

Evaluación antimicrobiana de extractos vegetales de la ENMS-GTO con potencial aplicación en formulaciones desinfectantes.

Barbosa Ortiz Diego Emiliano¹, González del Valle Rut Sarai¹, Ríos Lara Camila Renata¹, Morales Padilla Yolanda Mahely¹, Pacheco Guerra Nancy Edith¹, Silva Lozano Emilia¹

¹ Escuela del Nivel Medio Superior de Guanajuato, Colegio del Nivel Medio Superior, Universidad de Guanajuato.
mpadilla@ugto.mx, ne.pacheco@ugto.mx, esilva@ugto.mx

Resumen

En este estudio se evaluó la actividad antimicrobiana de extractos metanólicos de hojas de *Persea americana*, *Citrus limon* y *Eucalyptus citriodora*, obtenidos mediante maceración. Los extractos se aplicaron por difusión en agar a concentraciones de 25 %, 50 % y 100 % (con control negativo al 0 %), con pruebas por triplicado. Todos los extractos mostraron actividad antimicrobiana, destacando *E. citriodora*, que produjo los halos de inhibición más amplios frente a bacterias Gram negativas. *P. americana* presentó eficacia intermedia y *C. limon* el menor efecto. Estos resultados evidencian el potencial de especies vegetales de uso común como fuentes accesibles y económicas de compuestos antimicrobianos naturales, con aplicaciones en el desarrollo de desinfectantes de origen vegetal.

Palabras clave: Actividad antimicrobiana, extractos vegetales, *Persea americana*, *Citrus limon*, *Eucalyptus citriodora*, plantas medicinales, resistencia bacteriana.

Objetivos

Con fundamento en los objetivos 4: educación de calidad, y 13: acción por el clima, de los ODS de la Agenda 2030 de la Organización de las Naciones Unidas, se pretende la obtención de compuestos orgánicos de las especies vegetales prolíferas de la ENMS-GTO, por medio de extracción y valoración de la actividad antimicrobiana para el desarrollo de una formulación desinfectante de origen natural. Así como promover la formación de jóvenes investigadores con conciencia y responsabilidad social, con el fin de que generen materiales de divulgación científica dirigidos a público especializado y general.

Antecedentes

Diversos estudios científicos han demostrado que las hojas de las especies *Persea americana* (aguacate), *Citrus limon* (limón), y *Eucalyptus citriodora* (eucalipto limón) contienen compuestos fenólicos, flavonoides y alcaloides que han demostrado efecto antimicrobiano contra *Staphylococcus aureus* (Ait-Ouozou et al., 2011), *Klebsiella pneumoniae* (Kizilyildirim et al., 2024) y *Streptococcus B-hemolítico* (Sánchez Mejía et al., 2018). Se ha demostrado que extractos metanólicos inhiben hasta un 90% del crecimiento bacteriano a concentraciones de 1 mg/mL como se observa en estudios previos de extractos vegetales. (Ameya et al., 2017).

Introducción

La resistencia bacteriana es uno de los principales retos de la salud pública a nivel mundial. Ante este problema, se han buscado alternativas naturales accesibles para la población general, teniendo como primera opción la utilización de extractos vegetales. En la actualidad, con el avance de la ciencia y la tecnología, surge la pregunta: “¿por qué seguir utilizando plantas medicinales si existen fármacos específicos?”. La respuesta radica en varios factores: su disponibilidad, bajo costo, riqueza en compuestos bioactivos y, además, su valor como patrimonio cultural. Integrar el conocimiento ancestral con la investigación científica contemporánea permite enriquecer la medicina y encontrar nuevas soluciones frente a las enfermedades infecciosas.

Microorganismos tales como bacterias y los hongos pueden tener relaciones mutualistas o simbióticas con el ser humano, sin embargo, algunas especies son conocidas por su potencial infección. Algunos ejemplos son: *Escherichia coli*, causante de infecciones intestinales y urinarias; *Staphylococcus aureus*, asociada a infecciones cutáneas y respiratorias; *Klebsiella pneumoniae* y *Pseudomonas aeruginosa*, ambas implicadas en neumonías, septicemias e infecciones nosocomiales. En el caso de los hongos, especies como *Candida albicans* o *Aspergillus fumigatus* representan una amenaza significativa en ambientes clínicos.

