

Estudio de la actividad antimicrobiana de extractos de plantas silvestres ante *Escherichia coli*


Study of the antimicrobial activity of wild plant extracts against *Escherichia coli*


*Vera Chichande, Odalis Nayeli*¹


*Vera Gaón, María Nallely*²

Demera Lucas, Francisco Manuel^{3*}

Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, Calceta, Ecuador

¹ nayeliverachichande@gmail.com 

² gaonnallely@gmail.com 

³ francisco.demera@espam.edu.ec 

Recibido/received:09/09/2025 Corregido/revised:17/11/2025 Aceptado/accepted:25/03/2026

Resumen: El uso de plantas silvestres con propiedades medicinales ha sido una práctica ancestral con alta relevancia en la salud humana y la conservación alimentaria. En Ecuador, muchas de estas especies forman parte de los saberes tradicionales y son valoradas por su potencial antioxidante y antimicrobiano. Este estudio tuvo como objetivo evaluar la actividad antimicrobiana de los extractos obtenidos de plantas silvestres para su aplicación agroindustrial. La investigación se desarrolló en el laboratorio de bromatología de la Universidad Técnica de Manabí (UTM), donde se obtuvieron extractos por ultrasonido, determinando los contenidos de fenoles totales y la concentración mínima inhibitoria (CMI) de los extractos. Se aplicó un diseño completamente al azar con un arreglo factorial AxB, donde A fue el tipo de plantas (hierba buena, albahaca, hierba mora) y B métodos de extracción (acuoso y etanólico), replicándose tres veces. Los resultados mostraron que la variable de fenoles totales cumplió con los supuestos de normalidad y homogeneidad requeridos para el análisis de varianza (ANOVA). Dicho análisis reveló que el tratamiento con mayor contenido de fenoles totales fue el T4 (hierba buena con agua autoclavada). En contraste, la variable de rendimiento no cumplió con los supuestos del ANOVA y el tratamiento T2 (hierba mora con agua autoclavada) fue quien presentó el mayor valor. Finalmente, se observó que no hubo inhibición frente a *Escherichia coli*, lo que se atribuye a las bajas concentraciones utilizadas de los extractos, insuficientes para impedir el crecimiento bacteriano.

Palabras clave: Bacteria; parasitología; contaminante; seguridad alimentaria

* Autor de correspondencia.

Correo: francisco.demera@espam.edu.ec



Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-SinDerivar 4.0

Abstract: The use of wild plants with medicinal properties has been an ancestral practice with high relevance to human health and food preservation. In Ecuador, many of these species are part of traditional knowledge and are valued for their antioxidant and antimicrobial potential. This study aimed to evaluate the antimicrobial activity of extracts obtained from wild plants for agroindustrial use. The research was conducted in the food science laboratory of the Technical University of Manabí (UTM), where extracts were obtained by ultrasound, determining the total phenol content and minimum inhibitory concentration (MIC) of the extracts. A completely randomized design with an AxB factorial arrangement was applied, where A was the type of plants (spearmint, basil, nightshade) and B the extraction methods (aqueous and ethanolic), replicated three times. The results showed that total phenolic content variable met the assumptions of normality and homogeneity required for the analysis of variance (ANOVA). This analysis revealed that the treatment with the highest total phenol content was T4 (mint with autoclaved water). In contrast, the yield variable did not meet the ANOVA assumptions, and treatment T2 (nightshade with autoclaved water) had the highest value. Finally, it was observed that there was no inhibition against *Escherichia coli*, which is attributed to the low concentrations of the extracts used, which were insufficient to prevent bacterial growth.

Keywords: Bacterium; parasitology; pollutant; food safety

Introducción

Las plantas silvestres medicinales han sido utilizadas por las sociedades humanas desde la antigüedad debido a sus múltiples beneficios para la salud. Evidencias arqueológicas señalan que hace aproximadamente 70 mil años, en Irán, ya se empleaban diversas especies vegetales con fines terapéuticos. En la actualidad se estima la existencia de alrededor de 240 mil especies de plantas certificadas, de las cuales al menos 50 mil son utilizadas con aplicaciones medicinales para la prevención y tratamiento de diversas afecciones, como gastroenteritis y enfermedades pulmonares, entre otras (Contreras-Miranda y Ramírez, 2022).

En los últimos años se ha registrado un incremento en los casos de enfermedades transmitidas por alimentos (ETA), asociados principalmente a la contaminación por *Escherichia coli*, bacteria comensal del intestino de los mamíferos que es excretada por las heces y puede sobrevivir en el ambiente durante semanas o meses (Ruiz et al., 2022). Esta bacteria puede causar diarrea, colitis hemorrágica (CH) y síndrome urémico hemolítico (SUH), tanto en humanos como en animales (Vélez et al., 2023), representando un importante problema de salud pública y de inocuidad alimentaria.

La calidad y seguridad de los alimentos pueden verse comprometidas por sus propiedades intrínsecas o por la contaminación microbiana, en este caso, para mitigar estos problemas se han empleado diversos enfoques, entre ellos el uso de conservantes (Machado y Bruno, 2022). Sin embargo, las preocupaciones toxicológicas y de seguridad asociadas a los conservantes sintéticos, junto con una mayor concienciación de los consumidores, han impulsado la búsqueda de alternativas naturales. En este contexto, las plantas constituyen una opción viable debido a su abundancia y a su riqueza en compuestos bioactivos con potencial como conservantes naturales en productos alimenticios (Shah y Mir, 2022).

