

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinaria, Ciudad de México, México.

ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), enero-febrero 2026,

Volumen 10, Número 1.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v10i1

BOUGAINVILLEA GLABRA INCREMENTÓ EL EFFECTO ANTIMICROBIANO DE GENTAMICINA PARA ESCHERICHIA COLI “IN VITRO”

BOUGAINVILLEA GLABRA INCREASED THE ANTIMICROBIAL
EFFECT OF GENTAMICIN AGAINST ESCHERICHIA COLI “IN VITRO”

Daniela López Hernández

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Georgina Almaguer Vargas

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

José Ramón Montejano Rodríguez

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Ana Hilda Figueroa Gutiérrez

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Marco Antonio Becerril Flores

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v10i1.22270

***Bougainvillea glabra* incrementó el efecto antimicrobiano de gentamicina para *Escherichia coli* “in vitro”**

Daniela López Hernández¹

lo428594@uaeh.edu.mx

<https://orcid.org/0009-0004-8257-344X>

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo
México

José Ramón Montejano Rodríguez

jose_montejano5902@uaeh.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0002-5744-381X>

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo
México

Marco Antonio Becerril Flores

becerril@uaeh.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0002-2322-4686>

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo
México

Georgina Almaguer Vargas

georgina_almaguer5910@uaeh.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0002-0396-752X>

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo
México

Ana Hilda Figueroa Gutiérrez

ana_figueroa3494@uaeh.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0002-8424-9481>

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
Pachuca, México

RESUMEN

La resistencia antimicrobiana representa uno de los principales desafíos de la salud mundial ya que limita la eficacia de los antibióticos y amenaza con una era posantibiótica. Como alternativas, los extractos de plantas medicinales constituyen expectativas prometedoras para potenciar la acción de fármacos convencionales. En el presente estudio se empleó el extracto hidroalcohólico de *Bougainvillea glabra* para determinar la actividad antimicrobiana de gentamicina frente a *Escherichia coli* ATCC 25922 *in vitro*. El extracto se realizó con brácteas y flores de la planta mediante maceración en etanol al 70% y se empleó la técnica de difusión en disco en agar Mueller-Hinton. Los resultados demostraron que el extracto presentó actividad antimicrobiana propia y que, en combinación con aminoglucósidos, incrementó significativamente los halos de inhibición, particularmente, gentamicina pasó de 9.04 mm a 17.98 mm y amikacina de 15.82 mm a 19.78 mm, evidenciando un incremento del efecto antimicrobiano. Además, la resistencia global de la cepa disminuyó de 33.3% a 25% en presencia del extracto. Estos hallazgos sugieren que *Bougainvillea glabra* podría utilizarse como coadyuvante en el tratamiento de infecciones resistentes, aunque son necesarios estudios posteriores para identificar los metabolitos responsables y validar su eficacia en modelos clínicos.

Palabras clave: *Bougainvillea glabra*, resistencia antimicrobiana, amikacina, gentamicina, *Escherichia coli*.

¹ Autor principal

Correspondencia: lo428594@uaeh.edu.mx

Bougainvillea glabra increased the antimicrobial effect of gentamicin against *Escherichia coli* “in vitro”

ABSTRACT

Antimicrobial resistance represents one of the main challenges to global health, as it limits the effectiveness of antibiotics and threatens a post-antibiotic era. As alternatives, medicinal plant extracts offer promising prospects for enhancing the action of conventional drugs. In this study, the effect of the hydroalcoholic extract of *Bougainvillea glabra* was evaluated to determine the antimicrobial activity of amikacin and gentamicin against *Escherichia coli* ATCC 25922 *in vitro*. The extract was made from the plant's bracts by maceration in 70% ethanol and analyzed using the disk diffusion technique on Mueller-Hinton agar. The results showed that the extract had its own antimicrobial activity and that, in combination with aminoglycosides, it significantly increased the inhibition halos, particularly gentamicin, which went from 9.04 mm to 17.98 mm, and amikacin, which went from 15.82 mm to 19.78 mm, evidence of an increase in the antimicrobial effect. In addition, the overall resistance of the strain decreased from 33.3% to 25% in the presence of the extract. These findings suggest that *Bougainvillea glabra* could be used as an adjunct in the treatment of resistant infections, although further studies are needed to identify the responsible metabolites and validate their efficacy in clinical models.

Keywords: *Bougainvillea glabra*, antimicrobial resistance, amikacin, gentamicin, *Escherichia coli*.

*Artículo recibido 10 diciembre 2025
Aceptado para publicación: 10 enero 2026*



INTRODUCCIÓN

La OMS advierte que en pleno siglo XXI se tenga pocas opciones para tratar infecciones bacterianas y con ello de paso a una era “pos antibiótica”, cuyo objetivo nos dice que, aún contando con gran variedad de antibióticos, ninguno será efectivo dentro de unos años más. Este fenómeno se debe, en gran medida, al uso indiscriminado de antibióticos en medicina, ganadería y agricultura, lo que ha favorecido la aparición y diseminación de bacterias multiresistentes (OMS, 2021., Vanegas-Múnica et al., 2020).

