

Characterization of bioactive compounds, antioxidant activity, and toxicity of *Lippia alba* extracts.

Caracterización de compuestos bioactivos, actividad antioxidante y toxicidad de los extractos de *Lippia alba*.

Autores:

Chica-Mendoza, Jahaira Ximena
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ
Egresada de la carrera de Ingeniera en Agroindustrias
Chone-Ecuador



jchica5476@utm.edu.ec



<https://orcid.org/0009-0003-7093-5354>

Muñoz-Ríos, Claribel Mariana
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ
Egresada de la carrera de Ingeniera en Agroindustrias
Chone-Ecuador



cmunoz6200@utm.edu.ec



<https://orcid.org/0009-0003-5187-1121>

Zambrano-Vélez, María Isabel
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ
Magíster en Agroindustrias
Docente Tutor de la carrera de Ingeniería en Agroindustrias
Chone-Ecuador



maria.zambrano02@utm.edu.ec



<https://orcid.org/0000-0002-4286-2501>

Fechas de recepción: 19-MAY-2025 aceptación: 19-JUN-2025 publicación: 30-JUN-2025



<https://orcid.org/0000-0002-8695-5005>

<http://mqrinvestigar.com/>



Resumen

La *Lippia alba* es una planta utilizada habitualmente como parte de la medicina tradicional debido a las diferentes propiedades biológicas. El objetivo fue identificar los compuestos bioactivos, actividad antioxidante y toxicidad de los extractos de *Lippia alba*. La investigación se desarrolló mediante un diseño experimental completamente al azar con arreglo bifactorial donde se tuvo como Factor A: los tipos de extracciones (maceración y ultrasonido) y factor B: partes de la planta (hoja, tallo, raíz). Se determinó la capacidad antioxidante por ABTS y DPPH, contenido fenólico y flavonoides. Además se analizó la concentración de metabolitos secundarios, porcentaje de mortalidad y DL_{50} de los extractos. Los resultados del estudio demostraron que la actividad antioxidante fue mayor en el tratamiento T5 por medio del método de ABTS con 554,36 $\mu\text{mol TE/g}$ y por DPPH en los tratamientos T2 y T3 con 571,59 y 472,42 $\mu\text{mol TE/g}$, respectivamente. A su vez los tratamientos alcanzaron la mayor cantidad de fenoles totales con valores de 571,59 y 472,42 $\mu\text{mol TE/g}$. La presencia de fenoles fue superior en T2 y T3 con 81,56 y 72,92 mg GAE/g y flavonoides en T1 y T4 con 49,24 y 57,64 mg QE/g. El Tamizaje fitoquímico mostró una mayor presencia de saponinas, alcaloides y catequinas, siendo los más representativos. La DL_{50} mostró un mayor efecto toxicológico en el tratamiento T3 con un valor promedio de 45,25 mg/L. Se concluye que los extractos de *Lippia alba* muestran un potencial para su aplicación en la industria alimentaria y no alimentaria.

Palabras claves: alimentos funcionales; antioxidantes; dilución; extractos



Abstract

Lippia alba is a plant commonly used in traditional medicine due to its various biological properties. The objective was to identify the bioactive compounds, antioxidant activity, and toxicity of *Lippia alba* extracts. The research was conducted using a completely randomized experimental design with a two-factor arrangement, where Factor A was the types of extraction (maceration and ultrasound) and Factor B was the parts of the plant (leaf, stem, root). Antioxidant capacity was determined by ABTS and DPPH, phenolic content, and flavonoids. In addition, the concentration of secondary metabolites, mortality percentage, and LD50 of the extracts were analyzed. The results of the study showed that antioxidant activity was highest in treatment T5 using the ABTS method with 554.36 $\mu\text{mol TE/g}$ and by DPPH in treatments T2 and T3 with 571.59 and 472.42 $\mu\text{mol TE/g}$, respectively. In turn, the treatments achieved the highest amount of total phenols with values of 571.59 and 472.42 $\mu\text{mol TE/g}$. The presence of phenols was higher in T2 and T3 with 81.56 and 72.92 mg GAE/g and flavonoids in T1 and T4 with 49.24 and 57.64 mg QE/g. Phytochemical screening showed a higher presence of saponins, alkaloids, and catechins, which were the most representative. The LD50 showed a greater toxicological effect in treatment T3 with an average value of 45.25 mg/L. It is concluded that *Lippia alba* extracts show potential for application in the food and non-food industries.

Keywords: antioxidants; dilution; extracts; functional foods



Introducción

La Organización Mundial de la Salud (OMS) estima que alrededor del 80% de personas que viven en países desarrollados utilizan las plantas medicinales enfocadas principalmente en el cuidado de la salud (Gómez-Serranillo, 2021). Este creciente interés está relacionado con la búsqueda de tratamientos naturales que en efecto generan una menor toxicidad en comparación con los productos de origen sintético (Montaño et al., 2024).

