

Evaluación de la actividad antimicrobiana in-vitro del aceite esencial de *Plectranthus Amboinicus* contra enterobacterias.

*Evaluation of the in vitro antimicrobial activity of the essential oil of *Plectranthus Amboinicus* against enterobacteria.*

<https://doi.org/10.5281/zenodo.20313571>

AUTORES: Luis Andres Jiménez López¹

Gilmar Steven Sangucho Moreno²

Franklin Antonio Román Cardenas³

María Fernanda Quinteros Meneses⁴

DIRECCIÓN PARA CORRESPONDENCIA: luisjimenez@mailes.ueb.edu.ec

Fecha de recepción: 21/ 09 / 2025

Fecha de aceptación: 29/ 11 / 2025

RESUMEN

La creciente resistencia bacteriana impulsa a buscar alternativas naturales con bondades antimicrobianas como el aceite esencial de *Plectranthus amboinicus*. En esta investigación se obtuvo el aceite esencial mediante destilación por arrastre de vapor y se evaluó su actividad antimicrobiana y antioxidante de forma in-vitro. Para ello, se aplicaron pruebas de difusión en agar por pocillos, determinación de la concentración mínima inhibitoria (CMI), así como

¹ <https://orcid.org/0009-0002-0855-5871>, Universidad Estatal de Bolívar, luisjimenez@mailes.ueb.edu.ec

² <https://orcid.org/0009-0005-6812-0839>, Universidad Estatal de Bolívar, gsangucho@mailes.ueb.edu.ec

³ <https://orcid.org/0000-0003-4382-5558>, Universidad Estatal de Bolívar, froman@ueb.edu.ec

⁴ <https://orcid.org/0000-0002-7378-0082>, Universidad Estatal de Bolívar, mquinteros@mailes.ueb.edu.ec

la caracterización de compuestos volátiles mediante cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC-MS) y la evaluación de actividad antioxidante por el método DPPH. Los resultados del grupo control evidenció que la oxitetraciclina no inhibió el crecimiento bacteriano, a diferencia de la gentamicina que presentó halos con diámetros de 20 mm en promedio para *E. coli* y 17,75 mm en *Salmonella*. Por otro lado, el aceite esencial al 100% generó halos promedios de 19,25 mm y 19 mm para *E. coli* y *Salmonella* respectivamente, lo que demostró un efecto similar con la gentamicina. En cuanto al CMI se determinó en 10% para *E. coli* y 20% para *Salmonella*. El análisis de cromatografía (GC/MS) se identificó compuestos bioactivos monoterpénicos y sesquiterpenos, asociados a la acción antimicrobiana presentes en las hojas. Con respecto a la capacidad antioxidante, el aceite presentó un valor promedio de 1.132, 66 $\mu\text{mol ET}/100 \text{ g}$ muestra. Estos hallazgos mencionados confirmaron el potencial antimicrobiano del aceite esencial de *Plectranthus amboinicus* ofreciéndose como una posible alternativa natural en el control de resistencias microbianas entéricas en medicina veterinaria.

Palabras Clave: *Aceite esencial, Plectranthus amboinicus, Resistencia bacteriana, E coli, Salmonella, CMI, GC-MS, DPPH.*

ABSTRACT

The growing bacterial resistance motivates the search for natural alternatives with antimicrobial properties, such as the essential oil of *Plectranthus amboinicus*. In this study, the essential oil was obtained by steam distillation and its antimicrobial and antioxidant activity was evaluated in vitro. Agar well diffusion assays, determination of the minimum inhibitory concentration (MIC), as well as the characterization of volatile compounds by gas chromatography coupled to mass spectrometry (GC-MS) and antioxidant activity analysis through the DPPH method were performed. The control group results showed that oxytetracycline did not inhibit bacterial growth, whereas gentamicin produced average inhibition halos of 20 mm for *Escherichia coli* and 17.75 mm for *Salmonella*. The 100% essential oil generated mean halos of 19.25 mm and 19 mm for *E. coli* and *Salmonella*, respectively, demonstrating a comparable effect to gentamicin. The MIC was determined to

be 10% for *E. coli* and 20% for *Salmonella*. Regarding antioxidant capacity, the oil presented an average value of 1,132.66 $\mu\text{mol ET}/100\text{ g}$ of sample, indicating considerable antioxidant activity. The GC-MS analysis identified monoterpenic and sesquiterpenic bioactive compounds associated with the plant's antimicrobial activity. These findings confirm the antimicrobial and antioxidant potential of *Plectranthus amboinicus* essential oil, highlighting it as a promising natural alternative for the control of enteric-resistant bacteria in veterinary medicine.

Keywords: Essential oil, *Plectranthus amboinicus*, bacterial resistance, *E. coli*, *Salmonella*, CMI, GC-MS, DPPH.

INTRODUCCIÓN

La resistencia bacteriana representa una amenaza creciente para los tratamientos veterinarios, ya que compromete la efectividad de antibióticos (RADOMIR, y otros, 2024). En Ecuador, esta problemática se incrementó, especialmente en enterobacterias que han desarrollado resistencia tanto para animales de producción como animales de compañía (Villacís Jara, Granda, & Irazabal, 2020). Esta situación genera fallos terapéuticos, además, contribuye con la diseminación de genes resistentes entre especies bacterianas, afectando la salud animal y la seguridad alimentaria (Kerek, Szabó, & Jerzsele, 2024).

Ante lo expuesto, la búsqueda de alternativas naturales con potencial antimicrobiano se ha convertido parte prioritaria de investigación, destacando el uso de aceites esenciales provenientes de plantas medicinales (Pardo, y otros, 2023). Como una alternativa prometedora se propone a los aceites esenciales de plantas medicinales para controlar bacterias multirresistentes (Caiminagua, 2021).