Anualmente un mínimo de 700 000 individuos muere debido a enfermedades farmacorresistentes, de las cuales aproximadamente 230 000 fallecen a causa de la tuberculosis multirresistente. Se calcula que, en el año 2050, las infecciones multirresistentes a antibióticos se convertirán en una de entre las primeras causas de muerte, superando los 10 millones de fallecimientos anuales. La RAM se desarrolla a consecuencia de mutaciones que manifiestan las bacterias en respuesta al empleo de esta clase de medicamentos, esta resistencia puede ser acelerada por el uso inadecuado y desmedido de estos mismos tomando en cuenta que no existe un buen plan de medidas y monitoreo de infecciones (OMS, 2020).

Con el paso del tiempo, la eficacia de los antibióticos se ha visto comprometida originado a la notable capacidad adaptativa de los microorganismos a condiciones ambientales adversas, tales como, variaciones extremas de temperatura, disponibilidad limitada o excesiva de oxígeno, escasez de nutrientes en medios hostiles, además son capaces de transferir genéticamente esta información a otras cepas, estimulando la extensión de la resistencia. Esta plasticidad adaptativa les confiere ventajas de supervivencia y favorece la evolución de múltiples mecanismos de resistencia frente a los antimicrobianos. Ante este panorama tanto la industria farmacéutica y otros sectores de la salud tienen el propósito de mejorar y enfocar esfuerzos para optimizar los antibióticos disponibles con la finalidad ampliar el espectro de acción y recuperar su eficacia clínica (Consejo General de Colegios de Farmacéuticos, 2024).

A causa de la creciente problemática generada por la resistencia antimicrobiana, resulta indispensable explorar alternativas terapéuticas que potencien el grado de éxito de antibióticos disponibles. En este contexto, los derivados vegetales representan una fuente prometedora de compuestos bioactivos que tienen la facultad de aumentar el efecto antibacteriano (AlSheikh et al., 2020). Es por ello que el objetivo del presente trabajo es evaluar el efecto del extracto hidroalcohólico de *Bougainvillea glabra*, como



posible coadyuvante terapéutico en la actividad de amikacina y gentamicina frente a *Escherichia coli* en condiciones *in vitro*.

Como antecedentes, la *Bougainvillea glabra* es una especie nativa de Sudamérica que pertenece a la familia *Nyctaginaceae*, su nombre se le atribuye al navegador francés y comandante militar Louis Antonie de Bouganville, quien fue el primer europeo en documentar la planta en Brasil en 1768 y fue identificada en 1850 primeramente por el botánico suizo Jacques Denys Choisy. Esta se puede encontrar en variedad de tonalidades desde rosa fucsia, café, roja, morada, blanca y bicolor. Se localiza principalmente en zonas con climas cálidos, semicálidos y templados. Este tipo de planta por su naturaleza se le atribuye características ornamentales, medicinales y comerciales, en México tiene usos en medicina tradicional para aliviar distintas afecciones, las brácteas son utilizadas para preparar jarabes e infusiones que son empleadas a decir popular para aliviar la tos, ronquidos y dolores de pulmón; además de mitigar la “alferecía de niños” (cuya palabra se utiliza para hablar de una enfermedad caracterizada por convulsiones y pérdida de conocimiento, muchas veces asociado a epilepsia) ahogamiento, dolor de estómago, barros, mal de orín, tos ferina y para realizar limpias (Estrella y González, 2020).

(Edwin. E et al., 2007) comentan que la hoja de *B. glabra* tiene efectos antiinflamatorios, en la región de Mandsuar, India la emplean como tratamiento antidiarreico y para reducir la acidez de estómago, igualmente detectaron que la actividad antidiarreica está asociada a la característica antimicrobiana que la planta presenta.

Así pues para experimentar el efecto antibacteriano del extracto de *B. glabra* se implementó en el desarrollo del estudio *Escherichia coli*, cuya bacteria tiene gran relevancia clínica ya que se manifiesta tanto en infecciones de tipo comunitario como hospitalarias y que cada año notablemente va aumentando su resistencia hacia los antibióticos, debido a diversos factores como, la recurrencia infecciones en los pacientes, antibioticoterapia no completada, diagnósticos erróneos, desabasto de insumos farmacéuticos en el sector sanitario, uso inadecuado o excesivo de estos medicamentos y automedicación, ocasionando que el manejo clínico se complique y se desgasten todas las opciones terapéuticas conocidas (Peñaloza y Aspiazu, 2021., Medline, 2024). En contexto la creciente amenaza a esta problemática exige la mejora de estrategias innovadoras, los extractos vegetales representan una alternativa prometedora al contener



sustancias con actividad antimicrobiana y capacidad moduladora de fármacos (Angelini, 2024). Por ello en este trabajo de investigación tendrá como objetivo principal únicamente en analizar el efecto *in vitro* que ejerce la planta *B. glabra* sobre la bacteria *E. coli* y sus posibles aplicaciones para optimizar la antibioticoterapia.

