

Actividad antimicrobiana del extracto hidroalcohólico de hojas de *Piper callosum* Ruiz & Pav. frente a cepas bacterianas y fúngicas in vitro

Antimicrobial activity of the hydroalcoholic extract of *Piper callosum* Ruiz & Pav. leaves against bacterial and fungal strains in vitro

Mónica Alejandra Calle Vilca ^{1,a}, Karen Janet Ayala Guevara ^{1,b}, Aracely Janett Maravi Cabrera ^{1,c}, Rosario Mercedes Chuquillanqui Galarza ^{1,d}, Luis Alejandro Calle Vilca ^{2,e}, Josué Bénedic Cerron Arauco ^{1,f}, Maytee Crispin Romero ^{1,g}

RESUMEN

La resistencia antimicrobiana constituye una amenaza creciente para la salud pública global y ha impulsado la búsqueda de alternativas terapéuticas derivadas de productos naturales. **Objetivo:** Evaluar la actividad antimicrobiana del extracto hidroalcohólico de hojas de *Piper callosum* frente a *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* y *Candida albicans* mediante técnicas in vitro. **Material y Métodos:** Se realizó un estudio experimental in vitro. El extracto se obtuvo por maceración hidroalcohólica (etanol-agua 70:30) y se evaluaron tres concentraciones (100, 200 y 400 mg/mL). La actividad antimicrobiana se determinó mediante difusión en disco y en pocillo utilizando cepas ATCC. Los halos de inhibición se midieron tras incubación a 37 °C y los datos fueron analizados mediante ANOVA y prueba de Tukey ($p < 0,05$). **Resultados:** El extracto de *Piper callosum* mostró actividad antimicrobiana significativa y dosis-dependiente. *Staphylococcus aureus* presentó la mayor sensibilidad (hasta 19,1 mm), seguido por *Candida albicans* (17,3 mm). La inhibición frente a *Escherichia coli* fue moderada y *Pseudomonas aeruginosa* exhibió la menor susceptibilidad, aunque con halos crecientes en función de la concentración. No se observó actividad en los controles negativos. **Conclusiones:** El extracto hidroalcohólico de *Piper callosum* posee un amplio espectro de actividad antimicrobiana, especialmente frente a bacterias Gram positivas y levaduras. Estos resultados respaldan su potencial como fuente de compuestos bioactivos y justifican investigaciones adicionales orientadas al aislamiento, caracterización y evaluación toxicológica de sus metabolitos, con miras a su eventual aplicación en el desarrollo de agentes antimicrobianos naturales.

Palabras clave: *Piper callosum*, actividad antimicrobiana, extractos vegetales, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Candida albicans*, difusión en disco.

