Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), julio-agosto 2026,
Volumen 10, Número 4.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v10i4

POTENCIAL DE EXTRACTOS VEGETALES FRENTE A MICROORGANISMOS DE INTERÉS MÉDICO Y BIOCOMPATIBILIDAD HEMÁTICA, ANÁLISIS IN VITRO

EFFECTS OF ERYNGIUM HETEROPHYLLUM (TOAD´S HERB) ON HEALTH: A REVIEW

Analexis Rodríguez Reynoso
Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

Naomi Gabriel Torres Silva
Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

Crystell Guadalupe Guzmán Priego
Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

Osvelia Esmeralda Rodríguez Luis
Universidad Autónoma de Nuevo León

Sonia Martha López Villarreal
Universidad Autónoma de Nuevo León

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v10i4.24920

Potencial de extractos vegetales frente a microorganismos de interés médico y biocompatibilidad hemática, análisis in vitro

Analexis Rodríguez Reynoso[1]
212E75116@alumno.ujat.mx
Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT). Av. Gregorio Méndez Magaña #2838-A, Col. Tamulté, C.P. 86150, Villahermosa, Tabasco

Naomi Gabriel Torres Silva
212E75055@alumno.ujat.mx
Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT). Av. Gregorio Méndez Magaña #2838-A, Col. Tamulté, C.P. 86150, Villahermosa, Tabasco

Crystell Guadalupe Guzmán Priego
crystell_guzman@hotmail.com
Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT). Av. Gregorio Méndez Magaña #2838-A, Col. Tamulté, C.P. 86150, Villahermosa, Tabasco

Osvelia Esmeralda Rodríguez Luis
osvelia.rodriguezls@uanl.edu.mx
Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL). Eduardo Aguirre Pequeño y Carlos Canseco, Colonia Mitras Centro, Monterrey, Nuevo León, C.P. 64460

Sonia Martha López Villarreal
sonia.lopezvl@uanl.edu.mx
Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL). Eduardo Aguirre Pequeño y Carlos Canseco, Colonia Mitras Centro, Monterrey, Nuevo León, C.P. 64460

RESUMEN

La resistencia antimicrobiana constituye un problema creciente de salud pública que impulsa la búsqueda de alternativas terapéuticas derivadas de plantas medicinales con actividad biológica comprobada. Por ello, en este estudio se evaluó el potencial antimicrobiano y la seguridad hemática de tres extractos vegetales, mediante el método de difusión en disco de Kirby-Bauer para determinar la actividad antimicrobiana frente a *Escherichia coli* (ATCC K12) y *Staphylococcus aureus* (ATCC Seattle 1945), utilizando ciprofloxacino como control positivo. La biocompatibilidad hemática se evaluó mediante ensayo de hemólisis en eritrocitos humanos O+, con lectura espectrofotométrica a 540 nm. Los extractos mostraron actividad antimicrobiana moderada, con halos de inhibición entre 9–14 mm frente a *Escherichia coli* y 7–14.33 mm frente a *Staphylococcus aureus*, representando porcentajes de inhibición relativa entre 20–39% respecto al control positivo. *Peumus boldus* presentó el mayor efecto frente a *Staphylococcus aureus* (14.33 mm). En la evaluación hemolítica, *Peumus boldus* mostró un perfil no hemolítico (<2%), mientras que *Lavandula angustifolia* alcanzó 51.8% de hemólisis a 3000 ppm, disminuyendo a valores ligeramente hemolíticos en concentraciones menores. El presente estudio revela que los extractos evaluados poseen actividad antimicrobiana moderada y perfiles de seguridad variables, destacando *Peumus boldus* como el candidato más prometedor.

Palabras clave: Potencial, extractos, microorganismos, hemólisis.

[1] Autor principal
Correspondencia: 212E75116@alumno.ujat.mx

Potential of plant extracts against medically relevant microorganisms and blood biocompatibility, in vitro analysis

ABSTRACT

Antimicrobial resistance represents a growing public health concern that has driven the search for therapeutic alternatives derived from medicinal plants with proven biological activity. Therefore, this study evaluated the antimicrobial potential and hematological safety of three plant extracts using the Kirby–Bauer disk diffusion method to determine antimicrobial activity against *Escherichia coli (*ATCC K12) and *Staphylococcus aureus* (ATCC Seattle 1945), with ciprofloxacin used as a positive control. Hemocompatibility was assessed through a hemolysis assay in human O+ erythrocytes, with spectrophotometric readings at 540 nm. The extracts demonstrated moderate antimicrobial activity, with inhibition halos ranging from 9–14 mm against *Escherichia coli* and 7–14.33 mm against Staphylococcus aureus, representing relative inhibition percentages between 20–39% compared to the positive control. *Peumus boldus* exhibited the greatest effect against *Staphylococcus aureus*, (14.33 mm). In the hemolytic evaluation, *Peumus boldus* showed a non-hemolytic profile (<2%), whereas *Lavandula angustifolia* reached 51.8% hemolysis at 3000 ppm, decreasing to slightly hemolytic values at lower concentrations. This study reveals that the evaluated extracts possess moderate antimicrobial activity and variable safety profiles, highlighting *Peumus boldus* as the most promising candidate.

