

María José Sigüenza-Barrera; Rosa Victoria Reino-Tacuri

[DOI 10.35381/cm.v12i1.2085](https://doi.org/10.35381/cm.v12i1.2085)

**Evaluación in vitro de la actividad antimicrobiana de extractos esenciales
botánicos frente a bacterias patógenas**

**In vitro evaluation of the antimicrobial activity of botanical essential oils against
pathogenic bacteria**

María José Sigüenza-Barrera
maria.siguenza@est.ucacue.edu.ec
Universidad Católica de Cuenca, Cuenca, Azuay
Ecuador
<https://orcid.org/0009-0005-7024-9412>

Rosa Victoria Reino-Tacuri
rosa.reino.12@est.ucacue.edu.ec
Universidad Católica de Cuenca, Cuenca, Azuay
Ecuador
<https://orcid.org/0009-0005-0940-4292>

Recepción: 25 de noviembre 2025
Revisado: 15 de febrero 2026
Aprobación: 01 de marzo 2026
Publicado: 15 de marzo 2026

María José Sigüenza-Barrera; Rosa Victoria Reino-Tacuri

RESUMEN

La resistencia antimicrobiana constituye una amenaza para la salud pública y ha impulsado la búsqueda de alternativas terapéuticas con plantas medicinales. El objetivo fue evaluar la actividad antimicrobiana *in vitro* de extractos esenciales botánicos frente a cepas bacterianas como agentes alternativos en el control de infecciones. Se realizó un estudio descriptivo, cuantitativo, observacional, enfocado en la evaluación de la actividad antibacteriana de aceites esenciales frente a *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae* y *Pseudomonas aeruginosa*. Los datos experimentales evidenciaron que los aceites esenciales evaluados mostraron una actividad antimicrobiana limitada frente a las cepas patógenas analizadas. Los aceites mostraron actividad antimicrobiana variable según el tipo de especie bacteria. Frente a *Staphylococcus* se observó un ligero aumento de halo de inhibición en comparación con los aceites individuales. Sin embargo, frente a *Klebsiella pneumoniae* la mezcla presentó un halo menor que el aceite de *Melaleuca alternifolia*.

Descriptores: Aceites esenciales; actividad antimicrobiana; bacterias patógenas; gram positivas; resistencia bacteriana. (Tesoro Unesco).

ABSTRACT

Antimicrobial resistance poses a threat to public health and has spurred the search for therapeutic alternatives using medicinal plants. The objective was to evaluate the *in vitro* antimicrobial activity of botanical essential extracts against bacterial strains as alternative agents for infection control. A descriptive, quantitative, observational study was conducted, focusing on the evaluation of the antibacterial activity of essential oils against *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, and *Pseudomonas aeruginosa*. The experimental data showed that the essential oils evaluated exhibited limited antimicrobial activity against the pathogenic strains analyzed. The oils exhibited variable antimicrobial activity depending on the bacterial species. Against *Staphylococcus*, a slight increase in the inhibition zone was observed compared to the individual oils. However, against *Klebsiella pneumoniae*, the mixture exhibited a smaller inhibition zone than *Melaleuca alternifolia* oil.

Descriptores: Essential oils; antimicrobial activity; pathogenic bacteria; Gram-positive bacteria; bacterial resistance. (Unesco Thesaurus).

María José Sigüenza-Barrera; Rosa Victoria Reino-Tacuri

INTRODUCCIÓN

La resistencia bacteriana es una amenaza para la salud pública. Originalmente, las bacterias desarrollaban resistencia de forma natural, reduciendo la eficacia de los tratamientos y favoreciendo la propagación de infecciones causadas por cepas multirresistentes. La Organización Mundial de la Salud [OMS] advierte que para el 2050 las infecciones por bacterias resistentes podrían generar una pandemia (OMS, 2019).

Las bacterias resistentes tanto grampositivas y gramnegativas, como *Staphylococcus aureus*, *Enterococcus faecalis*, *Enterococcus faecium*, *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Salmonella* spp. y *Pseudomonas aeruginosa*, están en la lista de patógenos de alta prioridad de la Organización Mundial de la Salud. Su relevancia trasciende el ámbito del laboratorio, ya que tienen un impacto en la salud global, la seguridad hospitalaria y la sostenibilidad de los sistemas sanitarios (OMS, 2024).

Frente a la resistencia antimicrobiana, las plantas medicinales han surgido como una alternativa terapéutica natural y complementaria. Su uso tradicional y evidencias científicas recientes respaldan su potencial para combatir la resistencia antimicrobiana. Compuestos naturales de plantas como alcaloides, terpenoides, compuestos fenólicos y flavonoides han mostrado actividad antimicrobiana frente a cepas patógenas resistentes a múltiples fármacos. Estos compuestos actúan mediante diversos mecanismos como la inhibición enzimática, la alteración de la membrana celular, y la interferencia en la síntesis de ADN y proteínas (Angelini, 2024; Alibi et al., 2021).

