



Publicación Cuatrimestral. Vol. 8, No 3, Septiembre/Diciembre, 2023, Ecuador (p. 15-39). Edición continua

<https://revistas.utm.edu.ec/index.php/Basedelaciencia/index>

revista.bdlaciencia@utm.edu.ec

Universidad Técnica de Manabí

DOI: <https://doi.org/10.33936/revbasdelaciencia.v8i3.6708>

Plantas medicinales de la Amazonía ecuatoriana con actividad antibacteriana: una revisión sistemática

Sillagana- Verdezoto, Cristian^{1*} 

¹Facultad Ciencias de la Vida, Universidad Regional Amazónica Ikiam, Tena 150102, Ecuador.

*Autor para correspondencia: verdezotoisrael201@hotmail.com

Recibido: 2-09-2023 / Aceptado: 11-11-2023 / Publicación: 30-11-2023

Editor Académico: Marina Coromoto García de Almeida 

RESUMEN

La creciente resistencia bacteriana a los antibióticos comerciales resalta la necesidad de descubrir nuevos agentes antimicrobianos. Las plantas medicinales de la Amazonía ecuatoriana, con sus diversas moléculas bioactivas, representan una fuente prometedora de compuestos que podrían enfrentar esta problemática. El presente trabajo tuvo como objetivo analizar la información científica publicada sobre plantas medicinales de la región amazónica ecuatoriana con propiedades antibacterianas durante el período 2014-2024 a través de una revisión sistemática. Se realizó una búsqueda avanzada en las bases PubMed, Science Direct y Red de Repositorio de Acceso Abierto del Ecuador, siguiendo las directrices PRISMA (por sus siglas en inglés, Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses) para el tamizaje de los artículos. Se identificaron nueve artículos que reportan 12 familias botánicas divididas en 18 especies recolectadas en las provincias de Pastaza, Morona Santiago, Zamora Chinchipe y Sucumbios. Los aceites esenciales de *Piper augustum*, *Piper leticianum* y *Hedychium coronarium* resultaron ser los extractos más bioactivos en esta revisión presentaron una concentración mínima inhibitoria de 0,18 mg/mL frente a *Streptococcus mutans*. Los compuestos activos incluyen terpenos, alcaloides y compuestos fenólicos, destacando la compleja química de estas plantas, la cual contribuye a su potente actividad antimicrobiana. Esta revisión sistemática resalta el potencial promotor de las plantas medicinales amazónicas como fuentes de compuestos antibacterianos. Es necesario seguir investigando para caracterizar completamente las propiedades antimicrobianas de estas plantas, así como para comprender sus mecanismos de acción y su aplicación clínica.

Palabras clave: Etnofarmacología, productos naturales, fitoquímicos, resistencia bacteriana, actividades biológicas.

Medicinal plants from the ecuadorian amazon with antibacterial activity: a systematic review

ABSTRACT

Increasing bacterial resistance to commercial antibiotics highlights the need to discover new antimicrobial agents. The medicinal plants of the Ecuadorian Amazon, with their diverse bioactive molecules, represent a promising source of compounds that could address this problem. The objective of this work was to analyze the scientific information published on medicinal plants from the Ecuadorian Amazon region with antibacterial properties during the period 2014-2024 through a systematic review. An advanced search was carried out in the PubMed, Science Direct and Open Access Repository Network of Ecuador databases, following the PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses) guidelines for screening the articles. Nine articles were identified that report 12 botanical families



divided into 18 species collected in the provinces of Pastaza, Morona Santiago, Zamora Chinchipe and Sucumbios. The essential oils of *Piper augustum*, *Piper leticianum* and *Hedychium coronarium* turned out to be the most bioactive extracts in this review, presenting a minimum inhibitory concentration of 0.18 mg/mL against *Streptococcus mutans*. The active compounds include terpenes, alkaloids and phenolic compounds, highlighting the complex chemistry of these plants, which contributes to their potent antimicrobial activity. This systematic review highlights the promising potential of Amazonian medicinal plants as sources of antibacterial compounds. Further research is necessary to fully characterize the antimicrobial properties of these plants, as well as to understand their mechanisms of action and their clinical application.

Keywords: Ethnopharmacology, natural products, phytochemicals, bacterial resistance, biological activities.

Plantas medicinales da Amazônia equatoriana com atividade antibacteriana: uma revisão sistemática

RESUMO

A crescente resistência bacteriana aos antibióticos comerciais resalta a necessidade de descobrir novos agentes antimicrobianos. As plantas medicinais da Amazônia equatoriana, com suas diversas moléculas bioativas, representam uma fonte promissora de compostos que poderiam enfrentar essa problemática. O presente trabalho teve como objetivo analisar as informações científicas publicadas sobre plantas medicinais da região amazônica equatoriana com propriedades antibacterianas durante o período de 2014 a 2024 através de uma revisão sistemática. Foi realizada uma busca avançada nas bases PubMed, Science Direct e Rede de Repositório de Acesso Aberto do Equador, seguindo as diretrizes PRISMA (pela sua sigla em inglês, Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) para o rastreamento dos artigos. Foram identificados nove artigos que relatam 12 famílias botânicas divididas em 18 espécies coletadas nas províncias de Pastaza, Morona Santiago, Zamora Chinchipe e Sucumbíos. Os óleos essenciais de *Piper augustum*, *Piper leticianum* e *Hedychium coronarium* resultaram ser os extratos mais bioativos nesta revisão, apresentando uma concentração mínima inibitória de 0,18 mg/mL contra *Streptococcus mutans*. Os compostos ativos incluem terpenos, alcaloides e compostos fenólicos, destacando a complexa química dessas plantas, que contribui para sua potente atividade antimicrobiana. Esta revisão sistemática resalta o potencial promissor das plantas medicinais amazônicas como fontes de compostos antibacterianos. É necessário continuar pesquisando para caracterizar completamente as propriedades antimicrobianas dessas plantas, bem como para compreender seus mecanismos de ação e sua aplicação clínica.

Palavras chave: Etnofarmacologia, produtos naturais, fitoquímicos, resistência bacteriana, atividades biológicas.

Citación sugerida: Sillagana- Verdezoto, C. (2024). Plantas medicinales de la Amazonía ecuatoriana con actividad antibacteriana: una revisión sistemática. *Revista Bases de la Ciencia*, 8(3), 15-39. DOI: <https://doi.org/10.33936/revbasdelaciencia.v8i3.6708>





1. INTRODUCCIÓN

La resistencia antibacteriana representa una creciente preocupación para el sistema de salud pública, dado que algunos microorganismos han desarrollado mecanismos moleculares capaces de resistir los antibióticos. Estos incluyen enzimas hidrolíticas que degradan molécula antibacteriana, modificaciones de aminoácidos que reducen la afinidad del antibiótico, disminución en la permeabilidad de la pared celular y transportadores de membrana que expulsan las moléculas activas (Moreno *et al.*, 2009; Miller *et al.*, 2014; Peterson y Kaur, 2018).

El uso de plantas y hierbas medicinales ha mejorado significativamente la salud humana, representando más del 25% de las drogas del mundo (Rawat *et al.*, 2023). Los conocimientos tradicionales de los pueblos indígenas sobre estas plantas son fundamentales para iniciar estudios farmacológicos. La identificación de los primeros productos naturales aislados, como la digitoxina, cocaína, codeína y quinina marcó un avance notable en el campo de la biomedicina (Kong *et al.*, 2003).

La región Amazónica del Ecuador, también conocida como Oriente, se extiende desde la cordillera de los Andes orientales hasta la frontera con Colombia y Perú, abarcando aproximada el 54% del territorio ecuatoriano. Está región alberga el mayor número de grupos indígenas del país, como los Cofán, Secoya, Siona, Kichwa del Oriente, Wao, Zápara, Kandwash, Shuar, Achuar y Shiwiar, quienes poseen conocimientos tradicionales sobre el uso de plantas con fines medicinales.

Por ejemplo, el helecho *Asplenium serratum* L. se utiliza entre las etnias Secoya y Kichwa del Oriente para combatir infecciones de la boca, mientras que hierba *Pachystachys* spp. se emplea entre los Shuar del Napo para tratar infecciones del oído. Así mismo, el árbol *Caryodendron orinocense* H.Kars se usa entre los Kichwa del Oriente, Cofán, Secoya y Shuar para eliminar infecciones umbilicales (de La Torre *et al.*, 2008).

Estas plantas poseen propiedades farmacológicas debido a compuestos activos como quinonas, fenoles, alcaloides, flavonoides, terpenos, aceites esenciales, taninos, lignanos y glucosinolatos. Los péptidos de plantas también muestran potencial antimicrobiano, similares en estructura y función a los péptidos antimicrobianos humanos (Chandra *et al.*, 2017).