Key words: Potential, extracts, microorganisms, hemolysis.

Artículo recibido 20 mayo 2026
Aceptado para publicación: 20 junio 2026

INTRODUCCIÓN

La resistencia antimicrobiana constituye una de las principales amenazas para la salud pública global, debido a la disminución progresiva en la eficacia de los antibióticos convencionales y al incremento de infecciones causadas por microorganismos multirresistentes (Gupta P. et al., 2025). Este fenómeno ha sido ampliamente documentado en patógenos prioritarios, incluidos aquellos agrupados en el grupo ESKAPE (grupo de patógenos multirresistentes), caracterizados por su elevada capacidad de evadir tratamientos terapéuticos y generar complicaciones clínicas significativas (Sadeghi et al., 2025). En este contexto, la búsqueda de nuevas alternativas antimicrobianas ha impulsado el interés por los productos naturales de origen vegetal, los cuales representan una fuente diversa de compuestos bioactivos con potencial farmacológico (Angelini, 2024; Yuan G. et al., 2024).

Los metabolitos secundarios derivados de plantas, tales como flavonoides, alcaloides, terpenos y compuestos fenólicos, han demostrado actividad frente a una amplia variedad de microorganismos, actuando mediante múltiples mecanismos de acción (Yuan Z. et al., 2021). Entre estos se incluyen la disrupción de la membrana celular bacteriana, la inhibición de enzimas clave en el metabolismo microbiano y la interferencia con sistemas de transporte como las bombas de eflujo, contribuyendo así a contrarrestar la resistencia bacteriana (Martínez-Klimova et al., 2024). La naturaleza multicomponente de los extractos vegetales favorece además la acción sinérgica entre sus constituyentes, lo que puede reducir la probabilidad de desarrollo de resistencia en comparación con antibióticos de blanco único (Angelini, 2024; Atanasov, 2026).

Diversos estudios recientes han evidenciado que los compuestos derivados de plantas no solo poseen actividad antimicrobiana directa, sino que también pueden potenciar la eficacia de antibióticos convencionales mediante la modulación de mecanismos de resistencia bacteriana (Gupta D. et al., 2024). En particular, la interacción de compuestos naturales con la membrana bacteriana ha sido identificada como un mecanismo clave, ya que permite comprometer la integridad estructural de la célula microbiana y facilitar la acción de otros agentes antimicrobianos (Epand et al., 2022). Asimismo, la actividad biológica de estos compuestos depende de su estructura química, lo cual influye directamente en su capacidad de interacción con blancos celulares específicos, como se ha demostrado en estudios frente a cepas resistentes de *Staphylococcus aureus* (Wang et al., 2023).

En el ámbito de la investigación fitoquímica, el desarrollo de técnicas de extracción, aislamiento y caracterización ha permitido optimizar la obtención de compuestos bioactivos a partir de plantas medicinales, mejorando la reproducibilidad y el potencial terapéutico de los extractos obtenidos (Kumar et al., 2024). En este sentido, el uso de extractos etanólicos se ha consolidado como una estrategia eficiente para recuperar compuestos de polaridad intermedia con actividad biológica relevante (Yuan G. et al., 2024). Además, la diversidad de especies vegetales en regiones como América Latina ha sido identificada como una fuente importante de compuestos con actividad frente a microorganismos patógenos, lo que refuerza la relevancia de explorar especies de uso tradicional en estudios experimentales (Saldanha et al., 2023; Woo et al., 2023).

A pesar de estos avances, la evaluación de la actividad antimicrobiana de extractos vegetales requiere el uso de metodologías estandarizadas que permitan comparar resultados de manera confiable. El método de difusión en agar tipo Kirby-Bauer, recomendado por el Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI), es ampliamente utilizado para determinar la sensibilidad bacteriana mediante la medición de halos de inhibición generados por agentes antimicrobianos (Yuan G. et al., 2024). Sin embargo, en el caso de extractos vegetales, factores fisicoquímicos como la polaridad, el tamaño molecular y la complejidad de la mezcla pueden influir en su capacidad de difusión en el medio, lo que debe considerarse al interpretar los resultados obtenidos (Yuan Z. et al., 2021)

Por otra parte, la evaluación del potencial terapéutico de extractos vegetales debe complementarse con estudios de biocompatibilidad que permitan determinar su seguridad en sistemas biológicos. En este contexto, el ensayo de hemólisis constituye una herramienta relevante para evaluar la integridad de la membrana celular en eritrocitos humanos, proporcionando información preliminar sobre la posible citotoxicidad de los compuestos evaluados. Se ha demostrado que ciertos metabolitos, particularmente aquellos de naturaleza lipofílica, pueden interactuar con la bicapa lipídica de las células, generando efectos hemolíticos a concentraciones elevadas (Epand et al., 2022).