El territorio ecuatoriano es conocido por su importante biodiversidad, y la Amazonía representa el 45% del país, siendo considerada una de las mayores reservas ecológicas del mundo (Grefa, 2023). Esta región alberga el 80% de la biodiversidad del país, con 150 a 312 especies de árboles por hectárea, 600 especies de peces y más de 250 de anfibios y reptiles (Delgado et al., 2023). Tradicionalmente, parte de la representación vegetal ha sido utilizada para tratar diversas enfermedades o como un método para prevenir y tratar afecciones relacionadas con la salud (Carranza et al. 2021).

Las plantas producen una gran variedad de metabolitos secundarios o fitoquímicos como parte de la función protectora contra predadores, además de propiedades biocidas, antimicrobianas y/o de repelencia a herbívoros (Khanam et al., 2025). Por su parte, los extractos vegetales de plantas han sido reconocido por su potencial dentro de diferentes industrias debido a la efectividad en el control de microorganismos, actividad antioxidante, preservación y mantenimiento de diferentes productos (Chung et al., 2020).

Los antioxidantes han sido empleados en la industria alimentaria para preservar las propiedades sensoriales de productos, además de conservar su valor nutritivo y prolongar su período de almacenamiento (Cervantes-Valencia et al., 2024), siendo utilizados como material vegetal completo o molido, en forma de extracto o como un compuesto bioactivo individual (Aguirre-Dugua et al., 2022; Farnum et al., 2023).

La *Lippia alba* es considerado un arbusto silvestre cuyo aroma está vinculado con la presencia de aceites esenciales, los cuales pueden variar según la cantidad de agua circulante, fenología, estacionalidad, edad de la planta y precipitación (Barros et al., 2022). A partir de sus hojas, se pueden obtener aceites esenciales, así como extractos acuosos alcohólicos o con solventes de diferentes polaridades (Alcívar et al., 2021), reconocidos por la presencia de diferentes compuestos bioactivos que le confieren actividades antioxidantes, antimicrobianas



y terapéuticas (Fernández-Rosillo y Aguirre-Vargas, 2024). Uno de los principales componentes activos es el geraniol el cual representa aproximadamente el 40% de los componentes activos de este material vegetal (Froz et al., 2024).

Por lo expuestos anteriormente, existe la necesidad de continuar con investigaciones que permitan aprovechar el potencial de las hojas, tallo y la raíz de *L. alba*, siendo estos dos últimos menos explorados en el ámbito científico. Con base a lo anterior, el objetivo de esta investigación fue identificar los compuestos bioactivos, actividad antioxidante y toxicidad de los extractos de *L. alba*.

Material y métodos

Lugar de investigación

La investigación se desarrolló en la Facultad de Agrociencias de la Universidad Técnica de Manabí, Extensión Chone, ubicada en el sitio Ánima, Km. 2 ½ Vía Boyacá. Los ensayos de los extractos de la planta *L. alba* se realizaron en el Centro de Análisis Biológico y Agroalimentario (CABA).

Diseño experimental

La investigación se desarrolló mediante la aplicación de un Diseño Completamente al Azar bifactorial donde se tuvo como Factor A: los tipos de extracciones (maceración y ultrasonido) y factor B: muestras de las partes de la planta de *L. alba* (hoja, tallo, raíz). Se obtuvo un total de seis tratamientos, tres repeticiones que conformaron 18 unidades experimentales.

Tabla 1.

Diseño experimental utilizado en la investigación

Tratamientos	Código	Factores en estudio	Réplicas
T1	A1*B1	Maceración * Hoja	3
T2	A1*B2	Maceración * Tallo	3
T3	A1*B3	Maceración * Raíz	3
T4	A2*B1	Ultrasonido * Hoja	3
T5	A2*B2	Ultrasonido * Tallo	3
T6	A2*B3	Ultrasonido * Raíz	3

Recolección, secado y molienda del material vegetal



Las muestras de *L. alba* se recolectaron en dos sectores pertenecientes a la parroquia Ricaurte del cantón Chone, en las coordenadas S 0°35'55.2804", W 79°57'40.45248", y S 0°35'14.658", W 80°3'18.864". Se procedió a recolectar las muestras de la planta de las cuales fueron separadas en tres secciones: hojas tallos y raíz, las cuales fueron lavadas con agua destilada para eliminar tierra y otras impurezas. Las muestras se secaron en un deshidratador (Food deshidratador FD-12), con capacidad de 12 bandejas de acero inoxidable mediante la aplicación de una temperatura 45 °C por un periodo de tiempo de 24 horas. Se molieron las muestras mediante la utilización de un molino eléctrico (marca Atlas) con cuchillas de acero inoxidable, para posteriormente envasarla en fundas ziploc con cierre hermético y conservada en temperatura ambiente.

Obtención de extractos mediante los métodos: maceración y ultrasonido

Se procedió con la preparación de las diluciones utilizando una relación de 1:9 (por cada gramo de material vegetal se utilizó 9 ml de alcohol al 70%). Cada una de las muestras fueron ubicadas sobre recipientes de vidrio previamente rotulados y posteriormente ubicados en un lugar fresco y seco para proceder con las extracciones.