Estudios indican que compuestos fenólicos, terpenos, alcaloides y flavonoides presentes en estas plantas tienen diferentes mecanismos de acción contra bacterias, como la ruptura de membranas celulares y la inhibición de la síntesis de proteínas (Álvarez-Martínez *et al.*, 2021; Pazmiño *et al.*, 2020). Extractos de plantas como *Centella asiática*, *Camellia sinensis* y *Aloysia citrodora* han

demostrado ser activos contra bacterias resistentes a múltiples fármacos, superando la actividad de algunos antibióticos comerciales (Manilal *et al.*, 2023; Bataineh *et al.*, 2021).

Con base en esta información, el presente estudio tuvo como objetivo analizar la literatura científica sobre plantas medicinales de la región amazónica con propiedades antibacterianas durante el período 2014-2024 a través de una revisión sistemática.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó una revisión sistemática de la literatura científica publicada sobre plantas medicinales, fitoquímica y actividad antibacteriana en la región amazónica del Ecuador. Se siguieron las directrices PRISMA (por sus siglas en inglés, Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses) para garantizar una correcta ejecución de la revisión (Molins y Serrano, 2019). A continuación, se describe y esquematiza el proceso de la revisión sistemática (**Figura 1**).

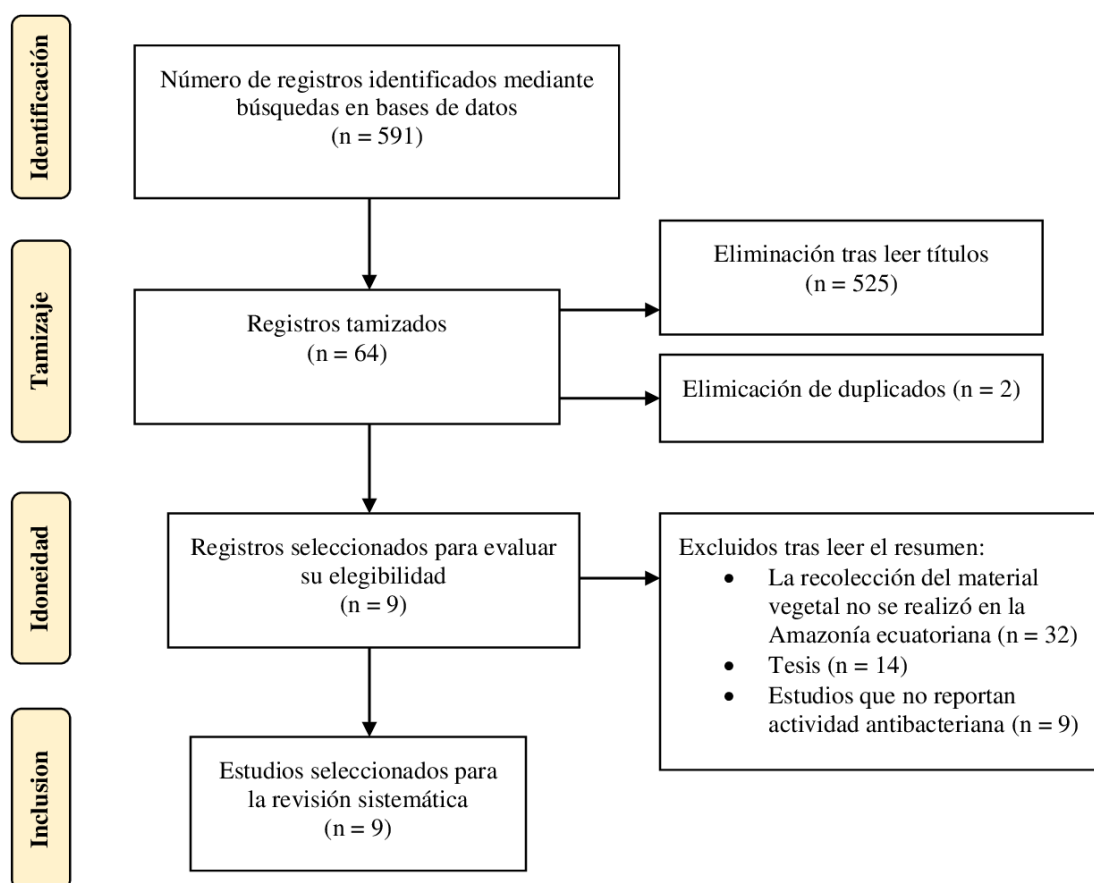


Figura 1. Flujo PRISMA que muestra el proceso de identificación, selección, idoneidad y estudios incluidos para la presente revisión sistemática.



La búsqueda inicial se realizó en Google Académico en marzo de 2024 para identificar las palabras clave más eficientes. Los términos utilizados fueron: medicinal plant, "plant extracts", "phytochemistry", "phytochemical", "antibacterial activity", "antimicrobial activity", ecuador, ecuadorian amazon, combinados con los operadores booleanos como: AND y OR.

Se emplearon tres bases de datos: PubMed, aplicando los filtros de "free full text" y años de publicación entre 2014 y 2024; Science Direct, con filtros para "research articles", "open access and open archives", con un rango de publicación desde el 2014 al 2024; y la Red de Repositorio de Acceso Abierto del Ecuador (rraae), aplicando los filtros: "artículos de investigación" y años de publicación de 2014 a 2024.

La búsqueda en PubMed arrojó 164 resultados, en Science Direct se encontraron 235 y rraae se identificaron 192 artículos. Para la selección de estudios, se aplicaron criterios de inclusión que consideraron investigaciones experimentales, artículos de acceso abierto, y estudios que abordaran la actividad antibacteriana de plantas en cualquiera de las seis provincias de la Amazonía ecuatoriana. Se excluyeron estudios de revisión bibliográfica, sistemática o metaanálisis, estudios de caso, libros, manuales, tesis de pregrado y posgrado.

Después de aplicar los criterios de inclusión, se consideraron 64 artículos, eliminando 2 duplicados. Tras revisar los resúmenes, se excluyeron 55 artículos, principalmente debido a que el material vegetal no fue recolectado en la Amazonía ecuatoriana. Finalmente, nueve artículos cumplieron con los criterios de inclusión y fueron seleccionados para la revisión sistemática.

Se recopiló información sobre el área de estudio, las especies vegetales, las bacterias estudiadas, los fitoquímicos identificados y otras actividades biológicas en tablas. Las familias botánicas y su estado de establecimiento se obtuvieron de La Lista Roja de Especies Amenazadas y de la Base Tropicos. Las estructuras moleculares de los fitoquímico se extrajeron de la Base ChemSpider.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se identificaron 18 especies con actividad antibacteriana en la literatura científica, detalladas en la **Tabla 1**. En la provincia de Pastaza se han realizado la mayoría de los estudios farmacológicos y fitoquímicos, abarcando cinco familias botánicas (*Apocynaceae*, *Aquifoliaceae*, *Burseraceae*, *Celastraceae* y *Lecythidaceae*), seguida Morona Santiago Zamora Chinchipe y Sucumbíos.

Tabla 1. Etnobotánica y actividad antibacteriana de plantas medicinales estudiadas de la región amazónicas del Ecuador.

Familia	Especies	Nombre común	Parte de la planta utilizada	Método de extracción	Bacterias evaluadas	CMI (mg/mL)	Estado de establecimiento	Provincia	Referencia
Apocynaceae	<i>Aspidosperma rigidum</i> Rusby	Naranjillo de mona	Corteza del tallo	Maceración con baño de sonicación	<i>Escherichia coli</i> <i>Staphylococcus aureus</i> <i>Bacillus subtilis</i> <i>Klebsiella pneumonia</i> <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	>80	Nativa	Pastaza	(Pastuña-Fasso <i>et al.</i> , 2024)
Aquifoliaceae	<i>Ilex guayusa</i> Loes.	Guayusa, guayusa del monte	Hojas	Extracción con sonicación y baño de agitación (extracto alcohólico) e infusión (extracto acuoso)	<i>Escherichia coli</i> <i>Staphylococcus aureus</i>	No activos	Nativa	Pastaza	(Villacís-Chiriboga <i>et al.</i> , 2018)
Burseraceae	<i>Dacryodes peruviana</i> (Loes.) H.J. Lam	Copal	Frutas	Hidrodestilación	<i>Pseudomona aeruginosa</i> <i>Klebsiella pneumonia</i> <i>Proteus vulgaris</i> <i>Escherichia coli</i> <i>Salmonella typhimurium</i> <i>Enterococcus faecalis</i> <i>Staphylococcus aureus</i>	5 2,5 2,5 2,5 >5 2,5 0,625	Nativa	Zamora Chinchipe	(Valarezo <i>et al.</i> , 2020)
	<i>Protium sagotianum</i> Marchand	Kunchai (Shuar), mimonkawwe (Wao tededo)	Corteza del tallo	Maceración con baño de sonicación	<i>Escherichia coli</i> <i>Staphylococcus aureus</i> <i>Bacillus subtilis</i> <i>Klebsiella pneumoniae</i> <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	>80	Nativa	Pastaza	(Pastuña-Fasso <i>et al.</i> , 2024)