En conjunto, estos antecedentes evidencian la necesidad de estudios integrales que permitan evaluar simultáneamente la actividad antimicrobiana y la biocompatibilidad de extractos vegetales. En este sentido, el presente estudio tuvo como objetivo evaluar la actividad antimicrobiana de extractos etanólicos de *Peumus boldus*, *Lavandula angustifolia* y *Cymbopogon citratus* frente a *Escherichia coli*

ATCC K12 y *Staphylococcus aureus* ATCC Seattle 1945 mediante el método de difusión en agar Kirby-Bauer, así como determinar su biocompatibilidad hemática mediante un ensayo de hemólisis en eritrocitos humanos tipo O+.

Materiales y Métodos

Actividad antimicrobiana

El estudio empleó extractos etanólicos obtenidos de *Peumus boldus*, *Lavandula angustifolia* y *Cymbopogon citratus*, los cuales fueron evaluados frente a dos cepas bacterianas de referencia: *Escherichia coli* (ATCC K12) y *Staphylococcus aureus* (ATCC Seattle 1945). Para el estudio de la actividad antimicrobiana de los extractos, se empleó el método de difusión en agar "Kirby-Bauer" con discos estandarizado recomendado por el CLSI, utilizando agar tripticaseína de soya e impregnando discos de papel con concentraciones de 12, 25 y 50 µg/mL (microgramos por mililitro) de cada extracto. Se empleó ciprofloxacino como control positivo (Sánchez-Bautista et al., 2018) y caldo estéril como control negativo. Tras 24 horas de incubación a 37 °C, para la interpretación de los resultados se tuvo en cuenta la formación o la ausencia de halo de inhibición de crecimiento. La lectura se realizó midiendo el diámetro del halo de inhibición de crecimiento en milímetros.

Ensayo de hemólisis

La biocompatibilidad hemática se evaluó a través de un ensayo de hemólisis utilizando eritrocitos humanos tipo O+, expuestos a diluciones de los extractos comprendidas entre 93.75 y 3000 ppm (partes por millón), con incubación durante 30 minutos a 37°C y posterior lectura espectrofotométrica a 540 nm (nanómetros) para cuantificar la liberación de hemoglobina (Elizondo-Luevano et al., 2024). Los resultados obtenidos al buscar un efecto hemolítico en los extractos han sido interpretados basándonos en el criterio sugerido por Mesdaghinia et al. (2019), quien reporta que se puede considerar ligeramente hemolítico cuando los resultados son entre 2- 5% y > 5% hemolítico.

Resultados y Discusión

Los ensayos de actividad antimicrobiana mediante difusión en disco revelaron que los extractos etanólicos poseen una actividad moderada frente a las cepas evaluadas. Frente a *Escherichia coli,* los halos de inhibición se situaron entre 9 y 14 mm (milímetros) (Tabla I), destacando el extracto de *Cymbopogon citratus* (zacate limón) con inhibiciones específicas entre 10 y 12.66 mm.

Tabla I. Diámetro promedio del halo de inhibición de extractos vegetales *Peumus boldus, Lavandula angustifolia* y *Cymbopogon citratus* frente a *Escherichia coli.*

Bacteria	Extracto	Concentración µg/mL	x̄ ± S	% de inhibición
E. coli	*Peumus boldus*	50	11±2	27.73%
		25	9.33±0.58	23.53%
		12	9.67±1.15	24.37%
		C-	-	0%
		C+	39.67±10.02	-
E. coli	*Lavandula angustifolia*	50	10.33±1.15	26.05%
		25	10±1	25.21%
		12	10.67±1.15	26.89%
		C-	-	0%
		C+	39.67±10.02	-
E. coli	*Cymbopogon citratus frente*	50	12.66±1.15	31.93%
		25	11±1	27.73%
		12	10±1	25.21%
		C-	-	0%
		C+	39.67±10.02	-

*Los datos corresponden a los diámetros promedio de halo de inhibición (mm) frente a Escherichia coli, expresados como media ± desviación estándar de tres réplicas independientes. Elaboración: propia.

En el caso de *Staphylococcus aureus*, los halos oscilaron entre 7 y 14.33 mm (Tabla II), el extracto de *Peumus boldus* (boldo) mostró la mayor eficacia (14.33 mm), mientras que *Cymbopogon citratus* resultó ser el menos eficaz contra esta bacteria grampositiva. Al comparar estos resultados con el control positivo (ciprofloxacino), los porcentajes de inhibición relativa para todos los extractos variaron entre el 20 % y el 39 %.