Para el método de maceración se dejó las muestras sobre incubador agitador (marca Stuart) considerando una temperatura de 35°C por un periodo de 72 horas a una velocidad constante de 50 rpm. Para los tratamientos con maceración mediante ultrasonido se procedió a ubicar las muestras en un baño de ultrasonido (marca ISOLAB) considerando una temperatura de 35°C por un periodo de 1 hora. Finalmente, los extractos fueron sometidos a un proceso de filtrado y envasados en frascos de vidrio ámbar y conservados en una incubadora (marca BOECO).

Determinación del peso seco

Para determinar el peso seco de los extractos de cada tratamiento se procedió con el secado mediante la utilización de una estufa (marca memmert), utilizando una temperatura de 105°C durante 3 horas. Para el desarrollo del estudio se procedió a pesar los tubos de ensayo mediante el uso de balanza analítica y posteriormente se ubicó 1 mL de cada extracto. Finalizado el proceso de secado se pesó los envases en frío y se procedió determinar el peso seco y la concentración de cada muestra se utilizó la siguiente ecuación:

Peso seco:



$$\text{Peso seco (mg): Peso del tubo de ensayo con residuo (mg)} \\ - \text{Peso del tubo de ensayo vacío (mg)} \quad (1)$$

Concentración:

$$\text{Concentración } \left(\frac{\text{mg}}{\text{ml}} \right): \frac{\text{Peso seco (mg)}}{\text{Volumen del extracto (ml)}} \quad (2)$$

Determinación del contenido fenólico total

La determinación del contenido fenólico total se desarrolló por medio del método de Folin-Ciocalteu. Se utilizó un volumen de 1000 μL de cada muestra utilizando una pipeta automática para ser transferida a la fiola de 10ml. Se aforó la fiola con alcohol al 70% y se transfirieron las soluciones a un frasco ámbar.

En la maceración, la muestra de hoja diluida necesitó una dilución secundaria 1:20 para su análisis. Se colocaron dos tubos de eppendorf en una gradilla, se añadieron 200 μL de muestra, 1500 ml de agua destilada y 100 μL de reactivo Folin-Ciocalteu. Las mezclas se agitaron 10 segundos, reposaron 5 minutos, se añadieron 200 μL de carbonato de sodio al 20%, y se incubaron 1 hora a temperatura ambiente, protegidas en un lugar oscuro libre de la luz. Las lecturas se desarrollaron mediante la utilización de Espectrofotómetro UV-Visible, (marca Thermo Scientific) a una longitud de onda de 760 nm. Los resultados se expresaron como mg GAE.g-1 de extracto seco.

Determinación del contenido de flavonoides

La determinación del contenido de flavonoides se desarrolló mediante la aplicación del método espectrofotométrico Cloruro de aluminio. Se mezclaron los extractos con una solución de AlCl_3 al 2% y se incubaron 30 minutos a temperatura ambiente. La absorbancia se midió con un espectrofotómetro UV-Vis a 415 nm. La concentración de flavonoides se midió con una curva estándar de quercetina y se expresó en mg QE/100 g de extracto seco.

Determinación de la actividad antioxidante

La actividad antioxidante para ambos métodos (maceración y ultrasonido) se determinó utilizando los ensayos: ABTS y DPPH con la misma relación 1:10 utilizada para la evaluación del contenido fenólico total y flavonoides. Para la solución de (hoja, tallo y raíz) con sus respectivas muestras (m_1 , m_2 , m_3), se colocaron dos tubos de Eppendorf para cada muestra en una gradilla.



Para la evaluación de la actividad antioxidante por ABTS (Ácido 2,2'-azino-bis-(3-etiltiazolina-6-sulfónico) se procedió a colocar en cada tubo 500µL de la dilución de hoja para el método de maceración y 100 uL para el método de ultrasonido, 150µL de la dilución (tallo y raíz) para el método de maceración y 75µL para el método de ultrasonido.

Se añadió metanol hasta completar 1 ml en cada tubo, junto con 1 ml de solución ABTS. Las muestras se incubaron 45 minutos a temperatura ambiente y protegidas de la luz en un lugar cerrado. Se midió la absorbancia a 734 nm con un espectrofotómetro UV-Visible, y los resultados se expresaron en µmol TEA.g⁻¹ de extracto seco.

Para el análisis por DPPH (1,1-Difenil-2-picrilhidrazilo) se añadieron 300 µL de dilución de tallo y raíz y 50 µL de dilución de hoja en cada tubo de Eppendorf para los métodos de maceración y ultrasonido. Se agregó metanol para completar 1 ml y 1 ml de solución DPPH, aplicando el mismo proceso que en ABTS. Las muestras se incubaron 45 minutos a temperatura ambiente, protegidas de la luz. Se midió la absorbancia a 517 nm con un espectrofotómetro UV-Visible. los resultados se expresaron en µmol TEA.g⁻¹ de extracto seco.

Tamizaje fotoquímico

El desarrollo del tamizaje fitoquímico se desarrolló a partir de los extractos provenientes de cada método extracción utilizado, donde se consideraron los siguientes parámetros: Flavonoides (ensayo de Shinoda), Saponinas (ensayo de espuma), Azúcares Reductores (ensayo de Fehling), Taninos (ensayo de Ferricloruro), Catequinas (ensayo de carbonato de sodio), alcaloides (ensayo de Dragendorff), triterpenos (ensayo de Liebermann– Burchard), aminoácidos libres (ensayo de Ninhidrina), Cardiotónicos (ensayo de Kedde) y resina (ensayo de Agua 2°C).