METODOLOGÍA

Material vegetal

El día 26 de febrero de 2025 se colectaron las brácteas con flores de la planta *Bougainvillea glabra* color púrpura en el Herbario Medicinal del Área Académica de Farmacia del ICSa UAEH, ubicado en la comunidad de San Juan Tilcuaatlá perteneciente al municipio de San Agustín Tlaxiaca, Hidalgo, México. La colecta se llevó a cabo de entre 09:10 de la mañana, se cuidó que las brácteas y flores estuvieran libres de algún tipo de plaga o se encontraran marchitas o con otro color, se sometieron a un lavado con agua corriente y se secaron con papel absorbente.

Preparación del extracto

Se pesaron 100 g de material vegetal y se cortaron trozos de entre 0.2 a 0.5 cm, se maceraron en un extracto hidroalcohólico al 70 % (Alcohol etílico anhidro A.C.S de Química Meyer), se conservó a temperatura ambiente habitual durante 96 horas y en seguimiento durante 8 horas a 70 °C, por último, el extracto se evaporó.

Actividad antimicrobiana

Para el análisis de la función antibacteriana del extracto hidroalcohólico de *B. glabra per se*, en combinación a diversos antibióticos se utilizó *Escherichia coli* ATCC 25922 y al mismo tiempo el método de Kirby – Bauer con caldo nutritivo de Mueller – Hilton (Casa comercial, DIBICO®). Se emplearon triplicados para las muestras control y las muestras con el extracto a experimentar.

Con el propósito de estudiar el objetivo se establecieron tres grupos experimentales:

1. Grupo control (-): Este grupo consistió únicamente en el cultivo de *E. coli* en agar Mueller Hinton (Casa comercial, DIBICO®) y antibiograma negativo [Gutierrez Ramos Multibac para bacterias (Gram -) Serie 2].



2. Grupo control (+): Este grupo consistió únicamente en el cultivo de la *E.coli* en agar Mueller Hinton (Casa comercial, DIBICO®) y antibiograma positivo [Gutierrez Ramos Multibac para bacterias (Gram +) Serie 2].
3. Grupo con extracto de *B. glabra*: En este grupo se usó la combinación del extracto con el agar y se realizó el cultivo bacteriano en agar Mueller-Hinton (Casa comercial, DIBICO®) mezclado con extracto de *B. glabra*.
4. Grupo con extracto de *B. glabra* y antibiograma negativo [Gutierrez Ramos Multibac para bacterias (Gram -) Serie 2]: Este grupo incluyó la combinación del extracto con agar Mueller-Hinton (Casa comercial, DIBICO®), se realizó cultivo bacteriano y antibiograma negativo.

Estos grupos permitieron identificar el efecto del extracto de *B. glabra* en la capacidad antibacteriana, comparando los resultados del grupo control con antibiograma. En la situación de los grupos 3 y 4 se hizo uso de una concentración de 1 g / L de extracto hidroalcohólico de *B. glabra*.

Para estandarizar la suspensión bacteriana se optó por aplicar el método de McFarland, se preparó la solución en un matraz Erlenmeyer de 50 ml con una concentración de 1.5×10^8 UFC/ml. La siembra se efectuó con 1 ml de solución de *E. coli* sobre las cajas con agar Mueller – Hinton de los cuatro grupos a estudiar, ya que secaran las cajas Petri con las siembras se colocaron los antibiogramas en todos los grupos y se llevaron a la incubadora a 37 °C a 24 horas.

Análisis de los resultados

Para la interpretación de los registros microbiológicos se utilizó un vernier digital para medir los halos de inhibición que arrojaron los antibiogramas con la finalidad de aplicar los parámetros de sensibilidad que describe el proveedor [Gutierrez Ramos Multibac para bacterias (Gram -) Serie 2]:

- Sensible: Revela que la infección provocada por la cepa bacteriana muestra oportunidad de tratarse con las dosis comunes del antibiótico.
- Intermedio: Se aproxima a concentraciones del antibiótico alcanzables usando dosis elevadas de lo normal.
- Resistente: Refiere a aquellas bacterias en cuestión que no se inhiben a concentraciones habituales alcanzadas en sangre o tejidos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha clasificado 12 grupos de patógenos más relevantes, la mayoría ellos son bacterias gramnegativas. Se divide en tres categorías según el nivel de urgencia para favorecer el progreso de nuevos tratamientos antibióticos: prioridad crítica, alta y media. Entre estos, *Escherichia coli* se posiciona en prioridad crítica (OMS, 2017).

Muchas bacterias gramnegativas son responsables de infecciones frecuentes, como neumonía e IVU, las cuales presentan un incremento significativo en resistencia a antibióticos disponibles actualmente. Por esta razón, la OMS insta a que los profesionales sanitarios dedicados al estudio de estas cepas resistentes apliquen esfuerzos en la búsqueda de nuevas soluciones y enfoques innovadores para superar la resistencia antimicrobiana (RAM), que representa un riesgo en aumento a nivel global (OMS, 2021).