Los aceites esenciales, por su compleja composición química y propiedades lipofílicas, ejercen una acción antimicrobiana multifactorial. Dañan la membrana celular bacteriana, inhiben enzimas vitales, interfieren con la replicación del ADN y reducen la formación de biopelículas. Estas acciones afectan directamente la viabilidad y adaptabilidad bacteriana, disminuyendo la posibilidad de resistencia (Sin et al., 2021).

Las plantas medicinales son fuente de compuestos bioactivos con efectos antimicrobianos, como antioxidantes, antiinflamatorios, inmunomoduladores y

María José Sigüenza-Barrera; Rosa Victoria Reino-Tacuri

anticancerígenos. Entre el 70 y el 80 % de la población, especialmente en zonas rurales, depende de la fitoterapia para el tratamiento de diversas afecciones (Dar et al., 2023).

Dousseau et al. (2014) identificaron en *Piper aduncum* compuestos como linalol (48,02%), óxido de cariofileno (15,88%), epóxido II de humuleno (12,85%) y (E)-nerolidol (4,63%), además de lactonas sesquiterpénicas y otros terpenoides asociados a actividad antioxidante y antimicrobia. Además, Lozano et al. (2021) demostraron que extractos de esta especie presentan actividad antibacteriana in vitro frente a *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Staphylococcus aureus* y *Pseudomonas aeruginosa*, mediante el método de difusión en disco, confirmando su potencial como agente antimicrobiano natural.

Estudios han demostrado que *Allium sativum* posee compuestos azufrados como la alicina, los cuales presentan actividad frente a bacterias Gram positivas y Gram negativas, incluyendo *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Salmonella typhimurium*, *Pseudomonas aeruginosa*, evidenciada mediante ensayos in vitro como la difusión en disco y la concentración mínima inhibitoria (CMI) (Ankri y Mirelman, 1999; Kyung, 2012; Jiménez y Zambrano, 2017; Sin et al., 2021). En concordancia, el extracto de ajo fresco inhibe el crecimiento microbiano *E. coli*, *S. aureus* y *S. typhimurium*, siendo más efectivos los extractos etanólicos (Ojeda-Petreda et al., 2018).

El aceite esencial de *Melaleuca alternifolia* (Tea Tree Oil, TTO), es reconocido por sus propiedades antimicrobianas, antifúngicas y antiinflamatorias, principalmente al terpinen-4-ol, cuyo mecanismo de acción implica la alteración de la membrana celular y desnaturalización de proteínas. Diversos estudios han demostrado su eficacia frente a bacterias como *S. aureus*, *E. coli*, *K. pneumoniae*, *Acinetobacter baumannii* y *Pseudomonas aeruginosa*, evidenciando además efecto sinérgico con antibióticos como oxacilina, colistina y meropenem (Carson et al., 2006; Borotová et al., 2022).

En Latinoamérica, un estudio en la Universidad de los Andes (Colombia) evaluó la eficacia del aceite de *M. alternifolia* frente a *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* y

María José Sigüenza-Barrera; Rosa Victoria Reino-Tacuri

Klebsiella pneumoniae, reportando una composición rica en terpinen-4-ol (39,8-42,35%) y bajos niveles de 1,8-cineol (3,09-4,5%), en cumplimiento con la norma ISO 4730, lo que explica su actividad bactericida y fungicida significativa (Mejía y Carazzone, 2020).

Esta investigación es fundamental, ya que en Ecuador existe poca evidencia científica actualizada sobre el uso de aceites esenciales como agentes antimicrobianos naturales. Su desarrollo permitirá la evaluación del potencial de compuestos de origen vegetal, especialmente los aceites esenciales de *Piper aduncum*, *Allium sativum* y *Melaleuca alternifolia*, que representan opciones prometedoras por su bajo costo, amplia disponibilidad en el territorio ecuatoriano y capacidad comprobada para inhibir microorganismos patógenos. Los resultados de este estudio podrán integrarse en programas de salud comunitaria o emplearse como coadyuvantes en terapias antimicrobianas, beneficiando a poblaciones con acceso limitado a medicamentos convencionales.

A partir del análisis, el objetivo de la investigación fue evaluar la actividad antimicrobiana *in vitro* de extractos esenciales botánicos frente a cepas bacterianas como agentes alternativos en el control de infecciones.

MÉTODO

Este estudio se basa en el método descriptivo, observacional *in vitro*, de tipo cuantitativo, de corte transversal, enfocado en la evaluación de la actividad antibacteriana de aceites esenciales frente a cepas bacterianas de interés clínico.

El universo de estudio estuvo conformado por cepas bacterianas de *Staphylococcus aureus* (ATCC 25923), *Escherichia coli* (ATCC 25922), *Klebsiella pneumoniae* (ATCC 4352) y *Pseudomonas aeruginosa* (ATCC 27853). Los ensayos se realizaron en el Laboratorio de Microbiología de la Universidad Católica de Cuenca durante el año 2025. La muestra estuvo conformada por cuatro cepas bacterianas de referencia estándar (ATCC), seleccionadas por su relevancia clínica y su perfil de resistencia antimicrobiana.