Las hojas poseen una composición compleja, conformado de una mezcla de metabolitos de terpenos y compuestos fenólicos (Gomez, 2023). Además, su aplicación en medicina veterinaria es considerada una alternativa menos riesgosa, ya que al emplearse de forma complementaria con antibióticos puede potenciar su acción y disminuir la resistencia (Duarte, Barboza, & de Albuquerque, 2022).

La planta de *Plectranthus amboinicus* demostró un perfil químico rico en metabolitos con capacidad antimicrobiana (Cardona & Díaz, 2022). Lo cual se corroboró mediante cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC/MS), se identificó compuestos como Germancrene D, Carvacrol y α -Terpinene, relacionados con efectos inhibitorios sobre bacterias gramnegativas (Monzote, y otros, 2020); (López-Martínez, Chan-Jiménez, Hernández-López, & Rodríguez-Luna, 2023). Estos compuestos consisten en alterar la permeabilidad de la membrana celular, afectando los procesos metabólicos de la bacteria (Marciales, Soto, & Osorio, 2023). La presente investigación se centra en la actividad antimicrobiana frente a *Escherichia coli* ATCC 25922 y *Salmonella entérica* ATCC 14028, con base a ensayos de difusión en agar y CMI (Cardona & Díaz, 2022; Hulankova, 2024).

Además, de añadir la evaluación de la actividad antioxidante de aceites esenciales, que suele realizarse mediante ensayo DPPH (2,2-Diphenyl-1-Picrylhydrazyl), método usado para medir la capacidad de eliminación de radicales libres (Jena, y otros, 2023). Estudios han empleado este ensayo junto con GC-MS para correlacionar la presencia de monoterpenos y sesquiterpenos con la capacidad antioxidante de estas hojas (Benabderrahmane, y otros, 2024).

Por ello, el presente estudio busca evaluar el efecto in-vitro de la actividad antimicrobiana del aceite esencial de *Plectranthus amboinicus* frente a cepas de *Escherichia coli* ATCC 25922 y *Salmonella entérica* ATCC 14028, mediante ensayo de difusión en agar con pocillos, la determinación de la concentración mínima inhibitoria (CMI), pruebas de actividad antioxidante por el método DPPH y análisis por GC/MS, con el fin de valorar su potencial como alternativa natural para el control de enterobacterias de importancia veterinaria.

METODOLOGÍA

La metodología de esta investigación se centró en la extracción y evaluación biológica del aceite esencial de *Plectranthus amboinicus*, recolectado en Santo Domingo, Ecuador. El aceite se obtuvo mediante destilación por arrastre de vapor (400 g de hoja en 800 mL de agua

a 90 °C durante 90 min) y se caracterizó químicamente mediante cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC/MS), utilizando una columna HP-5MS y un programa térmico de 90 minutos para identificar sus compuestos volátiles. Asimismo, se determinó su capacidad antioxidante a través del método DPPH, midiendo la absorbancia a 515 nm y cuantificando los resultados en $\mu\text{mol ET}/100\text{ g}$ mediante una curva de calibración con Trolox ($R^2=0,9993$).

Para la evaluación antimicrobiana, se empleó el método de difusión en agar por pocillos frente a cepas de *Escherichia coli* y *Salmonella enterica*, estandarizadas a 0,5 en la escala de McFarland. Se aplicó un diseño experimental factorial para comparar el aceite esencial (concentraciones al 50% y 100%) frente a testigos de Oxitetraciclina y Gentamicina, realizando además un ensayo de Concentración Mínima Inhibitoria (CMI) con diluciones desde el 10% al 70% en DMSO. Los halos de inhibición se midieron tras 24 horas de incubación a 35 °C, y los datos fueron validados estadísticamente mediante un análisis ANOVA y pruebas de Tukey ($p<0,05$) utilizando el software Statgraphics.

Tabla 1. Programa térmico del análisis cromatográfico

Temperatura del horno	Incremento	Rampa de temperatura	Tiempo
60°C	60 °C a 100° C	3°C/min	2 min
100°C	100°C a 160°C	2°C/min	5 min
160°C	160 °C a 280°C	5°C/min	15 min

Nota: Proceso realizado de manera seguida en un tiempo de corrida de 90,333minutos

RESULTADOS

1. Extracción de aceite esencial de *Plectranthus amboinicus*.

Figura 1. Hoja de *Plectranthus amboinicus*.



Tabla 2. Extracción de aceite esencial de *plectranthus amboinicus* mediante método de destilación por arrastre a vapor.

Muestra	Peso inicial	Agua destilada	Rendimiento
Hojas frescas de <i>Plectranthus amboinicus</i>	15,2 kg	30.4 L	5.46 mL

Nota: La cantidad de aceite esencial fue medida mediante 8 destilaciones por cada 1,13 ml de aceite esencial.

En la siguiente tabla detalla el tipo de muestra que se utilizó para la extracción del aceite esencial, utilizando 15,2 kg de hojas frescas de *Plectranthus amboinicus* en 30.4 L de agua destilada, manteniendo una relación 1:2 P/V, obteniendo una cantidad de 5.46 mL de aceite esencial recolectados en un frasco color ámbar.

Según Cardona & Díaz (2022) el rendimiento del aceite esencial de *Plectranthus amboinicus* puede usar una relación peso volumen de acorde al tipo de equipos disponibles, por lo cual, detallada según su investigación que se puede obtener 0,27 (v/w %), que corresponde a 1ml por cada 370,4 g de material fresco.