Tabla II. Diámetro promedio del halo de inhibición de extractos vegetales *Peumus boldus, Lavandula angustifolia* y *Cymbopogon citratus* frente a *Staphylococcus aureus.*

Bacteria	Extracto	Concentración µg/mL	X̄ ± S	% De Inhibición
S. Aureus	*Peumus boldus*	50	12.33±1.15	33.64%
		25	13.33 ± 4.93	36.36%
		12	14.33 ± 7.51	39.09%
		C-	-	0%
		C+	36.66 ± 5.77	-
S. Aureus	*Lavandula angustifolia*	50	12 ± 1.73	32.73%
		25	10 ±1.00	27.27%
		12	12.33 ±1.53	33.64%
		C-	-	0%
		C+	36.66 ±5.77	-
S. Aureus	*Cymbopogon citratus*	50	13 ±1.00	35.45%
		25	11 ±1.00	30%
		12	7.33 ±0.58	20%
		C-	-	0%
		C+	36.66 ±5.77	-

Los datos corresponden a los diámetros promedio de halo de inhibición (mm) frente a Staphylococcus aureus, expresados como media ± desviación estándar de tres réplicas independientes. Elaboración: propia.

En cuanto al perfil hemolítico los resultados obtenidos al buscar un efecto hemolítico en los extractos se clasificaron basándonos en el criterio según Mesdaghinia et al. (2019), quien reporta que se puede considerar ligeramente hemolítico cuando los resultados son entre 2- 5% y > 5% hemolítico.

En la evaluación hemolítica, el extracto de *Peumus boldus* presentó valores de hemólisis entre 0.78 % y 1.56 % por lo que se denominó perfil no hemolítico incluso a concentraciones de 3000 ppm, mientras que *Lavandula angustifolia* mostró un perfil hemolítico marcado, alcanzando 51.8 % a una

concentración de 3000 ppm y reduciéndose a 4.77 % en la concentración de 187.5 ppm esta concentración se denominó como ligeramente hemolítico.

Los resultados obtenidos mediante el método de difusión en disco (Kirby-Bauer) revelaron que los extractos etanólicos de *Peumus boldus*, *Lavandula angustifolia* y *Cymbopogon citratus* poseen una actividad antimicrobiana frente a las cepas de *Escherichia coli* ATCC K12 *y Staphylococcus aureus* ATCC Seattle 1945. Los halos de inhibición observados, que oscilaron entre 7.33 y 14.33 mm, representan un efecto relativo del 20 % al 39 % en comparación con la potencia del ciprofloxacino; este nivel de inhibición es consistente con la literatura científica reciente, la cual reporta diámetros de entre 8 y 16 mm para extractos vegetales crudos no fraccionados evaluados bajo lineamientos CLSI (Bibi et al., 2025; Elmi et al., 2025; Koide da Silva et al., 2021). Esta concordancia sugiere que, aunque los extractos evaluados no alcanzan la eficacia de un antibiótico sintético purificado, mantienen un perfil fitoquímico robusto capaz de interferir con el crecimiento de bacterias tanto Gram positivas como Gram negativas en condiciones controladas (Bălașoiu Jigău et al., 2024; Gao et al., 2020; Massoud et al., 2024).

Actividad frente a *Escherichia coli*

Frente a *Escherichia coli,* el extracto de *Cymbopogon citratus* presentó mayor efecto inhibitorio, alcanzando 12.66 ± 1.15 mm a 50 µg/mL (31.93 % de inhibición relativo), 11 ± 1 mm a 25 µg/mL (27.73 %) y 10 ± 1 mm a 12 µg/mL (25.21 %). Estos valores se sitúan dentro del rango reportado por el estudio publicado en Journal of Ethnopharmacology, donde extractos etanólicos de *Cymbopogon citratus* generaron halos de 11–15 mm frente a cepas de *Escherichia coli* (Costa et al., 2011). De manera similar, investigaciones recientes en Frontiers in Cellular and Infection Microbiology atribuyen la actividad antimicrobiana al citral lo que explica la inhibición observada incluso con extractos no purificados (Gao et al., 2020). Asimismo, el estudio en Plants reportó halos entre 10 y 14 mm para extractos ricos en terpenoides, cifras similares a las obtenidas en este estudio (Bălașoiu Jigău et al., 2024). Las diferencias con estudios que reportan halos superiores a 15 mm pueden explicarse por el empleo de aceites esenciales purificados o concentraciones efectivas más altas de metabolitos activos (Gonzalez-Pastor et al., 2023).

En contraste, el extracto de *Peumus boldus* evidenció actividad frente a *Escherichia coli,* con halos de 11±2 mm (27.73%) a una concentración de 50 µg/mL, y valores cercanos a los 9 mm en las concentraciones de 25 y 12 µg/mL. Estos resultados guardan una estrecha relación con lo reportado en estudios previos donde extractos etanólicos de boldo frente a bacterias Gram negativas generaron zonas de inhibición en un rango de 8 a 13 mm (Koide da Silva et al., 2021). Resulta notable la ausencia de una relación dosis-respuesta estrictamente lineal en los puntos de menor concentración (25 y 12 µg/mL). Este fenómeno no es aislado en la bioprospección de productos naturales; como se ha documentado anteriormente, la complejidad fitoquímica de los extractos crudos puede modular la dinámica de difusión en el agar (Gonzalez-Pastor et al., 2023).