La valoración cualitativa se desarrolló considerando los siguientes parámetros: (-) Ausencia; (+) Presencia leve; (++) Presencia notable; (+++) Presencia cuantiosa.

Evaluación de la toxicidad de los extractos

La evaluación de la toxicidad de los extractos se desarrolló mediante la utilización de *Daphnias spp* las cuales fueron adquiridas acuario especializado en peces y crustáceos. Se procedió con la recepción de las *Daphnias* y se dejaron en aclimatación mediante el uso de agua destilada, en condiciones ambientales por un periodo de 12 días, donde fueron

alimentadas mediante la utilización de una mezcla de levadura con agua destilada a 35°C y 0,1g de Sabouraud Dextrosa Agar.

Se procedió a preparar las concentraciones de los extractos considerando 25, 50 100, 200, 300 y 400 mg.L⁻¹. Se prepararon recipientes plásticos de 18 compartimentos, cada uno con un volumen de 15 ml. Se distribuyeron 30 daphnias por compartimento mediante la utilización de pipetas de plástico. Los recipientes con daphnias se incubaron a temperatura de 25°C por un periodo de 24 horas. Posterior a las 24 horas de exposición, se procedió a contabilizar las daphnias vivas y muertas para calcular la mortalidad y la dosis letal (DL₅₀) para tipo de extracto utilizado. Las daphnias se consideraron muertas si no se movían durante varios segundos.

Análisis estadísticos

El análisis de los datos se desarrolló mediante el programa estadístico Infostat 2020 versión estudiantil. Se inició con la aplicación de análisis de varianza ANOVA y posteriormente se procedió con la prueba de comparación de medias de Tukey en las variables donde se encontró diferencias significativas (p<0,05). Los datos fueron analizados utilizando un nivel de confianza del 95%.

Resultados

Tabla 2.

Evaluación de la actividad antioxidante de los tratamientos en estudio

Tratt.	Concentración mg/mL	Actividad Antioxidante ABTS ¹	Actividad Antioxidante DPHH ¹	Fenoles totales ²	Flavonoides ³
T1	0,0211±0,001 a	233,42±44,44 bc	278,59±15,02 bc	14,05±1,7 8 b	49,24±6,68 a
T2	0,0103±0,001 c	133,60±10,58 c	571,59±205,18 a	81,56±0,9 3 a	18,65±3,49 b
T3	0,0130±0,001 c	138,97±58,50 c	472,42±113,02 ab	72,92±16, 02 a	17,78±8,49 b
T4	0,0135±0,001 b	343,44±102,34 abc	124,21±16,02 c	21,62±5,6 2 b	57,64±22,58 a

T5	0,0133±0,001 c	554,36±174,00 a	289,28±71,21 bc	33,40±15, 20 b	14,56±3,29 b
T6	0,0126±0,001 c	476,26±93,73 ab	264,14±11,34 bc	25,38±5,4 8 b	11,68±4,45 b
P-valor	<0,0001	0,0006	0,0019	0,0001	0,0005

Medias con una letra en común en la misma columna no son significativamente diferentes (p<0,05). ¹ µmol TE/ g de extracto seco; ² mg GAE/ g de extracto seco; ³ mg QE/ g de extracto seco. Tratt: tratamientos.

Los resultados del análisis de concentración de los extractos muestran que las hojas alcanzaron la mayor proporción con valores de 0,0211 y 0,0135 mg/mL, las cuales fueron estadísticamente superiores a los reportados en los tallos y raíces reportados en los demás tratamientos.

El análisis de varianza ANOVA de los resultados de la actividad antioxidante por medio del método de ABTS muestra un comportamiento significativo (p=0,0006) entre los valores promedios reportados entre los tratamientos en estudio, donde se puede apreciar que el tratamiento T5 (ultrasonido-tallo) obtuvo la mayor actividad antioxidante con 554,36 µmol TE/ g de extracto seco, seguido por el tratamiento T6 (ultrasonido-raíz) y T4 con 476,26 y 343,44 µmol TE/ g de extracto seco, respectivamente. En el caso del método de maceración los resultados muestran un menor efecto antioxidante entre tratamientos (Tabla 2).

A su vez los resultados del análisis de la actividad antioxidante por medio del método de DPPH muestra un comportamiento significativo (p=0,0019) entre tratamientos, donde se puede apreciar que la extracción por el método de maceración mostró mejores resultados en los tratamientos T2 (maceración-tallo) y T3 (maceración-raíz), con valores promedios de 571,59 y 472,42 µmol TE/ g de extracto seco. En tanto que para los tratamientos que fueron procesados por el método de ultrasonido se obtuvo un menor efecto antioxidante, a diferencia de los resultados reportados en el método de ABTS.

El contenido de Fenoles totales demostró la presencia de diferencias significativas (p=0,0001), donde los tratamientos T2 (maceración-tallo) y T3 (maceración-raíz) alcanzaron la mayor cantidad de fenoles totales con valores de 81,56 y 72,92 mg GAE/ g de extracto

seco, respectivamente, en tanto que para los demás tratamientos los resultados muestran una menor presencia de este tipo de compuestos.