Continuación **Tabla 1.**

Familia	Especies	Nombre común	Parte de la planta utilizada	Método de extracción	Bacterias evaluadas	CMI (mg/mL)	Estado de establecimiento	Provincia	Referencia
Celastraceae	<i>Monteverdia laevis</i> (Reissek) Biral	Chuchuhuaso, chuchuhuasi, chuchuhuasca	Corteza del tallo	Maceración con baño de sonicación.	<i>Escherichia coli</i>	>80	Nativa	Pastaza	(Pastuña-Fasso <i>et al.</i> , 2024)
					<i>Staphylococcus aureus</i>	20			
					<i>Bacillus subtilis</i>	>80			
					<i>Klebsiella pneumoniae</i>	>80			
					<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	>80			
Lamiaceae	<i>Clinopodium brownei</i> (Sw.) Kuntze	Poleo de la tierra	Hojas	Hidrodestilación	<i>Staphylococcus aureus</i>	7,92	Nativa	Morona Santiago	(Noriega <i>et al.</i> , 2023)
					<i>Enterococcus faecalis</i>	5,54			
					<i>Listeria grayi</i>	3,84			
					<i>Staphylococcus epidermidis</i>	13,57			
					<i>Escherichia coli</i>	6,22			
					<i>Proteus vulgaris</i>	4,62			
					<i>Klebsiella oxytoca</i>	7,19			
	<i>Ocimum campechianum</i> Mill.	Albaca de dulce, albaca de sal o alfalfa	Hojas	Destilación por arrastre de vapor	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	8,38	Nativa	Morona Santiago	(Guerrini <i>et al.</i> , 2023)
					<i>Staphylococcus aureus</i> subsp. <i>aureus</i>	8,67			
					<i>Enterococcus faecalis</i>	8,67			
					<i>Listeria grayi</i>	1,70			
					<i>Micrococcus luteus</i>	9,31			
					<i>Klebsiella oxytoca</i>	0,75			
					<i>Proteus vulgaris</i>	4,66			
					<i>Escherichia coli</i>	1,70			
					<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	1,70			

Continuación **Tabla 1.**

Familia	Especies	Nombre común	Parte de la planta utilizada	Método de extracción	Bacterias evaluadas	CMI (mg/mL)	Estado de establecimiento	Provincia	Referencia
Lecythidaceae	<i>Couroupita guianensis</i> Aubl.	Bala de cañón	Corteza del tallo	Maceración con baño de sonicación	<i>Escherichia coli</i>	65	Nativa	Pastaza	(Pastuña-Fasso <i>et al.</i> , 2024)
					<i>Staphylococcus aureus</i>	10			
					<i>Bacillus subtilis</i>	25			
					<i>Klebsiella pneumoniae</i>	5			
					<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	70			
Moraceae	<i>Brosimum utile</i> (Kunth) Pittier	Sande, sandy	Látex del tallo	Extracción alcaloidal	<i>Staphylococcus aureus</i>	1,6	Nativa	Sucumbíos	(Acosta <i>et al.</i> , 2017)
					<i>Escherichia coli</i>				
					<i>Pseudomonas aeruginosa</i>				
					<i>Klebsiella pneumoniae</i>				
Mordellidae	<i>Siparuna macrotepala</i> Perkins	Fantasma, mal viento	Hojas	Hidrodestilación	<i>Enterococcus faecalis</i>	9	Nativa	Morona Santiago	(Noriega <i>et al.</i> , 2016)
					<i>Listeria grayi</i>	9,3			
					<i>Micrococcus luteus</i>	18,6			
					<i>Staphylococcus aureus</i>	46,5			
					<i>Staphylococcus epidermidis</i>	18,6			
					<i>Streptococcus mutans</i>	0,9			
					<i>Escherichia coli</i>	465			
					<i>Klebsiella oxytoca</i>	46,5			
					<i>Proteus vulgaris</i>	46,5			
					<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	93			



Continuación **Tabla 1.**

Familia	Especies	Nombre común	Parte de la planta utilizada	Método de extracción	Bacterias evaluadas	CMI (mg/mL)	Estado de establecimiento	Provincia	Referencia
Piperaceae	<i>Piper augustum</i> Rudge	Santa María de anís, enegal cordoncillo	Hojas	Hidrodestilación	<i>Enterococcus faecalis</i> <i>Listeria grayi</i> <i>Micrococcus luteus</i> <i>Staphylococcus aureus</i> <i>Staphylococcus epidermidis</i> <i>Streptococcus mutans</i> <i>Escherichia coli</i> <i>Klebsiella oxytoca</i> <i>Proteus vulgaris</i> <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	9,1 18,2 18,2 91 18,2 0,18 454 45,4 45,4 91	Nativa	Morona Santiago	(Noriega et al., 2016)
	<i>Piper leticianum</i> C. DC.	Kaluk (Kichwa), untuntuntup (Shuar)	Hojas	Hidrodestilación	<i>Enterococcus faecalis</i> <i>Listeria grayi</i> <i>Micrococcus luteus</i> <i>Staphylococcus aureus</i> <i>Staphylococcus epidermidis</i> <i>Streptococcus mutans</i> <i>Escherichia coli</i> <i>Klebsiella oxytoca</i> <i>Proteus vulgaris</i> <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	9,1 18,1 91,1 18,1 18,1 0,18 453 45,3 18,1 9,6	Nativa	Morona Santiago	(Noriega et al., 2016)

Continuación **Tabla 1.**

Familia	Especies	Nombre común	Parte de la planta utilizada	Método de extracción	Bacterias evaluadas	CMI (mg/mL)	Estado de establecimiento	Provincia	Referencia
Piperaceae	<i>Piper pubinervulum</i> C. DC	Matico	Hojas	Destilación arrastre de vapor	<i>Staphylococcus aureus</i> subsp. <i>aureus</i> <i>Streptococcus mutans</i> <i>Escherichia coli</i> <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	3,09 6,08 6,08 24,13	Nativa	Morona Santiago	(Noriega <i>et al.</i> , 2016)
	<i>Sarcorhachis sydowii</i> Trel	Inti waska (Kiwcha), oentaka (Wao tededo)	Hojas	Hidrodestilación	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> <i>Klebsiella pneumoniae</i> <i>Proteus vulgaris</i> <i>Escherichia coli</i> <i>Salmonella typhimurium</i> <i>Enterococcus faecalis</i> <i>Staphylococcus aureus</i>	>1	Nativa	Zamora Chinchipe	(Valarezo <i>et al.</i> , 2021)
Poaceae	<i>Cymbopogon citratus</i> (DC.) Stapf	Hierba Luisa	Hojas	Destilación por arrastre de vapor	<i>Staphylococcus aureus</i> subsp. <i>aureus</i> <i>Enterococcus faecalis</i> <i>Listeria grayi</i> <i>Micrococcus luteus</i> <i>Klebsiella oxytoca</i> <i>Proteus vulgaris</i> <i>Escherichia coli</i> <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	9,31 9,31 3,50 17,34 4,34 8,67 4,66 9,31	Exótica	Morona Santiago	(Guerrini <i>et al.</i> , 2023)



Continuación **Tabla 1.**

Familia	Especies	Nombre común	Parte de la planta utilizada	Método de extracción	Bacterias evaluadas	CMI (mg/mL)	Estado de establecimiento	Provincia	Referencia
Smilacaceae	<i>Siparuna aspera</i> (Ruiz & Pav.) A. DC.	Limoncillo, mejentsuna (Shuar)	Hojas	Hidrodestilación	<i>Enterococcus faecalis</i>	9,3	Nativa	Morona Santiago	(Noriega <i>et al.</i> , 2016)
					<i>Listeria grayi</i>	9,3			
					<i>Micrococcus luteus</i>	4,6			
					<i>Staphylococcus aureus</i>	46			
					<i>Staphylococcus epidermidis</i>	18,6			
					<i>Streptococcus mutans</i>	1,9			
					<i>Escherichia coli</i>	464			
					<i>Klebsiella oxytoca</i>	18,6			
					<i>Proteus vulgaris</i>	18,6			
					<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	464			
Zingiberaceae	<i>Curcuma longa</i> L.	Cúrcuma	Rizoma	Destilación por arrastre de vapor	<i>Staphylococcus aureus subsp. aureus</i>	48,75	Introducida	Morona Santiago	(Guerrini <i>et al.</i> , 2023)
					<i>Enterococcus faecalis</i>	89,50			
					<i>Listeria grayi</i>	8,98			
					<i>Micrococcus luteus</i>	89,50			
					<i>Klebsiella oxytoca</i>	89,75			
					<i>Proteus vulgaris</i>	89,75			
					<i>Escherichia coli</i>	44,88			
					<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	89,50			