Las opciones terapéuticas para infecciones ocasionadas por microorganismos como *Mycobacterium tuberculosis* y enterobacterias tales como *Escherichia coli*, *Klebsiella* y *Acinetobacter* son limitadas, causan enfermedades infecciosas graves, frecuentemente mortales predominando mayormente en entornos hospitalarios y residencias de adultos mayores (OMS, 2017).

Escherichia coli usualmente coloniza el intestino distal de humanos y animales. Algunas cepas son comensales inocuos, mientras que otras son patógenas y pueden causar infecciones alimentarias, infecciones urinarias, meningitis y, en casos severos, sepsis. Su alta plasticidad ecológica le permite adaptarse rápidamente a diversos ambientes, ya sea como organismo independiente o como comensal mutualista en el colon de mamíferos y aves (OMS, 2018., Ixtapan, 2018).

Para el tratamiento de infecciones por *E. coli*, los betalactámicos y las quinolonas son de las familias de antibióticos más utilizadas. No obstante, con el transcurso del tiempo, las bacterias han desarrollado mecanismos complejos de resistencia que brindan características para sobrevivir como consecuencia provocada a la acción de agentes antimicrobianos (OMS, 2018., Aguilar, 2017).

En un estudio desarrollado en el Hospital Regional ISSSTE de Puebla, México, se incluyeron 36 cepas en donde se detectaron 30 como *E. coli* aisladas de pacientes hospitalizados con diversas patologías, se midió la sensibilidad con 18 antibióticos de distintas familias por el método de Kirby-Bauer. En el antibiograma se detectó el 86.6% de (26/30) de las cepas, la cantidad de cepas resistentes a β-lactámicos fue por encima del 80% para 6 antibióticos: ampicilina (AMP), cefotaxima (CTX), organismos



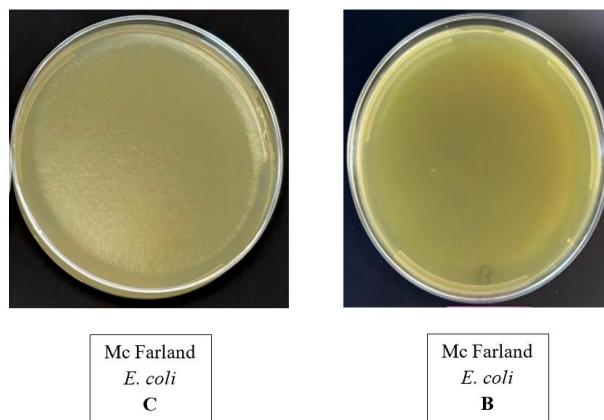
resistentes a carbapenémicos (CRO), aztreonam (ATM), ceftazidima (CAZ) y cefepima (FEP), asimismo para las quinolonas ácido nalidíxico (NA) y ciprofloxacino (CIP). El estudio analizó e identificó cepas de *E. coli* productores de BLEE y resistentes a quinolonas tanto en pacientes hospitalizados y de la comunidad (Aguilar, 2017).

A pesar del empleo frecuente de betalactámicos y quinolonas para el manejo de infecciones ocasionadas por *E.coli*, también el manejo de aminoglucósidos es muy conocido, pero lamentablemente algunas veces existe resistencia. Los aminoglucósidos cuentan con una calidad de espectro amplio y frecuentemente son más eficaces en bacterias G (-). En el Laboratorio de Infecciones Hospitalarias y de la Comunidad de Puebla, México, se analizaron 66 cepas provenientes de donaciones de biopsias de 3 pacientes con EII, dos de ellos con un tratamiento previo a quinolonas, para gentamicina (GE), amikacina (AK) y ácido nalidíxico (NA) 66 cepas se analizaron, en cambio para tobramicina, estreptomicina y ciprofloxacino (CIP) a 29 cepas se les realizó antibiograma. Los resultados examinados arrojaron un perfil de resistencia elevado para gentamicina (GE) 81.80% (54/66 cepas), tobramicina 79.30% (23/29), estreptomicina 89.60% (26/29), ácido nalidixico (NA) 83.00% (55/66), y ciprofloxacino 79.30% (23/29), mientras tanto en amikacina se detectó un parámetro sensible de 85.00% (56/66). Se concluyó que los aminoglucósidos y quinolonas, habitualmente no son efectivos en pacientes con EII ya que presentan alta resistencia (Alcalá, 2023).

Dado el contexto de resistencia bacteriana en aminoglucósidos y a la relevancia clínica de *Escherichia coli*, se exponen a continuación los resultados experimentales de la presente investigación que evidencian un efecto potencialmente beneficioso del extracto evaluado.

En el avance se registró un crecimiento positivo de *E. coli* en los cultivos control (C) que solo contenían agar, en los cultivos en combinación con el extracto de *B. Glabra* (B) se detectó que el desarrollo bacteriano de *E. coli* fue inhibido.