La presencia de flavonoides en los extractos macerados fue representativa en las hojas tanto para el método de maceración y el método de ultrasonido con valores de 49,24 y 57,64 mg QE/ g de extracto seco, respectivamente en cada tratamiento. No obstante, para las demás partes de la planta de *Lippia alba* no se encontró diferencias significativas considerando los dos métodos de maceración.

Tabla 3.
 Tamizaje fitoquímico de los extractos de *lippia alba*

Metabolitos	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Taninos	+	+	+	+	+	++
Saponinas	++	+++	+++	+	+	++
Catequinas	+++	+++	+++	+++	++	++
Flavonoides	+++	++	+	++	+	+
Alcaloides	+++	+++	+++	+++	+++	+++
Triterpenos	+	-	-	+	-	-
Aminoácidos Libres	+	++	+	+++	+++	+++
Azucares	+	+++	+++	+++	++	-
Reductores	+	-	-	-	-	-
Cardiotónicos	+	-	-	-	-	-
Resina	-	-	-	-	-	-

(-) Ausencia; (+) Presencia leve; (++) Presencia notable; (+++) Presencia cuantiosa.

Los resultados del tamizaje fitoquímico muestran que la presencia de taninos fue mayor en tratamiento T6 con una presencia notable (++). Por su parte la presencia de taninos fue superior en los tratamientos T2 y T3 con presencia cuantiosa (+++) en ambos tratamientos. De la misma manera la presencia de catequinas se mostró superior en los tratamientos T1, T2, T3, y T4 donde se reportó una presencia cuantiosa (+++), no obstante, para los tratamientos T5 y T6 se puede apreciar una presencia notable (++) de este compuesto.

La presencia de flavonoides en los tratamientos en estudio demostró que una mayor presencia (+++) en las hojas mediante el método de maceración, en tanto que para los tratamientos T2 y T4 los resultados arrojaron una presencia notable (++). A su vez, los resultados del análisis de alcaloides fueron cuantiosa (+++) para cada uno de los tratamientos evaluados.

Los resultados de la presencia de triterpenos fue leve (+) para los tratamientos T1 y T4, no obstante, para los demás tratamientos se mostró ausente. Por su parte, los resultados del contenido de aminoácidos libres se mostraron superiores al aplicar el método de ultrasonido, tanto para las hojas, tallo y raíces. Los azúcares reductores se mostraron en mayor cantidad en los tratamientos T2, T3 y T4 con una presencia cuantiosa (+++).

La presencia de compuestos cardiotónicos muestra como resultados únicamente una presencia leve en el tratamiento T1, no obstante, para los demás tratamientos se encontró la ausencia (-) de este compuesto. De la misma manera se puede apreciar que la presencia de resina se mantuvo ausente en cada uno de los tratamientos estudiados.

Tabla 4.

Evaluación del porcentaje de mortalidad (%) y DL₅₀ de los extractos de *lippia alba*

Concentración (mg/L)	T1	T2	T3	T4	T5	T6
25	0,00	0,00	33,33	0,00	3,27	22,22
50	0,00	43,33	76,67	6,67	7,51	53,33
100	50,00	66,67	93,33	8,53	33,33	83,33
200	70,00	86,67	96,67	80,00	56,67	86,67
300	76,67	90,00	100,00	93,33	76,67	93,33
400	-	100,00	-	100,00	100,00	100,00
DL ₅₀	118,94	68,51	45,25	164,66	162,38	63,50

Los resultados del análisis de mortalidad de los extractos de *lippia alba* muestran una clara tendencia en el aumento de los efectos toxicológicos en función con el aumento de la concentración de los extractos. En este caso se puede apreciar que los resultados de toxicidad muestran mejores resultados en el tratamiento T3, el cual alcanzó una mortalidad del 100% a partir de concentraciones de 300 mg/L, a su vez puede apreciarse valores superiores al 90%

desde los 100 mg/L. De la misma manera se puede apreciar un comportamiento similar para los tratamientos T2 y T6 los cuales muestran una mayor toxicidad a partir de los 100 mg/L. Por otro lado, se puede apreciar que el tratamiento T1, T4 y T5 mostraron un menor efecto toxicológico.

En cuanto a los resultados de DL₅₀ se obtuvo un mayor efecto toxicológico en el tratamiento T3 (maceración-raíz) con un valor promedio de 45,25 mg/L, seguido por T2 (maceración de tallo, 68,51 mg/L) y T6 (ultrasonido de raíz, 63,50 mg/L), lo que indica que en menores concentraciones tiene un mayor efecto toxicológico sobre las Daphnias.

