

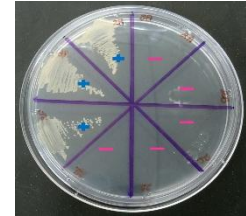


Abanico Agroforestal. Enero-Diciembre 2026; 8:1-13. <http://dx.doi.org/10.37114/abaagrof/2026.4>
Artículo Original. Recibido: 21/08/2024. Aceptado: 27/05/2026. Publicado: 25/06/2026. Clave: e2024-18
<https://www.youtube.com/watch?v=CvT2sePVMew>

Efecto bactericida del aceite esencial de clavo (*Syzygium aromaticum*) sobre bacterias fitopatógenas

Bactericidal effect of clove essential oil (*Syzygium aromaticum*) against phytopathogenic bacteria

García-Lugo Mara¹ ID, Zaragoza-Bastida Adrian² ID, Morales-Ubaldo Ana² ID, Ávila-Ramos Fidel³ ID, Peláez-Acero Armando² ID, Arce-Cervantes Oscar¹ ID, Rivero-Perez Nallely^{**2} ID



¹Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Instituto de Ciencias Agropecuarias, Área Académica de Ciencias Agrícolas y Forestales, Hidalgo, México. ²Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Instituto de Ciencias Agropecuarias, Área Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Hidalgo, México. ³División Ciencias de la Vida, Universidad de Guanajuato, Programa Educativo de Medicina Veterinaria y Zootecnia. México. *Autor responsable: Zaragoza-Bastida Adrian. **Autor de correspondencia: Nallely Rivero-Perez. Rancho Universitario Av. Universidad km. 1, Ex Hacienda de Aquetzalpa, Apartado Postal No. 32, Tulancingo de Bravo, Hidalgo, México. E-mail: ga352329@uaeh.edu.mx, adrian_zargoza@uaeh.edu.mx, ubaldolizet8@gmail.com, ledifar@ugto.mx, pelaeza@uaeh.edu.mx, oarce@uaeh.edu.mx, nallely_rivero@uaeh.edu.mx

RESUMEN

La producción agrícola, se ve afectada por factores abióticos y bióticos que dañan la calidad y cantidad de la cosecha, esto genera un impacto negativo a nivel económico. Para controlar factores bióticos como las infecciones bacterianas se han utilizado diferentes agroquímicos; sin embargo, su uso intensivo ha generado un impacto negativo en poblaciones bacterianas patógenas y no patógenas e incluso se han asociado con algunas enfermedades en seres humanos y daños al ambiente. Debido a esta problemática se buscan alternativas con efectos negativos menores. Los aceites esenciales de plantas y sus metabolitos secundarios con potencial actividad antibacteriana podrían ser una alternativa viable; por lo que el objetivo del presente estudio fue determinar la actividad antibacteriana del aceite esencial de clavo (*Syzygium aromaticum*) evaluado a concentraciones de 0.156 a 20 mg/mL sobre *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*, *Pseudomonas syringae* pv. tomato y *Xanthomona campestris* para determinar su Concentración Mínima Inhibitoria (CMI), Mínima Bactericida (CMB) y la relación CMB/CMI. Los resultados evidencian la actividad antibacteriana del aceite esencial de clavo sobre los tres fitopatógenos, con una CMI de 0.625 mg/mL sobre *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* y 0.312 mg/mL contra *Pseudomonas syringae* pv. tomato y *Xanthomona campestris*, mientras que la CMB, se encontró a 0.625 mg/mL para *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* y 0.312 mg/mL para *Pseudomonas syringae* pv. tomato y *Xanthomona campestris*, la relación CMB/CMI, revelo un efecto bactericida. El aceite esencial de clavo es un potencial antibacteriano de uso agrícola y por lo que se recomienda realizar evaluaciones *in situ*.

Palabras clave: clavo, bactericida, *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*, *Pseudomonas syringae* pv. Tomato, *Xanthomona campestris*.



ABSTRACT

Agricultural production is affected by abiotic and biotic factors that damage the quality and quantity of the harvest, generating a negative economic impact. Agrochemicals have been used to control biotic factors such as bacterial infections; however, their intensive use has negatively impacted both pathogenic and non-pathogenic bacterial populations and has even been associated with some human diseases and environmental damage. Due to this problem, alternatives with fewer negative effects are being sought. Essential oils and their secondary metabolites with potential antibacterial activity could be a viable alternative; therefore, the objective of this study was to determine the antibacterial activity of clove essential oil (*Syzygium aromaticum*) evaluated at concentrations of 0.156 to 20 mg/mL against *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* and *Pseudomonas syringae* pv. tomato and *Xanthomonas campestris*. Clove essential oil was tested against the three phytopathogens *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* and *Pseudomonas syringae* pv. tomato and *Xanthomonas campestris* to determine their Minimum Inhibitory Concentration (MIC), Minimum Bactericidal Concentration (MBC), and the MBC/MIC ratio. The results demonstrate the antibacterial activity of clove essential oil against the three phytopathogens, with an MIC of 0.625 mg/mL against *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* and 0.312 mg/mL against *Pseudomonas syringae* pv. tomato and *Xanthomonas campestris*. The MBC was also found to be 0.625 mg/mL for *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* and 0.312 mg/mL for *Pseudomonas syringae* pv. tomato and *Xanthomonas campestris*. The MBC/MIC ratio revealed a bactericidal effect. Clove essential oil is a potential antibacterial agent for agricultural use, and therefore, *in situ* evaluations are recommended.

Keywords: clove, bactericide, bactericidal *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*, *Pseudomonas syringae* pv. Tomato, *Xanthomona campestris*.