Actividad frente a *Staphylococcus aureus*

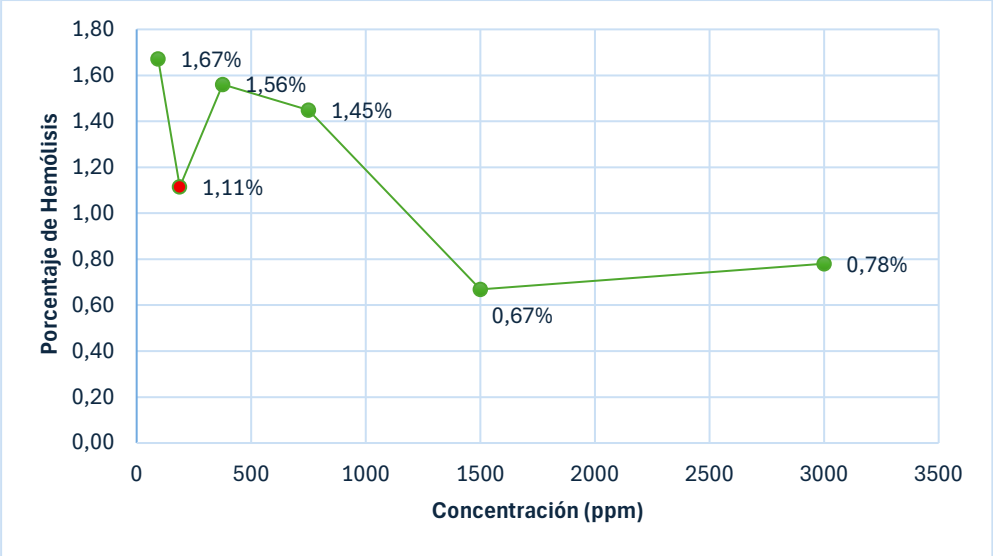
En el caso de *Staphylococcus aureus*, se observó mayor susceptibilidad general, lo cual es consistente con la literatura que describe mayor sensibilidad de bacterias Gram positivas a compuestos fenólicos y alcaloides vegetales (Bhinge et al., 2017). El extracto de *Peumus boldus* alcanzó 14.33 ± 7.51 mm a 12 µg/mL (39.09 %), 13.33 ± 4.93 mm a 25 µg/mL (36.36 %) y 12.33 ± 1.15 mm a 50 µg/mL (33.64 %). Estas cifras se alinean con lo descrito en Pharmaceutical Biology donde extractos ricos en compuestos fenólicos produjeron halos de 12–16 mm frente a *Staphylococcus aureus* (Bhinge et al., 2017). Asimismo, el análisis publicado en Antioxidants destaca el papel de flavonoides y alcaloides en la inhibición de bacterias Gram positivas, lo que respalda el desempeño superior del boldo frente a esta cepa (Polanco et al., 2024; Uwaiya et al., 2025). El extracto de *Lavandula angustifolia* mostró halos entre 10 y 12.33 mm (27–33 %), valores concordantes con lo reportado en Food Science and Nutrition y en Antibiotics donde se describen halos de 9–13 mm con extractos etanólicos de lavanda (Bibi et al., 2025; Elmi et al., 2025).

Asimismo, la literatura reconoce que la difusión de compuestos vegetales en agar depende de su polaridad, tamaño molecular y afinidad con la matriz del medio (Bibi et al., 2025; Woo et al., 2023). Por tanto, halos moderados no implican necesariamente baja potencia intrínseca, sino posibles limitaciones fisicoquímicas de difusión. (Elmi et al., 2025; Koide da Silva et al., 2021).