2. Medición de halos de inhibición.

Tabla 3. Halos de inhibición de los tratamientos realizados

M	Gentamicina 10 µg	Oxitetraciclina 30 µg	A.E.P.a %50	A.E.P.a %100	Promedio
T1R1		N/I			0 mm

T1R2		N/I	
T1R3		N/I	
T1R4		N/I	
T2R1	19 mm		
T2R2	20 mm		20 mm
T2R3	20 mm		
T2R4	21 mm		
T3R1			20 mm
T3R2			17 mm
T3R3			20 mm
T3R4			19 mm
T4R1			16 mm
T4R2			15 mm
T4R3			25 mm
T4R4			21 mm
T5R1		N/I	
T5R2		N/I	
T5R3		N/I	0 mm
T5R4		N/I	
T6R1	21 mm		
T6R2	22 mm		
T6R3	21 mm		17.75 mm
T6R4	7 mm		
T7R1			N/I
T7R2			N/I
T7R3			N/I
T7R4			N/I
T8R1			16 mm
T8R2			19 mm
T8R3			24 mm
T8R4			17 mm

Nota: **M:** Muestra; **T:** Tratamiento; **R:** Repetición; **A.E.P.a:** Aceite esencial de *Plectranthus amboinicus*; **N/I:** No hay inhibición.

De acuerdo con la tabla 3, presentó los resultados de medición de halos de inhibición de los tratamientos realizados con las cuatro repeticiones. El primer tratamiento no presentó ningún halo de inhibición en sus cuatro repeticiones frente a *E. Coli* + oxitetraciclina 30 µg; el segundo tratamiento presentó halos de inhibición de 21 mm, 20 mm, 20 mm y 19 mm frente

a *E. Coli* + Gentamicina 10 µg, presentando un promedio de 20 mm entre las cuatro repeticiones.

Dentro del tratamiento tres y cuatro, los cuales se usó pocillos de aceite esencial de *Plectranthus amboinicus* con el 50% y 100% frente a *E. Coli*, presentaron halos de inhibición bastante positivos, promediando el tercer tratamiento con 19 mm y el cuarto tratamiento con 19,25 mm.

Por otro lado, el tratamiento cinco y siete, se reflejó la no presencia de halos de inhibición, el tratamiento cinco, no presenta halos de inhibición frente a *Salmonella entérica* + oxitetraciclina 30 µg, en cambio, el tratamiento siete, no presenta halos de inhibición frente a *Salmonella entérica* con pocillos de aceite esencial de *Plectranthus amboinicus* al 50%.

Finalmente, dentro de la tabla 3, los tratamientos 6 y 8 se evidenciaron halos de inhibición, causando así una eficacia de la gentamicina 10 µg contra *Salmonella entérica* en el tratamiento 6 con un promedio de halo de 17,75 mm, y dentro del tratamiento 8, se evidenció la eficacia frente a pocillos de aceite esencial de *Plectranthus amboinicus* al 100% con un promedio de 19 mm.

Según, Cardona & Díaz (2022) realizó el trabajo de investigación con el aceite esencial de *Plectranthus amboinicus* en donde “Se evidenció inhibición completa del crecimiento de las especies bacterianas: *Escherichia coli*, *Salmonella sp* y *Listeria sp.*, con actividades antibióticas superiores en todos los casos”.

3. Evaluación del diseño factorial AxB.

Tabla 4. Análisis de varianza (anova) del diseño factorial AxB.

Fuente	SC	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Tratamiento antibacteriano	1985,75	3	661,917	59,83	0,0000
B: Aislados bacterianos	231,125	1	231,125	20,89	0,0001
INTERACCIONES					
A*B	501,125	3	167,042	15,10	0,0000
RESIDUOS	265,5	24	11,0625		
TOTAL	2983,5	31			

Nota: SC: Suma de cuadrados; Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

En la tabla 4, el análisis de varianza (ANOVA) aplicado en la medición de halos de inhibición correspondiente a un diseño factorial A^{XX}B, evaluó dos factores: el factor A, que corresponde al tratamiento antimicrobiano y el factor B correspondiente a las cepas bacterianas.

La tabla de ANOVA del diseño factorial, se elaboró con suma de cuadrados tipo III, permitió descomponer la variabilidad del tamaño de los halos, controlando la influencia de los demás factores. Los valores de -p, tanto del factor A y factor B, así como la interacción de ambas pruebas, su significancia estadística de estos 3 valores de -P, son menores que 0,05.

Estos resultados concuerdan con la investigación hecho por Cardona & Díaz (2022) quienes también aplicaron un análisis factorial (A^{XX}B), el que mostró diferencias significativas menores de 0.05. Del mismo modo investigaciones que han aplicado análisis factorial y ANOVA como (Sawant, Baldwin, Metryka, & Rahman (2023) señalando que el aceite esencial de *Plectranthus amboinicus* afecta la permeabilidad de membranas bacterianas.

4. Resistencia bacteriana mediante método de Tukey al 5%.

Tabla 5. Resultado de resistencia bacteriana por método: 95,0 porcentaje tukey hsd.

Tratamiento antimicrobiano	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
1	8	0	1,17593	X
3	8	9,5	1,17593	X
2	8	18,875	1,17593	X
4	8	19,125	1,17593	X

Nota: Las X marcada en la tabla representa si existe un nivel de significancia entre los tratamientos.

Tabla 6. Diferencias estimadas entre los tratamientos.

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
1 - 2	*	-18,875	4,58879
1 - 3	*	-9,5	4,58879

1 - 4	*	-19,125	4,58879
2 - 3	*	9,375	4,58879
2 - 4		-0,25	4,58879
3 - 4	*	-9,625	4,58879

Nota: El (*) indica una diferencia significativa entre los tratamientos

La prueba de Tukey se utilizó para comparar los promedios de los factores empleados en el estudio para determinar cuáles medias son significativamente entre sí.

En la tabla 6, mostró las diferencias estimadas en cada par de medias. En la parte de la columna en donde se muestra el asterisco a lado de los 5 pares, demostró la diferencia estadísticamente significativa, es decir, que no se deben al azar, con un nivel de confianza del 95%.