Continuación **Tabla 1.**

Familia	Especies	Nombre común	Parte de la planta utilizada	Método de extracción	Bacterias evaluadas	CMI (mg/mL)	Estado de establecimiento	Provincia	Referencia
Zingiberaceae	<i>Hedychium coronarium</i> J. Koenig	Jengibre, San Juanita	Hojas	Hidrodestilación	<i>Enterococcus faecalis</i> <i>Listeria grayi</i> <i>Micrococcus luteus</i> <i>Staphylococcus aureus</i> <i>Staphylococcus epidermidis</i> <i>Streptococcus mutans</i> <i>Escherichia coli</i> <i>Klebsiella oxytoca</i> <i>Proteus vulgaris</i> <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	9 0,45 9 9 4,5 0,18 89,5 0,9 9 89,5	Introducida	Morona Santiago	(Noriega <i>et al.</i> , 2016)
	<i>Zingiber officinale</i> Roscoe	Jengibre, ajengibre, ajenjo	Rizoma	Destilación por arrastre de vapor	<i>Staphylococcus aureus subsp. aureus</i> <i>Enterococcus faecalis</i> <i>Listeria grayi</i> <i>Micrococcus luteus</i> <i>Klebsiella oxytoca</i> <i>Proteus vulgaris</i> <i>Escherichia coli</i> <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	17,74 44,35 8,87 44,35 8,87 17,74 8,87 10,80	Introducida	Morona Santiago	(Guerrini <i>et al.</i> , 2023)



La familia botánica más frecuente fue Piperaceae, la cual presenta varios fitoquímicos como la piperina, conocida por sus propiedades antitumorales, analgésicas, antibacterianas (Haq *et al.*, 2021; Smilkov *et al.*, 2019).

Otra familia destacada en este estudio fue Zingiberaceae, siendo la curcumina una de las moléculas más representativas de esta familia aislada de *C. longa*, conocida por su capacidad para inhibir la percepción de quórum bacteriano y regular la expresión genética (Zheng *et al.*, 2020).

En nuestra revisión, aproximadamente el 78% de las especies son nativas y el 22% son introducidas. En cuanto al estado de conservación, el 56% de las especies están clasificadas como preocupación menor en hábitat de bosque subtropical/tropical húmedo de tierras bajas, mientras que el 28% de las especies no tienen clasificación (*O. campechianum*, *P. leticianum*, *P. pubinervulum*, *S. sydownii* y *C. citratus*) y el 16% carece de datos suficientes (*C. longa*, *H. coronarium* y *Z. officinale*).

Ninguna de las investigaciones revisadas utilizó la planta completa en los ensayos; en el caso de las plantas nativas, se utilizaron principalmente las hojas, parte de la corteza del tallo y látex. Estas especies son de importancia para los ecosistemas amazónicos debido a su coevolución con otros organismos de la región, lo que subraya la importancia de utilizar estos recursos de manera consciente y respetuoso con el ambiente.

Los aceites esenciales de las hojas de *P. augustum*, *P. leticianum* y *H. coronarium* fueron los extractos más activos (CMI: 0,18 mg/mL) contra *S. mutans*. Seguido por los extractos alcaloidales del látex de *B. utile* (CMI: 1,6 mg/mL) frente a *S. aureus*, *E. coli*, *P. aeruginosa* y *K. pneumoniae*. *S. mutans*, un patógeno oral clave en la formación de biopelículas y caries dental, mostró ser la bacteria más susceptible (Raad-Salh *et al.*, 2022).

Las bacterias incluidas en este estudio afectan diversas áreas de infección en humanos. *E. coli*, *S. typhimurium* y *L. grayi* son principalmente de origen gastrointestinal (Hudault *et al.*, 2001; Barbuddhe y Chakraborty, 2009); *P. vulgaris* y *E. faecalis* pueden causar infecciones en el tracto urinario, ocasionalmente en la sangre o en el tracto respiratorio (Rath y Padhy, 2015); *K. oxytoca* y *K. pneumoniae* están asociadas con infecciones respiratorias y del tracto urinario (Power y Calder, 1983; Chang *et al.*, 2021); *S. epidermidis* puede provocar infecciones cutáneas y relacionada con dispositivos médicos (Vuong y Otto, 2002); *S. aureus* generalmente produce infecciones en la piel, el tracto respiratorio y septicemia (Lowy, 1998); mientras que *B. subtilis* y *M. luteus* no están comúnmente asociadas con infecciones en humanos.

Los métodos de extracción más comunes fueron la hidrodestilación y la destilación por vapor, donde el 69% de las extracciones resultaron en aceites esenciales, mientras que el resto consistió en extractos secos obtenidos mediante baño de sonicación y maceración (**Tabla 1**). Los aceites esenciales, con su amplia gama de compuestos activos como terpenos, alcaloides, compuestos fenólicos, esteroides, glucósidos y resinas, pueden atravesar la membrana bacteriana debido a su naturaleza hidrofóbica, aumentando su permeabilidad e induciendo la apoptosis bacteriana (Bolouri *et al.*, 2022).

Los extractos secos de las plantas contienen una variedad de sustancias amargas, como compuestos fenólicos, alcaloides, terpenos, saponinas, vitaminas (Alibi *et al.*, 2021). Estas moléculas actúan mediante diversos mecanismos como acidificación en el citoplasma, daño en el ADN, inducen estrés oxidativo, inhibición enzimática, ruptura en la pared y membrana bacteriana (Górniak *et al.*, 2019).

Los estudios revisados también abarcaron otras actividades biológicas, como se observa en la **Tabla 2**. *P. pubinervulum* mostró una notable actividad antifúngica contra *C. tropicalis* (CMI: 0,77 mg/mL) y *C. albicans* (CMI: 0,39 mg/mL), mientras que *O. campechianum* exhibió una fuerte capacidad antioxidante con un IC₅₀ de 0,0012 y 0,0013 mg/mL para los ensayos de DPPH y ABTS, respectivamente. Estas propiedades antioxidantes están asociadas con la presencia flavonoides, ácidos fenólicos, taninos y otros compuestos fenólicos, que también presentan actividad antibacteriana (Srivastava *et al.*, 2023; Ben-Yakoub *et al.*, 2018; Altuntaş *et al.*, 2023; Ruíz y Moreira, 2017).

La **Tabla 3** muestra las principales moléculas con actividad antibacteriana presentes en las plantas analizadas, donde los compuestos fenólicos y terpenos son los más comunes. Los compuestos fenólicos, ampliamente distribuidos en varios órganos superiores de las plantas, tienen estructuras químicas con anillos aromáticos y grupos hidroxilo, y se clasifican en flavonoides, ácidos fenólicos, taninos, estilbenos y lignanos (Jaime *et al.*, 2015; Alu'datt *et al.*, 2017). Estos compuestos muestran una amplia gama de actividades biológicas, incluyendo propiedades antimicrobianas, antioxidante, antiinflamatoria y efectivos beneficiosos en el tratamiento de enfermedades como la obesidad, el cáncer y la diabetes (Zhang *et al.*, 2022).

Por otro lado, los terpenos son moléculas volátiles compuestas de unidades de isopreno de cinco carbonos y se clasifican según el número de átomos de carbono que poseen. Además, presentan una diversidad estructural con alrededor de 80 000 moléculas aisladas (Christianson, 2017; Huang & Osbourn, 2019; Boncan *et al.*, 2020) y varias actividades biológicas como agentes antimicrobianos, anticancerígenos, antiinflamatorios, antioxidantes, entre otras (Masyita *et al.*, 2022).



Tabla 2. Actividades biológicas de plantas medicinales amazónicas del Ecuador.