Biocompatibilidad hemática de los extractos

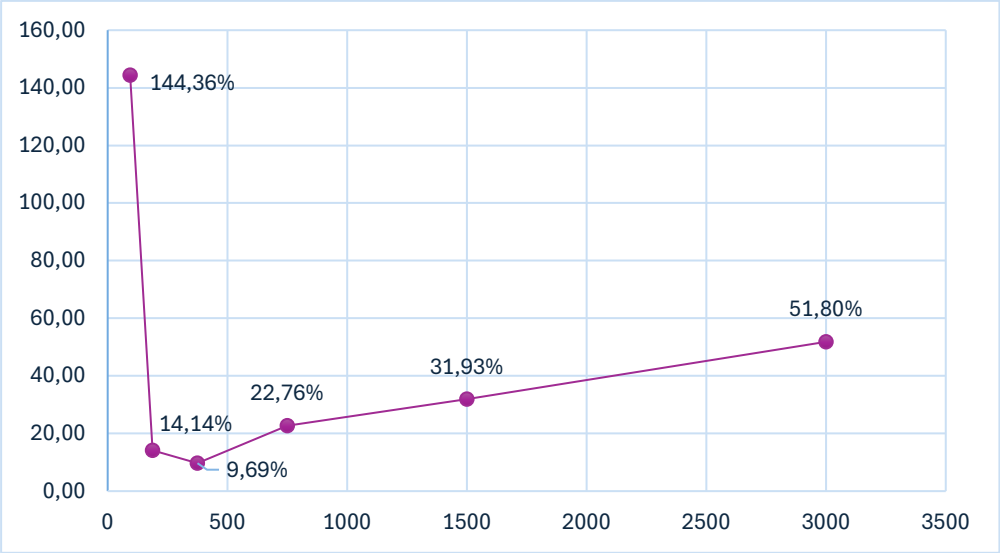
En relación con la biocompatibilidad hemática, el análisis se interpretó según el criterio propuesto por Mesdaghinia et al. (2019), considerando <2 % como no hemolítico, 2–5 % como ligeramente hemolítico y >5 % como hemolítico. Bajo este marco, *Peumus boldus* presentó valores entre 0.78 % y 1.56 %, clasificándose como no hemolítico (Figura I). Este perfil coincide con lo reportado en ACS Omega y en Life, donde extractos vegetales ricos en antioxidantes mostraron hemólisis inferior al 2 % en modelos similares (Bălașoiu Jigău et al., 2024; Elizondo-Luevano et al., 2024).

Figura I: Porcentaje de hemolisis para las distintas concentraciones del extracto de *Peumus boldus*. Se observa un comportamiento no lineal, con valores máximos de hemólisis a concentraciones intermedias (250–500 ppm) y una disminución progresiva a concentraciones elevadas (1500–3000 ppm). El punto rojo indica el valor de referencia o control (1,11% a 125 ppm). Elaboración: propia.



En contraste, *Lavandula angustifolia* alcanzó 51.8% a 3000 ppm, clasificándose como hemolítico (Figura II). Este hallazgo es consistente con lo reportado en MethodsX y en American Journal of Plant Sciences, donde aceites esenciales ricos en monoterpenos demostraron capacidad de alterar la membrana eritrocitaria a concentraciones elevadas (de Carvalho Selvati-Rezende et al., 2017; Elmi et al., 2025; Massoud et al., 2024).

***Figura II*:** Porcentaje de hemolisis para las distintas concentraciones del extracto de *Lavanda angustifolia.* A bajas concentraciones (125 ppm) se registra el valor más alto (144,36%), con una caída pronunciada hasta 500 ppm (9,69%). A partir de este punto, los valores aumentan gradualmente hasta 51,80% a 3000 ppm, sugiriendo un comportamiento bifásico dependiente de la concentración. Elaboración: propia.



En conjunto, los resultados indican que *Cymbopogon citratus* presenta mejor desempeño frente a Gram negativas, mientras que *Peumus boldus* muestra el mejor equilibrio entre actividad antimicrobiana y biocompatibilidad hemática. Aunque la potencia es inferior a la del control positivo (ciprofloxacino), la naturaleza multicomponente de los extractos sugiere potencial para aplicaciones tópicas o como fuentes de moléculas líderes para estudios de fraccionamiento. Futuros estudios deberían incluir determinación de Concentración Inhibitoria Mínima (MIC) y Concentración Bactericida Mínima (MBC) mediante microdilución, análisis de fracciones purificadas y evaluación citotóxica en líneas celulares humanas, lo que permitirá una caracterización más precisa del potencial terapéutico de estos extractos vegetales.

CONCLUSIONES

Los extractos de *Peumus boldus* y *Cymbopogon citratus* demostraron actividad antimicrobiana moderada frente a bacterias de interés clínico, mientras que *Lavandula angustifolia*, presentó efectos hemolíticos a altas concentraciones, lo que limita su seguridad en posibles aplicaciones sistémicas. Entre los extractos evaluados, *Peumus boldus* destacó como el candidato más prometedor al presentar un equilibrio favorable entre actividad antimicrobiana y biocompatibilidad hemática.

Estos hallazgos respaldan el potencial de los extractos vegetales como fuente de compuestos bioactivos con aplicaciones en el desarrollo de nuevas alternativas terapéuticas frente a la creciente resistencia

antimicrobiana. No obstante, la actividad observada fue inferior a la del control antibiótico, lo que sugiere la necesidad de procesos de purificación, aislamiento de compuestos activos y evaluación de posibles efectos sinérgicos.

Todos los autores de este manuscrito han leído y aceptado la versión publicada del mismo.

Financiamiento: Esta investigación no recibió financiamiento externo.