Mientras que en la tabla 5, se presentó la columna denominada “grupos homogéneos”, marcados con un “X”. Cuando los tratamientos comparten la letra X al mismo nivel de la columna, significa que no hay diferencia significativa entre ellos.

En nuestro caso, el tratamiento 1 se separa de los demás debido a que tiene un promedio de 0, mientras que el tratamiento 3 ocupa una posición intermedia dado que su promedio es de 9,5, por otro lado, los tratamientos 2 y 4, con promedios cercanos a 19, se consideran estadísticamente iguales. Con este método hay un riesgo de 5% pero una confianza del 95%, afirmando que existen diferencias cuando en realidad no las hubiera.

En este estudio, el aceite esencial de *Plectranthus amboinicus* al 100% demostró un efecto antimicrobiano comparable a la gentamicina, mientras que al 50% redujo su inhibición significativamente estadísticamente hablando, sin embargo, aunque en menor medida si presento tener un efecto antimicrobiano.

Estos resultados concuerdan con Hanh, y otros (2023), en donde altas concentraciones de aceite esencial de *Plectranthus amboinicus* generaron halos de 47-54 mm frente a *E. Coli*, confirmando una gran capacidad en concentraciones puras.

Mientras que, en las cepas de *Salmonella entérica*, el ANOVA y la prueba de Tukey comprueban que solo las concentraciones elevadas produjeron inhibición significativa, coincidiendo con el estudio hecho por Leesombun, Sungpradit, Sariya, Taowan, & Boonmasawai (2023) que, “para frenar el crecimiento de *Salmonella*, se necesitan concentraciones altas de 1024 µg/mL”. De igual forma nuestros resultados muestran que el aceite al 100% actúa casi igual que la gentamicina, mientras que al 50% su efecto es desfavorable.

5. Concentración mínima inhibitoria del aceite esencial de *Plectranthus amboinicus*

Figura. 2. Concentración mínima inhibitoria de aceite esencial de *Plectranthus amboinicus* contra *E. coli*

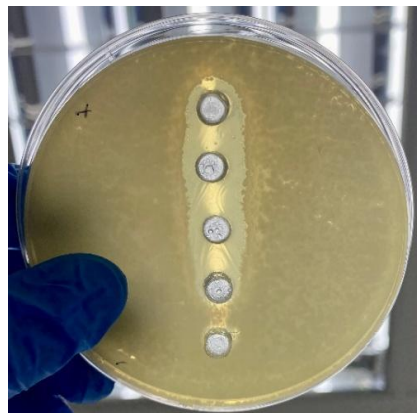


Tabla 7. Resultado de concentración mínima inhibitoria frente a *e. coli*.

Bacteria	Concentración de A.E.P.a %	Halo de inhibición	Resistencia
<i>E. coli</i>	70%	16 mm	N/
<i>E. coli</i>	50%	15 mm	N/R
<i>E. coli</i>	30%	13 mm	N/R
<i>E. coli</i>	20%	8 mm	N/R
<i>E. coli</i>	10%	N/I	R

Nota: N/I: No hay inhibición; N/R: No hay resistencia; R: Resistente.

Dentro de la tabla 7, la concentración mínima inhibitoria frente a *Escherichia coli* ATCC 25922, es de 10%, es decir, que el aceite esencial de *Plectranthus amboinicus* pierde su capacidad antimicrobiana a dicha concentración.

Por otro lado, el CMI de aceite esencial de *Plectranthus amboinicus* realizado por Resende, y otros (2022) fue de 0.3 % frente a *E. Coli* ATCC 25922, realizado por el método de micro dilución en caldo. Además, demostró que por este método usado en el estudio mencionados tiene efecto bactericida ante la bacteria.

La principal diferencia presentada en los valores es debido a la diferente metodología empleada, ya que en nuestros resultados se utilizó el método de difusión en agar, el cual requiere concentraciones más altas para lograr difusión en el medio, a diferencia del método por medio líquido ya que tiene una mayor sensibilidad.

Figura. 3. Concentración mínima inhibitoria de aceite esencial de *Plectranthus amboinicus* contra *Salmonella* entérica.

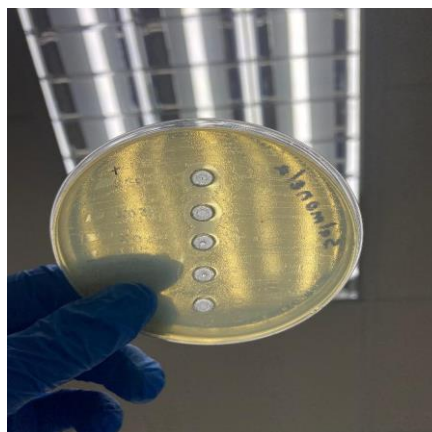


Tabla 8. Resultado de concentración mínima inhibitoria del aceite esencial de *plectranthus amboinicus* contra *salmonella* entérica.

Bacteria	Concentración de A.E.P.a %	Halo de inhibición	Resistencia
<i>Salmonella</i>	70%	11 mm	N/R
<i>Salmonella</i>	50%	9 mm	N/R
<i>Salmonella</i>	30%	7 mm	N/R
<i>Salmonella</i>	20%	N/I	R
<i>Salmonella</i>	10%	N/I	R

Nota: N/I: No hay inhibición; N/R: No hay resistencia; R: Resistente.

Por otro lado, en la tabla 8, se obtuvo en este caso que las concentraciones mínimas inhibitorias frente a *Salmonella* entérica ATCC 14028, fue del 20% y 10%, el aceite esencial

no actúa en esas concentraciones frente a la bacteria. Sin embargo, al comparar los datos reportados por Leesombun, Sungpradit, Sariya, Taowan, & Boonmasawai (2023) estos resultan elevados en comparación al CMI al 0.1% para *Salmonella Typhimurium* ATCC 14028, con el método de micro dilución en caldo.