En Ecuador, las plantas silvestres medicinales forman parte importante de los saberes ancestrales y de la medicina tradicional. Estas especies son comercializadas en ferias y mercados, donde se han identificado al menos 273 especies vegetales, de las cuales 178 son nativas, 83 introducidas y 12 endémicas (González et al., 2022). Además, según Elhadeh et al. (2024) indica que adicional al uso terapéutico y antioxidante de las plantas medicinales, muchas han sido estudiadas por su aplicación en la industria alimentaria, particularmente como recubrimientos o películas comestibles, debido a su capacidad para preservar las propiedades organolépticas de los alimentos e inhibir el crecimiento de microorganismos patógenos.

Por otra parte, las plantas aromáticas y medicinales generan anualmente grandes volúmenes de residuos que, en muchos casos, son desaprovechados, ya sea en forma de plantas completas o de partes específicas (Nakayama et al., 2022). Asimismo, numerosas especies presentan características que las clasifican como alimentos; no obstante, el desconocimiento sobre sus propiedades y potencial conduce a que sean consideradas especies no deseadas. De hecho, Fantinel et al. (2022) asegura que estas plantas, conocidas como “plantas alimentarias no convencionales (PANC), poseen una o más partes comestibles, crecen de manera espontánea y se encuentran comúnmente en jardines, huertos y patios, siendo subvaloradas pese a su relevancia ecológica, económica y nutricional.

El uso de hierbas medicinales como parte de tratamientos farmacológicos tradicionales se estima entre el 70 y 95% de las comunidades en países en desarrollo, lo que ha incrementado el interés por el estudio de diversas especies vegetales (Netshiluvhi y Eloff, 2024). Muchas de estas plantas silvestres son valoradas por sus propiedades antioxidantes y por los beneficios asociados a su consumo (Moreno et al., 2023). En este sentido, los extractos vegetales han demostrado una elevada actividad antioxidante y antimicrobiana, en algunos casos superiores a la de los antioxidantes sintéticos, lo que les confiere un alto potencial para inhibir patógenos transmitidos por alimentos y microorganismos responsables del deterioro de los productos alimenticios (Velasco et al., 2021; Olvera-Aguirre et al., 2023).

Considerando lo anterior, el presente estudio tiene como objetivo evaluar comparativamente la actividad microbiana de extractos obtenidos a partir de diferentes plantas silvestres mediante distintos métodos de extracción, con el fin de identificar las combinaciones más eficientes para su potencial aplicación en el ámbito agroindustrial.

Material y Métodos

La presente investigación se desarrolló en el laboratorio de bromatología de la Universidad Técnica de Manabí (UTM) Facultad de Ciencias Zootécnicas, extensión Chone, ubicada en la Provincia de Manabí, Cantón Chone.

Se aplicó el método experimental donde se evaluaron dos factores que fueron los tipos de plantas y métodos de extracción, se determinaron sus efectos sobre la variable actividad antimicrobiana ante la *E. coli*. Los diseños factoriales permiten estudiar simultáneamente los efectos principales de cada

factor y sus posibles interacciones sobre la variable respuesta (Andrade, 2024). Este enfoque constituye una aproximación común en estudios de actividad antimicrobiana de extractos vegetales cuando se comparan distintos tratamientos y métodos. Los tratamientos fueron establecidos considerando como factores: tipos de plantas y métodos de extracción. Además, los datos obtenidos fueron analizados mediante un análisis de varianza (ANOVA) para determinar diferencias significativas entre tratamientos. Cuando se detectaron diferencias estadísticas, se aplicó una prueba de comparación de medias para identificar los tratamientos con mayor efecto antimicrobiano, utilizando un nivel de significancia de $p \leq 0,05$.

En la Tabla 1, se presentan las combinaciones resultantes de los distintos niveles de cada factor, obteniéndose un total de seis tratamientos.