Declaraciones éticas: Este estudio fue autorizado por el comité de ética en investigación de la Facultad de Odontología de la Universidad Autónoma de Nuevo León.

Agradecimientos: Expresamos nuestro más sincero agradecimiento a la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT) y a la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL) por el respaldo académico y las facilidades otorgadas para la realización de este estudio.

Agradecemos especialmente al personal de los laboratorios que brindaron apoyo técnico durante el desarrollo de los ensayos microbiológicos, hemolíticos, así como a los docentes y asesores que contribuyeron con su orientación científica y revisión crítica del manuscrito.

Asimismo, reconocemos a las personas que colaboraron de manera directa o indirecta en la obtención y preparación de los extractos vegetales, así como en la organización y ejecución de las actividades experimentales.

Conflicto de interés: Los autores declaran no tener conflicto de interés.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Angelini, P. (2024). Plant-derived antimicrobials and their crucial role in combating antimicrobial resistance. Antibiotics, 13(8), 746. https://doi.org/10.3390/antibiotics13080746

Atanasov, A. G., Zotchev, S. B., Dirsch, V. M., & Supuran, C. T. (2025). Medicinal plants: Bioactive compounds, biological activities, combating multidrug-resistant microorganisms, and human health benefits – A comprehensive review. Frontiers in Immunology, 16, 1491777. https://doi.org/10.3389/fimmu.2025.1491777

Bălașoiu Jigău, R. A. C., Obistioiu, D., Hulea, A., Suleiman, M. A., Popescu, I., Floares Oarga, D., et al. (2024). Analysing the antibacterial synergistic interactions of Romanian lavender essential oils via gas chromatography-mass spectrometry: In vitro and in silico approaches. Plants, 13(15), 2136. https://doi.org/10.3390/plants13152136

Bibi, N., Perveen, S., Kanwal, S., Latif, F., Rashid, R., Janiad, S., et al. (2025). Investigation of antimicrobial potential of medicinal plants against Pseudomonas aeruginosa. Food Science & Nutrition, 13(11), e70999. https://doi.org/10.1002/fsn3.70999

Bhinge, S. D., Bhutkar, M. A., Randive, D. S., Wadkar, G. H., Todkar, S. S., Kakade, P. M., et al. (2017). Formulation development and evaluation of antimicrobial polyherbal gel. Annales Pharmaceutiques Françaises, 75(5), 349–358. https://doi.org/10.1016/j.pharma.2017.04.006

Costa, C. A. R. de A., Kohn, D. O., de Lima, V. M., Gargano, A. C., Flório, J. C., & Costa, M. (2011). The GABAergic system contributes to the anxiolytic-like effect of essential oil from Cymbopogon citratus (lemongrass). Journal of Ethnopharmacology, 137(1), 828–836. https://doi.org/10.1016/j.jep.2011.07.003

de Carvalho Selvati Rezende, D. A., das Graças Cardoso, M., Souza, R. V., Teixeira, M. L., Brandão, R. M., Ferreira, V. R. F., et al. (2017). Essential oils from Mentha piperita, Cymbopogon citratus, Rosmarinus officinalis, Peumus boldus and Foeniculum vulgare: Inhibition of phospholipase A2 and cytotoxicity to human erythrocytes. American Journal of Plant Sciences, 8(9), 2196–2207. https://doi.org/10.4236/ajps.2017.89147

Elizondo-Luevano, J. H., Quintanilla-Licea, R., Castillo-Hernández, S. L., Sánchez-García, E., Bautista-Villarreal, M., González-Meza, G. M., et al. (2024). In vitro evaluation of anti-hemolytic and cytotoxic effects of traditional Mexican medicinal plant extracts on human erythrocytes and cell cultures. Life, 14(9), 1176. https://doi.org/10.3390/life14091176

Elmi, A., Abdoul-Latif, F. M., Pasc, A., Risler, A., Philippot, S., Gil-Ortiz, R., et al. (2025). Exploring the antibacterial potency of Cymbopogon essential oils: Liposome encapsulation and phytochemical insights. Antibiotics, 14(5), 510. https://doi.org/10.3390/antibiotics14050510

Epand, R. M., Walker, C., Epand, R. F., & Magarvey, N. A. (2022). Natural products against bacterial membranes. Phytotherapy Research, 36(1). https://doi.org/10.1002/ptr.7275

Gao, S., Liu, G., Li, J., Chen, J., Li, L., Li, Z., et al. (2020). Antimicrobial activity of lemongrass essential oil (Cymbopogon flexuosus) and its active component citral against dual-species biofilms of Staphylococcus aureus and Candida species. Frontiers in Cellular and Infection Microbiology, 10, 603858. https://doi.org/10.3389/fcimb.2020.603858

Gonzalez-Pastor, R., Carrera-Pacheco, S. E., Zúñiga-Miranda, J., Rodríguez-Pólit, C., Mayorga-Ramos, A., Guamán, L. P., et al. (2023). Current landscape of methods to evaluate antimicrobial activity of natural extracts. Molecules, 28(3), 1068. https://doi.org/10.3390/molecules28031068

