from *Ageratina pentlandiana* (DC.) R.M. King & H. Rob. leaves grown in the Peruvian Andes. *Journal of Essential Oil Research*, 31(5), 409–413. <https://doi.org/10.1080/10412905.2019.1593891>
- Solis-Quispe, L., Solís-Quispe, J. A., Tomaylla-Cruz, C., Aragon-Alencastre, L. J., Rodríguez, J. L., & Pino, J. A. (2018). Chemical Composition and Antioxidant Activity of the Essential Oil from *Hedeoma mandoniana* Grown in Cuzco. *Natural Product Communications*, 13(12). <https://doi.org/10.1177/1934578X1801301235>

- Solis-Quispe, L., Tomaylla-Cruz, C., Callo-Choquelvica, Y., Solís-Quispe, A., Rodeiro, I., Hernández, I., Fernández, M. D., & Pino, J. A. (2016). Chemical composition, antioxidant and antiproliferative activities of essential oil from *Schinus areira* L. and *Minthostachys spicata* (Benth.) Epl. grown in Cuzco, Peru. *Journal of Essential Oil Research*, 28(3), 234–240. <https://doi.org/10.1080/10412905.2015.1120691>
- Sotelo Mendez, A. H., Figueroa Cornejo, C. G., Césare Coral, M. F., & Alegría Arnedo, M. C. (2017). Chemical composition, antimicrobial and antioxidant activities of the essential oil of *bursera graveolens* (burseraceae) from Perú. *Indian Journal of Pharmaceutical Education and Research*, 51(3), S429–S436. <https://doi.org/10.5530/ijper.51.3s.62>
- Souza, H. F. de, Santos, F. R. dos, Cunha, J. S., Pacheco, F. C., Pacheco, A. F. C., Soutelino, M. E. M., Martins, C. C. N., Andressa, I., Rocha, R. da S., Cruz, A. G. da, Paiva, P. H. C., Brandi, I. V., & Kamimura, E. S. (2024). Microencapsulation to Harness the Antimicrobial Potential of Essential Oils and Their Applicability in Dairy Products: A Comprehensive Review of the Literature. *Foods*, 13(14), 2197. <https://doi.org/10.3390/foods13142197>
- Teles, S., Pereira, J. A., Santos, C. H. B., Menezes, R. V., Malheiro, R., Lucchese, A. M., & Silva, F. (2012). Geographical origin and drying methodology may affect the essential oil of *Lippia alba* (Mill) N.E. Brown. *Industrial Crops and Products*, 37(1), 247–252. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2011.12.029>
- Yasunaka, K., Abe, F., Nagayama, A., Okabe, H., Lozada-Pérez, L., López-Villafranco, E., Muñiz, E. E., Aguilar, A., & Reyes-Chilpa, R. (2005). Antibacterial activity of crude extracts from Mexican medicinal plants and purified coumarins and xanthenes. *Journal of Ethnopharmacology*, 97(2), 293–299. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2004.11.014>