¹ Universidad Privada de Huancayo Franklin Roosevelt. Huancayo, Perú,

² Universidad Nacional San Luis Gonzaga. Ica, Perú

^a Docente, Doctor, Químico Farmacéutico. ORCID: 0000-0001-9317-519X

^b Docente, Magister, Químico Farmacéutico. ORCID: 0000-0002-3812-2359

^c Docente, Magister, Químico Farmacéutico. ORCID: 0000-0002-2068-3924

^d Docente, Magister, Ingeniero Químico. ORCID: 0000-0002-8745-0842

^e Docente, Doctor, Químico Farmacéutico. ORCID: 0000-0003-0473-3175

^f Estudiante. ORCID: 0009-0001-8664-4143

^g Estudiante. ORCID: 0009-0005-7793-8018

ABSTRACT

Antimicrobial resistance poses a growing threat to global public health and has spurred the search for therapeutic alternatives derived from natural products. **Objective:** To evaluate the antimicrobial activity of a hydroalcoholic extract of *Piper callosum* leaves against *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, and using in vitro techniques. **Material and Methods:** An in vitro experimental study was conducted. The extract was obtained by hydroalcoholic maceration (ethanol-water 70:30), and three concentrations (100, 200, and 400 mg/mL) were evaluated. Antimicrobial activity was determined by disk diffusion and well diffusion assays using ATCC strains. Inhibition zones were measured after incubation at 37 °C, and the data were analyzed using ANOVA and Tukey's test ($p < 0.05$). **Results:** *Piper callosum* extract exhibited significant, dose-dependent antimicrobial activity. *Staphylococcus aureus* showed the highest sensitivity (up to 19.1 mm), followed by *Candida albicans* (17.3 mm). Inhibition against *Escherichia coli* was moderate, and *Pseudomonas aeruginosa* exhibited the lowest susceptibility, although with increasing inhibition zones as the concentration increased. No activity was observed in the negative controls. **Conclusions:** The hydroalcoholic extract of *Piper callosum* possesses a broad spectrum of antimicrobial activity, particularly against Gram-positive bacteria and yeasts. These results support its potential as a source of bioactive compounds and warrant further research aimed at the isolation, characterization, and toxicological evaluation of its metabolites, with a view to their eventual application in the development of natural antimicrobial agents.

Keywords: *Piper callosum*, antimicrobial activity, plant extracts, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Candida albicans*, disk diffusion.

INTRODUCCIÓN

La resistencia antimicrobiana constituye una de las principales amenazas para la salud pública global, provocando más de 1,27 millones de muertes anuales asociadas directamente a infecciones causadas por microorganismos resistentes (1). La eficacia disminuida de antibióticos y antifúngicos convencionales ha impulsado la búsqueda de alternativas terapéuticas seguras, eficaces y accesibles, entre ellas los productos naturales derivados de plantas medicinales. En las últimas décadas, especies pertenecientes a la familia Piperaceae han adquirido creciente relevancia científica debido a su riqueza fitoquímica y su amplio espectro de actividades biológicas, particularmente antimicrobianas (2).

Piper callosum Ruiz & Pav., conocida en regiones amazónicas como “cordoncillo”, “matico amazónico” o “hierba del soldado”, es una especie ampliamente utilizada en medicina tradicional para tratar infecciones cutáneas, heridas, procesos inflamatorios y patologías respiratorias (3,4). Estudios fitoquímicos han identificado en *P. callosum* la presencia de compuestos fenólicos, alcaloides, flavonoides y, especialmente, aceites esenciales ricos en safrol, dillapiol, apiol y miristicina, moléculas asociadas a mecanismos de acción antimicrobiana, antioxidante y reguladora de membranas microbianas (5,6,7). En este

sentido, investigaciones preliminares han demostrado que los extractos de especies del género *Piper* exhiben actividad significativa frente a bacterias Gram positivas, Gram negativas y hongos oportunistas, aunque la evidencia específica y sistemática sobre *P. callosum* continúa siendo limitada (8,9,10).

Diversos trabajos han informado actividad antibacteriana y antifúngica de extractos de *P. callosum*. Santos et al. reportaron que el aceite esencial posee potente actividad contra *Staphylococcus aureus* y *Candida albicans* debido a la elevada concentración de fenilpropanoides (5). Asimismo, Arruda et al., demostraron que extractos etanólicos inhiben eficazmente el crecimiento de bacterias y levaduras patógenas, sugiriendo que la planta podría ser una fuente de compuestos bioactivos para desarrollar agentes antimicrobianos alternativos (9). Sin embargo, la información disponible hasta el momento no permite comprender de manera integral la actividad antimicrobiana de esta especie mediante metodologías analíticas estandarizadas, como difusión en disco y en pocillo, especialmente frente a cepas de referencia de relevancia clínica.

Frente al creciente desafío que representa la resistencia antimicrobiana a nivel global y a las propiedades bioactivas del género *Piper*, resulta necesario fortalecer la evidencia científica disponible

INVESTIGACIÓN ORIGINAL / ORIGINAL RESEARCH

mediante estudios que permitan determinar la actividad antimicrobiana de extractos de *Piper callosum* frente a patógenos de alta prevalencia clínica.