Figura 1. De lado izquierdo (**C**) se muestra el cultivo de *E. coli* en agar Mueller – Hinton donde se observó opaca la caja Petri indicando crecimiento bacteriano y de lado derecho (**B**) se muestra el cultivo de agar Mueller – Hinton en combinación con el extracto de *B. glabra* que demostró la detención del crecimiento bacteriano.



Asimismo *E. coli* ATCC 25922 mostró resistencia de 33.33% a los distintos antibióticos del antibiograma (rojo) para bacterias G (-) [Gutierrez Ramos Multibac para bacterias (Gram -) Serie 2].

Tabla 1. Resistencia de *Escherichia coli* ATCC 25922 a cuatro antibióticos incluidos en el antibiograma

Antibiótico	Resistente	Intermedio	Sensible
Amikacina (AK)		+	
Ampicilina (AM)	+		
Carbecilina (CB)	+		
Cefalotina (CF)	+		
Cefotaxima (CF)		+	
Ciprofloxacino (CPF)			+
Cloranfenicol (CL)			+
Gentamicina (GE)	+		
Netilmicina (NET)			+
Nitrofurantoina (NF)			+
Sulfametoxazol/trimetroprim (SXTE)			+
Norfloxacino (NOF)			+

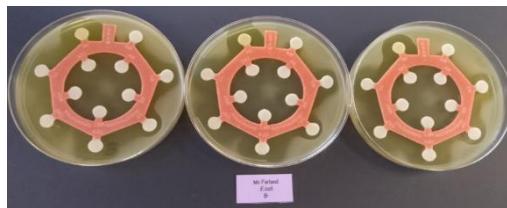
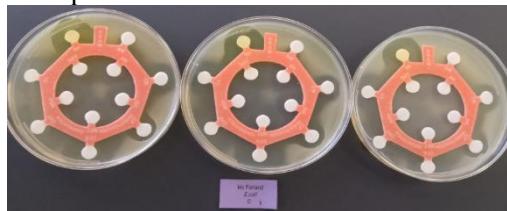
De las manifestaciones más relevantes fue en relación con gentamicina (GE), aunque al inicio se mostró resistente, su combinación con el extracto hidroalcohólico de *B. glabra* tuvo un efecto sensible a *E. coli* e igualmente con amikacina (AK), reveló que de tener un efecto intermedio la cepa pasó a ser sensible, los halos de inhibición de ambos antibióticos aumentaron su diámetro como se muestra a continuación.

Tabla 2. Resistencia de *E. coli* a diversos antibióticos junto con el extracto hidroalcohólico de *B. glabra*, los halos de inhibición de amikacina (AK) y gentamicina (GE) mejoraron.

Antibiótico	C(+) Halo (mm)	Con <i>B. glabra</i> Halo (mm)
Amikacina (AK)	15.82	19.78
Ampicilina (AM)	0	8.23
Carbecilina (CB)	14.38	15.46
Cefalotina (CF)	11.46	13.63
Cefotaxima (CF)	25.42	25.75
Ciprofloxacino (CPF)	28.19	27.28
Cloranfenicol (CL)	20.58	21.56
Gentamicina (GE)	9.04	17.98
Netilmicina (NET)	17.72	20.66
Nitrofurantoina (NF)	19.8	20.76
Sulfametoxazol/trimetroprim (SXTE)	20.27	22.22
Norfloxacino (NOF)	20.92	23.64



Figura 2. La incorporación del extracto de *B. glabra* en el medio Mueller-Hinton resultó en un incremento de los halos de inhibición generados por amikacina (AK) y gentamicina (GE) en pruebas de susceptibilidad frente a *E. coli*.



Como antecedentes, en estudios previos se ha reportado la evaluación del efecto antimicrobiano de *B. glabra* utilizando tres tipos de extractos obtenidos de sus hojas: acuoso, acetónico y etanólico, los extractos fueron testeados ante *Escherichia coli* (NCIM 2931), *Bacillus subtilis* (NCIM 2063), *Klebsiella pneumoniae* (NCIM 2957), *Staphylococcus aureus* (NCIM 2079) y *Proteus vulgaris* (NCIM 2027). Los resultados demostraron que el extracto acetónico de hojas de *B. glabra* presentó la mayor eficacia antimicrobiana, atribuida a la existencia de compuestos como, alcaloides, flavonoides, taninos, saponinas, pinitol y betacianinas, considerados como los agentes responsables de dicha actividad (Edwin et al., 2007., Saleem, 2020). Por otro lado, se ha documentado que los compuestos de los extractos etanólicos y acuosos de las brácteas de la *G. glabra* tienen propiedades antibacterianas (Osuna et al., 2005, como se citó en Ornelas et al., 2025).