Discusión

Como se observó en los resultados de la capacidad antioxidante, se encontró diferencias entre la eficiencia de los tratamientos frente a la acción de los radicales utilizados en la investigación donde se obtuvo por medio del método de ABTS una mejor respuesta en el tallo por maceración, en tanto que por el método de DPPH en las hojas y raíces utilizando la extracción por maceración, mostraron los mejores resultados. Estas diferencias se relacionan con la capacidad de neutralizar los radicales libres en ambos métodos, considerando que el método de ABTS tiene una mayor sensibilidad a la presencia de compuestos hidrofílicos y lipofílicos (Munteanu y Apetrei, 2021), a diferencias del método de DPPH, el cual es mayormente influenciado por la presencia de fenoles, los cuales actúan como reductores (Wołosiak et al., 2021), lo que contrasta con los resultados expuestos en este estudio.

Así mismo, Alcívar et al. (2021), al evaluar el efecto de ultrasonido en el rendimiento y composición fitoquímica de los extractos de *Lippia alba*, muestran un comportamiento significativo entre los valores promedios de los tratamientos en estudio, con relación a la capacidad antioxidante. A su vez, Tubay-Bermúdez (2024), al analizar el efecto de la actividad antioxidante de aceites de *Lippia alba* muestra como resultados valores de 23,08 mg/l.

El análisis del contenido fenólico muestra que la mayor concentración se obtuvo en el tallo y raíz de la planta de *Lippia alba*, lo que contrasta con los mejores resultados reportados en la capacidad antioxidante por el método de DPPH. Por otra parte se puede apreciar que los resultados del contenido de fenoles totales se encontró en las hojas, a pesar de lograr un

menor efecto antioxidante, se destaca que este tipo de compuestos es reconocido por su efecto sobre los radicales libres (Gutiérrez- Velázquez et al., 2025).

En este sentido, Campo-Fernández et al. (2020), documentan como resultados un contenido fenólico en extractos de plantas de *L. alba* de 13,358 mg EAG/g DC y para el contenido de flavonoides de 38,164 mg EQ/g ES, los cuales son inferiores a los reportados en esta investigación. No obstante, Amancio (2022), al analizar el contenido fenólico de extractos de *L. alba* con diferentes concentraciones de alcohol demuestra como resultados valores de 25 a 35 mg de EAG/g ms, siendo menores a los reportados por Noa et al. (2023), en extracto acuoso de *L. alba* donde documenta valores de 1,55 mg/mL de fenoles y 0,60 mg/mL de flavonoides.

El análisis de la presencia de metabolitos secundarios en los extractos de *Lippia alba* con los dos métodos de maceración demostró una importante presencia de alcaloides, flavonoides, catequinas y saponinas, los cuales han mostrado una importante incidencia sobre la actividad antioxidante, antiinflamatoria y antimicrobiana (Obregón et al., 2025). Campos et al. (2020), al efectuar una caracterización fitoquímica de los extractos mediante análisis cualitativo obtuvo como resultados una presencia notable de alcaloides mediante la aplicación de los métodos de Dragendorff, Mayer y Wagner, de la misma manera, el contenido de flavonoides fue notable, coincidiendo con los resultados expuestos en esta investigación. De la misma manera, los autores documentan la presencia de compuestos fenólicos, azúcares reductores y aminoácidos libres en menor proporción a los resultados expuestos en esta investigación, considerando que estos compuestos pueden ser influenciado por la presencia de factores como la riqueza nutricional del suelo, factores ambientales y la época de cosecha (Rajput et al., 2021), además de la madurez del material vegetal y el tipo de disolvente utilizado (Royani et al., 2025).

El análisis de toxicidad en los extractos demostró que DL₅₀ con mayor efecto sobre las *Daphnias* fue registrada en T3 con un valor promedio de 45,25 mg/L, lo que está estrechamente relacionado con los metabolitos secundarios que mostraron una mayor presencia en el extracto. El efecto de la toxicidad presente en extractos vegetales está relacionado con la alteración de la membrana celular, la generación de especie reactivas de oxígeno y la disrupción del sistema nervioso (Bashir et al., 2025; Pérez-Flores et al., 2025).



Estudios relacionados con el efecto toxicológico de aceite de *L. alba* documentan aumento en la efectividad anestésica de *Oreochromis niloticus*, utilizando concentraciones de 250 µL/L durante 10 min (Postay et al., 2021). De la misma manera, Oliveira et al. (2025), con concentraciones de 20 mg/L de extracto de *L. alba* documenta mortalidad en peces de 42,85%, además de la presencia de lesiones branquiales progresivas con el aumento de la concentración del aceite, sin embargo, se observó que la calidad del agua se mantuvo dentro de niveles aceptables.

Conclusiones

En conclusión a los resultados de los extractos de *Lippia alba* se obtuvo que el tratamiento T5 (ultrasonido-tallo) mostró la mayor actividad antioxidante por el método ABTS, mientras que los tratamientos T2 y T3 (macerados del tallo y raíz) alcanzaron una mayor capacidad antioxidante por medio del método de DPPH, a su vez se destaca que estos tratamientos alcanzaron una mayor toxicidad, relacionados con la presencia cuantiosa de saponinas, alcaloides y catequinas. A su vez se destaca la aplicación de este tipo de compuestos en el desarrollo de alimentos funcionales, conservantes antioxidantes y como ingredientes para bebidas nutraceuticas, de la misma manera, se destaca que la utilización de este tipo de extractos en la industria no alimentaria para el desarrollo de diferentes productos relacionados con la cosmetología.