En las últimas décadas, el uso excesivo y, en ocasiones, inapropiado de antibióticos y antifúngicos ha favorecido la aparición de cepas resistentes a múltiples tratamientos, lo que representa un desafío creciente para los sistemas de salud pública (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2023). Esta situación ha impulsado la búsqueda de nuevas fuentes de compuestos antimicrobianos, preferentemente aquellos que sean eficaces, accesibles y sostenibles. En este contexto, las plantas medicinales han emergido como una alternativa prometedora, dado que muchas de ellas producen metabolitos secundarios —como flavonoides, taninos, terpenos y aceites esenciales— con actividad antimicrobiana comprobada.

Específicamente, especies como el aguacate (*Persea americana*), el limón (*Citrus limon*) y el eucalipto limón (*Eucalyptus citriodora*) han demostrado potencial frente a bacterias y hongos patógenos. Las hojas del aguacate contienen compuestos fenólicos que afectan la integridad de las membranas bacterianas, inhibiendo el crecimiento de cepas como *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli*. (Kızılyıldırım et al., 2024). El limón es rico en limoneno, ácido ascórbico y flavonoides, compuestos con reconocida acción antibacteriana. Finalmente, el eucalipto limón presenta una alta concentración de citronelal, un terpeno con propiedades antimicrobianas eficaces incluso frente a hongos como *Candida albicans*. La disponibilidad, bajo costo y tradición en el uso de estas especies las convierten en excelentes candidatas para el desarrollo de alternativas terapéuticas naturales frente a la creciente amenaza de la resistencia microbiana.

Metodología

Se recolectaron hojas de *Persea americana*, *Citrus limon* y *Eucalyptus citriodora* bajo ciertas características morfológicas. Estas se pesaron en una balanza granataria y después fueron lavadas cuidadosamente con agua destilada para retirar cualquier resto de polvo, se secaron con papel. Fueron colocadas en la mufla a 40° C para su completo secado y deshidratación durante 48 horas. Posteriormente, se llevó a cabo la pulverización de las hojas.

Para la obtención del extracto, se utilizó el método de maceración. Se hizo pasar el polvo de las especies por un tamizador del #10. Se pesó en una balanza electrónica de precisión el polvo de cada especie sobre un papel encerado. Se midieron 50 ml de metanol (pureza al 99.8%) en el matraz. Se mezcló el polvo de cada especie con el metanol, se dejó macerar durante 48 horas. Posteriormente, los extractos fueron filtrados y almacenados en un refrigerador hasta su uso.

Para el crecimiento microbiológico se empleó medio agar nutritivo. Las muestras microbiológicas, se obtuvieron de espacios como el banco y el techo del laboratorio Biología de la ENMS-GTO. La actividad antimicrobiana fue evaluada mediante el método de difusión en agar. Para facilitar la aplicación y el análisis de diferentes concentraciones de los extractos, se trazó una división en forma de cruz en la parte inferior de las cajas de Petri, generando cuatro cuadrantes. Cada uno fue asignado a una concentración específica (0%, 25%, 50% y 100%), permitiendo evaluar la actividad antimicrobiana en una sola placa. Este proceso fue hecho al triplicado. Se sembraron suspensiones de microorganismos sobre la superficie del agar, y posteriormente se depositó en cada cuadrante un disco de 0.5 cm de diámetro que anteriormente había sido humedecido con el extracto de su concentración correspondiente. Estas fueron incubadas a 37° por 24 y 48 horas.

Posteriormente se realizó tinción de Gram, para analizar el tipo de bacterias encontradas en los cultivos.

Resultados

Se midió el diámetro de la zona de inhibición en centímetros (cm), y se calculó el promedio de los 3 ensayos realizados. Los resultados demostraron que el extracto de eucalipto limón presentó halos de inhibición más amplios, mientras que el del limón mostró menor actividad y el extracto de aguacate tuvo efecto moderado.