María José Sigüenza-Barrera; Rosa Victoria Reino-Tacuri

Métodos y técnicas para el procesamiento de muestras: Se utilizaron aceites esenciales comerciales 100% puros y certificados de *Piper aduncum*, *Allium sativum* y *Melaleuca alternifolia*. Los aceites fueron conservados en frascos ámbar a temperatura ambiente, protegidos de la luz y la humedad para preservar su estabilidad.

Preparación del inóculo: El inóculo bacteriano se preparó ajustando su turbidez al estándar 0,5 de McFarland ($1,5 \times 10^8$ UFC/mL) mediante espectrofotometría.

Siembra en agar Mueller–Hinton: La actividad antimicrobiana se determinó mediante el método de difusión en disco de Kirby–Bauer en agar Mueller–Hinton.

Impregnación de discos: Discos de papel filtro estériles de 6 mm de diámetro fueron impregnados con 20 μ L de cada aceite esencial, disueltos en dimetilsulfóxido (DMSO) al 5%.

Controles experimentales: Se incluyeron los siguientes controles con el fin de garantizar la validez del ensayo:

- **Control positivo (C+):** antibiótico de referencia (ciprofloxacina, gentamicina o cefoxitina, según la cepa evaluada), para verificar la sensibilidad bacteriana.
- **Control negativo (C–):** dimetilsulfóxido (DMSO) al 5%, para descartar actividad antimicrobiana del solvente

Con el propósito de facilitar la interpretación de los resultados y asegurar la correcta identificación de los tratamientos individuales y combinados, se presenta la representación esquemática de la disposición de los discos en la placa (Figura 1).

Incubación y lectura de resultados: Las placas se incubaron a 37 °C durante 24 horas, y posteriormente se midieron los halos de inhibición en milímetros (mm).

Procesamiento, análisis, resumen y presentación de la información: Los resultados se presentaron en tablas y gráficos mostrando los halos promedio obtenidos por cada aceite esencial frente a las diferentes cepas bacterianas.

María José Sigüenza-Barrera; Rosa Victoria Reino-Tacuri

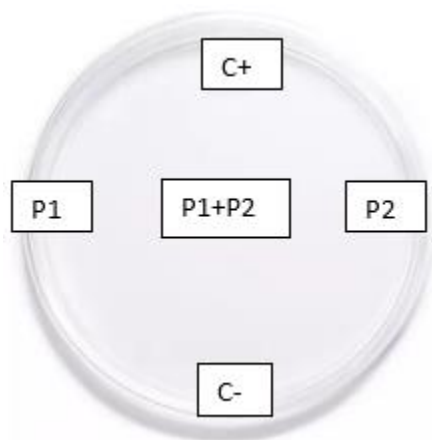


Figura 1. Esquema de la distribución de los discos correspondientes a los tratamientos individuales (P1, P2), su combinación (P1+P2) y los controles experimentales (C + y C–) en la placa de agar mediante el método de difusión en disco.

Elaboración: Los autores.

RESULTADOS

Los ensayos realizados evidenciaron que los aceites esenciales evaluados presentaron actividad antimicrobiana variable frente a las cepas bacterianas analizadas. Se observó mayor sensibilidad en las bacterias Gram positivas, particularmente *Staphylococcus aureus*, mientras que las cepas Gram negativas (*Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae* y *Pseudomonas aeruginosa*) mostraron menor o nula inhibición (Tabla 1 y 2).

Tabla 1.

Actividad antimicrobiana de aceites esenciales de *Melaleuca alternifolia* (árbol de té), *Piper aduncum* (matico), y su mezcla frente a bacterias Gram positivas y Gram negativas.

Especie bacteriana	P1	P2	P1 y P2	C+	C-
<i>S. aureus</i> :	8 mm	9 mm	10 mm.	30 mm	-
<i>K. pneumoniae</i>	-	-	-	12 mm	-
<i>P. aeruginosa</i>	-	-	-	12 mm	-
<i>E. coli</i>	-	-	-	33 mm	.

Leyenda: P1: aceite de *Melaleuca alternifolia*, P2: aceite de *Piper aduncum*, P1 y P2: Mezcla aceites de *Piper aduncum* y *Piper aduncum*, (–) indica ausencia de halo de inhibición.

Elaboración: Los autores.

María José Sigüenza-Barrera; Rosa Victoria Reino-Tacuri

Tabla 2.

Efecto antimicrobiano de principios activos de los aceites esenciales de *Allium sativum* (ajo) y *Melaleuca alternifolia* (árbol de té) frente a especies bacterianas como *E. coli*, *K. pneumoniae*, *P aeruginosa*.

Especie bacteriana	P1	P2	P1 y P2	C+	C-
<i>E. coli</i>	-	-	-	42 mm	-
<i>K. pneumoniae</i>	-	11 mm	10 mm	23 mm	-
<i>P. aeruginosa</i>	-	-	-	28 mm	-

Leyenda P1: aceite de *Allium sativum*, P2: aceite de *Melaleuca alternifolia*, P1 y P2: Mezcla aceites de *Allium sativum* y *Melaleuca alternifolia*, (-) indica ausencia de halo de inhibición.