Hablando de las aplicaciones médicas de esta especie vegetal es la implementación de nanopartículas de plata sintetizadas mediante *B. spectabilis* que forma parte de la familia de *B. Glabra*, en esta investigación describe que el extracto acuoso de *B. spectabilis* presenta cualidades antimicrobianas que se potencian cuando están presentes en tamaño nanométrico, además de ser biocompatibles. Las bacterias implicadas para corroborar la efectividad antibacteriana fueron *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* y *Staphylococcus aureus* aislados procedentes de úlceras de pie diabético, igual cepas de *Klebsiella pneumoniae* ATCC 700603 y *Staphylococcus aureus* 25923, resaltando su efectividad particularmente hacia bacterias gramnegativas como *E. coli* (Ramírez-Herrera, 2024).

Desde sus perspectivas, Ornelas et al. (2025) determinaron la capacidad antibacteriana de extractos con brácteas de *B. glabra* obtenidos por diferentes técnicas de extracción (Soxhlet, sonificación y maceración) y solventes (agua, metanol, etanol y acetona), utilizando el método de difusión en pozo. Los autores concluyeron que el extracto metanólico obtenido por Soxhlet presentó la mayor actividad antibacteriana, evidenciada por un incremento en los diámetros de inhibición. En el análisis, *Pseudomonas aeruginosa* fue la cepa más sensible (15.6 mm), seguida por *Staphylococcus epidermidis* (10.6 mm), *Staphylococcus aureus* (9.6 mm), *Acinetobacter baumannii* (8.3 mm) y *Escherichia coli* (4.1 mm). Dichos resultados indican que las especies bacterianas gramnegativas fueron menos susceptibles al extracto, posiblemente a la complejidad estructural de su envoltura celular. Además, el espacio periplásmico de estas bacterias puede contener enzimas capaces de degradar sustancias externas, facilitando mayor resistencia.

En igual sentido, Mayo et al. (2020) reportaron que el extracto etanólico de las flores de *Bougainvillea* no presentó actividad inhibitoria hacia a *Staphylococcus aureus*, aunque sí frente a *Streptococcus pyogenes*. Los autores sugirieron que podrían requerirse concentraciones más altas del extracto para confirmar la aparente inactividad frente a *S. aureus*.

Al revisar la información, la acción antibacteriana de *B. glabra* presenta variaciones, particularmente contra *E. coli*, en un estudio, se reportó que el extracto etanólico obtenido de las brácteas de *B. glabra* no mostró inhibición contra esta bacteria, lo que se asoció a factores como, el origen del material biológico, los métodos de extracción empleados y la pureza de los extractos. Las variaciones observadas entre estudios pueden explicarse por múltiples determinantes que impactan en el perfil fitoquímico de los tipos de plantas medicinales tales como, la edad, las condiciones ambientales (clima, temperatura, luz, altitud y humedad) y los factores biológicos como hibridación, mutaciones, variaciones genéticas y diferencias fisiológicas aspectos que podrían explicar las diferencias de los hallazgos obtenidos por distintos autores (Miranda y Cuéllar, 2001; Compean-Vargas et al., 2024).

Para explicar el modo de acción de *B. glabra* frente a *E. coli*, es relevante destacar los fitoquímicos que componen a dicha planta. Se manejó las brácteas de *B. glabra* en este trabajo, en ellas están presentes metabolitos secundarios tal como, ácidos grasos, alcoholes grasos, aldehídos, cetonas, terpenos, ácidos

fenólicos y flavonoides (Vukovic et al., 2013, Abarca-Vargas et al., 2016, 2019; Saleem et al., 2020; como se citó en Compean-Vargas et al., 2024).

La literatura y en las distintas fuentes de información nos dicen que el alcohol etílico pudo aislar de las brácteas de *B. glabra* metabolitos secundarios como, terpenos (saponinas), flavonoides (quer cetina), taninos (ácido gálico) y betalaínas (betacinaína) las que probablemente son responsables del efecto antimicrobiano. (Pandey y Tripathi, 2013; Abubakar y Haque, 2020; Lee et al., 2024 como se citó en Ornelas et al., 2025).

Hablando de las vías a través de las cuales actúan los metabolitos implicados se tienen diversas hipótesis, (Cowan 1999, como se citó en Mayo et al., 2020) menciona que “la actividad de los flavonoides ante la acción hacia los microorganismos probablemente se debe a la unión y formación de complejos con proteínas en forma soluble, extracelulares y con las células de la pared bacteriana. De forma similar, los taninos poseen una interacción sobre adhesinas (proteínas de la pared celular) y a la unión a polisacáridos de las bacterias”.

Los betalaínas y flavonoides han sido asociados con mecanismos antibacterianos que comprenden, la desestabilización de la bicapa lipídica de la membrana celular, cambios en la conformación de los ácidos grasos, baja captación de nutrientes (glucosa), elevación de la permeabilidad membranal que provoca fugas iónicas (potasio y protones), interferencia con funciones enzimáticas vitales causando lisis celular o impedir la replicación. La quer cetina tiene la propiedad de unirse a enzimas bacterianas que son clave, tal como sucede en el ADN girasa de *E. coli*, intentando evitar la replicación del ADN bacteriano y limitando su proliferación. Los taninos poseen el poder de anular proteínas y enzimas secretadas por los microorganismos, evitando procesos de infección (Lee et al., 2024, Yazdanian et al., 2022, Ringuette, 2013 como se citó en Ornelas et al., 2025).