Plantas	Actividad Antioxidante	Actividad Antifúngica	Otras actividades
<i>A. rigidum</i>			NA
<i>M. laevis</i>			Lisis de eritrocitos mayor al 50% a una concentración de 65 mg/mL del extracto
<i>C. guianensis</i>	NA	<i>C. albicans</i> : >80 mg/mL	Lisis de eritrocitos mayor al 50% a una concentración de 20 mg/mL del extracto
<i>P. sagotianum</i>			Lisis de eritrocitos mayor al 50% a una concentración de 80 mg/mL del extracto
<i>I. guayusa</i>	NA	NA	Inhibición de hialuronidasa: Extracto alcohólico: 6,25 µg/ml inhibición del 55,13% Extracto acuoso: at 1,562 µg/ml inhibición del 58,64%
<i>D. peruviana</i>	<i>IC</i> ₅₀ (mg/mL) DPPH: >1000 ABTS: > 1000	<i>Trichophyton rubrum</i> y <i>Trichophyton mentagrophytes</i> : 2,5 mg/mL	Actividad repelente: al 3% del aceite esencial demuestra un 100% de repelencia durante la primera hora
<i>C. brownei</i>	<i>IC</i> ₅₀ (mg/mL) DPPH: 1,771 ± 0,260 ABTS: 0,060 ± 0,002	<i>C. albicans</i> : 3,11 ± 0,10 mg/mL	NA
<i>O. campechianum</i>	<i>IC</i> ₅₀ (mg/mL) DPPH: 0,012 ± 0,003 ABTS: 0,0013 ± 0,0004	<i>C. albicans</i> : 4,10 mg/mL <i>Saccharomyces cerevisiae</i> : 2,25 mg/mL	Actividad citotoxicidad y protección mutagénica
<i>B. utile</i>	NA	<i>T. rubrum</i> y <i>Epidermophyton floccosum</i> : 2 mg/ml	NA
<i>S. macrotepala</i>	<i>IC</i> ₅₀ (mg/mL) DPPH: 29,37 ± 1,15 ABTS: 0,80 ± 0,03 PCL: 5,43 ± 0,15 µmol Trolox/mL	<i>S. cerevisiae</i> : 465 mg/mL <i>C. albicans</i> : 93 mg/mL <i>Malassezia furfur</i> : 46,5 mg/mL	NA
<i>P. augustum</i>	<i>IC</i> ₅₀ (mg/mL) DPPH: 6,17 ± 0,33 ABTS: 2,16 ± 0,20 PCL: 1,07 ± 0,03 µmol Trolox/mL	<i>S. cerevisiae</i> : 18,2 mg/mL <i>C. albicans</i> : 91 mg/mL <i>M. furfur</i> : 1,8 mg/mL	NA
<i>P. leticianum</i>	<i>IC</i> ₅₀ (mg/mL) DPPH: 4,26 ± 0,11 ABTS: 2,65 ± 0,25 PCL: 1,35 ± 0,04 µmol Trolox/mL	<i>S. cerevisiae</i> : 18,1 mg/mL <i>C. albicans</i> : 45,3 mg/mL <i>M. furfur</i> : 18,1 mg/mL	NA
<i>P. pubinervulum</i>	<i>IC</i> ₅₀ (µg/mL) DPPH: 20399 ± 80 ABTS: 416 ± 7 PCL: 1.8 µmol Trolox/mL	<i>C. tropicalis</i> : 0,77 mg/mL <i>C. albicans</i> : 0,39 mg/mL	NA

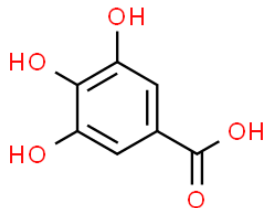
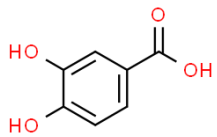
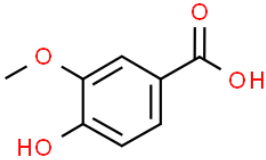
Continuación **Tabla 2.**

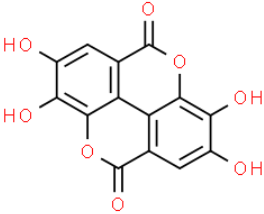
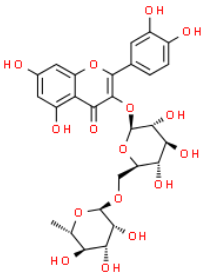
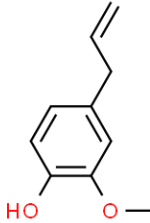
Plantas	Actividad Antioxidante	Actividad Antifúngica	Otras actividades
<i>S. sydowii</i>	<i>IC₅₀</i> (µg/mL) DPPH: 950 ± 50 ABTS: 600± 50	<i>T. rubrum</i> y <i>T.mentagrophytes</i> : 5 mg/mL	NA
<i>C. citratus</i>	<i>IC₅₀</i> (mg/mL) DPPH: 2,270 ± 0,340 ABTS: 4,322 ± 0,651	<i>C. albicans</i> : 4,70 mg/mL <i>S. cerevisiae</i> : 3,45 mg/mL	Actividad citotoxicidad y protección mutagénica
<i>C. citratus</i>	<i>IC₅₀</i> (mg/mL) DPPH: 2,270 ± 0,340 ABTS: 4,322 ± 0,651	<i>C. albicans</i> : 4,70 mg/mL <i>S. cerevisiae</i> : 3,45 mg/mL	Actividad citotoxicidad y protección mutagénica
<i>S. aspera</i>	<i>IC₅₀</i> (mg/mL) DPPH: 20,70 ± 0,80 ABTS: 1,12 ± 0,04 PCL: 4,72 ± 0,08 µmol Trolox/mL	<i>S. cerevisiae</i> : 92,9 mg/mL <i>C. albicans</i> : 46 mg/mL <i>M. furfur</i> : 18,6 mg/mL	NA
<i>C. longa</i>	<i>IC₅₀</i> (mg/mL) DPPH: 16,512 ± 2,452 ABTS: 0,871 ± 0,132	<i>C. albicans</i> : 89,75 mg/mL <i>S. cerevisiae</i> : 8,98 mg/mL	Actividad citotoxicidad y protección mutagénica
<i>H. coronarium</i>	<i>IC₅₀</i> (mg/mL) DPPH: 9,04 ± 0,55 ABTS: 2,87 ± 0,17 PCL: 9,04 ± 0,05 µmol Trolox/mL	<i>S. cerevisiae</i> : 89,5 mg/mL <i>C. albicans</i> : 17,9 mg/mL <i>M. furfur</i> : 4,5 mg/mL	NA
<i>Z. officinale</i>	<i>IC₅₀</i> (mg/mL) DPPH: 5,478 ± 0,082 ABTS: 0,563 ± 0,080	<i>C. albicans</i> : 17,74 mg/mL <i>S. cerevisiae</i> : 88,70 mg/mL	Actividad citotoxicidad y protección mutagénica

NA: no aplica



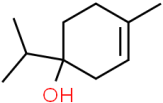
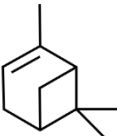
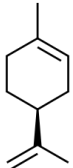
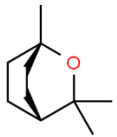
Tabla 3. Composición química de los extractos de plantas medicinales amazónicas del Ecuador.

Molécula	Estructura	Mecanismo de acción	Familia de fitoquímicos	Especies	Referencias
Ácido gálico		Provoca cambios irreversibles en las propiedades de la membrana celular al modificar la hidrofobicidad, reducir la carga superficial negativa e inducir la formación de poros o rupturas en <i>L. monocytogenes</i> , <i>E. coli</i> y <i>P. aeruginosa</i>	Compuesto fenólico	<i>A. rigidum</i> , <i>M. laevis</i> , <i>C. guianensis</i> , <i>P. sagotianum</i>	(Borges <i>et al.</i> , 2013)
Ácido protocatecuico		Despolarización de la membrana celular, reducción del pH intracelular y disminución de los niveles de trifosfato de adenosina (ATP), que interfieren con el metabolismo de aminoácidos, azúcares, nucleótidos, esfingolípidos y fosforilación oxidativa en <i>Yersinia enterocolitica</i>	Compuesto fenólico	<i>A. rigidum</i> , <i>M. laevis</i> , <i>C. guianensis</i> , <i>P. sagotianum</i>	(Wu <i>et al.</i> , 2022)
Ácido vanílico		Rompe la integridad de la membrana bacteriana, disminuye el ATP intracelular, el pH y el potencial de membrana e inhibe la formación de biopelículas en <i>Enterobacter hormaechei</i> resistente a carbapenémicos	Compuesto fenólico	<i>A. rigidum</i> , <i>M. laevis</i> , <i>C. guianensis</i> , <i>P. sagotianum</i>	(Qian <i>et al.</i> , 2020)