Elaboración: Los autores.

Las mezclas de aceites esenciales generaron halos de inhibición ligeramente superiores a los obtenidos con los aceites individuales, lo que indica una mejor respuesta combinada. En general, los controles positivos mostraron halos amplios que confirmaron la efectividad del método y sirvieron como referencia para comparar la acción de los aceites.

A continuación, en la figura 2 se muestran las placas representativas del ensayo de difusión en disco (Kirby–Bauer) frente a aceites esenciales de *Piper aduncum*, *Melaleuca alternifolia* y su mezcla. Se define:

- a. *Staphylococcus aureus* (control positivo: cefoxitina 30 µg);
- b. *Pseudomonas aeruginosa* (control positivo: piperazina 100 µg);
- c. *Klebsiella pneumoniae* (control positivo: gentamicina 10 µg); y
- d. *Escherichia coli* (control positivo: ciprofloxacina 5 µg).

Se observa halo de inhibición principalmente en *Staphylococcus aureus* y mientras que las bacterias Gram negativas mostraron ausencia de actividad inhibitoria.

María José Sigüenza-Barrera; Rosa Victoria Reino-Tacuri

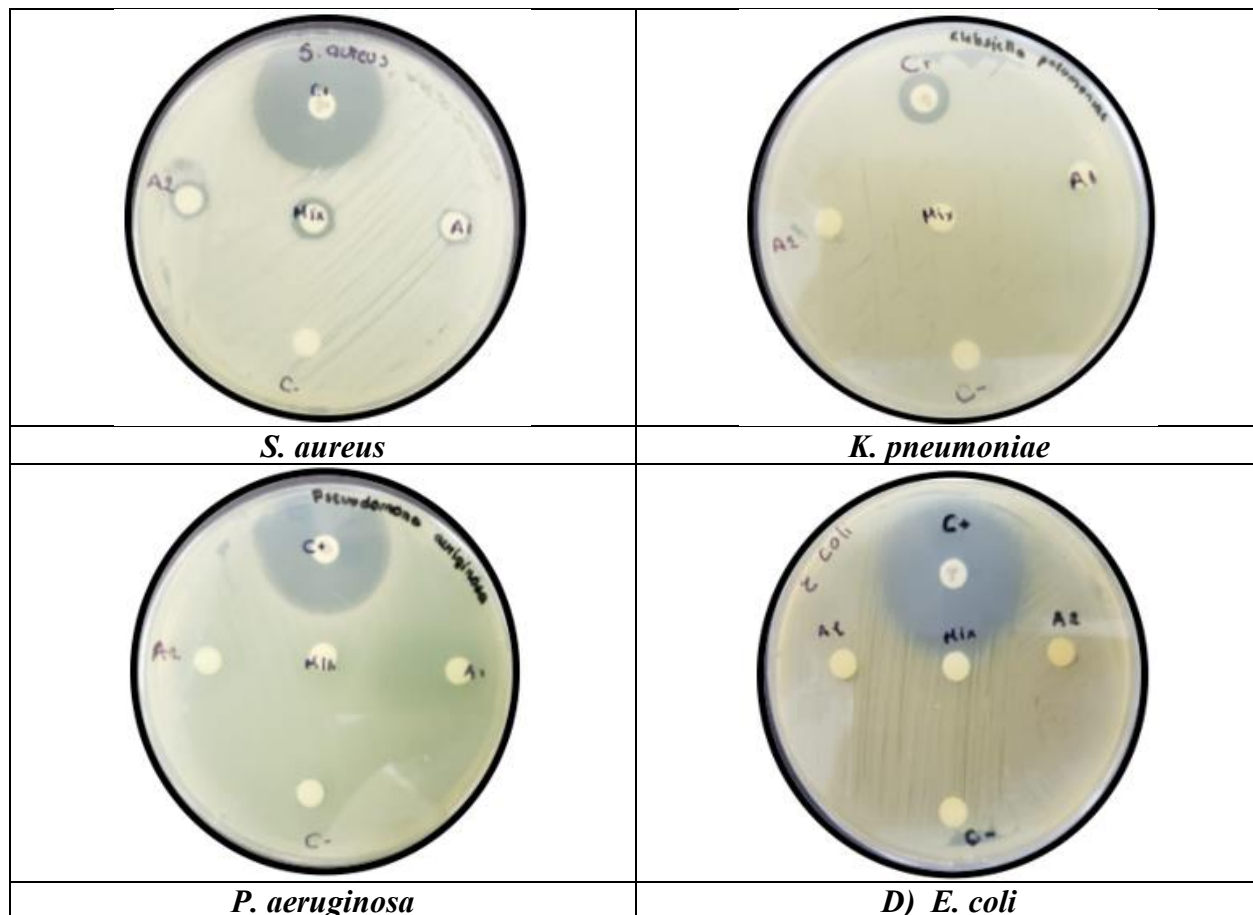


Figura 2. Placas representativas del ensayo de difusión en disco (Kirby–Bauer) frente a aceites esenciales de *Piper aduncum*, *Melaleuca alternifolia* y su mezcla.