Según Rey et al. (2013, como se citó en Ponce, 2022), el posible mecanismo de acción de las saponinas consiste en la alteración de la permeabilidad de la membrana creando poros que permite liberar proteínas intracelulares. Asimismo, se observaron variaciones en las estructuras bioquímicas y los constituyentes celulares, incluyendo proteínas, polisacáridos, ácidos grasos y ácidos nucleicos, tanto en bacterias grampositivas como gramnegativas, provocando daños estructurales y funcionales en las células.

Los efectos del empleo del extracto hidroalcohólico de *B. glabra* en pruebas “*in vitro*” con *E. coli*, muestran que, en ciertos antibióticos, se logró un incremento antibacteriano. Se registró un mejoramiento en algunos de los antibióticos experimentados, disminuyendo la resistencia en aquellos que sin la presencia del extracto no presentaron actividad frente a *E. coli* principalmente en gentamicina (GE) y amikacina (AK).

Los resultados del actual proyecto de investigación pueden ser parte de soluciones innovadoras para contrarrestar la resistencia microbiana a antibióticos que ya desde hace años pero que últimamente se ha hecho cada vez más frecuente con un impacto y relevancia clínica (WHO, 2023).

El empleo de *B. glabra* tiene un buen pronóstico para formar parte de propuestas innovadoras a soluciones contra la RAM, tomando como referencia la información revisada, existe un área de oportunidad para el empleo de las brácteas y flores de *Bougainvillea glabra* como agente potencial para combatir *Escherichia coli* y quizá a otras cepas multirresistentes que comprometen la salud mundial.

CONCLUSIONES

Se evidenció que *Escherichia coli* ATCC 25922 presentó resistencia a 4 de los 12 antibióticos evaluados. Al combinar estos fármacos con el extracto hidroalcohólico de *Bougainvillea glabra*, dos aminoglucósidos mostraron un incremento del efecto, reduciéndose la resistencia inicialmente registrada. En particular, la gentamicina (GE) que inicialmente se clasificó como resistente, pasó a sensible tras la combinación; de modo similar, la amikacina que manifestó un efecto intermedio logró modificarse a sensible.

Estos resultados demuestran que el empleo del extracto hidroalcohólico de *Bougainvillea glabra* puede incrementar la eficacia antibacteriana de los aminoglucósidos frente a *E. coli* resistente. La implementación de extractos vegetales representa una estrategia potencial para optimizar o innovar antibióticos y dar paso a tratamientos de bacterias patógenas con relevancia clínica; no obstante, aún existen limitaciones para su implementación que requieren investigación adicional antes de su aplicación translacional.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Organización Mundial de la Salud. (17 de noviembre de 2021). *Resistencia a los antimicrobianos*.

<https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/antimicrobial-resistance>

Vanegas-Múnica, J. M., Jiménez-Quiceno, J. N. (2020). Resistencia antimicrobiana en el siglo XXI: ¿hacia una era postantibiótica? *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*, 38(1), 1–6.

<https://doi.org/10.17533/udea.rfnsp.v38n1e337759>

Organización Mundial de la Salud. (31 de julio de 2020). *Resistencia a los antibióticos*.

<https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/antibiotic-resistance>

Consejo General de Colegios Oficiales de Farmacéuticos. (2024). *Panorama de las resistencias microbianas y nuevos antibióticos (Punto Farmacológico, n. 185)*.

<https://www.farmaceuticos.com/wp-content/uploads/2024/11/PF-185-Panorama-de-las-resistencias-microbianas.pdf>

AlSheikh, H. M. A., Sultan, I., Kumar, V., Rather, I. A., Al-Sheikh, H., Tasleem Jan, A., & Haq, Q. M. R. (2020). Plant-Based Phytochemicals as Possible Alternative in Combating Bacterial Drug Resistance, *Antibiotics*, 9 (8), 480. <https://doi.org/10.3390/antibiotics9080480>

Estrella-Aranda, F.G., González-Salazar L.A. (2020) *Evaluación de la actividad acaricida de tres extractos vegetales, Noni (Morinda citrifolia), Higuerilla (Ricinus communis) y Buganvilla (Bougainvillea glabra choisy) para el control de Raoiella indica en Cocos nucifera* (Tesis de licenciatura, Universidad de Quintana Roo).

<https://risisbi.uqroo.mx/server/api/core/bitstreams/f17395ba-ab5e-4143-bb6b-021fb8e14cfe/content>

Edwin, E., Sheeja, E., Toppo, E., Tiwari, V & Dutt KR. (2007). Anti-diarrhoeal, anti ulcer and antimicrobial activities of leaves of *Bougainvillea glabra Choisy*. *Ars Pharmaceutica*, 48(2), 135-144.