Gupta, D., Sharma, S., & Maurya, I. K. (2024). Antibiotic potentiation through phytochemical-based efflux pump inhibitors to combat multidrug resistance bacteria. Medicinal Chemistry, 20(1). https://doi.org/10.2174/0115734064263586231022135644

Gupta, P., Singh, A., & Kumar, R. (2025). Plant natural products for antibacterial drug development against ESKAPE pathogens. The Microbe, 5, 100610. https://doi.org/10.1016/j.microb.2025.100610

Koide da Silva, B. Y., Neves Lopes, A. da S., José Sousa Maia, P., Moreira Mar, J., Souza da Silva, L., Sanches, E. A., et al. (2021). Chemical and biological evaluation of the aqueous extract of Peumus boldus Molina (Monimiaceae) leaves. Pharmacognosy Research, 14(1), 45–52. https://doi.org/10.5530/pres.14.1.8

Kumar, S., Prasad, R., & Singh, M. (2024). An overview of extraction, isolation and characterization techniques of phytocompounds from medicinal plants. Natural Product Research. https://doi.org/10.1080/14786419.2024.2426059

Martínez-Klimova, E., Rodríguez-Peña, K., & Sánchez, S. (2024). Antimicrobial action mechanisms of natural compounds isolated from endophytic microorganisms. Antibiotics, 13(3), 271. https://doi.org/10.3390/antibiotics13030271

Massoud, R. I., Bouaziz, M., Abdallah, H., Zeiz, A., Flamini, G., & El-Dakdouki, M. H. (2024). Comparative study on the chemical composition and biological activities of the essential oils of Lavandula angustifolia and Lavandula × intermedia cultivated in Lebanon. ACS Omega, 9(28), 30244–30255. https://doi.org/10.1021/acsomega.4c00313

Mesdaghinia, A., Pourpak, Z., Naddafi, K., Nodehi, R. N., Alizadeh, Z., Rezaei, S., et al. (2019). An in vitro method to evaluate hemolysis of human red blood cells (RBCs) treated by airborne particulate matter (PM10). MethodsX, 6, 156–161. https://doi.org/10.1016/j.mex.2019.01.001

Polanco, V., Cerdá-Bernad, D., Quispe-Fuentes, I., Bernal, C., & López, J. (2024). Bioactive content and antioxidant properties of spray-dried microencapsulates of Peumus boldus M. leaf extracts. Antioxidants, 13(12), 1568. https://doi.org/10.3390/antiox13121568

Sadeghi, M., Jafari, A., & Mohammadi, S. (2025). A systematic review on natural products with antimicrobial activities against WHO priority antibiotic-resistant pathogens. DARU Journal of Pharmaceutical Sciences, 33. https://doi.org/10.1186/s40001-025-02717-x

Saldanha, L. L., Vilegas, W., & Dokkedal, A. L. (2023). Latin American plants against microorganisms. Plants, 12(23), 3997. https://doi.org/10.3390/plants12233997

Sánchez-Bautista, A., Coy, J., García-Shimizu, P., & Rodríguez, J. C. (2018). Cambio de CLSI a EUCAST en la interpretación de la sensibilidad a antimicrobianos: ¿Cómo influye en nuestro medio? Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica, 36(4), 229–232. https://doi.org/10.1016/j.eimc.2017.03.003

Uwaiya, E., Egwu, C. E., Madumelu, M., Audu, J. A., Yusif, B. B., Usman, A., et al. (2025). Phytochemical screening and antimicrobial activity of the ethanol leaf extract of Pavonia hirsuta (Guill. & Perr.). ChemClass, 9(2), 368–381. https://doi.org/10.33003/chemclas-2025-0902/165

Wang, Y., Zhang, L., & Wang, X. (2023). Structure-dependent activity of plant natural products against methicillin-resistant Staphylococcus aureus. Frontiers in Microbiology, 14, 1234115. https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1234115

Woo, S., Marquez, L., Crandall, W. J., Risener, C. J., & Quave, C. L. (2023). Recent advances in the discovery of plant-derived antimicrobial natural products to combat antimicrobial resistant pathogens: Insights from 2018–2022. Natural Product Reports, 40(7), 1271–1290. https://doi.org/10.1039/d2np00090c

Yuan, G., Guan, Y., Yi, H., Guan, S., Xu, H., & Lei, J. (2024). Natural antimicrobials from plants: Recent advances and future prospects. Food Chemistry, 431, 137231. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.137231

Yuan, Z., Liu, Q., Han, L., & Wang, J. (2021). Review on the antibacterial mechanism of plant-derived natural compounds against multidrug-resistant bacteria. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine, 2021, 3663315. https://doi.org/10.1155/2021/3663315