Elaboración: Los autores.

Seguidamente, la figura 3 muestra las placas representativas del ensayo de difusión en disco (Kirby–Bauer) frente a aceites esenciales de *Allium sativum*, *Melaleuca alternifolia* y su mezcla. Se muestra:

- a. *E. coli* (control positivo: ciprofloxacino 5 µg).
- b. *K pneumoniae* (control positivo: gentamicina 10 µg)
- c. *P. aeruginosa* (control positivo: piperazina 100 µg).

María José Sigüenza-Barrera; Rosa Victoria Reino-Tacuri

Se evidenció halo de inhibición de forma leve en *Klebsiella pneumoniae*, mientras que *Escherichia coli* y *Pseudomonas aeruginosa* no presentaron inhibición frente a los tratamientos evaluados.

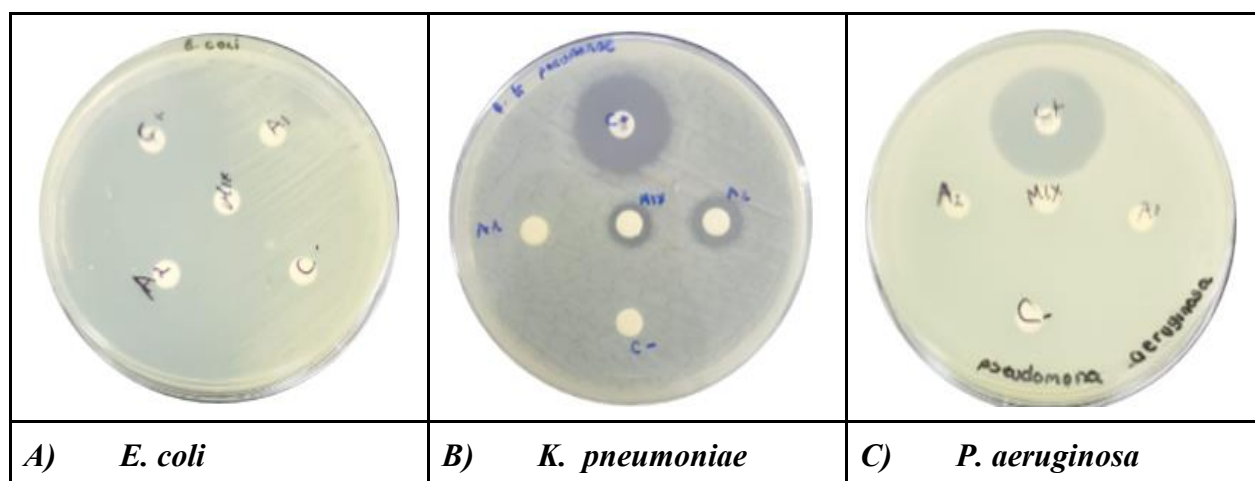


Figura 3. Placas representativas del ensayo de difusión en disco (Kirby–Bauer) frente a aceites esenciales de *Allium sativum*, *Melaleuca alternifolia* y su mezcla.

Elaboración: Los autores.

DISCUSIÓN

El presente estudio evaluó la actividad antimicrobiana de los aceites esenciales de *Melaleuca alternifolia*, *Piper aduncum* y *Allium sativum* frente a cepas de *Staphylococcus aureus*, *Klebsiella pneumoniae*, *Escherichia coli* y *Pseudomonas aeruginosa*. Los resultados mostraron una actividad inhibitoria moderada, particularmente frente a *S. aureus*, mientras que las bacterias Gram negativas presentaron menor sensibilidad o resistencia, lo que coincide con estudios que destacan la mayor permeabilidad de la pared de las Gram positivas al permitir la difusión de compuestos lipofílicos (Uc-Cachón et al., 2023; Camacho Silvas, 2023).

En el caso de *Melaleuca alternifolia*, la actividad antimicrobiana se atribuye principalmente al terpinen-4-ol, su componente mayoritario (30–48%), capaz de alterar la

María José Sigüenza-Barrera; Rosa Victoria Reino-Tacuri

integridad de la membrana citoplasmática y provocar pérdida de iones y proteínas esenciales (Cordeiro et al., 2020).

En este estudio, los halos de inhibición registrados (9 mm para *S. aureus* y 11 mm para *K. pneumoniae*) fueron menores a los reportados por Oliva et al. (2018) y Borotová et al. (2022), quienes describieron valores de 15 a 20 mm, posiblemente debido a diferencias en la pureza del aceite, método de extracción o concentración del terpinen-4-ol.