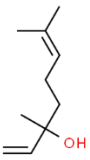
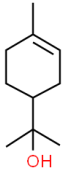
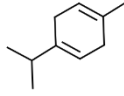
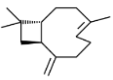
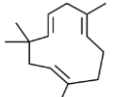
Molécula	Estructura	Mecanismo de acción	Familia de fitoquímicos	Especies	Referencias
Ácido elágico		Inhibe de la producción de polisacáridos extracelulares, reducción de la adhesión bacteriana y destrucción de la membrana bacteriana en <i>S. mutans</i>	Compuesto fenólico	<i>A. rigidum</i> , <i>M. laevis</i> , <i>C. guianensis</i> , <i>P. sagotianum</i>	(Yan & Zhou, 2020)
Rutina		Inhibe la detección de quórum al reducir la secreción de AI-2 (Autoinductor-2, una señal de detección de quórum que media la comunicación dentro y entre muchas especies bacterianas), inhibe la formación de biopelículas y reduce la expresión de genes de virulencia en <i>E. coli</i> aviar patógena	Compuesto fenólico	<i>I. guayusa</i>	(Peng <i>et al.</i> , 2018)
Eugenol		Aumento de las especies reactivas de oxígeno y la actividad de las enzimas antioxidantes (superóxido dismutasa, glutatión peroxidasa y catalasa), escisión del ADN bacteriano y apoptosis en <i>S. aureus</i>	Compuesto fenólico	<i>O. campechianum</i> , <i>P. pubinervulum</i> , <i>C. longa</i> , <i>Z. officinale</i> .	(Bai <i>et al.</i> , 2023)



Continuación **Tabla 3.**

Molécula	Estructura	Mecanismo de acción	Familia de fitoquímicos	Especies	Referencias
Terpinen-4-ol		Genera daño a la pared y membrana bacteriana e inhibición de la síntesis de proteínas y ADN en <i>S. agalactiae</i>	Terpeno	<i>D. peruviana</i> , <i>H. coronarium</i>	(Zhang <i>et al.</i> , 2018)
(±)-α-Pineno		Modulación de la resistencia a los antibióticos mediada por la inhibición de las bombas de eflujo, disminución de la integridad de la membrana y alteración metabólica en <i>Campylobacter jejuni</i>	Terpeno	<i>D. peruviana</i> , <i>O. campechianum</i> , <i>S. macrotepala</i> , <i>P. augustum</i> , <i>P. leticianum</i> , <i>S. sydowii</i> , <i>C. citratus</i> , <i>C. longa</i> , <i>Z. officinale</i>	(Kovač <i>et al.</i> , 2015)
Limoneno		Genera daño a la membrana bacteriana, disminución de la actividad ATPasa, complejo de la cadena respiratoria (inhibición del metabolismo energético) en <i>L. monocytogenes</i>	Terpeno	<i>Z. officinale</i> , <i>H. coronarium</i> , <i>C. longa</i> , <i>S. asper</i> , <i>C. citratus</i> , <i>S. sydowii</i> , <i>P. leticianum</i> , <i>P. augustum</i> , <i>S. macrotepala</i> , <i>O. campechianum</i>	(Han <i>et al.</i> , 2020)
1,8-Cineol		Inhibe la detección de quórum y la formación de biopelículas. Altera la formación del tamaño celular en <i>E. coli</i> y <i>S. aureus</i>	Terpeno	<i>Z. officinale</i> , <i>H. coronarium</i> , <i>C. longa</i> , <i>S. aspera</i> , <i>S. sydowii</i> , <i>O. campechianum</i> , <i>P. leticianum</i>	(Hoch <i>et al.</i> , 2023)

Continuación **Tabla 3.**

Molécula	Estructura	Mecanismo de acción	Familia de fitoquímicos	Especies	Referencias
Linalool		Altera la morfología normal de la célula, liberación de ácidos nucleicos y la disminución del potencial de membrana e inhibición de la deshidrogenasa en la cadena respiratoria en <i>P. aureoginosa</i>	Terpeno	<i>Z. officinale</i> , <i>H. coronarium</i> , <i>C. longa</i> , <i>C. citratus</i> , <i>S. sydowii</i> , <i>O. campechianum</i>	(Liu <i>et al.</i> , 2020)
α -Terpineol		Produce cambios en la morfología bacteriana provocando rotura de la pared y membrana celular, reducción del volumen citoplasmático y aislamiento del área nuclear en <i>E. coli</i>	Terpeno	<i>Z. officinale</i> , <i>H. coronarium</i> , <i>C. longa</i> , <i>S. aspera</i> , <i>C. citratus</i> , <i>O. campechianum</i> , <i>D. peruviana</i>	(Li <i>et al.</i> , 2014)
γ -Terpineno		Permeabiliza la membrana e induce la fuga de lípidos en <i>S. pyogenes</i> , <i>Proteus vulgaris</i> y <i>E. coli</i>	Terpeno	<i>H. coronarium</i> , <i>C. longa</i> , <i>C. citratus</i> , <i>D. peruviana</i>	(Oyedemi <i>et al.</i> , 2009)
β -cariofileno		Altera la permeabilidad e integridad de la membrana (causando daño a la membrana y fuga de contenidos intracelulares) en <i>B. cereus</i>	Terpeno	<i>H. coronarium</i> , <i>S. aspera</i> , <i>P. leticianum</i> , <i>P. augustum</i> , <i>S. macrotepala</i>	(Moo <i>et al.</i> , 2020)
Humuleno		Inhibición del crecimiento celular y formación de biopelículas, y reducción de la expresión de genes relacionados con las bombas de eflujo en <i>Bacteroides fragilis</i>	Terpeno	<i>D. peruviana</i> , <i>H. coronarium</i> , <i>S. aspera</i> , <i>S. sydowii</i> , <i>P. leticianum</i> , <i>P. augustum</i> , <i>S. macrotepala</i> , <i>O. campechianum</i>	(Jang <i>et al.</i> , 2020)



4. CONCLUSIONES

Esta revisión sistemática ha identificado y analizado el potencial de las plantas medicinales amazónicas como fuentes prometedoras de agentes antibacterianos. Los aceites esenciales de *P. augustum*, *P. leticianum* y *H. coronarium* mostraron ser los extractos más bioactivos contra diferentes patógenos. Varios estudios identificaron compuestos activos, pertenecientes a las familias de los terpenos y fenoles. Es crucial gestionar estos recursos naturales de manera consciente, especialmente las plantas nativas, debido a su interacción equilibrada con los ecosistemas amazónicos. El uso inadecuado podría llevar a la pérdida de estos taxones y desequilibrar el entorno con otros organismos y microorganismos. Se espera que futuras investigaciones incluyan el aislamiento de compuestos activos, la elucidación de mecanismos de acción, pruebas *in vivo* en modelos animales, modificaciones de estructuras de compuestos para mejorar su solubilidad y potencial farmacológico, así como ensayos de sinergia entre extractos o antibióticos comerciales.

6 DECLARACIÓN DE CONFLICTO DE INTERÉS DE LOS AUTORES

El autor declara no tener conflicto de intereses.

7 REFERENCIAS

- Acosta, K., Jiménez, A., Vinuesa, D., Pilco, G., & Abdo, S. (2017). Evaluación in vitro de las actividades antibacteriana y antidermatofítica del extracto alcaloidal del látex de *Brosimum utile* (Kunth) Pittier. *Perfiles Revista Científica*, 18(2), 82–89.
- Alibi, S., Crespo, D., & Navas, J. (2021). Plant-derivatives small molecules with antibacterial activity. *Antibiotics*, 10(3). <https://doi.org/10.3390/antibiotics10030231>
- Altuntaş, Ü., Güzel, İ., & Özçelik, B. (2023). Phenolic Constituents, Antioxidant and Antimicrobial Activity and Clustering Analysis of Propolis Samples Based on PCA from Different Regions of Anatolia. *Molecules*, 28(3). <https://doi.org/10.3390/molecules28031121>
- Alu'datt, M. H., Rababah, T., Alhamad, M. N., Al-Mahasneh, M. A., Almajwal, A., Gammoh, S., Ereifej, K., Johargy, A., & Alli, I. (2017). A review of phenolic compounds in oil-bearing plants: Distribution, identification and occurrence of phenolic compounds. En *Food Chemistry* (Vol. 218). <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.09.057>
- Álvarez-Martínez, F. J., Barrajón- Catalán, E., Herranz-López, M., & Micol, V. (2021). Antibacterial plant compounds, extracts and essential oils: An updated review on their effects and putative mechanisms of action. En *Phytomedicine* (Vol. 90). <https://doi.org/10.1016/j.phymed.2021.153626>
- Bai, J., Li, J., Chen, Z., Bai, X., Yang, Z., Wang, Z., & Yang, Y. (2023). Antibacterial activity and mechanism of clove essential oil against foodborne pathogens. *LWT*, 173. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.114249>
- Barbuddhe, S. B., & Chakraborty, T. (2009). *Listeria* as an enteroinvasive gastrointestinal pathogen. En *Current Topics in Microbiology and Immunology* (Vol. 337, Número 1). https://doi.org/10.1007/978-3-642-01846-6_6