A continuación, se presentan los promedios de las medidas de los halos en una tabla comparativa.

Tabla 1. Promedios de los halos de inhibición de cada extracto vegetal en centímetros (cm).

	0%	25%	50%	100%
<i>Citrus limon</i>	0	0.36 cm	0.23 cm	0.16 cm
<i>Eucalyptus citriodora</i>	0	0.26 cm	0.03 cm*	1.03 cm
<i>Persea americana</i>	0	0.36 cm	0.4 cm	0.16 cm

Nota*: Cabe mencionar que en la concentración del 50 % para el extracto de *Eucalyptus citriodora*, solo una de las tres réplicas mostró zona de inhibición, mientras que las otras dos no presentaron efecto alguno. Por ello, el promedio obtenido en esa concentración resultó considerablemente bajo en comparación con los demás. Esta variabilidad es coherente con lo reportado en otros estudios, donde se ha observado que a concentraciones intermedias algunos extractos vegetales pierden eficacia debido a la menor cantidad de compuestos activos presentes (Jesús et al., 2015; Kızılyıldırım et al., 2024).

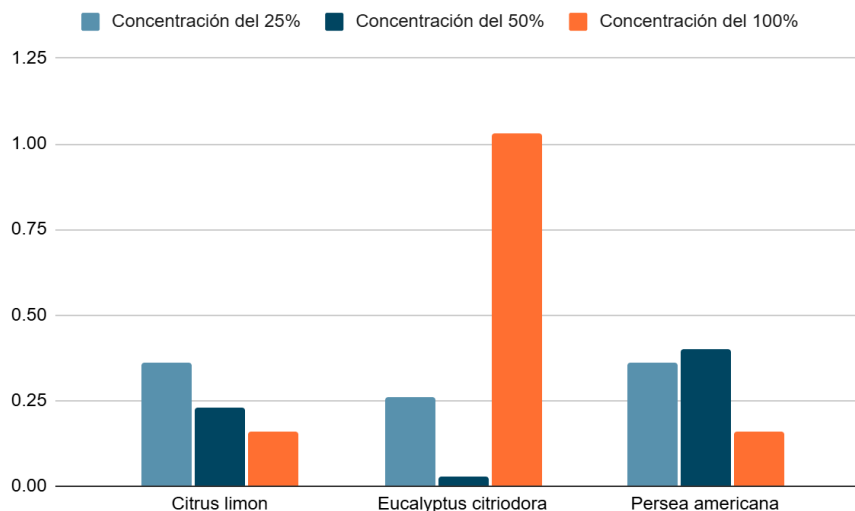


Figura 1. Gráfica de barras para comparación del halo de inhibición promedio (en cm) generado por los extractos vegetales en diferentes concentraciones.