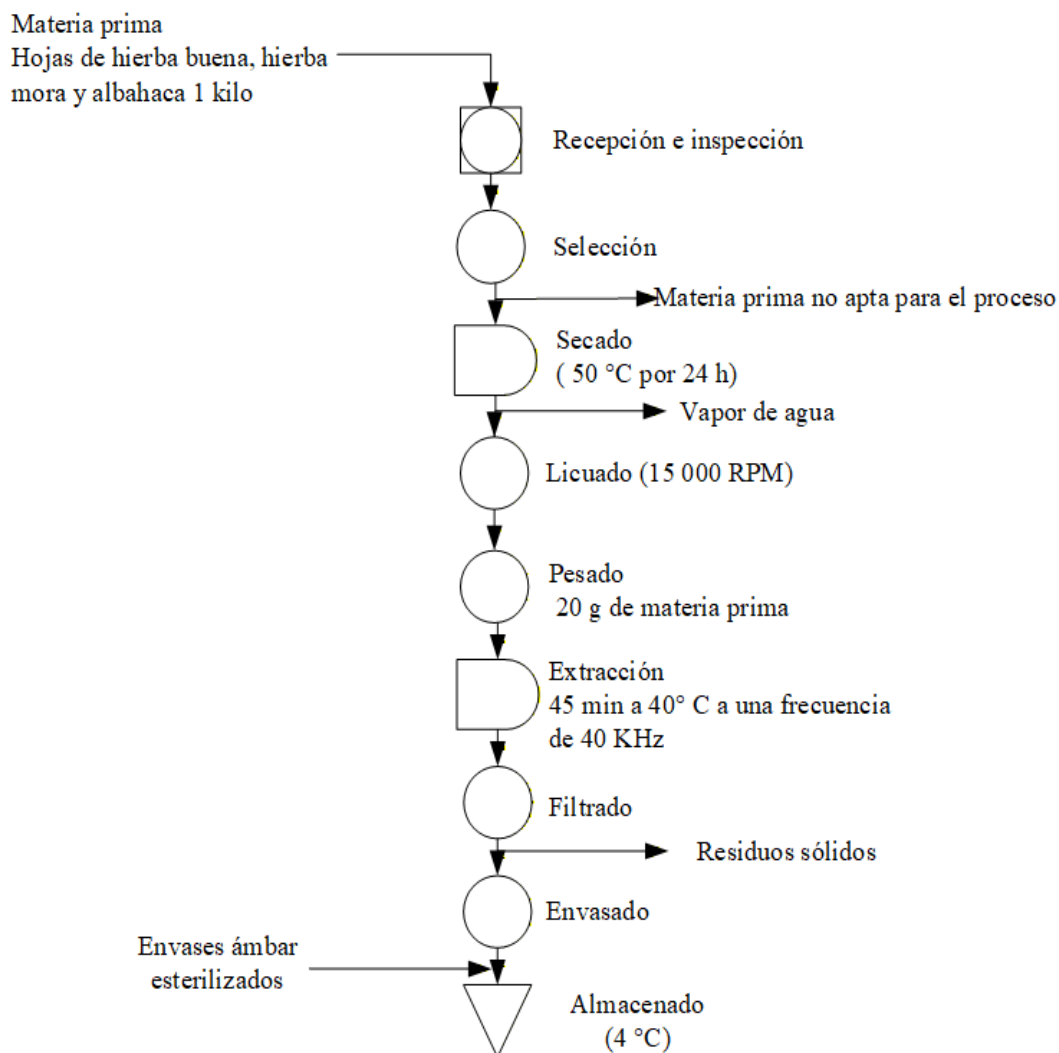
Tabla 1
Detalle de los tratamientos aplicados

Tratamientos	Factor A	Factor B	Detalle
T1	a ₁	b ₁	Hojas de la hierba mora (<i>Solanum nigrum</i>) con el método de extracción con alcohol
T2	a ₁	b ₂	Hojas de la hierba mora (<i>Solanum nigrum</i>) con el método de extracción de agua autoclavada
T3	a ₂	b ₁	Hierba buena (<i>Mentha spicata</i>) con el método de extracción con alcohol
T4	a ₂	b ₂	Hierba buena (<i>Mentha spicata</i>) con el método de extracción de agua autoclavada
T5	a ₃	b ₁	Albahaca (<i>Ocimum basilicum</i>) con el método de extracción con alcohol
T6	a ₃	b ₂	Albahaca (<i>Ocimum basilicum</i>) con el método de extracción de agua autoclavada

En esta investigación se aplicó un arreglo factorial de AxB en diseño completamente al azar con tres repeticiones por cada tratamiento. Para este estudio se consideró como unidad experimental un total de 18 muestras. A cada una de estas muestras se les incorporaron 20 gramos de materia prima (albahaca, hierba buena y hierba mora), se agregaron 200 mL de alcohol al 70% (T1, T3, T5) y 200 mL de agua esterilizada en autoclave (T2, T4, T6) acorde a los métodos de extracción. Para cada uno de estos procesos de extracción, se emplearon recipientes ámbar de 200 mL.

A continuación, en la Figura 1 se visualiza el diagrama de proceso de la obtención de extractos.

Figura 1
 Diagrama del proceso de obtención de extractos



Recepción e inspección: Las plantas fueron recolectadas desde las diferentes zonas en las que se encontraba la presencia de las mismas. Cabe indicar que las plantas de hierba mora y albahaca fueron recolectadas en la parroquia Calceta – cantón Bolívar. Mientras que las plantas de hierba buena en Calceta, Chone y Esmeraldas, para asegurar que el material experimental de estas plantas sea homogéneo, se mezclaron las mismas en esta etapa del proceso.

Selección: Esta operación se realizó con el propósito de seleccionar solo aquellas materias primas que se consideraron aptas para la extracción, verificando que las mismas estuvieran en buen estado (sin presencia de daños físicos, mecánicos o biológicos).

Secado: Las materias primas fueron secadas por estufa de marca Memmert modelo G609.0007 a (50 °C por 24 horas). Se justificó el uso de material seco, por las razones que se detallan a continuación: menos problemas de extracción asociados a gran escala, el contenido de humedad pudo haber afectado la solubilidad o posterior separación por extracción líquido-líquido y la estabilidad de los componentes metabólicos de las plantas empeladas en este estudio.