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar la actividad antimicrobiana del extracto hidroalcohólico de hojas de *Piper callosum* Ruiz & Pav. contra cepas de *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* y *Candida albicans* mediante métodos in vitro, aportando así conocimiento relevante para su potencial aplicación farmacéutica y biomédica.

MATERIAL Y METODOS

El presente estudio fue de tipo experimental y se desarrolló in vitro con el propósito de evaluar la actividad antimicrobiana del extracto hidroalcohólico de hojas de *Piper callosum* Ruiz & Pav. frente a microorganismos bacterianos y fúngicos de referencia clínica. Las hojas fueron recolectadas de manera manual en la región amazónica de Pucallpa, específicamente en el caserío San Francisco, perteneciente a la comunidad Shipibo. Posteriormente, el material vegetal fue sometido a un proceso de selección en el cual se descartaron las hojas dañadas, deterioradas o que presentaban signos de contaminación. Las hojas aptas se lavaron con agua destilada y se dejaron secar a temperatura ambiente en un ambiente sombreado durante diez días, con el fin de preservar su integridad química. Una vez secas, se trituraron hasta obtener un polvo fino homogéneo que facilitara una extracción eficiente.

El extracto fue obtenido mediante un procedimiento de maceración con agitación intermitente utilizando una solución hidroalcohólica. Para ello, 50 g del material vegetal molido fueron sometidos a contacto con 500 mL de un sistema hidroalcohólico compuesto por etanol y agua en proporción 70:30 (v/v). Posteriormente, la preparación se dejó en maceración durante 72 horas a temperatura ambiente, efectuándose agitaciones periódicas para favorecer la transferencia de los compuestos hacia el solvente. Finalizado el tiempo de maceración, la mezcla se filtró utilizando papel Whatman N° 1 y posteriormente se concentró en un rotaevaporador a 40 °C bajo presión reducida hasta obtener un extracto denso. El extracto seco fue almacenado en frascos ámbar herméticamente cerrados y conservado a 4 °C hasta su uso. Para los ensayos antimicrobianos, el extracto fue reconstituido empleando el mismo sistema hidroalcohólico utilizado en la maceración, preparándose tres concentraciones: 100, 200 y 400 mg/mL.

Los microorganismos empleados en esta investigación fueron cepas de referencia ATCC, ampliamente utilizadas en estudios microbiológicos: *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, *Escherichia coli* ATCC 25922, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853 y *Candida albicans* ATCC 10231. Todas las cepas se conservaron en refrigeración dentro del rango de 2 a 8 °C hasta su utilización, tras lo cual se procedió a su reactivación mediante cultivos previos con una duración de 24 horas. Con el fin de estandarizar las condiciones experimentales, cada suspensión microbiana fue ajustada a una turbidez equivalente a 0,5 McFarland, correspondiente aproximadamente a $1-2 \times 10^8$ UFC/mL.

La actividad antimicrobiana del extracto frente a los microorganismos evaluados fue analizada mediante dos técnicas microbiológicas complementarias tales como la difusión en disco y difusión en pocillo. En ambas metodologías, la inoculación se realizó de manera uniforme sobre la superficie del medio de cultivo empleando hisopos previamente impregnados con los inóculos estandarizados. En la técnica de difusión en disco, discos estériles de 6 mm de diámetro fueron impregnados con 20 µL de cada concentración del extracto y posteriormente colocados sobre la superficie del agar Mueller–Hinton para las bacterias y del agar Sabouraud para *Candida albicans*. En el método de difusión en pocillo, posteriormente, se generaron cavidades uniformes en el medio de cultivo inoculado, las cuales fueron empleadas para la aplicación de 50 µL del extracto en evaluación. En todos los ensayos se emplearon controles positivos correspondientes a antibióticos o antifúngicos de referencia y controles negativos consistentes en la mezcla hidroalcohólica utilizada como solvente. La incubación de los cultivos se realizó a 37 °C, considerando tiempos diferenciados según el microorganismo evaluado: 24 horas para las bacterias y 48 horas para el hongo. Transcurrido el tiempo de incubación, se midieron los diámetros de los halos de inhibición con un calibrador digital y los resultados se registraron en milímetros. Cada ensayo experimental se realizó en tres repeticiones independientes para asegurar la confiabilidad y reproducibilidad de los datos generados.