- Bataineh, S. M. B., Tarazi, Y. H., & Ahmad, W. A. (2021). Antibacterial efficacy of some medicinal plants on multidrug resistance bacteria and their toxicity on eukaryotic cells. *Applied Sciences (Switzerland)*, 11(18). <https://doi.org/10.3390/app11188479>
- Ben Yakoub, A. R., Abdehedi, O., Jridi, M., Elfalleh, W., Nasri, M., & Ferchichi, A. (2018). Flavonoids, phenols, antioxidant, and antimicrobial activities in various extracts from Tossa jute leave (*Corchorus olitorus* L.). *Industrial Crops and Products*, 118. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.03.047>
- Bolouri, P., Salami, R., Kouhi, S., Kordi, M., Asgari Lajayer, B., Hadian, J., & Astatkie, T. (2022). Applications of Essential Oils and Plant Extracts in Different Industries. En *Molecules* (Vol. 27, Número 24). <https://doi.org/10.3390/molecules27248999>
- Boncan, D., Tsang, S., Li, C., Lee, I., Lam, H., Chan, T., & Hui, J. (2020). Terpenes and terpenoids in plants: Interactions with environment and insects. En *International Journal of Molecular Sciences* (Vol. 21, N. 19). <https://doi.org/10.3390/ijms21197382>
- Borges, A., Ferreira, C., Saavedra, M. J., & Simões, M. (2013). Antibacterial activity and mode of action of ferulic and gallic acids against pathogenic bacteria. *Microbial Drug Resistance*, 19(4). <https://doi.org/10.1089/mdr.2012.0244>
- Chandra, H., Bishnoi, P., Yadav, A., Patni, B., Mishra, A. P., & Nautiyal, A. R. (2017). Antimicrobial resistance and the alternative resources with special emphasis on plant-based antimicrobials - A review. *Plants* (Vol. 6, N. 2). <https://doi.org/10.3390/plants6020016>
- Chang, D., Sharma, L., De la Cruz, C. S., & Zhang, D. (2021). Clinical Epidemiology, Risk Factors, and Control Strategies of *Klebsiella pneumoniae* Infection. En *Frontiers in Microbiology* (Vol. 12). <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.750662>
- Christianson, D. W. (2017). Structural and Chemical Biology of Terpenoid Cyclases. En *Chemical Reviews* (Vol. 117, Número 17). <https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.7b00287>
- de la Torre, L., H. Navarrete, P. Muriel M., M.J. Macía & H. Balslev (eds.). 2008. Enciclopedia de las Plantas Útiles del Ecuador. Herbario QCA de la Escuela de Ciencias Biológicas de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador & Herbario AAU del Departamento de Ciencias Biológicas de la Universidad de Aarhus. Quito & Aarhus
- Górnai, I., Bartoszewski, R., & Króliczewski, J. (2019). Comprehensive review of antimicrobial activities of plant flavonoids. En *Phytochemistry Reviews* (Vol. 18, Número 1). <https://doi.org/10.1007/s11101-018-9591-z>
- Guerrini, A., Tacchini, M., Chiocchio, I., Grandini, A., Radice, M., Maresca, I., Paganetto, G., & Sacchetti, G. (2023). A Comparative Study on Chemical Compositions and Biological Activities of Four Amazonian Ecuador Essential Oils: *Curcuma longa* L. (Zingiberaceae), *Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf, (Poaceae), *Ocimum campechianum* Mill. (Lamiaceae), and *Zingiber officinale* Roscoe (Zingiberaceae). *Antibiotics*, 12(1). <https://doi.org/10.3390/antibiotics12010177>
- Han, Y., Sun, Z., & Chen, W. (2020). Antimicrobial susceptibility and antibacterial mechanism of limonene against *listeria monocytogenes*. *Molecules*, 25(1). <https://doi.org/10.3390/molecules25010033>
- Haq, I. U., Imran, M., Nadeem, M., Tufail, T., Gondal, T. A., & Mubarak, M. S. (2021). Piperine: A review of its biological effects. En *Phytotherapy Research* (Vol. 35, Número 2). <https://doi.org/10.1002/ptr.6855>
- Hoch, C. C., Petry, J., Griesbaum, L., Weiser, T., Werner, K., Ploch, M., Verschoor, A., Multhoff, G., Bashiri Dezfouli, A., & Wollenberg, B. (2023). 1,8-cineole (eucalyptol): A versatile phytochemical with therapeutic applications across multiple diseases. En *Biomedicine and Pharmacotherapy* (Vol. 167). <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2023.115467>
- Huang, A. C., & Osbourn, A. (2019). Plant terpenes that mediate below-ground interactions: prospects for bioengineering terpenoids for plant protection. En *Pest Management Science* (Vol. 75, Número 9). <https://doi.org/10.1002/ps.5410>
- Hudault, J Guignot, & A L Servin. (2001). *Escherichia coli* strains colonising the gastrointestinal tract protect germfree mice against *Salmonella typhimurium* infection. *Gut*, 49, 47–55. <https://doi.org/10.1136/gut.49.1.47>
- Jaime, L., Vázquez, E., Fornari, T., López-Hazas, M. del C., García-Risco, M. R., Santoyo, S., & Reglero, G. (2015). Extraction of functional ingredients from spinach (*Spinacia oleracea* L.) using liquid solvent and supercritical CO₂ extraction. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95(4), 722–729. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6788>



- Jang, H. I., Rhee, K. J., & Eom, Y. Bin. (2020). Antibacterial and antibiofilm effects of α -humulene against *Bacteroides fragilis*. *Canadian Journal of Microbiology*, 66(6). <https://doi.org/10.1139/cjm-2020-0004>
- Kong, J. M., Goh, N. K., Chia, L. S., & Chia, T. F. (2003). Recent advances in traditional plant drugs and orchids. En *Acta Pharmacologica Sinica* (Vol. 24, Número 1).
- Kovač, J., Šimunović, K., Wu, Z., Klančnik, A., Bucar, F., Zhang, Q., & Možina, S. S. (2015). Antibiotic resistance modulation and modes of action of (-)- α -Pinene in *Campylobacter jejuni*. *PLoS ONE*, 10(4). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0122871>
- Li Yan, & Xiaoying Zhou. (2020). Study on in vitro Anti-bacterial Activity and Mechanism of Ellagic Acid on *Streptococcus mutans*. *China Pharmacy*, 12, 607–611. <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/wpr-817319>
- Li, L., Shi, C., Yin, Z., Jia, R., Peng, L., Kang, S., & Li, Z. (2014). Antibacterial activity of α -terpineol may induce morphostructural alterations in *Escherichia coli*. *Brazilian Journal of Microbiology*, 45(4). <https://doi.org/10.1590/S1517-83822014000400035>
- Liu, X., Cai, J., Chen, H., Zhong, Q., Hou, Y., Chen, W., & Chen, W. (2020). Antibacterial activity and mechanism of linalool against *Pseudomonas aeruginosa*. *Microbial Pathogenesis*, 141. <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2020.103980>
- Lowy, F. D. (1998). *Staphylococcus aureus* Infections. *New England Journal of Medicine*, 339(8), 520–532. <https://doi.org/10.1056/NEJM199808203390806>
- Manilal, A., Sabu, K., Tsefaye, A., Teshome, T., Aklilu, A., Seid, M., Kayta, G., Ayele, A., & Idhayadhulla, A. (2023). Antibacterial Activity Against Multidrug-Resistant Clinical Isolates of Nine Plants from Chench, Southern Ethiopia. *Infection and Drug Resistance*, 16. <https://doi.org/10.2147/IDR.S402244>
- Masyita, A., Mustika Sari, R., Dwi Astuti, A., Yasir, B., Rahma Rumata, N., Emran, T. Bin, Nainu, F., & Simal-Gandara, J. (2022). Terpenes and terpenoids as main bioactive compounds of essential oils, their roles in human health and potential application as natural food preservatives. *Food Chemistry: X*, 13. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2022.100217>
- Miller, W. R., Munita, J. M., & Arias, C. A. (2014). Mechanisms of antibiotic resistance in enterococci. En *Expert Review of Anti-Infective Therapy* (Vol. 12, Número 10). <https://doi.org/10.1586/14787210.2014.956092>
- Molins Correa, F., & Serrano Rosa, M. A. (2019). Bases neurales de la aversión a las pérdidas en contextos económicos: revisión sistemática según las directrices PRISMA. *Revista de Neurología*, 68(02). <https://doi.org/10.33588/rn.6802.2018276>
- Moo, C., Yang, S., Osman, M., Yuswan, M., Loh, J., Lim, W., Lim, S., & Lai, K. (2020). Antibacterial activity and mode of action of β -caryophyllene on *Bacillus cereus*. *Polish Journal of Microbiology*, 69(1). <https://doi.org/10.33073/pjm-2020-007>
- Moreno M, C., González E, R., & Beltrán, C. (2009). Mecanismos de resistencia antimicrobiana en patógenos respiratorios. *Revista de otorrinolaringología y cirugía de cabeza y cuello*, 69(2). <https://doi.org/10.4067/s0718-48162009000200014>
- Noriega, P., Calderón, L., Ojeda, A., & Paredes, E. (2023). Chemical Composition, Antimicrobial and Antioxidant Bioautography Activity of Essential Oil from Leaves of Amazon Plant *Clinopodium brownei* (Sw.). *Molecules*, 28(4). <https://doi.org/10.3390/molecules28041741>
- Noriega, P., Mosquera, T., Abad, J., Cabezas, D., Piedra, S., Coronel, I., Maldonado, M. E., Bardiserotto, A., Vertuani, S., & Manfredini, S. (2016). Composición química, actividad antioxidante y antimicrobiana del aceite esencial proveniente de las hojas de *Piper pubinervulum* C. DC Piperaceae. *La Granja*, 24(2). <https://doi.org/10.17163/lgr.n24.2016.08>
- Oyedemi, S. O., Okoh, A. I., Mabinya, L. V., Pirochenva, G., & Afolayan, A. J. (2009). The proposed mechanism of bactericidal action of eugenol, α -terpineol and γ -terpinene against *Listeria monocytogenes*, *Streptococcus pyogenes*, *Proteus vulgaris* and *Escherichia coli*. *African Journal of Biotechnology*, 8(7).
- Pastuña-Fasso, J. V., Espinosa de los Monteros-Silva, N., Joel, E., Daniel Quiroz-Moreno, C., Sosa-Pozo, G., Proaño-Bolaños, C., Radice, M., Niño-Ruiz, Z., & Mogollón, N. G. (2024). Untargeted Characterization and Biological Activity of Amazonian Aqueous Stem Bark Extracts by Liquid and Gas Chromatography- Mass Spectrometry. <https://ssrn.com/abstract=4726964>