Licuada: Las materias primas se licuaron empleando un equipo de la marca Oster modelo BLST4655-013 a 15000 revoluciones por minuto (RPM) con el fin de reducir el tamaño de las partículas y de esta forma, mejorar el proceso de extracción.

Pesado: Se pesaron 20 g de material seco licuado en una balanza analítica marca Sartorius modelo CP2245, para posteriormente continuar con el proceso de extracción.

Extracción: Se empleó el equipo de ultrasonido de la marca Sonorex modelo Super RK103H. Cabe indicar que las extracciones (Tabla 1) se realizaron a una frecuencia de 40 kHz durante 45 minutos, manteniendo una temperatura de 40 °C. Los diversos materiales vegetales se extrajeron con etanol al 70% en una proporción de 1:50 y relación del agua 1:10 (p:v) (Wu et al., 2022).

Filtrado: El proceso de filtrado se realizó utilizando embudos de vidrio con papeles de filtro, con el objetivo de obtener extractos más limpios en matraces Erlenmeyer de 250 mL.

Envasado: Los extractos obtenidos se conservaron en envases color ámbar 200 mL, recubiertos con papel aluminio para evitar que la luz los degradara.

Almacenado: Los envases se mantuvieron a temperatura de 4 °C en una incubadora de la marca REBELK. También se evaluó el rendimiento de los extractos obtenidos por triplicado, aplicando la ecuación 1 (Erhabor et al., 2022):

$$\text{Rendimiento (\%)} = \left(\frac{\text{peso del extracto}}{\text{peso de muestra seca}} \right) 100 \quad (1)$$

Determinación del contenido de fenoles totales

Los contenidos de fenoles totales en extractos de muestras se determinaron espectrofotométricamente según el método de Folin-Ciocalteu descrito por Muñoz-Bernal et al. (2017) citado por Christodoulou et al. (2022). Se usó ácido gálico como compuesto estándar y los resultados se expresaron en miligramos de equivalentes de ácido gálico por gramos de extracto (mg GAE/g) mediante la ecuación de la curva de calibración. Los componentes fenólicos actúan sobre las células microbianas dañando sus membranas citoplasmáticas y modificando su permeabilidad, lo que limita la capacidad de funcionamiento de la célula (Sui et al., 2024).

Actividad antimicrobiana

Determinación de Concentración Mínima Inhibitoria (MIC) 3, 6, 9 mg/mL. Para los bioensayos de actividad antimicrobiana, se contempló la preparación de los medios de cultivo utilizando agar

Mueller-Hinton en cajas de Petri, con el fin de evaluar la concentración mínima inhibitoria mediante el método de difusión en disco. Las placas se incubaron a 37 °C durante 24 horas. Este enfoque se basa en métodos estandarizados de difusión en agar, ampliamente utilizados en investigaciones sobre actividad antimicrobiana de extractos vegetales frente a bacterias patógenas (Goanar et al., 2024).

Para este proceso, se optó por adquirir la cepa de *E. coli* (ATCC 25922) con el fin de obtener mejores resultados frente a la actividad inhibitoria. Los ensayos se realizaron por triplicado; la bacteria *E. coli* se mantuvo a 4 °C durante 24 horas luego se la llevó a la incubadora a una temperatura de 37 °C (Ibn et al., 2025). Cabe señalar que las concentraciones de extractos evaluadas en este estudio se establecieron dentro de un rango preliminar, lo que podría limitar la detección de actividad antimicrobiana frente a *E. coli*, microorganismo que presenta una elevada resistencia intrínseca a compuestos de origen vegetal.

Resultados y discusión

En la Tabla 2, la variable de fenoles totales cumplió con los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas requeridos para el análisis de varianza (ANOVA), por lo que se aplicó la prueba paramétrica de Tukey para la comparación de medias. En contraste, la variable de rendimiento no cumplió con dichos supuestos, por lo que se utilizó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis para analizar las diferencias entre tratamientos.

Tabla 2

Análisis estadísticos de fenoles totales y rendimiento mediante prueba paramétrica y no paramétrica

Tratamientos	Fenoles totales	Rendimiento
T1	13,1953 ± 3,2981 ^c	4,33 ± 2,1505 ^d
T2	43,1092 ± 16,9932 ^d	16,00 ± 0,6915 ^a
T3	111,6561 ± 7,6174 ^b	11,00 ± 1,0221 ^b
T4	178,2113 ± 14,3758 ^a	15,00 ± 1,7976 ^a
T5	41,3599 ± 2,5693 ^d	3,00 ± 0,4247 ^d
T6	73,0401 ± 5,5150 ^c	7,67 ± 2,1554 ^c
p_valor	0,000	0,008
Factores	Fenoles totales	Rendimiento
A1	28,1523 ± 19,7056 ^c	10,17 ± 11,1196 ^b
A2	144,9337 ± 37,8781 ^a	13,00 ± 4,9238 ^a
A3	57,2000 ± 17,7735 ^b	5,33 ± 2,8161 ^c
p_valor	0,000	0,042
B1	55,4038 ± 44,1309 ^b	6,11 ± 5,8964 ^b
B2	98,1202 ± 62,5110 ^a	12,89 ± 8,3368 ^a
p_valor	0,000	0,007

Nota: Letras diferentes según Tukey, existe diferencia estadística significativa.