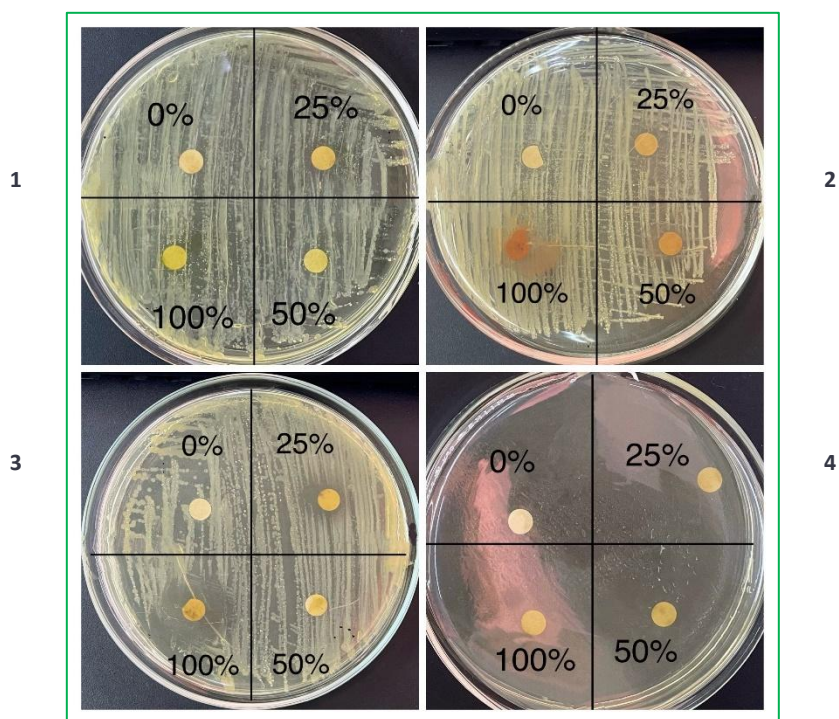


Figura 2. Zona de inhibición producida por cada extracto en la placa de agar.
Nota: 1. Citrus limon. 2. Persea americana. 3. Eucalyptus citriodora. 4. Control.

Al aplicar la tinción de Gram, las bacterias presentaron coloración rosada tras la tinción de Gram. Dando como resultado de bacterias Gram negativa. Este tipo de bacterias suele mostrar mayor resistencia a ciertos compuestos antimicrobianos, lo que podría explicar la variación en la eficacia observada entre los diferentes extractos vegetales evaluados.

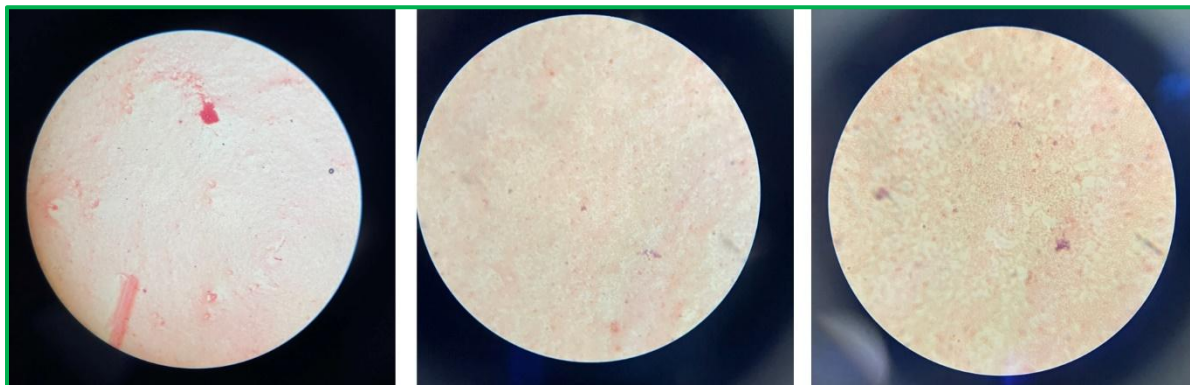


Figura 3. Tinción de Gram realizada a la bacteria presente en la muestra bajo el microscopio en los objetivos 10x, 40x y 100x. Se observa coloración rosada característica de bacterias Gram negativas.

Discusión

Actividad antimicrobiana de los extractos

Los extractos de *E. citriodora*, *P. americana* y *C. limon* mostraron actividad antimicrobiana frente a bacterias Gram negativas, con eficacia variable. *E. citriodora* generó los halos de inhibición más amplios, coincidiendo con Silva *et al.* (2021) quienes atribuyen este efecto a su alto contenido de citronelal (compuesto orgánico clasificado como aldehído monoterpenoide). Estudios de Ameya *et al.* (2017) destacan el amplio espectro de acción de especies del género *Eucalyptus*, reforzando la relevancia de nuestros hallazgos.

Comparación con *Persea americana* y *Citrus limon*

El extracto de *P. americana* mostró eficacia intermedia, consistente con Hernández & López (2019), atribuida a flavonoides y compuestos fenólicos que afectan la membrana bacteriana (Kızılyıldırım *et al.*, 2024). La variabilidad puede relacionarse con el proceso de extracción, incluyendo solvente, tiempo de maceración y temperatura (Jesús *et al.*, 2015).

La especie *C. limón* presentó menor eficacia, a diferencia de extractos de cáscara reportados por Torres *et al.*, 2020, lo que sugiere que la localización de metabolitos bioactivos influye significativamente, siendo más abundantes en la corteza que en las hojas.