- Pazmiño, A., Campuzano, A., Marín, K. (2020). Inhibición del crecimiento de *Salmonella* spp y *Staphylococcus aureus* por efecto del aceite esencial de orégano en una película biodegradable activa de ácido poliláctico. *Revista Bases de la Ciencia*, 5(1), 41-50. DOI: 10.33936/rev_bas_de_la_ciencia.v5i1.2035
- Peng, L. Y., Yuan, M., Cui, Z. Q., Wu, Z. M., Yu, Z. J., Song, K., Tang, B., & Fu, B. D. (2018). Rutin inhibits quorum sensing, biofilm formation and virulence genes in avian pathogenic *Escherichia coli*. *Microbial Pathogenesis*, 119. <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2018.04.007>
- Peterson, E., & Kaur, P. (2018). Antibiotic resistance mechanisms in bacteria: Relationships between resistance determinants of antibiotic producers, environmental bacteria, and clinical pathogens. *Frontiers in Microbiology*, 9(Nov). <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.02928>
- Power, J. T., & Calder, M. A. (1983). Pathogenic significance of *Klebsiella oxytoca* in acute respiratory tract infection. *Thorax*, 38(3). <https://doi.org/10.1136/thx.38.3.205>
- Qian, W., Yang, M., Wang, T., Sun, Z., Liu, M., Zhang, J., Zeng, Q., Cai, C., & Li, Y. (2020). Antibacterial Mechanism of Vanillic Acid on Physiological, Morphological, and Biofilm Properties of Carbapenem-Resistant *Enterobacter hormaechei*. *Journal of Food Protection*, 83(4), 576–583. <https://doi.org/10.4315/JFP-19-469>
- Raad Salh, A., Hashim Risan, M., & Majeed Jasim, H. (2022). Biochemical Characteristics and Antibiotics Susceptibility of *Streptococcus Mutans* Isolates from Dental Caries in Baghdad City. *International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research*, 10(1).
- Rath, S., & Padhy, R. N. (2015). Surveillance of acute community acquired urinary tract bacterial infections. *Journal of Acute Disease*, 4(3). <https://doi.org/10.1016/j.joad.2015.06.001>
- Rawat, J., Pandey, S., Rawat, B., Rai, N., Preeti, P., Thakur, A., Butola, J., & Bachheti, R. (2023). Traditional Uses, Active Ingredients, and Biological Activities of *Paris polyphylla* Smith: A Comprehensive Review of an Important Himalayan Medicinal Plant. En *Journal of Chemistry* (Vol. 2023). <https://doi.org/10.1155/2023/7947224>
- Ruíz, E., Moreira, Juan. Metabolitos secundarios en plantas medicinales usadas para problemas gastrointestinales. una revisión sobre medicina ancestral ecuatoriana. *Revistas Bases de la Ciencia*; 2(3), pp. 1-16. https://doi.org/10.33936/rev_bas_de_la_ciencia.v2i3.1036
- Smilkov, K., Ackova, D. G., Cvetkovski, A., Ruskovska, T., Vidovic, B., & Atalay, M. (2019). Piperine: Old Spice and New Nutraceutical? *Current Pharmaceutical Design*, 25(15). <https://doi.org/10.2174/1381612825666190701150803>
- Srivastava, R. P., Kumar, S., Singh, L., Madhukar, M., Singh, N., Saxena, G., Pandey, S., Singh, A., Devkota, H. P., Verma, P. C., Shiva, S., Malik, S., & Rustagi, S. (2023). Major phenolic compounds, antioxidant, antimicrobial, and cytotoxic activities of *Selinum carvifolia* (L.) collected from different altitudes in India. *Frontiers in Nutrition*, 10. <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1180225>
- Valarezo, E., Ojeda-Riascos, S., Cartuche, L., Andrade-González, N., González-Sánchez, I., & Meneses, M. A. (2020). Extraction and study of the essential oil of copal (*Dacryodes peruviana*), an amazonian fruit with the highest yield worldwide. *Plants*, 9(12). <https://doi.org/10.3390/plants9121658>
- Valarezo, E., Rosales-Acevedo, V., Ojeda-Riascos, S., & Meneses, M. A. (2021). Phytochemical Profile, Antimicrobial and Antioxidant Activities of Essential Oil from the Leaves of Native Amazonian Species of Ecuador *Sarcorhachis sydownii* Trel. *Journal of Essential Oil-Bearing Plants*, 24(2). <https://doi.org/10.1080/0972060X.2021.1927853>
- Villacís-Chiriboga, J., García-Ruiz, A., Baenas, N., Moreno, D., Meléndez-Martínez, A., Stinco, C. M., Jerves-Andrade, L., León-Tamariz, F., Ortiz-Ulloa, J., & Ruales, J. (2018). Changes in phytochemical composition, bioactivity and in vitro digestibility of guayusa leaves (*Ilex guayusa* Loes.) in different ripening stages. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98(5). <https://doi.org/10.1002/jsfa.8675>
- Vuong, C., & Otto, M. (2002). *Staphylococcus epidermidis* infections. En *Microbes and Infection* (Vol. 4, Número 4). [https://doi.org/10.1016/S1286-4579\(02\)01563-0](https://doi.org/10.1016/S1286-4579(02)01563-0)
- Wu, M., Tian, L., Fu, J., Liao, S., Li, H., Gai, Z., & Gong, G. (2022). Antibacterial mechanism of Protocatechuic acid against *Yersinia enterocolitica* and its application in pork. *Food Control*, 133. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2021.108573>



- Zhang, Y., Cai, P., Cheng, G., & Zhang, Y. (2022). A Brief Review of Phenolic Compounds Identified from Plants: Their Extraction, Analysis, and Biological Activity. En *Natural Product Communications* (Vol. 17, Número 1). <https://doi.org/10.1177/1934578X211069721>
- Zhang, Y., Feng, R., Li, L., Zhou, X., Li, Z., Jia, R., Song, X., Zou, Y., Yin, L., He, C., Liang, X., Zhou, W., Wei, Q., Du, Y., Yan, K., Wu, Z., & Yin, Z. (2018). The Antibacterial Mechanism of Terpinen-4-ol Against *Streptococcus agalactiae*. *Current Microbiology*, 75(9). <https://doi.org/10.1007/s00284-018-1512-2>
- Zheng, D., Huang, C., Huang, H., Zhao, Y., Khan, M. R. U., Zhao, H., & Huang, L. (2020). Antibacterial Mechanism of Curcumin: A Review. En *Chemistry and Biodiversity* (Vol. 17, Número 8). <https://doi.org/10.1002/cbdv.202000171>

Contribución de autores

Autor	Contribución
Sillagana-Verdezoto, C	Conceptualización, tratamiento, curado e interpretación de datos, escritura y edición final del escrito.