En los tratamientos evaluados, el mayor contenido de fenoles totales se obtuvo en el tratamiento T4 (hierba buena con agua autoclavada). Este resultado se atribuye a que la hierba buena contiene ácidos

fenólicos hidrofílicos, los cuales presentan una mayor solubilidad en agua, favoreciendo así su extracción. En contraste, el tratamiento con menor contenido de fenoles fue el T1 (hierba mora con alcohol), debido a que la extracción por ultrasonido con etanol al 70% no fue eficiente para liberar estos compuestos, posiblemente porque la hierba mora muestra una mayor afinidad con el agua que con el alcohol. Estos hallazgos difieren de los reportados por Sierra et al. (2022), quienes, al realizar una extracción por ultrasonido utilizando 20 gramos de hierba buena y etanol al 80%, obtuvieron una mayor concentración de compuestos fenólicos.

Los tratamientos con mayores rendimientos fueron el T2 (hierba mora con agua autoclavada) y el T4 (hierba buena con agua autoclavada), estando en la categoría más alta. Este comportamiento puede explicarse por la acción del ultrasonido durante la extracción, lo anterior se debe a que sus vibraciones facilitan una mayor liberación de compuestos activos, especialmente en matrices vegetales con afinidad por solventes polares como el agua. En contraste, el T5 (albahaca con alcohol) presentó el menor rendimiento, posiblemente porque la cavitación generada por el ultrasonido es menos eficiente en medios alcohólicos (Kousar et al., 2023). Además, los compuestos fenólicos de la albahaca son más polares, por lo que presentan mejor solubilidad en agua que en alcohol.

Estos resultados difieren de lo reportado por Franco-Aguirre et al. (2023), quienes evaluaron diversos métodos de extracción en *Mentha piperita L.* y encontraron que la técnica combinada de ultrasonido y microondas, utilizando etanol al 96% como disolvente, logró el mayor rendimiento, con un valor del 23%. Por otro lado, el estudio de Anda et al. (2024) compararon tres métodos de extracción en albahaca usando agua destilada, determinando que el método por ultrasonido permitió obtener los mejores rendimientos (54,18% – 46,18%) en un menor tiempo. En contraste, Hudz et al. (2023) empleó el método de extracción por reflujo con metanol a 70 °C durante 45 minutos, obteniendo un rendimiento del 0,9%.

Entre las combinaciones evaluadas, la que presentó el mayor contenido de fenoles totales y rendimiento fue A2 con B2, correspondiente al tratamiento T4, el cual se destacó por tener la mayor concentración de fenoles totales. No obstante, en términos de rendimiento, este tratamiento ocupó el segundo lugar. Resultados similares fueron descritos por Madhura et al. (2024), quienes reportaron altos niveles de fenoles en extractos acuosos de hierba buena. En contraste, Jameel y Malih (2025) obtuvieron un mayor rendimiento a partir de extractos de hojas secas de *Mentha spicata*.

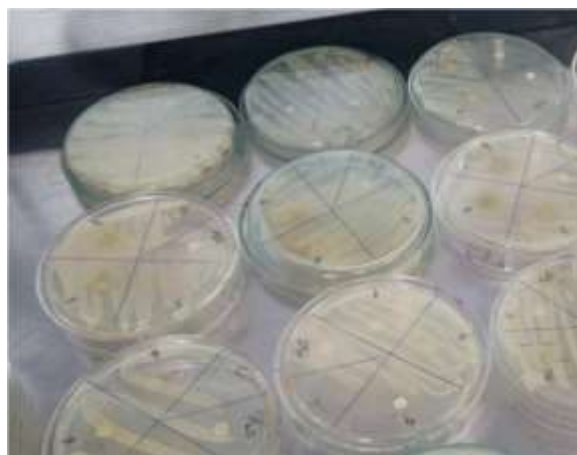
En la Tabla 3 y Figura 2 se observa que no hubo inhibición frente a *Escherichia coli*, lo cual se atribuye a las bajas concentraciones utilizadas de los extractos, que no fueron suficientes para impedir el crecimiento bacteriano. Los únicos tratamientos que mostraron una leve actividad antimicrobiana fueron el T3 (hierba buena con alcohol) y T5 (albahaca con alcohol) en la segunda repetición, con concentraciones de 6 y 9 mg/mL, respectivamente. Esto coincide con lo reportado por Quasem et al. (2023) debido a que por las bajas concentraciones no se logró inhibir el crecimiento bacteriano, siendo necesario duplicar las dosis para obtener un efecto antimicrobiano.

Tabla 3
Actividad antimicrobiana de extractos de plantas silvestres frente a la E. coli

Tratamientos	Disolventes	Concentración (mg/mL)	Halo de inhibición (mm)		
			R1	R2	R3
T1 - HM	Etanólico	3	6	6	6
		6	6	6	6
		9	7	6	6
T2 - HM	Acuoso	3	6	6	6
		6	6	6	6
		9	6	7	6
T3 - HB	Etanólico	3	6	6	6
		6	6	7	6
		9	6	7	7
T4 - HB	Acuoso	3	6	6	6
		6	6	6	6
		9	6	7	6
T5 - A	Etanólico	3	6	6	6
		6	6	7	6
		9	6	7	7
T6 - A	Acuoso	3	6	6	6
		6	6	6	6
		9	6	6	6

Nota: T1-HM y T2-HM corresponden a extractos de hoja de hierba mora, T3-HB y T4-HB corresponden a extractos de hierba buena, T5-A y T6-A corresponden a extractos de albahaca.