Relevancia frente a bacterias Gram negativas

La eficacia frente a bacterias Gram negativas es significativa, dado que este grupo suele mostrar resistencia intrínseca a múltiples agentes antimicrobianos. Los resultados apoyan que las plantas medicinales representan una fuente valiosa de compuestos bioactivos para el desarrollo de desinfectantes alternativos, sostenibles y accesibles.

Conclusión

A partir de los resultados obtenidos, los extractos metanólicos de *Persea americana*, *Citrus limon* y *Eucalyptus citriodora* presentan efectos antibacterianos en diferentes grados de eficacia. Entre ellos, el extracto de hojas de *Eucalyptus citriodora* fue el que mostró mayor actividad antibacteriana, evidenciada por los halos de inhibición de mayor tamaño en comparación con los otros dos extractos. Esto sugiere una alta concentración de compuestos activos como el citronelal, conocido por su acción antimicrobiana. En contraste, el extracto de *Citrus limon* mostró la menor eficacia, especialmente en concentraciones bajas, lo que indica que sus compuestos bioactivos podrían requerir otras condiciones de extracción o aplicación para ser funcionales. El extracto de aguacate mostró una actividad intermedia, siendo también efectivo, pero en menor medida que el eucalipto.

A partir de los resultados obtenidos, la línea posible de investigación futura es la evaluación de otras partes de las mismas especies vegetales, como los frutos o los tallos, con el fin de comparar su actividad antimicrobiana con la de las hojas. Además, puede considerarse el diseño experimental de un producto desinfectante o limpiador a base de estos extractos naturales, lo cual permitiría explorar su aplicación práctica en contextos escolares, domésticos o comunitarios, y valorar su efectividad frente a productos comerciales mediante otras pruebas experimentales.

Además, esto respalda enfáticamente, la idea de que las plantas de uso tradicional logran ser una fuente viable de agentes antimicrobianos naturales, lo cual cobra relevancia frente al aumento de cepas bacterianas resistentes a agentes antimicrobianos convencionales (Organización Mundial de la Salud, 2023). La facilidad de acceso, el bajo costo y la compatibilidad con conocimientos tradicionales convierten a estas especies en candidatas prometedoras para su futuro análisis.

En este proyecto los estudiantes fueron partícipes de todo el proceso de investigación aplicando el método científico. La intervención con las y el estudiante se dio desde la búsqueda correcta de información, la presentación del proyecto, la realización de artículos, hasta la realización de catálogo de especies vegetales. Al culminar la investigación, los estudiantes mostraron gran interés y reafirmación por el área que escogieron como bachillerato, fomentando su interés por el área de ciencias. Por ello, se constata que, mediante la redacción y presentación de este proyecto a la comunidad universitaria, que este trabajo, favoreció y contribuyó al desarrollo de habilidades experimentales y de investigación en los jóvenes participantes, formándolos en el área de la investigación.