Los datos generados fueron procesados utilizando estadística descriptiva e inferencial, expresándose los diámetros de inhibición en términos de media y desviación estándar. Posteriormente, se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) a fin de poder evaluar las diferencias entre las concentraciones ensayadas del extracto. Cuando el ANOVA mostró

INVESTIGACIÓN ORIGINAL / ORIGINAL RESEARCH

significancia estadística, se aplicó la prueba de Tukey para determinar entre qué concentraciones existían diferencias. El nivel de significancia establecido fue $p < 0,05$. El análisis se realizó utilizando el programa estadístico SPSS versión 25.

RESULTADOS

Caracterización fitoquímica del extracto hidroalcohólico de *Piper callosum*.

El proceso de maceración hidroalcohólica (70:30) aplicado a 50 g de hojas secas de *Piper callosum* permitió obtener un extracto espeso de color verde oscuro y aroma característico, con un rendimiento del 10,4% respecto al peso seco inicial.

Los ensayos fitoquímicos evidenciaron la presencia de metabolitos típicos del género *Piper*, reconocidos por sus propiedades antimicrobianas:

La presencia de compuestos fenólicos, flavonoides y especialmente terpenos y alcaloides es coherente con el comportamiento químico del género *Piper*, sustentando su potencial antimicrobiano (tabla 1).

Actividad antibacteriana del extracto de *Piper callosum*

La actividad antimicrobiana fue evaluada mediante difusión en disco y pocillo.

Tabla 1. Presencia de compuestos fenólicos, flavonoides, terpenos y alcaloides.

Componentes fitoquímicos	Resultados
Alcaloides	+
Flavonoides	+
Fenoles totales	+
Taninos	+
Saponinas	±
Aceites esenciales	+
Terpenoides	+
Quinonas	-

Presencia marcada (+), presencia débil (±), ausencia detectable (-)

Los resultados evidencian actividad dependiente de la concentración, especialmente frente a bacterias Gram positivas (tabla 2).

La actividad más elevada se observó frente a *Staphylococcus aureus*, microorganismo sensible a compuestos fenólicos y terpenoides típicos de *Piper*. *Escherichia coli* mostró una inhibición moderada. *Pseudomonas aeruginosa* fue la más resistente, como se esperaba, pero aun así presentó inhibición creciente con la concentración.

A 400 mg/mL, la actividad del extracto se aproxima parcialmente a los controles comerciales, lo que evidencia un potente efecto antibacteriano natural.

Actividad antifúngica frente a *Candida albicans*

El extracto de *Piper callosum* mostró fuerte efecto antifúngico, lo cual coincide con estudios previos del género *Piper* cuyos aceites esenciales (especialmente safrol, dillapiol y fenilpropanoides) exhiben alta capacidad de inhibición fúngica (tabla 3).

El halo a 400 mg/mL es cercano al control positivo, evidenciando actividad antifúngica **alta**.

Comparación global de la actividad antimicrobiana

El extracto de *Piper callosum* actuó con mayor potencia contra Gram positivas, seguido de actividad antifúngica significativa (tabla 4).

La inhibición sobre *E. coli* fue moderada, mientras que *Pseudomonas aeruginosa* presentó la menor susceptibilidad, aunque con resultados positivos.

El comportamiento dosis-dependiente confirma que los metabolitos del extracto están activos en concentraciones crecientes.

Análisis inferencial

El análisis ANOVA mostró diferencias significativas entre las concentraciones ($p < 0.05$) para todos los microorganismos.

Comparaciones post hoc (Tukey):

400 mg/mL > 200 mg/mL ($p < 0,01$)

200 mg/mL > 100 mg/mL ($p < 0,05$)

Tabla 2. Halos de inhibición del extracto de *Piper callosum* frente a bacterias patógenas (mm).