Figura 2
Inhibición de la bacteria Escherichia coli



Estos resultados contrastan con los hallazgos de Yaldiz et al. (2023), quienes emplearon extractos etanólicos y aceites esenciales de albahaca a una concentración de 10 mg/mL frente a *E. coli*, obteniendo un halo de inhibición de 27,67 mm. De igual forma, en la investigación de Yuliana et al. (2023), se utilizaron extractos etanólicos de albahaca al 70% en concentraciones del 25, 50, 75 y 100%, observándose una inhibición significativa a partir del 50% (21,01 mm), aumentando a 21,69 mm al 75% y alcanzando los 30,98 mm al 100%.

Por otro lado, el estudio de Kapp et al. (2020) reportó una actividad antimicrobiana eficaz contra *E. coli* utilizando concentraciones menores, entre 0,25 y 4 mg/mL, de extractos acuosos y aceites esenciales de *Mentha piperita* y *Mentha spicata*. En contraste, Gębarowska et al. (2022) utilizaron extractos acuosos y etanólicos de hierba mora a concentraciones de 50 y 100 mg/mL, observando una mayor inhibición con los extractos etanólicos, especialmente a 100 mg/mL.

Conclusiones

El presente estudio permitió evaluar la actividad antimicrobiana de extractos obtenidos a partir de hierba buena, hierba mora y albahaca mediante distintos métodos de extracción. Bajo las condiciones experimentales aplicadas y en las concentraciones evaluadas, no se evidenció actividad inhibitoria frente a *Escherichia coli*, lo que indica que los extractos analizados no ejercieron un efecto antimicrobiano detectable mediante el método de difusión de disco. Estos resultados apuntan a que, en el contexto del presente estudio, la concentración de compuestos bioactivos obtenida no fue suficiente para generar un efecto bactericida o bacteriostático frente a *E. coli*, bacteria gramnegativa reconocida por su elevada resistencia intrínseca a compuestos de origen vegetal.

Por otra parte, el análisis del rendimiento de extracción evidenció diferencias entre especies y métodos, destacándose la extracción acuosa de hierba mora, la cual presentó el mayor rendimiento, lo que confirma la influencia del método de extracción y del tipo de planta sobre la eficiencia del proceso. Asimismo, la extracción acuosa de hierba buena mostró el mayor contenido de fenoles totales, indicando que esta combinación resulta adecuada para la recuperación de compuestos fenólicos con potencial antioxidante.

La principal limitación del estudio se relaciona con el rango de concentraciones evaluadas, en consecuencia, se recomienda que investigaciones futuras consideren la evaluación de concentraciones más elevadas, así como la aplicación de métodos de extracción alternativos o complementarios que permiten incrementar la concentración de metabolitos bioactivos. Adicionalmente, se propone ampliar espectro de análisis hacia otros microorganismos patógenos de interés agroindustrial, particularmente bacterias grampositivas, que suelen presentar mayor susceptibilidad a extractos vegetales.

Contribución de Autoría CRediT

En el presente estudio, todos los autores contribuyeron de manera equitativa en todas las etapas de la investigación. La conceptualización del estudio, el diseño de la metodología, validación de los resultados y el análisis formal fueron desarrollados en conjunto. Asimismo, todos participaron en la investigación, incluyendo la recolección y análisis de datos, la gestión de recursos, y la validación de datos para su posterior reutilización. La redacción del borrador original, así como la revisión y edición del manuscrito, fueron realizadas colaborativamente. Además, la supervisión, la administración del proyecto y la adquisición de fondos fueron llevadas a cabo de manera conjunta, asegurando la adecuada ejecución y finalización del estudio. En consecuencia, se declara que todos los autores han tenido una participación equitativa en cada aspecto del trabajo.

Declaración de intereses contrapuestos

Los autores declaran que no tienen intereses financieros en conflicto ni relaciones personales conocidas que pudieran haber influido en el trabajo presentado en este artículo.

Declaratoria de uso de inteligencia artificial

Para el desarrollo del presente estudio no se utilizó ninguna herramienta IA.

Disponibilidad de datos

Los conjuntos de datos generados y/o analizados durante el estudio actual están disponibles del autor correspondiente a solicitud razonable.

Agradecimientos y financiamiento

Los autores agradecen al laboratorio de bromatología de la Universidad Técnica de Manabí (UTM) Facultad de Ciencias Zootécnicas, extensión Chone, ubicada en la Provincia de Manabí, Cantón Chone.