6. Análisis de compuestos volátiles mediante GC/MS.

Figura. 4. Resultados de picos de compuestos volátiles presentes en el aceite esencial de *Plectranthus amboinicus* mediante su tiempo.

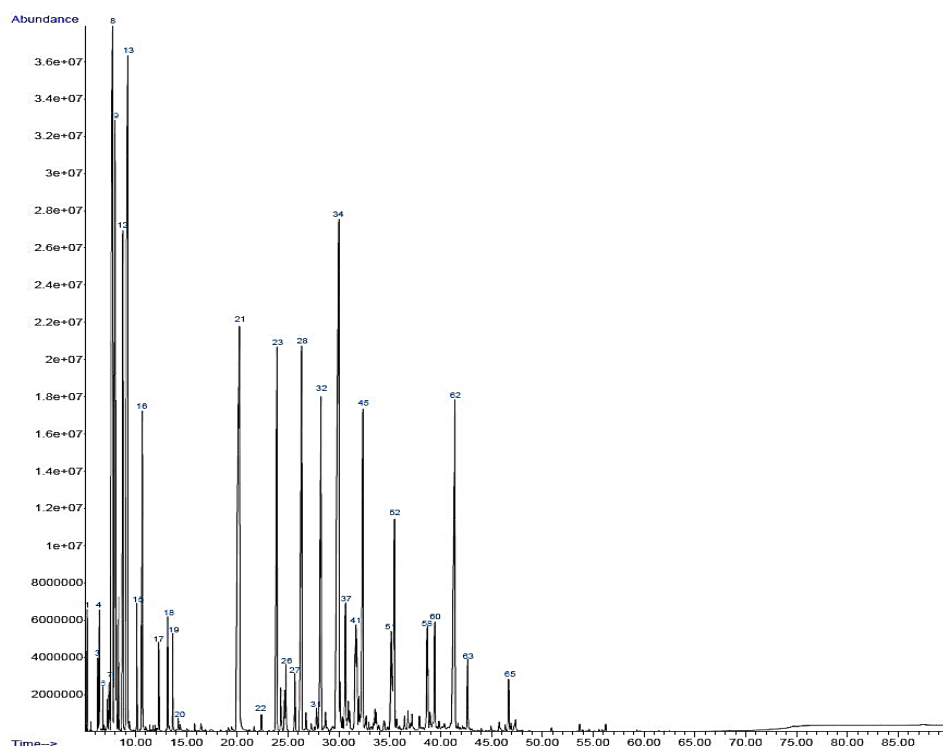


Tabla 9. Compuestos volátiles presentes en el aceite esencial de *plectranthus amboinicus*.

Nº	Compuesto	TR (min)	Área (%)
1	α-Terpinolene	7,728	10,61
2	o-Cymene	7,984	6,68
3	Ocimene	8,748	4,47
4	γ-Terpinen	9,217	9,88
5	Carvacrol	20,212	8,87

6	α -Copaene	23,907	4,42
7	β -Caryophyllene	26,326	4,92
8	α -Humulene	28,230	4,02
9	Germacrene D	29,993	10,72
10	Isoledene	41,385	5,39

Nota: TR: Tiempo de retención en donde fue identificado el compuesto volátil.

Dentro de los resultados obtenidos mediante cromatografía de gases acoplada a un espectrómetro de masas (GC/MS), se identificaron 67 compuestos volátiles presentes en el aceite esencial de *Plectranthus amboinicus* mediante GC/MS y comparados con la librería NIST.14. L. El perfil de los picos analizados en la tabla 9, muestra 10 picos mayoritarios en base al porcentaje de área y tiempos de retención para su identificación.

El primer pico α -Terpinolene con un % de área 10,61 se observó a los 7,728 minutos de tiempo de retención; el segundo pico o-Cymene con un % de área 6,68 se observó a los 7,984 minutos de tiempo de retención, el tercer pico Ocimene con un área de con un área de 4,47% en el tiempo de retención 8,748 minutos; como cuarto pico se encontró a γ -Terpinen con área de 9,88% en el minuto 9,217 ; como quinto pico se determinó Carvacrol con un área 8,87 % en el minuto 20,212; como sexto pico α -Copaene con un área de 4,42 %, en un tiempo de retención de 23,907 minutos; el séptimo pico, β -Caryophyllene con un área de 4,92 en el tiempo de retención 26,326 minutos; como octavo pico α -Humulene con un área de 4,02 % en el tiempo de retención 28,230 minutos ;como noveno pico Germacrene D con un área de 10,72 %, en el tiempo de retención 29,993 minutos, siendo el pico más alto; como décimo pico, Isoledene con un área de 5,39 % al minuto 41,385.

Según Blacio, y otros (2025) los compuestos como: Germacrene D, o-Cymene, α -Copaene y α -Humulene, son parte de los compuestos que se han visto presentados como componentes principales dentro de las diferentes zonas del sur de Ecuador. Los compuestos como el Germacrene D, α -Copaene y α -Humulene son pertenecientes al grupo de los sesquiterpenos no oxigenados y el o-Cymene, perteneciente al grupo de los monoterpenos no oxigenados, los cuales se ha descrito que estos grupos presentan actividad antimicrobiana, según (Huanca Miranda, Castro Mandujano, López Rodilla, & Bautista Cruz, 2021).