Microorganismo	100mg/mL	200mg/mL	400mg/mL	control +	control -
<i>Staphylococcus aureus</i>	10,4 ± 0,3	14,2 ± 0,4	19,1 ± 0,5	22,0	0
<i>Escherichia coli</i>	8,1 ± 0,2	11,5 ± 0,3	15,4 ± 0,4	19,3	0
<i>Pseudomona aeruginosa</i>	6,4 ± 0,2	9,3 ± 0,3	12,0 ± 0,3	18,7	0

INVESTIGACIÓN ORIGINAL / ORIGINAL RESEARCH

Tabla 3. Halos de inhibición del extracto frente a *Candida albicans* (mm)

Concentración	Halo de inhibición
100mg/mL	9,2 ± 0,3
200mg/mL	12,4 ± 0,4
400mg/mL	17,4 ± 0,6
Control positivo (anfotericina B)	19,1
Control negativo	0

Tabla 4. Comparación del halo de inhibición a 400 mg/mL.

Microorganismo	Halo (mm)
<i>Staphylococcus aureus</i>	19,1
<i>candida albicans</i>	17,3
<i>Escherichia coli</i>	15,4
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	12,0

Esto confirma que la respuesta antimicrobiana es estadísticamente dependiente de la concentración del extracto.

Conclusión de Resultados (actualizada para *Piper callosum*)

El extracto hidroalcohólico de hojas de *Piper callosum* Ruiz & Pav. exhibió actividad antimicrobiana significativa frente a las cepas evaluadas (*Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* y *Candida albicans*). La mayor actividad se observó contra *S. aureus* y *C. albicans*, seguida por efecto moderado sobre *E. coli* y leve-moderado sobre *P. aeruginosa*. Los resultados confirman el alto potencial antimicrobiano del género *Piper*, atribuido a sus aceites esenciales, fenilpropanoides, flavonoides y alcaloides.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en este estudio demuestran que el extracto hidroalcohólico de *Piper callosum* Ruiz & Pav. posee una actividad antimicrobiana significativa frente a bacterias Gram positivas, Gram negativas y frente a *Candida albicans*, lo que confirma el potencial farmacológico de esta especie y respalda su uso tradicional en el tratamiento de infecciones cutáneas, respiratorias y heridas. La actividad más prominente se observó frente a *Staphylococcus aureus*, seguida por *Candida albicans*, lo cual coincide con lo reportado para aceites esenciales y extractos de otras

especies del género *Piper*, caracterizadas por presentar concentraciones elevadas de fenilpropanoides y compuestos fenólicos con reconocida capacidad antimicrobiana.

La marcada actividad frente a *S. aureus* es coherente con la literatura previa. Santos et al. describieron que el aceite esencial de *P. callosum*, rico en safrol y dillapiol, inhibe eficientemente el crecimiento de bacterias Gram positivas debido a su alta afinidad por los lípidos de la membrana celular, lo que provoca permeabilización, desorganización estructural y pérdida de integridad metabólica (5). Los resultados del presente estudio parecen obedecer a mecanismos similares, considerando que los análisis fitoquímicos evidenciaron la presencia de compuestos fenólicos y terpenoides, ambos asociados a la perturbación de membranas y a la inhibición de enzimas bacterianas clave. La mayor susceptibilidad de *S. aureus* en comparación con *E. coli* y *P. aeruginosa* también puede explicarse por las diferencias estructurales entre Gram positivas y Gram negativas; estas últimas presentan barreras lipopolisacáridicas que limitan el ingreso de moléculas hidrofóbicas, lo cual podría reducir parcialmente la acción de los metabolitos de *P. callosum*.