Referencias

- Anda, N., Bravo, D., Cedeño, A., Espinoza, J., y Pazmiño, N. (2024). Evaluación de rendimiento de extractos acuosos de Albahaca (*Ocimum Sanctum*) por tres métodos de extracción. *Revista de Investigación Talentos*, 11(1), 79-87. <https://talentos.ueb.edu.ec/index.php/talentos/article/view/401/464>
- Andrade, C. (2024). Understanding factorial designs, main effects, and interaction effects: Simply explained with a worked example. *Indian Journal of Psychological Medicine*, 46(2), 175–177. <https://doi.org/10.1177/02537176241237066>

- Christodoulou, M. C., Orellana Palacios, J. C., Hesami, G., Jafarzadeh, S., Lorenzo, J. M., Domínguez, R., ... y Hadidi, M. (2022). Métodos espectrofotométricos para la medición de la actividad antioxidante en alimentos y productos farmacéuticos. *Antioxidantes*, 11(11), 2213. <https://doi.org/10.3390/antiox11112213>
- Contreras-Miranda, J., y Ramirez, M. (2022). Uso de plantas medicinales que se comercializan en Guayaquil, Ecuador. *Manglar*, 19(4), 309-316. <https://doi.org/10.57188/manglar.2022.039>
- Elhadeif, K., Chaari, M., Akermi, S., Ennouri, K., Ben Hlima, H., Fourati, M., Chakchouk Mtibaa, A., Ennouri, M., Sarkar, T., Shariati, M. A., Gökşen, G., Pateiro, M., Mellouli, L., Lorenzo, J. M., y Smaoui, S. (2024). Gelatin-sodium alginate packaging film with date pits extract: An eco-friendly packaging for extending raw minced beef shelf life. *Meat Science*, 207(109371), 109371. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2023.109371>
- Erhabor, R., Erhabor, J., Nkadimeng, S., y McGaw, L. (2022). In vitro antimicrobial, antibiofilm and antioxidant activities of six South African plants with efficacy against selected foodborne pathogens. *South African Journal of Botany*, 146, 643-652. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2021.11.051>
- Fantinel, R., Ceretta, C., Cecchin, J., y Armanini, G. (2022). El uso de plantas alimentarias no convencionales (panc) en gastronomía brasileña. *Agroalimentaria*, 28(54), 123-137. <https://www.doi.org/10.53766/Agroalim/2022.28.54.08>
- Franco-Aguirre, Y. D., Sáenz-Galindo, A., López-Badillo, C. M., Rodríguez-Herrera, R., Castañeda-Facio, A. O., y Ascacio-Valdés, J. A. (2023). Extractos de *Mentha piperita* L. obtenidos por tecnologías híbridas. *PÄDI boletín científico de ciencias básicas e ingenierías del ICBI*, 11, 5–9. <https://doi.org/10.29057/icbi.v11iespecial.10233>
- Goanar, G., Tafesse, G. y Fereja, W. (2024). In vitro antibacterial activity of fruit pulp extracts of *Tamarindus indica* against *Staphylococcus aureus* and *Klebsiella pneumoniae*. *BMC Complement Med Ther* 24, 127. <https://doi.org/10.1186/s12906-024-04404-6>
- Gębarowska, E., Łyczko, J., Rdzanek, M., Wiatrak, B., Płaszowska, E., Gołębiowska, H., Kuźniarski, A., y Gębarowski, T. (2022). Evaluation of antimicrobial and chemopreventive properties and phytochemical analysis of *Solanum nigrum* L. aerial parts and root extracts. *Applied Sciences (Basel, Switzerland)*, 12(14), 6845. <https://doi.org/10.3390/app12146845>
- González, L., Cárdenas, L., y Mosquera, T. (2022). Productos naturales en Ecuador: revisión fitoquímica y análisis. *ABYA YALA*, 191-215. <https://doi.org/10.7476/9789978108260.0010>
- Hudz, N., Kobylinska, L., Pokajewicz, K., Horčinová Sedláčková, V., Fedin, R., Voloshyn, M., Myskiv, I., Brindza, J., Wiczorek, P. P., y Lipok, J. (2023). *Mentha piperita*: Essential oil and extracts, their biological activities, and perspectives on the development of new medicinal and cosmetic products. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 28(21), 7444. <https://doi.org/10.3390/molecules28217444>
- Ibn Awadh, H., Ahmed, M. (2025). In vitro antibacterial activity of selected plant extracts against *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus* bacterial strains. *Discov Appl Sci* 7, 287. <https://doi.org/10.1007/s42452-025-06730-x>