De acuerdo con Santos Filipe, y otros (2025), demostró en su investigación que α -Terpinolene y γ -Terpinen, son componentes que se presentan comúnmente en el aceite esencial de *Plectranthus amboinicus*, el cual puede encontrarse en tallos, partes aéreas y plantas enteras del cual se reporta siete de cada nueve veces como componente en la literatura. Por otro lado, los compuestos volátiles α -Terpinolene y γ -Terpinen demuestra que tiene propiedad antimicrobiana moderada realizado en bacterias como la *E. coli* según investigaciones descritas por (Kamiya, y otros, 2024).

Por otro lado, los compuestos volátiles como el Carvacrol y β -Caryophyllene, fueron diagnosticados como componentes principales del aceite esencial de la hoja de *Plectranthus amboinicus* en Taiwán (Kuang & Chen, 2019).

Finalmente, los compuestos como Ocimene e Isoledene, fueron diagnosticados por Satongrod & Wanna, (2021) cumpliendo un papel sinérgico con los demás compuestos volátiles, es decir, ayuda en la propiedad antibacteriana.

7. Antioxidante

La cantidad de antioxidante obtenido mediante el método DPPH por triplicado del aceite esencial de *Plectranthus amboinicus*, tuvo un valor promedio de 1.132,66 $\mu\text{mol ET}/100\text{ g}$ muestra.

Estos datos resultan menores a consideración del método de extracción de las hojas de *Plectranthus amboinicus*, debido a que reportes realizados por Andrade-Oyarzabal, y otros (2025) demostraron que presenta una actividad antioxidante de 682.952,60 $\mu\text{mol ET}/100\text{ g}$ muestra, mediante hidrodestilación, como método de extracción del aceite esencial. Además, incluso en extractos con solventes en estudios realizados por (Kozłowska et al., 2021), presentaron una mayor actividad, alcanzando 14.677 $\mu\text{mol ET}/100\text{ g}$, haciendo notoria la diferencia, lo que podría indicar que la metodología aplicada en este estudio puede ser útil para determinar actividad antioxidante, sin embargo, su eficiencia para obtener compuestos con capacidad antioxidante es inferior al comparar con otros métodos.

DISCUSIÓN

La interpretación de los hallazgos obtenidos en esta investigación revela una convergencia significativa entre la quimiotaxonomía de *Plectranthus amboinicus* y su potencial terapéutico. Al analizar el rendimiento de la destilación en Santo Domingo, se observa una cifra discretamente inferior a los estándares reportados por Cardona y Díaz (2022), lo cual subraya la influencia determinante de las condiciones edafoclimáticas locales. La síntesis de metabolitos secundarios no es un proceso estático; la composición química identificada, donde predomina el Germacreno D (10,72%) y el α -Terpinoleno (10,61%), sugiere un perfil quimiotípico orientado hacia los sesquiterpenos, una característica que, según Blacio et al. (2025), es común en las zonas del sur de Ecuador y define su comportamiento biológico.

En el ámbito de la eficacia antimicrobiana, resulta revelador que el aceite esencial al 100% haya mostrado una capacidad de inhibición frente a *Escherichia coli* comparable a la Gentamicina. Esta equivalencia funcional destaca el valor de compuestos como el Carvacrol y el γ -Terpineno, los cuales, de acuerdo con Hanh et al. (2023), poseen una alta capacidad para comprometer la integridad de la membrana citoplasmática bacteriana en concentraciones puras. No obstante, frente a *Salmonella enterica*, la resistencia observada en concentraciones del 50% e inferiores coincide con lo expuesto por Leesombun et al. (2023), quienes sostienen que esta bacteria posee una membrana externa particularmente selectiva que requiere umbrales elevados de fitocomplejos para ver alterada su estabilidad osmótica.

Un punto de debate necesario surge al contrastar los valores de la Concentración Mínima Inhibitoria (CMI). La brecha detectada entre el 10% de CMI obtenido en este estudio y el 0,3% reportado por Resende et al. (2022) no debe interpretarse como una falta de potencia intrínseca del aceite, sino como una consecuencia de la metodología empleada. La difusión en agar presenta limitaciones físicas para sustancias hidrofóbicas; los terpenos encuentran una barrera de transferencia de masa en la matriz acuosa del agar, lo que tiende a sobreestimar la CMI en comparación con el método de microdilución en caldo, donde el contacto entre el compuesto y el patógeno es directo y constante.

Finalmente, la capacidad antioxidante invita a una reflexión sobre la selectividad del proceso de extracción. El valor promedio de 1.132,66 $\mu\text{mol ET}/100\text{ g}$ es notablemente inferior a los

reportes de Andrade-Oyarzabal et al. (2025), quienes emplearon hidrodestilación asistida. Esta disparidad sugiere que la destilación por arrastre de vapor, si bien es idónea para capturar la fracción volátil bactericida, podría estar limitando la recuperación de compuestos fenólicos de mayor peso molecular o termolábiles que son los verdaderos protagonistas de la actividad secuestrante de radicales libres. En definitiva, el aceite esencial de Santo Domingo se posiciona como un agente antimicrobiano de alto valor, cuya eficacia depende críticamente de la concentración y el método de aplicación.

CONCLUSIONES

Se logró obtener el aceite esencial de *Plectranthus amboinicus* mediante el método de destilación por arrastre a vapor, teniendo una relación 1:2 (peso/volumen), destacando que la técnica es viable para la extracción de sus compuestos bioactivos y que el rendimiento de aceite esencial haya sido factible para la utilización de las diferentes pruebas de estudio.

El aceite esencial de *Plectranthus amboinicus* demostró poseer actividad antimicrobiana significativa en los tratamientos de estudio, a través de método de sensibilidad antimicrobiana por difusión agar frente a las cepas de *Escherichia coli* ATCC 25922 y *Salmonella entérica* ATCC 14028. Cabe recalcar que la actividad antimicrobiana del aceite esencial de *Plectranthus amboinicus* contra *Salmonella* únicamente es efectiva a su concentración más alta (100%) usando el método de agar difusión. Al comparar su efecto con los antibióticos como grupo testigos, se analizó su eficacia comparable a la Gentamicina 10 µg, e incluso superando a Oxitetraciclina 30 µg, debido a la presencia de resistencia frente a las bacterias usadas en nuestro estudio.