El aceite de *Piper aduncum* mostró una inhibición de 8 mm frente a *S. aureus*, atribuible a compuestos como dillapiol, spathulenol y β -cariofileno, conocidos por su capacidad de desorganizar la bicapa lipídica y generar fuga de iones esenciales (Dousseau et al., 2014; da Silva et al., 2020). Estos resultados son consistentes con los obtenidos por da Silva et al. (2021), quienes observaron halos de 8–12 mm frente a cepas Gram positivas, confirmando que los sesquiterpenos son responsables de la bioactividad antimicrobiana de esta especie.

Por su parte, el aceite de *Allium sativum* no presentó inhibición significativa frente a las cepas evaluadas, lo que puede explicarse por la inestabilidad de la alicina, su principal compuesto activo, susceptible a degradarse por exposición al calor y al oxígeno (Ojeda-Petreda y Beltran-Orbegoso, 2018; Juárez-Segovia et al., 2019; El-Saadony, 2024).

Estudios recientes recomiendan utilizar extractos frescos o formulaciones encapsuladas que preserven su bioactividad y eviten la pérdida de compuestos sulfurados volátiles.

La combinación de aceites esenciales (árbol de té + ajo) generó halos mayores frente a *K. pneumoniae* en comparación con los aceites individuales, indicando un efecto sinérgico atribuible a la interacción entre monoterpenos y compuestos organosulfurados. Este comportamiento coincide con los hallazgos de Oliva et al. (2018) y Cordeiro et al. (2020), quienes demostraron que el terpinen-4-ol potencia la acción antibiótica al aumentar la permeabilidad de la pared bacteriana (Alibi et al., 2021; Oliva et al., 2018; El-Saadony et al., 2024).

María José Sigüenza-Barrera; Rosa Victoria Reino-Tacuri

La mayor susceptibilidad de *S. aureus* frente a los aceites esenciales confirma que las bacterias Gram positivas presentan una pared celular más permeable y menos compleja que las Gram negativas, donde la membrana externa actúa como barrera de exclusión activa. Este patrón ha sido reiterado por estudios de resistencia antimicrobiana de la OMS (2024) y por Uc-Cachón et al. (2023) que subrayan la urgencia de explorar compuestos naturales capaces de contrarrestar la resistencia a fármacos. La acción bactericida de los aceites esenciales se atribuye a la alteración estructural de la membrana citoplasmática, pérdida del potencial eléctrico, inhibición enzimática y daño oxidativo.

No obstante, este estudio presenta limitaciones metodológicas y químicas que deben reconocerse con transparencia:

- En primer lugar, los aceites esenciales utilizados fueron adquiridos en diferentes casas comerciales, por lo que se desconoce el método exacto de extracción, grado de pureza y concentración de los metabolitos activos. Este aspecto es relevante, ya que la variabilidad natural de los aceites esenciales depende del origen botánico, condiciones de cultivo, clima, parte utilizada y técnica de destilación.
- En segundo lugar, algunos aceites comerciales pueden estar diluidos con otros aceites portadores, lo que modifica su composición química y puede reducir la potencia antimicrobiana, dificultando la obtención de resultados reproducibles y comparables con estudios previos (Alibi et al., 2021; Borotová et al., 2022).
- Asimismo, no se determinaron las concentraciones inhibitorias mínimas (MIC) ni bactericidas (MBC), ni se realizó un análisis cromatográfico (GC-MS) para correlacionar la composición con la actividad biológica. Estas limitaciones abren la posibilidad de desarrollar futuras investigaciones que incluyan análisis químicos detallados, pruebas cuantitativas estandarizadas y formulaciones controladas para mejorar la precisión y la interpretación de los resultados.

A pesar de las restricciones mencionadas, los hallazgos respaldan el potencial terapéutico de los aceites esenciales como agentes naturales coadyuvantes en el

María José Sigüenza-Barrera; Rosa Victoria Reino-Tacuri

tratamiento de infecciones leves o superficiales. Su baja toxicidad tópica, capacidad de interferir con la formación de biopelículas y efecto sinérgico con antibióticos los convierten en alternativas prometedoras frente a la resistencia microbiana (Alibi et al., 2021; Dar et al., 2023; Ma y Yao, 2020). No obstante, para su aplicación clínica es indispensable estandarizar los métodos de extracción, verificar la pureza y determinar dosis seguras y efectivas que garanticen su eficacia terapéutica.

El aceite de árbol de té produjo un halo de inhibición mayor frente a *Klebsiella pneumoniae* que la mezcla de árbol de té y ajo. Esta disminución en la eficacia de la mezcla puede relacionarse con mecanismos de interacción antagonista entre los componentes del ajo y los del árbol de té. Estudios previos en aceites esenciales muestran que cuando se combinan, los efectos antimicrobianos no siempre son aditivos y que algunos compuestos pueden interferir entre sí, la cual va a modificar su actividad o reduce su difusión en el medio. Las mezclas de aceites esenciales pueden mostrar menor actividad que los aceites individuales por interacciones negativas entre sus constituyentes principales (Bassolé y Juliani, 2012; Bunse et al., 2022).