<https://digibug.ugr.es/bitstream/handle/10481/27961/Ars%20Pharm%202007%3b48%282%29135-144.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Saleem, H., Htar, T.T., Naidu, R., Anwar, S., Zengin, G., Locatelli, M., & Ahemad, N. (2020). HPLC-PDA polyphenolic quantification, UHPLC-MS secondary metabolite composition, and In



Vitro enzyme inhibition potential of *Bougainvillea glabra*. *Plants*, 9(3), 1-11.

<https://www.mdpi.com/2223-7747/9/3/388>

Peñaloza Piña, L.M, & Aspiazu Hisnstroza. (2021). Mecanismos de Resistencia de *Escherichia coli* en América Latina. *Vive Revista de Salud*, 4(11), 90-103.

<https://doi.org/10.33996/revistavive.v4i11.88>

Medline Plus. (May 3, 2024). *Antibiotic resistance*.

<https://medlineplus.gov/ency/patientinstructions/000957.htm>

Angelini, P. (2024). “Plant-Derived Antimicrobials and Their Crucial Role Combating Antimicrobial Resistance”. *Antibiotics*, 13(8), 746. <https://doi.org/10.3390/antibiotics13080746>

Organización Mundial de la Salud. (31 de julio de 2021). *Resistencia a los antibióticos*.

<https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/antibiotic-resistance>

Organización Mundial de la Salud. (27 de febrero de 2017). *La OMS publica la lista de las bacterias para las que se necesitan urgentemente nuevos antibióticos*.

<https://www.who.int/es/news/item/27-02-2017-who-publishes-list-of-bacteria-for-which-new-antibiotics-are-urgently-needed>

Organización Mundial de la Salud. (7 de febrero de 2018). *E. coli*. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/e-coli>

Ixtapan-Tejero, C, (2018) *Características de virulencia, resistencia y transferencia del material genético en cepas de E. coli uropatógena* (Tesis de licenciatura, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla). <https://repositorioinstitucional.buap.mx/items/4db1a3ec-15d0-4ba5-b701-4220202f79ce>

Aguilar-Osorio, J.C, (2019) *Estudio molecular de la resistencia a antibióticos β-lactámicos y quinolonas de cepas clínicas de Escherichia coli* (Tesis de maestría, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla). <https://repositorioinstitucional.buap.mx/items/38e4b6c7-8d96-4406-be93-1b8b47286fe6>

Alcalá-Martínez, H.A, (2023) *Estudio de la resistencia a quinolonas y aminoglucósidos en cepas de Escherichia coli aisladas de pacientes con Enfermedad Inflamatoria Intestinal* (Tesis de licenciatura, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla).

<https://repositorioinstitucional.buap.mx/items/38e4b6c7-8d96-4406-be93-1b8b47286fe6>



Ornelas-García, I.G, (2025) *Perfil fitoquímico, propiedades antioxidantes, antimicrobiana y antibiopelícula del extracto de brácteas de buganvilla (Bougainvillea glabra)* (Tesis de doctorado, Universidad Autónoma de Aguascalientes).

<http://bdigital.dgse.uaa.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/11317/3277/480000.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Ramírez-Herrera, A.D., Barbosa-Sabanero, G., Lazo-de-la-Vega-Monroy., & González-Domínguez, M.I. (2024) *Bougainvillea spectabilis* como mediadora para la biosíntesis de nanopartículas de plata: evaluación de su efecto antimicrobiano y citotóxico. *Biotechnia*, (26), 332-341.

<https://doi.org/10.18633/biotechnia.v26.2257>

Mayo-Tadeo, R.I., Espinoza-Rojo, M., Jiménez-Hernández, J., Godínez-Jaimes, F., Damián-Nava, A., & Vargas-Álvarez, D. (2020) Poliextractos de plantas medicinales vs bacterias asociadas a enfermedades respiratorias (IRAS). *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 11(5), 1171-1177. <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i5.1595>

Compeán-Vargas, C., Pichardo-Sánchez, A., Rodríguez-Durán, N.R., Del Ángel-Del Ángel, L.V., & Rodríguez-Durán, L.V. (2024) Extracción y caracterización de pigmentos de las brácteas bugambilia (*Bougainvillea sp.*). *Mexican Journal of technology and engineering*, 3(1), 44-53.

<https://doi.org/10.61767/mjte.003.1.4453>

Miranda-Martínez, M., Cuéllar-Cuéllar, A. (2001). *Farmacognosia y productos naturales*. Editorial “Felix Varela”.

Ponce-Acosta, C.N, (2022) *Caracterización y actividad antibacteriana de micropartículas compuestas de quitosano y extracto con saponinas de Yucca baccata* (Tesis de maestría, Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C).

<https://ciad.repositoryinstitucional.mx/jspui/bitstream/1006/1319/1/Claudia%20Nayelli%20Ponce%20Acosta.pdf#:~:text=es%20 posible%20 explicar%20 un%20 potencial%20 mecanismo%20 de, con%20 la%20 subsecuente%20 liberaci%C3%B3n%20 de%20 prote%C3%A9nidas%20 intracelulares>

World Health Organization. (21 de noviembre de 2023). *Antimicrobial resistance*.

<https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/antimicrobial-resistance>