Bibliografía

- Ajayi E. R., Awala S. I., Olalekan O. T., & Alabi O. A. (2017). Evaluation of antimicrobial Potency and Phytochemical Screening of *Persea americana* Leaf. *Microbiology Research Journal International*, 20(4), 1–9. <https://journalmrji.com/index.php/MRJI/article/view/158/316>
- Awe, S., Adedayo, M. R., & Bamidele, D. B. (2024). Antibacterial potential of tapinanthus bangwensis (africa mistletoe) ethanolic extracts on selected clinical isolates. *Nature and Science*, 22(1), 29-34. https://www.researchgate.net/publication/380638900_ANTIBACTERIAL_POTENTIAL_OF_TAPINANTHUS_BANGWENSIS_AFRICA_MISTLETOE_ETHANOLIC_EXTRACTS_ON_SELECTED_CLINICAL_ISOLATES
- Dennis, D., Nurliza, C., & Savitri, W. (2017). Antibacterial effect of ethanol extract of the avocado seed (*Persea americana* Mill.) as an alternative root canal Irrigants against *Porphyromonas gingivalis* (InVitro). *International Journal of Applied Dental Sciences*, 3(1), 89–93. https://www.researchgate.net/publication/341163893_Antibacterial_effect_of_ethanol_extract_of_the_avocado_seed_Persea_Americana_Mill_as_an_alternative_root_canal_Irrigants_against_Porphyromonas_Gingivalis_In_Vitro
- Escalona Cruz, L. J., Tase Aguilar, A., Estrada Martínez, A., & Almaguer Mojena, M. L. (2015). Uso tradicional de plantas medicinales por el adulto mayor en la comunidad serrana de Corralillo Arriba. Guisa, Granma. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 20(4). http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=s1028-47962015000400007&script=sci_arttext
- García-Moreno, M. A., De la Garza Ramos, M. A., Martínez Ávila, G. C. G., Gutierrez Diez, A., Ojeda Zacarías, M. D. C., & Aguirre-Arzola, V. E. (2017). Inhibición de la expresión de sistema agr de *Staphylococcus aerus* resistente a metilicina mediante el uso de polifenoles totales de hojas de aguacate mexicano (*Persea americana* var. *Drymifolia*). *Nova scientia*, 9(18), 200. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-07052017000100200
- Jesús, D., Oliveira, J. R., Oliveira, F. E., Higa, K. C., Junqueira, J. C., Jorge, A. O., Back-Brito, G. N., & Oliveira, L. D. (2015). Extracto glicólico de *Persea americana*: estudio in vitro de la actividad antimicrobiana contra *Candida albicans* biofilm y evaluación de citotoxicidad. *The Scientific World Journal*, 2015, 1-9. <https://doi.org/10.1155/2015/531972>
- Kızılyıldırım, S., Kandemir, T., Kendir, G., Muhammed, M. T., Köroğlu, A., & Ozogul, F. (2024). Antibacterial activity of avocado extract (*Persea americana* Mill.) against aminoglycoside-resistant *Klebsiella pneumoniae* strains. *Food Bioscience*, 60, 104523. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212429224009532?via%3Dihub>
- Medrano Rodríguez, A. E., Gutiérrez Valdivia, C., Miranda Palafox, L. G., González Lozano, M. M., Sánchez Velázquez, R. de L. Á., Rubio Muñiz, M. D., & Romero Montelongo, F. (2024). Exploración del poder antibiótico de especies vegetales mexicanas. *Jóvenes en la Ciencia*, 28, 1–7. <https://doi.org/10.15174/jc.2024.4385>
- Organización Mundial de la Salud (OMS). (2023). Resistencia a los antimicrobianos. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/antimicrobial-resistance>
- Osuntokun, O. T., Ukwuoma, P. O., Yusuf-Babatunde, A. M., & Ige, O. O. (2017). Evaluation of antimicrobial activity, Phytochemical Screening and Gas Chromatography- Mass/ Spectrophotometric Profile of Essential Oil from *Persea americana* & *Citrus sinensis*. *Asian Journal of Medicine and Health*, 8(4), 1–7. <https://journalajmah.com/index.php/AJMAH/article/view/161/321>

- Sánchez Mejía, S. G., Vásquez Florián, D. R., & Pacheco Salguero, A. del R. (2018). Actividad antibacteriana in vitro del jugo de limón persa (*Citrus latifolia* Tanaká), criollo (*Citrus aurantifolia* Swingle), real (*Citrus limón* Burm), lima (*Citrus limeta* Risso) y jugo de limón comercializado (Rabinal®) contra *Staphylococcus aureus* metilino resistente y *Streptococcus* β -hemolítico del grupo "A" ATCC 19615. (Tesis de licenciatura) Universidad de San Carlos de Guatemala.
<https://biblioteca.medicina.usac.edu.gt/tesis/pre/2018/105.pdf>
- Verde-Star, M. J., García-González, S., & Rivas-Morales, C. (2016). *Metodología científica para el estudio de plantas medicinales*. En C. Rivas-Morales, M. A. Oranday-Cardenas, & M. J. Verde-Star (Eds.). Investigación en plantas de importancia médica. Barcelona, España: OmniaScience. 1-40.
<http://dx.doi.org/10.3926/oms.335>