Además, la difusión en agar de mezclas complejas puede alterarse por cambios en la solubilidad, volatilidad o viscosidad de la mezcla, lo que favorece halos más pequeños. Adicionalmente, es posible que compuestos altamente reactivos del ajo (como la alicina) interactúen químicamente con moléculas del árbol de té (terpinen-4-ol), reduciendo su concentración efectiva y pueden interferir entre sí o con la diana bacteriana, reduciendo la eficacia conjunta (Hartman et al., 2025).

CONCLUSIONES

Los aceites esenciales evaluados mostraron una actividad antimicrobiana limitada frente a las bacterias patógenas estudiadas. Únicamente *Staphylococcus aureus* presentó halos de inhibición débiles frente a *Piper aduncum*, *Allium sativum* y su mezcla.

María José Sigüenza-Barrera; Rosa Victoria Reino-Tacuri

No se observó actividad inhibitoria frente a las bacterias Gram negativas (*Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* y *Klebsiella pneumoniae*), posiblemente debido a la estructura compleja de su membrana externa y mecanismos de resistencia que dificultan la acción de compuestos bioactivos.

La eficacia de los aceites esenciales podría estar influenciada por la pureza, procedencia vegetal y variabilidad en la concentración de metabolitos secundarios, por lo que se recomienda realizar análisis fitoquímicos como GC-MS para identificar los compuestos activos y evitar interferencias en su actividad antibacteriana.

FINANCIAMIENTO

No monetario.

AGRADECIMIENTO

A todos los actores sociales involucrados en el desarrollo de la investigación.

REFERENCIAS CONSULTADAS

- Alibi, S., Crespo, D., y Navas, J. (2021). Plant-Derivatives Small Molecules with Antibacterial Activity. *Antibiot Basel Switz.* 10(3), 231.
<https://doi.org/10.3390/antibiotics10030231>
- Angelini P. (2024). Plant-Derived Antimicrobials and Their Crucial Role in Combating Antimicrobial Resistance. *Antibiot Basel Switz,* 13(8), 746.
<https://doi.org/10.3390/antibiotics13080746>
- Bassolé, I. H. N., & Juliani, H. R. (2012). Essential oils in combination and their antimicrobial properties. *Molecules,* 17(4), 3989-4006.
<https://doi.org/10.3390/molecules17043989>
- Borotova, P., Galovicova, L., Vukovic, N. L., Vukic, M., Tvrdá, E., & Kacaniova, M. (2022). Chemical and Biological Characterization of Melaleuca alternifolia Essential Oil. *Plants,* 11(4), 558; <https://doi.org/10.3390/plants11040558>

María José Sigüenza-Barrera; Rosa Victoria Reino-Tacuri

- Bunse, M., Daniels, R., Gründemann, C., Heilmann, J., Kammerer, D. R., Keusgen, M., Lindequist, U., Melzig, M. F., Morlock, G. E., Schulz, H., Schweiggert, R., Simon, M., Stintzing, F. C., & Wink, M. (2022). Frontiers | Essential Oils as Multicomponent Mixtures and Their Potential for Human Health and Well-Being. *Front. Pharmacol.* 13. <https://doi.org/10.3389/fphar.2022.956541>
- Camacho Silvas, L. A. (2023). Resistencia bacteriana, una crisis actual. *Rev. Esp. Salud Publica*, 97, e202302013. <https://n9.cl/n67t0>
- Carson, C. F., Hamer, K. A., y Riley, T. V. (2006). Melaleuca alternifolia (Tea Tree) Oil: a Review of Antimicrobial and Other Medicinal Properties. *Clinical Microbiology Reviews*, 19(1). <https://doi.org/10.1128/cmr.19.1.50-62.2006>
- Cordeiro, L., Figueiredo, P., Souza, H., Sousa, A., Andrade-Júnior, F., Medeiros, D., et al. (2020). Terpinen-4-ol as an Antibacterial and Antibiofilm Agent against *Staphylococcus aureus*. *Int J Mol Sci.* 21(12), 4531. <https://doi.org/10.3390/ijms21124531>
- Dar, R. A., Shahnawaz, M., Ahanger, M. A., & Majid, I. U. (2023) Exploring the Diverse Bioactive Compounds from Medicinal Plants: A Review. *J Phytopharm.* 12(3), 189-95. <https://doi.org/10.31254/phyto.2023.12307>
- da Silva, A. C. A., Matias, E. F. F., Rocha, J. E., Araújo, A. C. J., de Freitas, T. S., Campina, F. F., Costa, M. D. S., Silva, L. E., Amaral, W. D., Maia, B. H. L. N. S., Ferriani, A. P., Bezerra, C. F., Iriti, M., & Coutinho, H. D. M. (2020). Gas chromatography coupled to mass spectrometry (GC-MS) characterization and evaluation of antibacterial bioactivities of the essential oils from *Piper arboreum* Aubl., *Piper aduncum* L. e *Piper gaudichaudianum* Kunth. *Zeitschrift fur Naturforschung. C, Journal of biosciences*, 76(1-2), 35–42. <https://doi.org/10.1515/znc-2020-0045>
- Dousseau, S., Chaves. I. D. S., De Castro, E. M., De Alvarenga, A. A., Alves, E., Pinto, J. E. B. P., et al. (2014). Caracterización del limbo de *Piper aduncum* L. (Piperaceae): Análisis estructurales, histoquímicos y de sus aceites esenciales. *Gayana Bot.* 71(1), 147-62. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-66432014000100015>