La concentración mínima inhibitoria (CMI) del aceite esencial de *Plectranthus amboinicus* frente a enterobacterias, se encuentra en un rango de concentración de 10% en *Escherichia coli* ATCC 25922 y 20% en *Salmonella entérica* ATCC 14028. Estos valores cuantitativos confirman su potencial como un agente inhibitorio hacia el crecimiento de las cepas bacterianas, lo cual, proporciona una base fundamental para posibles estudios sobre su aplicación dentro de la industria farmacéutica veterinaria.

Finalmente, la evaluación antioxidante mediante el método DPPH mostró un valor promedio de 1.132,66 $\mu\text{mol ET}/100\text{ g}$ muestra, evidenciando que cuenta con compuestos capaces de neutralizar radicales libres.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andrade-Oyarzabal, S., Cerrilla, M. E., Sánchez, J. G., Guardado-Torres, H. B., Barcena-Gamma, J. R., Crosby-Galván, M. M., & Vaquera-Huerta, H. (2025). Phytochemicals, antioxidants, and oxidative stress in ruminant reproduction. *Agro Productividad*. doi:<https://doi.org/10.32854/aq479a66>
- Benabderrahmane, W., Fadel, H., Sekhara, I., Mennai, I., Kadi, I. E., Helal, M., & Qari, S. H. (2024). GC-MS analysis, phytochemical composition of *Hertia cheirifolia* L. essential oil with pharmacological assessments: antioxidant, antibacterial, and antifungal activities. *Royal Society of Chemistry*(14), 22548–22559. doi:<https://doi.org/10.1039/D4RA03578J>
- Blacio, S., AVECILLAS, G., Maldonado, J., Gadway, K., Porras, M., León, W., & Calva, J. (2025). Comparative Study of the Chemical Composition of the Essential Oil of *Plectranthus amboinicus* from Different Sectors of Southern Ecuador. *horticulturae*(11), 5-7. doi:<https://doi.org/10.3390/horticulturae11020173>
- Caiminagua, R. (2021). *Efecto de la inclusión de plectranthus amboinicus en el alimento de pollos cobb 500 sobre el control bacteriano*. Universidad Técnica de Machala.
- Cardona, L., & Díaz, J. (2022). Extracción y caracterización de aceite esencial de orégano, especie *Plectranthus amboinicus*, a partir de cultivos orgánicos del Magdalena Medio en Colombia. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, 5(1), 550-563. doi:<https://doi.org/10.34188/bjaerv5n1-043>
- Duarte, J. P., Barboza, M. L., & de Albuquerque, H. N. (2022). Etnoconhecimento da hortelã da folha grossa (*Plectranthus amboinicus*) no interior paraibano. *Open Minds International Journal*, 56-68. doi:<https://doi.org/10.47180/omij.v3i2.167>
- Gomez, K. (2023). *Aceites esenciales de plantas medicinales con efecto Antibacteriano In Vitro: una revisión sistemática*. UNIVERSIDAD CATÓLICA LOS ÁNGELES DE CHIMBOTE. Obtenido de ULADECH: https://repositorio.uladech.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13032/34811/ACEITES_ESENCIALES_CINNAMOMUM_VERUM_GOMEZ_BACA_KLEYDY_YAMA_LI%20%282%29.pdf?sequence=6&isAllowed=y

- Hanh, D. T., Ngu, T. N., Bao, P. H., Nguyen, N. P., Trong, P. V., Loan, L. T., & To, D. C. (2023). Chemical Composition and Biological Activities of Essential Oil from *Plectranthus*. *Tropical Journal of Natural Product Research*, 7(11), 5203-5210. doi:10.26538/tjnpr/v7i11.25
- Huanca Miranda, C., Castro Mandujano, N., López Rodilla, J., & Bautista Cruz, N. (2021). Actividad antibacterial y composición química del aceite esencial de *Aloysia aloysioides* Loes. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 87(3), 9-10.
- Hulankova, R. (2024). Methods for Determination of Antimicrobial Activity of Essential Oils In Vitro—A Review. *Plants*, 13(19), 11-14. doi:https://doi.org/10.3390/plants13192784
- Jena, B., Biswal, B., Sarangi, A., Giri, A. K., Bhattacharya, D., & Acharya, L. (2023). GC/MS Profiling and Evaluation of Leaf Essential Oil for Bactericidal Effect and Free Radical Scavenging Activity of *Plectranthus amboinicus* (Lour.) Spreng Collected from Odisha, India. *Chem Biodivers*. doi:https://doi.org/10.1002/cbdv.202200691
- Kamiya, H., Haraguchi, A., Mitarai, H., Yuda, A., Wada, H., Shuxin, W., & Wada, N. (2024). In vitro evaluation of the antimicrobial properties of terpinen-4-ol on apical periodontitis-associated bacteria. *Journal of Infection and Chemotherapy*, 30(4), 306-314.
- Kerek, Á., Szabó, Á., & Jerzsele, Á. (2024). Antimicrobial Susceptibility Profiles of *Salmonella* spp. Isolates from Clinical Cases of Waterfowl in Hungary Between 2022 and 2023. *Microorganisms*, 12(12), 2-20. doi:https://doi.org/10.3390/microorganisms12122462
- Kozłowska et al. (2021). Phenolic Contents and Antioxidant Activity of Extracts of Selected Fresh and Dried Herbal Materials. *Pol. J. Food Nutr*, 269-278.
- Kuang, P., & Chen, L. (2019). Antimildew Effects of *Plectranthus amboinicus* Leaf Essential Oil on Paper. *SAGE*, 14(7), 2-3. doi:https://doi.org/10.1177/1934578X19862903
- Leesombun, A., Sungpradit, S., Sariya, L., Taowan, J., & Boonmasawai, S. (2023). Transcriptional Profiling of the Effect of *Coleus amboinicus* L. Essential Oil against *Salmonella Typhimurium* Biofilm Formation. *Antibiotics*, 12(11), 1-19. doi:https://doi.org/10.3390/antibiotics12111598
- López-Martínez, S., Chan-Jiménez, J. E., Hernández-López, E. S., & Rodríguez-Luna, A. R. (2023). Oreganón, perejil, cilantro, hierbabuena y albahaca a través de difracción de rayos x. *Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud*, 25(3), 113-124. doi:https://doi.org/10.18633/biotecnia.v25i3.1862
- Marciales, K. P., Soto, J. A., & Osorio, E. J. (2023). Composición química y actividad antibacteriana de aceites esenciales de *Thymus vulgaris* L. sobre *Salmonella* spp.