- Jameel, A., y Malih, H. (2025). GC-MS Assay to Ethanolic and Aquatic Extract of *Mentha spicata* L. Leaves and Detection Effect of Extract as Antibacterial. *Department of biology*, 12(1), 51-55. <https://doi.org/10.32792/utq/utjsci/v12i1.1299>
- Kapp, K., Püssa, T., Orav, A., Roasto, M., Raal, A., Vuorela, P., Vuorela, H., y Tammela, P. (2020). Chemical Composition and Antibacterial Effect of *Mentha* spp. Grown in Estonia. *Natural Product Communications*, 15(12), 1934578X2097761. <https://doi.org/10.1177/1934578x20977615>
- Kousar, M. U., Jabeen, A., Fatima, T., Hussain, S. Z., Zargar, I. A., Amin, T., y Yaseen, M. (2023). Optimization of ultrasonic-assisted extraction of eugenol-rich fraction from basil leaves: Characterization of extract for phenols, flavonoids and antioxidant activity. *Food Chemistry Advances*, 3(100374), 100374. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2023.100374>
- Machado, T. F., y Bruno, L. M. (2022). Potencial Uso de Antimicrobianos de Plantas na Conservação de Alimentos. *Documentos*, 1(232). <https://doi.org/10.24120/clp.v0i232.89>
- Madhura, B., Lakshmipathy, K., Chidanand, Sunil, C. K., Baskaran, N., Rawson, A., y Dhivya, R. (2024). Evaluation of mint (*Mentha spicata*) hydrodistillation aqueous byproducts and its utilization in development of bioactive-rich functional drink. *Food and Humanity*, 2(100263), 100263. <https://doi.org/10.1016/j.foohum.2024.100263>
- Moreno, S., D'Armas, H., Vinces, C., y Romero. (2023). Plantas medicinales con capacidad antioxidante estudiadas en los últimos 15 años. *South Florida Journal of Development*, 4(2), 929-946. <https://doi.org/10.46932/sfjdv4n2-024>
- Nakayama, H. D., Samudio, A., Talavera, T., y Armoa, R. (2022). Medicinal and aromatic plants. The challenge of taking advantage of its by-products in the San Pedro department. 2021. *Población y Desarrollo*, 28(54), 16–23. <https://doi.org/10.18004/pdfce/2076-054x/2022.028.54.016>
- Netshiluvhi, T., y Eloff, J. (2024). Temperature and water stresses on antioxidant activity of selected medicinal plants have implications for sustainable use and global warming. *South African Journal of Botany*, 170, 177-180. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2024.05.028>
- Olvera-Aguirre, G., Piñeiro-Vázquez, Á., Segura-Campos, M., y Chay-Canul, A. (2023). Uso de extractos de plantas para conservar productos cárnicos. *Bioagrobiencias*, 16(2), 41-50. <https://doi.org/http://doi.org/10.56369/BAC.5131>
- Qasem, A., Assaggaf, H., Mrabti, H. N., Minshawi, F., Rajab, B. S., Attar, A. A., Alyamani, R. A., Hamed, M., Mrabti, N. N., Baaboua, A. E., Omari, N. E., Alshahrani, M. M., Awadh, A. A. A., Sheikh, R. A., Ming, L. C., Goh, K. W., y Bouyahya, A. (2023). Determination of chemical composition and investigation of biological activities of *Ocimum basilicum* L. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 28(2), 614. <https://doi.org/10.3390/molecules28020614>
- Ruiz, E., Caro, M., y Ortega, N., (2022). Resistencia fenotípica y genotípica en los patotipos aiec, stec y eaec de *E. coli*. *Anales de Veterinaria de Murcia*, 36, 1-18. <https://doi.org/10.6018/analesvet.540611>

- Shah, M. A., y Mir, S. A. (2022). Chapter 6 - Plant extracts as food preservatives. *Plant Extracts: Applications in the Food Industry*, 127-141. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822475-5.00010-7>
- Sierra, K., Naranjo, L., Carrillo-Hormaza, L., Franco, G., y Osorio, E. (2022). Spearmint (*Mentha spicata* L.) phytochemical profile: Impact of pre/post-harvest processing and extractive recovery. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 27(7), 2243. <https://doi.org/10.3390/molecules27072243>
- Sui, X., Wang, J., Zhao, Z., Liu, B., Liu, M., Liu, M., Shi, C., Feng, X., Fu, Y., Shi, D., Li, S., Qi, Q., Xian, M., y Zhao, G. (2024). Phenolic compounds induce ferroptosis-like death by promoting hydroxyl radical generation in the Fenton reaction. *Communications Biology*, 7(1), 199. <https://doi.org/10.1038/s42003-024-05903-5>
- Velasco, W., Pabón, L., y Hernández-Rodríguez, P. (2021). Potencial antimicrobiano de extractos de plantas medicinales y sus mezclas frente a bacterias asociadas con conjuntivitis. *NOVA*, 19(36), 95-108. <https://doi.org/10.22490/24629448.5294>
- Vélez, M. V., Colello, R., Etcheverría, A. I., y Padola, N. L. (2023). Escherichia coli productora de toxina Shiga: el desafío de adherirse para sobrevivir. *Revista Argentina de microbiología*, 55(1), 100–107. <https://doi.org/10.1016/j.ram.2022.04.001>
- Wu, E.-Y., Sun, W.-J., Wang, Y., Zhang, G.-Y., Xu, B.-C., Chen, X.-G., Hao, K.-Y., He, L.-Z., y Si, H.-B. (2022). Optimization of ultrasonic-assisted extraction of total flavonoids from *Abrus cantoniensis* (abriherba) by response surface methodology and evaluation of its anti-inflammatory effect. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 27(7), 2036. <https://doi.org/10.3390/molecules27072036>
- Yaldiz, G., CamLica, M., y Erdonmez, D. (2023). Investigation of some basil genotypes in terms of their effect on bacterial communication system, and antimicrobial activity. *Microbial Pathogenesis*, 182(106247), 106247. <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2023.106247>
- Yuliana, T., Rialita, T., Widyaningt, V., Hayati, F., Setiawan, A. B., y Safitri, R. (2023). Antimicrobial effect of basil leaf extract (*Ocimum sanctum* L.) to preserve the quality of wet noodles. *Asian Journal of Plant Sciences*, 22(1), 199–205. <https://doi.org/10.3923/ajps.2023.199.205>