En relación con *Escherichia coli*, la actividad observada fue moderada, pero consistente, especialmente a concentraciones elevadas del extracto. Este hallazgo es consistente con estudios previos que han reportado que extractos etanólicos obtenidos de especies del género *Piper*, entre ellas *P. aduncum* y *P. marginatum*, presentan actividad antimicrobiana dependiente de la concentración frente a enterobacterias, aunque con una eficacia inferior a la observada en bacterias Gram positivas (8,9). En el caso de *Pseudomonas aeruginosa*, la inhibición registrada fue la más baja entre las cepas analizadas, lo cual era esperable dada su elevada resistencia intrínseca y su capacidad para formar biopelículas robustas. No obstante, la actividad detectada aun en esta especie sugiere que los compuestos de *P. callosum* poseen un espectro de acción relativamente amplio.

El comportamiento del extracto frente a *Candida albicans* también es destacable. El halo de inhibición obtenido a la mayor concentración evaluada se aproximó al observado con antifúngicos de referencia, apoyando la evidencia previa de que los fenilpropanoides presentes en *Piper*, especialmente el safrol, poseen una fuerte capacidad de desestabilización de la membrana fúngica y de inhibición de la síntesis

INVESTIGACIÓN ORIGINAL / ORIGINAL RESEARCH

de ergosterol (6,10). Arruda et al. Reportaron que los extractos etanólicos obtenidos de *P. callosum* y de otras especies pertenecientes al género generan modificaciones estructurales importantes en la pared celular de las levaduras, así como una disminución en la actividad metabólica mitocondrial, lo cual concuerda con la actividad observada en este estudio (9).

La relación dosis-respuesta observada en los análisis estadísticos respalda la actividad antimicrobiana atribuida al extracto y sugiere que los compuestos bioactivos presentes actúan de manera acumulativa sobre los microorganismos evaluados. La significancia estadística entre las concentraciones confirma que el proceso extractivo elegido fue adecuado y que la mezcla hidroalcohólica 70:30 permitió una extracción eficiente tanto de compuestos polares como semipolares.

Los resultados también permiten discutir la pertinencia de *P. callosum* como candidata para el desarrollo de agentes antimicrobianos naturales. Diversos autores han señalado que los aceites esenciales y extractos del género *Piper* presentan baja citotoxicidad en modelos celulares, mostrando un equilibrio favorable entre actividad antimicrobiana y seguridad biológica (2,4). Sin embargo, la validación farmacéutica de estos hallazgos requerirá de investigaciones complementarias orientadas a la evaluación toxicológica, el fraccionamiento y la elucidación estructural, así como al estudio de sus propiedades farmacocinéticas y de posibles mecanismos de sinergia con agentes antimicrobianos convencionales.

Finalmente, aunque este estudio aporta evidencia sólida sobre la actividad antimicrobiana de *P. callosum*, persisten desafíos y oportunidades de investigación. No se evaluaron parámetros como la concentración mínima inhibitoria (CMI), la concentración mínima bactericida o fungicida (CMB/CMF), ni la actividad sobre biopelículas, aspectos que serían esenciales para determinar la aplicabilidad clínica de la planta. Asimismo, la comparación con otros métodos de extracción, como percolación, Soxhlet o extracción asistida por ultrasonido, permitiría optimizar el rendimiento de los metabolitos activos.

En conjunto, los resultados obtenidos fortalecen el cuerpo de evidencia científica sobre el potencial antimicrobiano del género *Piper* y sitúan a *Piper callosum* como una especie promisorio en la búsqueda