Revista Cubana de Farmacia, 1-19. Obtenido de <https://revfarmacia.sld.cu/index.php/far/article/view/854>

- Monzote, L., Scherbakov, A. M., L Scull, R., Gutiérrez, Y. I., Satyal, P., Cos, P., & Setzer, W. N. (2020). Pharmacological Assessment of the Carvacrol Chemotype Essential Oil From *Plectranthus amboinicus* Growing in Cuba. *Sage journals*, 15(10), 15. doi:<https://doi.org/10.1177/1934578X20962233>
- Naik, S. S., Thilagaraj, W. R., Gangadharan, P., & Leela, K. V. (2024). Comparative Study of Antibacterial Activity between Selected International and Indian Essential Oils against Selected Pathogenic Bacteria. *J Pure Appl Microbiol*, 18(1), 401-409. doi:10.22207/JPAM.18.1.23
- Pardo, F. T., Aparco, R. H., Quispe, I. M., Pacheco, N. F., Cerna, H. W., & Chipana, S. Q. (2023). Compuestos bioactivos y actividad antioxidante de aceites esenciales en hojas de plantas medicinales. *Revista Alfa*, 7(21), 547-559. doi:<https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v7i21.235>
- Puvača, N., Milenković, J., Galonja Coghill, T., Bursić, V., Petrović, A., Tanasković, S., & Miljković, T. (2021). Antimicrobial Activity of Selected Essential Oils against Selected Pathogenic Bacteria: In Vitro Study. *Antibiotics*, 10(5), 1-14. doi:<https://doi.org/10.3390/antibiotics10050546>
- Quinteros, M. F., Martínez, J., Barrionuevo, A., Rojas, M., & Carrillo, W. (2022). Functional, Antioxidant, and Anti-Inflammatory Properties of Cricket Protein Concentrate (*Gryllus assimilis*). *Biology*, 11(5). doi:<https://doi.org/10.3390/biology11050776>
- Radomir, A. M., Stan, R., Peticilă, A. G., Clapa, D., Mușat, B., Vinătoru, C., & Sumedrea, D. I. (2024). Overview of bioactive compounds, biological properties and therapeutic effects of *plectranthus amboinicus*. *Scientific Papers. Series B. Horticulture*, 68(1), 858-869.
- Resende, J. A., Toneto, D. S., Albuquerque, M. C., Bastos, K. A., Pinheiro, P. F., & Ignacchiti, M. D. (2022). Antibacterial and anti-biofilm potential of *Plectranthus amboinicus* (Lour.) Spreng essential oil and Carvacrol against *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*. *Revista de Ciências Médicas e Biológicas*, 11-17.
- Santos Filipe, M., Bangay, G., Brauning, F. Z., Ogungbemiro, F. O., Palma, B. B., Díaz-Lanza, A. M., & Rijo, P. (2025). *Plectranthus amboinicus*: A Systematic Review of Traditional Uses, Phytochemical Properties, and Therapeutic Applications. *pharmaceuticals*(18), 5-6. doi:<https://doi.org/10.3390/ph18050707>
- Satongrod, B., & Wanna, R. (2021). Potential of essential oils from leaves of Indian borage (*Plectranthus amboinicus*) and climbing wedelia (*Wedelia trilobata*) against cowpea weevil (*Callosobruchus maculatus*). *MAHASARAKHAM*.

- Sawant, S., Baldwin, T. C., Metryka, O., & Rahman, A. (2023). Evaluation of the Effect of *Plectranthus amboinicus* L. Leaf Extracts on the Bacterial Antioxidant System and Cell Membrane Integrity of *Pseudomonas aeruginosa* PA01 and *Staphylococcus aureus* NCTC8325. *Pathogens*(12), 2-17. doi:<https://doi.org/10.3390/pathogens12060853>
- Valencia , L., & Quintero , J. (2022). Extracción y caracterización de aceite esencial de orégano, especie *Plectranthus amboinicus*, a partir de cultivos orgánicos del Magdalena Medio en Colombia. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, 550-555.
- Valencia, L., & Quintero, J. (2022). Extracción y caracterización de aceite esencial de orégano, especie *Plectranthus amboinicus*, a partir de cultivos orgánicos del Magdalena Medio en Colombia. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, 550-563.
- Villacís Jara, K., Granda, E., & Irazabal, J. (2020). *Determinación del perfil de sensibilidad antibiótica en Escherichia coli y Salmonella spp. 1 aisladas de carne aviar en el Ecuador*. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Obtenido de Pontificia Universidad Católica del Ecuador: <https://repositorio.puce.edu.ec/server/api/core/bitstreams/d9e1a6b2-1d08-4ab6-bef9-76532e21d860/content>