Referencias bibliográficas

- Aguirre-Dugua, X., Castillo-Juárez, I., y del Mar Ruiz-Posadas, L. (2022). Usos actuales y potencial de las plantas aromáticas y medicinales. *Agro-Divulgación*, 2(2). 1-11.
<https://agrodivulgacion-colpos.org/index.php/1agrodivulgacion1/article/download/52/63>
- Alcívar, U., Briones, G., Daza, A., y Lucas, M. (2021). Efecto del ultrasonido en el rendimiento y composición fitoquímica de los extractos de *Lippia alba* (Mill.) NE Brown. *Revista Colón Ciencias, Tecnología y Negocios*, 8(1), 47-59.
<http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/215/2151925004/index.html>
- Amancio, J. (2022). Otimização de extração por ultrassom e micro-ondas de compostos fenólicos



- das folhas de *Lippia alba* (Mill.) NE Brown e *Lantana camara* Linn. [Tesis de doctorado, Universidade Federal De Sergipe]. <https://ri.ufs.br/handle/riufs/17504>
- Barros, P., da Cruz, S., de Araújo, B., Setzer, N., Mourão, H. V., da Silva, R., ... & Figueiredo, B. (2022). Chemometric analysis of the seasonal variation in the essential oil composition and antioxidant activity of a new geraniol chemotype of *Lippia alba* (Mill.) NE Br. ex Britton & P. Wilson from the Brazilian Amazon. *Biochemical Systematics and Ecology*, 105, 104503. <https://doi.org/10.1016/j.bse.2022.104503>
- Bashir, I., An, R., Negara, P., Tirtawijaya, G., Meinita, N., Sohn, J., ... & Choi, J. (2025). Toxicity Assessment of Catechins on Representative Aquatic Organisms and Terrestrial Plant. *Toxins*, 17(5), 244. <https://doi.org/10.3390/toxins17050244>
- Campo-Fernández, M., Cruz-Alvia, C., Cunalata-Cueva, G., y Matute-Castro, N. (2020). Infusiones de *Moringa oleifera* (moringa) combinada con *Cymbopogon citratus* (hierba luisa) y *Lippia alba* (mastranto). *Ciencia Unemi*, 13(34), 114-126. <https://doi.org/10.29076/issn.2528-7737vol13iss34.2020pp114-126p>
- Carranza, S., Bacusoy, M., Zurita, M., Posligua, C., y Mora, M. (2021). Plantas medicinales, su uso en afecciones respiratorias en comunidades rurales, provincia Los Ríos– Ecuador. *Journal of Science and Research: Revista Ciencia e Investigación*, 6(2), 5. <https://doi.org/10.5281/zenodo.5507565>
- Cervantes-Valencia, M. E., López-Valdez, N., Rojas-Lemus, M., González-Villalva, A., Morales-Ricardes, G., Bizarro-Nevares, P., ... y Fortoul, T. I. (2024). Antioxidantes naturales y su efecto contra el estrés oxidante provocado por la contaminación por material particulado. *Revista de la Facultad de Medicina (México)*, 67(4), 7-20. <https://doi.org/10.22201/fm.24484865e.2024.67.4.02>
- Chung, S., Lemos, C. H. D. P., Teixeira, D. V., Fortes Silva, R., y Copatti, C. E. (2020). Essential oil from *Ocimum basilicum* improves growth performance and does not alter biochemical variables related to stress in pirarucu (*Arapaima gigas*). *Anais Da Academia Brasileira de Ciências*, 92(1). e20181374. <https://doi.org/10.1590/0001-3765202020181374>
- Delgado, E., León, M., Cantos, C., y Guzmán, M. (2023). Efecto de la actividad minera sobre la biodiversidad en un sector del cantón Paquisha, provincia de Zamora Chinchipe-

- Farnum, F., Murillo, V., Castillo, G., y Sanguillén, R. (2023). Gestión del conocimiento ancestral y determinación de índices de valor de uso de la diversidad vegetal para la conservación y sustentabilidad. *GECONTEC: Revista Internacional de Gestión del Conocimiento y la Tecnología*, 11(1).35-56.
- Fernández-Rosillo, F., y 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>
- Froz, L., Luana de Souza, B., de Jesus, S., Tavares, S., Mourão, V., Silva, R., ... y Figueiredo, B. (2024). *Lippia alba* essential oil: A powerful and valuable antinociceptive and anti-inflammatory medicinal plant from Brazil. *Journal of Ethnopharmacology*, 333, 118459. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2024.118459>
- Gómez-Serranillos, M. (2021). *Plantas medicinales en farmacia comunitaria: de la validación farmacológica al DNA-Barcoding*. [Tesis de doctorado, Universidad Complutense De Madrid]. <https://docta.ucm.es/entities/publication/5958b11f-542a-4d6a-a46f-f12826574287>
- Grefa, J. (2023). Educación intercultural en la Amazonía ecuatoriana: análisis de los enfoques pedagógicos y su contribución al respeto de la diversidad cultural y lingüística. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(4), 3257-3272. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i4.7172
- Gutiérrez-Velázquez, M. V., Torres-Ricario, R., Ávila-Reyes, J. A., Delgado-Alvarado, E. A., Monreal-García, H. M., Pérez-Salinas, S. N., ... y Bujdud-León, A. N. (2025). Evaluación del perfil fenólico, contenido de fenoles y actividad antioxidante de *Dichondra argentea*: Evaluation of the phenolic profile, phenol content, and antioxidant activity of *Dichondra argentea*. *e-CUCBA*, (25), 10-15. <https://doi.org/10.32870/e-cucba.vi25.383>
- Khanam, S., Mishra, P., Faruqui, T., Alam, P., Albalawi, T., Siddiqui, F., ... & Khan, S. (2025). Plant-based secondary metabolites as natural remedies: a comprehensive