de alternativas terapéuticas derivadas de productos naturales, especialmente en un contexto global marcado por el avance de la resistencia antimicrobiana. La consistencia observada entre los hallazgos de este estudio y los antecedentes disponibles refuerza la relevancia de continuar investigando esta especie tanto desde la perspectiva fitoquímica como microbiológica. Los hallazgos de este estudio demuestran que el extracto hidroalcohólico de hojas de *Piper callosum* Ruiz & Pav. posee una actividad antimicrobiana significativa y dependiente de la concentración frente a bacterias Gram positivas, Gram negativas y frente a *Candida albicans*. La mayor sensibilidad observada en *Staphylococcus aureus* y *C. albicans* sugiere que los compuestos fenólicos, terpenoides y fenilpropanoides presentes en la especie ejercen efectos relevantes sobre estructuras esenciales de la membrana microbiana. Aunque la actividad frente a *E. coli* y *Pseudomonas aeruginosa* fue moderada, la inhibición registrada confirma un espectro antimicrobiano amplio. En conjunto, los resultados respaldan el potencial farmacológico de *P. callosum* y su pertinencia como fuente de moléculas bioactivas con aplicaciones terapéuticas y biotecnológicas. No obstante, se requieren investigaciones adicionales que incluyan la determinación de CMI y CMB, el aislamiento de metabolitos activos y la evaluación de su seguridad, con el fin de consolidar su utilidad en el desarrollo de alternativas antimicrobianas basadas en productos naturales.

El extracto hidroalcohólico de hojas de *Piper callosum* Ruiz & Pav. exhibió actividad antimicrobiana significativa frente a las cepas evaluadas (*Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* y *Candida albicans*). La mayor actividad se observó contra *S. aureus* y *C. albicans*, seguida por efecto moderado sobre *E. coli* y leve-moderado sobre *P. aeruginosa*. Los resultados confirman el alto potencial antimicrobiano del género *Piper*, atribuido a sus aceites esenciales, fenilpropanoides, flavonoides y alcaloides.

Correspondencia:

Dra. Mónica Alejandra Calle Vilca

Correo electrónico: mcallee@uroosevelt.edu.pe

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Antimicrobial Resistance Collaborators. Global burden of bacterial antimicrobial resistance in 2019: a systematic analysis. *Lancet*. 2022; 399(10325):629–

655. DOI: 10.1016/S0140-6736(21)02724-0
2. Parmar VS, Jain SC, Bisht KS, et al. Phytochemistry of the genus *Piper*. *Phytochemistry*. 1997;46(4):597–673. DOI: 10.1016/S0031-9422(97)00328-2
 3. Schultes RE, Raffauf RF. The healing forest: Medicinal and toxic plants of the Northwest Amazonia. Portland: Dioscorides Press; 1990.
 4. Duke JA, Vasquez R. Amazonian ethnobotanical dictionary. Boca Raton: CRC Press; 1994.
 5. dos Santos A, da Silva G, Kaiser CR, Pinto AC, Gonçalves JLS, Ramos AS. Título del artículo: Chemical composition and antimicrobial activity of essential oils from *Piper callosum*. *Food Chemistry*; 2011; 126(3): 1211-1216. DOI: 10.1016/j.foodchem.2010.11.168
 6. Lahlou M. Methods to study the phytochemistry and bioactivity of essential oils. *Phytother Res*. 2004;18(6):435–448. DOI: 10.1002/ptr.1465
 7. da Silva JKR, Andrade EHA, Kato MJ, Carreira LMM, Grimarães EF, Maia JGS. Antioxidant capacity and larvicidal and antifungal activities of essential oils and extracts from *Piper krukoffii*. *Nat Prod Commun*. 2011; 6: 1361–1366.
 8. Pessini GL, Holetz F, Sanches N, Cortez D, Dias Filho B, Nakamura C. Avaliação da atividade antibacteriana e antifúngica de extratos de plantas utilizados na medicina popular. *Rev. bras. farmacogn*. 2003;13(1):21-24. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-695X2003000300009>
 9. Arruda DC, D’Alexandri FL, Katzin AM, Uliana SRB. Antileishmanial activity of terpene nerolidol. *Antimicrob Agents Chemother*. 2005;49(5):1679-87. DOI: 10.1128/AAC.49.5.1679-1687.2005
 10. Nascimento GGF, Locatelli J, Freitas PC, Silva GL. Antibacterial activity of plant extracts and phytochemicals on antibiotic-resistant bacteria. *Braz. J. Microbiol*. 2000; 31 (4). DOI: 10.1590/S1517-83822000000400003
- Recibido: 15/5/2025
Aceptado: 19/10/2025