María José Sigüenza-Barrera; Rosa Victoria Reino-Tacuri

- El-Saadony, M. T., Saad, A. M., Korma, S. A., Salem, H. M., Abd El-Mageed, T. A., Alkafaas, S. S., Elsalahaty, M. I., Elkafas, S. S., Mosa, W. F. A., Ahmed, A. E., Mathew, B. T., Albastaki, N. A., Alkuwaiti, A. A., El-Tarabily, M. K., AbuQamar, S. F., El-Tarabily, K. A., & Ibrahim, S. A. (2024). Garlic bioactive substances and their therapeutic applications for improving human health: a comprehensive review. *Front. Immunol.*, 15. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2024.1277074>
- Hartman, K., Świerczyńska, M., Wieczorek, A., Baszuk, P., Wojciechowska-Koszko, I., Garbacz, K., Sienkiewicz, M., & Kwiatkowski, P. (2025). Preliminary Evaluation of the Synergistic Antibacterial Effects of Selected Commercial Essential Oil Compounds Against Methicillin-Resistant *Staphylococcus aureus* ATCC 43300. *Antibiotics*, 14(7), 733. <https://doi.org/10.3390/antibiotics14070733>
- Juárez-Segovia, K. G., Díaz-Darcía, E. J., Méndez-López, M. D., Pina-Canseco, M. S., Pérez-Santiago, A. D., Sánchez-Medina, M. A., et al. (2019). Efecto de extractos crudos de ajo (*Allium sativum*) sobre el desarrollo in vitro de *Aspergillus parasiticus* y *Aspergillus niger*. *Polibotánica*, (47), 99-111. <https://doi.org/10.18387/polibotanica.47.8>
- Lozano, C. M., Vasquez-Tineo, M. A., Ramirez, M., e Infante, M. I. (2021). In vitro Antimicrobial Activity of Tropical Medicinal Plants used in Santo Domingo, Dominican Republic: Part 2. *Pharmacogn Commun.* 11(1), 52-60. <http://dx.doi.org/10.5530/pc.2021.1.11>
- Ma, L., & Yao, L. (2020). Antiviral Effects of Plant-Derived Essential Oils and Their Components: An Updated Review. *Molecules*, 25(11), 2627. <https://doi.org/10.3390/molecules25112627>
- Mejía, V. J., y Carazzone C. (2020). *Evaluación de propiedades antibacterianas y antifúngicas de aceites esenciales*. [Trabajo de maestría, Universidad de los Andes Colombia]. Séneca Repositorio Institucional <https://hdl.handle.net/1992/53050>
- Ojeda Pereda, M. C., & Beltrán Orbegoso, R. A. (2018). Efecto antimicrobiano in vitro de los extractos de *Allium sativum* y *Zingiber officinale* frente a *Staphylococcus aureus*. *UCV-Scientia*, 10(2), 152-159. <https://doi.org/10.18050/RevUcv-Scientia.v10n2a4>
- Oliva, A., Costantini, S., De Angelis, M., Garzoli, S., Božović, M., Mascellino, M. T., et al. (2018). High Potency of *Melaleuca alternifolia* Essential Oil against Multi-Drug Resistant Gram-Negative Bacteria and Methicillin-Resistant *Staphylococcus aureus*. *Molecules*, 23(10), 2584. <https://doi.org/10.3390/molecules23102584>

María José Sigüenza-Barrera; Rosa Victoria Reino-Tacuri

OMS. (2019, 29 de abril). *Un nuevo informe insta a actuar con urgencia para prevenir una crisis causada por la resistencia a los antimicrobianos*. <https://n9.cl/6o1p8>

OMS. (2024, 17 de mayo). *La OMS pone al día la lista de bacterias farmacorresistentes más peligrosas para la salud humana*. <https://n9.cl/lxzp2>

Sin, C., Britos, M. R., Chamorro, M. E., Fernández, D., y Ortega S. (2021). Aceites esenciales con actividad antibacteriana: posible aplicación y administración en odontología. *Odontol. Vital*, 35(2), 29-40. <https://n9.cl/eyy42>

Uc-Cachón, A. H., Molina-Salinas, G. M., Dzul-Beh, A. de J., Rosado-Manzano, R. F., Dzib-Baak, H. E. (2023) Bacterias Gram-negativas de prioridad crítica en pacientes de las UCI de un hospital de tercer nivel. *Rev Médica Inst Mex Seguro Soc*. 61(5), 552-8. <https://n9.cl/6xuwt>

©2026 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).