- review on terpenes and their therapeutic applications. *Frontiers in Pharmacology*, 16, 1587215. <https://doi.org/10.3389/fphar.2025.1587215>
- Montaño, O., Corona, R., Ortega, A., y Garnica, J. (2024). La flor de jamaica como producto estratégico para la salud humana en el contexto de México. *Inter disciplina*, 12(33), 117-142. <https://doi.org/10.22201/ceiich.24485705e.2024.33.88242>
- Munteanu, I. G., & Apetrei, C. (2021). Analytical methods used in determining antioxidant activity: A review. *International journal of molecular sciences*, 22(7), 3380. <https://doi.org/10.3390/ijms22073380>
- Noa, A., Domínguez, Y., Gutiérrez, Y., Beiro, O., Scull, R., Castillo, J., y Felipe, A. (2023). Evaluación ecotoxicológica de los residuos de *Lippia alba* Mill. sobre *Eisenia andrei* (lombriz de tierra). *Revista Cubana de Medicina Militar*, 52(3), e02302950-e02302950. <https://revmedmilitar.sld.cu/index.php/mil/article/view/2950>
- Obregón, A. F., Chavez, A., Martínez, E. E., y Obregón, P. A. (2025). Extracción ultrasónica de polifenoles totales, flavonoides y capacidad antioxidante de Chamana (*Dodonaea viscosa*). *Información tecnológica*, 36(2), 1-10. <http://dx.doi.org/10.4067/s0718-07642025000200001>
- Oliveira, F., dos Santos, S., Bonfin, C., de Campos, C., Chagas, C., Chaves, F., & Junior, V. (2025). Toxicity and gill alterations in *Astyanax lacustris* exposed to *Lippia alba* essential oil. *Aquaculture International*, 33(5), 1-14. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10499-025-02020-w>
- Pérez-Flores, J. G., García-Curiel, L., Pérez-Escalante, E., Contreras-López, E., Aguilar-Lira, G. Y., Ángel-Jijón, C., ... & Portillo-Torres, L. A. (2025). Plant antimicrobial compounds and their mechanisms of action on spoilage and pathogenic bacteria: A bibliometric study and literature review. *Applied Sciences*, 15(7), 3516. <https://doi.org/10.3390/app15073516>
- Postay, L. F., Cabral, D. S., Heringer, O. A., Vieira, L. V., de Moraes, L. R., Freitas, G., & Gomes, L. C. (2021). The effectiveness of surfactants applied with essential oil of *Lippia alba* in the anesthesia of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and their toxicity assessment for fish and mammals. *Environmental Science and Pollution*

Research, 28, 10224-10233. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-020-11483-8>

- Rajput, V. D., Harish, Singh, R. K., Verma, K. K., Sharma, L., Quiroz-Figueroa, F. R., ... & Mandzhieva, S. (2021). Recent developments in enzymatic antioxidant defence mechanism in plants with special reference to abiotic stress. *Biology*, 10(4), 267. <https://doi.org/10.3390/biology10040267>
- Royani, A., Mubarak, N. M., Hanafi, M., Verma, C., Lotulung, P. D. N., Prastya, M. E., ... & Manaf, A. (2025). Effect of solvent polarity on yield extract, antioxidant and antibacterial activities of phytochemicals from *Andrographis paniculata* leaves. *Indian Chemical Engineer*, 67(1), 1-15. <https://doi.org/10.1080/00194506.2024.2409260>
- Tubay-Bermúdez, C., Neves, A., Dueñas-Rivadeneira, A., Peña, M., Mendoza, Z., Escobar, R., ... & Maddela, R. (2024). Physical-chemical characterization and biological activities of the essential oil of *Lippia alba* (MILL) NE Br ex Britton obtained in Ecuador. *Journal of Herbal Medicine*, 48, 100951. <https://doi.org/10.1016/j.hermed.2024.100951>
- Wołosiak, R., Drużyńska, B., Derewiaka, D., Piecyk, M., Majewska, E., Ciecierska, M., ... & Pakosz, P. (2021). Verification of the conditions for determination of antioxidant activity by ABTS and DPPH assays—A practical approach. *Molecules*, 27(1), 50. <https://doi.org/10.3390/molecules27010050>

Conflicto de intereses:

Los autores declaran que no existe conflicto de interés posible.

Financiamiento:

No existió asistencia financiera de partes externas al presente artículo.

Nota:

El artículo no es producto de una publicación anterior.