INTRODUCCIÓN

La agricultura es una actividad primaria de gran relevancia, para el desarrollo económico a nivel mundial, ya que contribuye con el 80% de los alimentos que se consumen. Sin embargo, el 30% de la producción agrícola anual se ve afectada por plagas y enfermedades ocasionadas por hongos, bacterias, virus, nematodos e insectos (INECOL, 2022). Los microorganismos fitopatógenos alteran el funcionamiento fisiológico normal de la planta y reducen significativamente la cantidad y calidad de las cosechas, lo cual genera pérdidas económicas, un impacto ecológico y social negativo, al reducir la disponibilidad de alimentos (SIAP, 2016; Jiménez, 2017).

Algunas bacterias fitopatógenas con potencial efecto negativo sobre los cultivos agrícolas son *Xanthomona campestris*, *Pseudomonas syringae*, *Clavibacter michiganensis*, entre otras. *Xanthomona campestris*, es responsable de más del 50% de las pérdidas de rendimiento en crucíferas y compromete principalmente la parte aérea de plantas de la familia *Brassicaceae*. Los síntomas característicos son lesiones amarillentas de aspecto seco en forma de V, necrosis del tejido de la hoja y en casos severos, produce la caída parcial o total de las hojas, que culmina con la muerte de la planta (Conceição *et al.*, 2023).

Por su parte, *Pseudomonas syringae*, fitopatógeno de distribución mundial, afecta hojas de *Nicotiana tabacum* (tabaco), *Phaseolus vulgaris* (frijol) y *Glycine max* (soja) lo que



provoca importantes pérdidas económicas (Guangjin *et al.*, 2023). *Pseudomonas syringae* pv. *tomate* DC3000 infecta plantas de *Solanum lycopersicum* (jitomate) (Bajpe *et al.*, 2023). Por otro lado, *Pseudomonas syringae* es responsable del tizón en plantas de *Phaseolus vulgaris* (frijol), *Lactuca sativa* (lechuga), *Avena sativa* (avena), *Solanum lycopersicum* (jitomate), *Oryza sativa* (arroz), entre otras (Sotelo *et al.*, 2023).

Finalmente, *Clavibacter michiganensis* es una bacteria causante del cancro bacteriano, enfermedad sistémica que causa daño al tejido vascular y superficial en la planta de jitomate que genera pérdidas de entre 20 a 100 toneladas por hectárea y ocasiona pérdidas que van desde el 70 % al 100% del cultivo, por lo que es una enfermedad limitante en zonas productoras de jitomate de México y el mundo, tanto en campo abierto como en invernaderos (Méndez, 2019).

Para prevenir y controlar infecciones causadas por *Clavibacter michiganensis* se han utilizado productos como Kasuminin, Param, Betanol e hidróxido de cobre (Méndez, 2019). Mientras que para el caso de *Xanthomona campestris* se utilizan productos como Mancozeb, Zineb o Terramicina (Ajayasree *et al.*, 2018). Para el control de *Pseudomonas syringae*, se ha implementado el uso de hidróxido de cobre o acibenzolar-S-metilo (Monchiero *et al.*, 2014), con el inconveniente de que algunos de los tratamientos convencionales mencionados muestran mecanismos de acción inespecíficos.

Debido a la falta de tratamientos específicos para controlar enfermedades de origen bacteriano en los sistemas de producción agrícola, es necesario complementarlos con algunas otras estrategias preventivas como la rotación de cultivos, el uso de cultivares resistentes, la eliminación de residuos de cultivos anteriores y malezas, y el control químico. Sin embargo, el uso excesivo de agentes químicos sintéticos contribuye al desarrollo de bacterias resistentes. Además, la aplicación continua de compuestos como el cobre en el medio ambiente causa contaminación del suelo y los recursos hídricos (Montoya *et al.*, 2013; Ibarra *et al.*, 2019; Conceição *et al.*, 2023).

El potencial daño que generan algunos productos de origen químico, la posibilidad de generar poblaciones resistentes a los agentes antimicrobianos, los efectos adversos que estos pueden tener sobre el medio ambiente y los efectos secundarios en la salud de los mamíferos, han estimulado la búsqueda de alternativas funcionales, amigables con el medio ambiente y con pocos o nulos efectos sobre la salud humana (Sotelo *et al.*, 2023; Torres & Capote, 2004). En este sentido, los aceites esenciales de plantas aromáticas o la aplicación del té de composta son una alternativa en el control de enfermedades de plantas hortícolas a escala comercial. Al respecto, AL-Dahmani *et al.*, 2003) demostraron que el té de composta aplicado al follaje ayuda a reducir la gravedad de la mancha bacteriana del tomate causada por *Xanthomonas vesicatoria*.



Por otro lado, los aceites esenciales de plantas aromáticas se presentan como una alternativa a los tratamientos convencionales, ya que han mostrado propiedades antioxidantes, insecticidas, antifúngicas, antibacterianas, entre otras, tanto en ensayos *in vitro* como *in vivo* (Acero, 2023; Samiah *et al.*, 2023).

El clavo (*Syzygium aromaticum*), representa una de las fuentes más ricas de compuestos fenólicos como el eugenol, acetato de eugenol, ácido gálico y posee un gran potencial para aplicaciones farmacéuticas, cosméticas, alimentarias y agrícolas (Cortés *et al.*, 2014).

Estudios previos han mostrado que el aceite esencial de clavo debido a su composición fitoquímica posee una potencial actividad antibacteriana sobre patógenos de importancia en medicina veterinaria (Selles *et al.*, 2020) y agrícola ya que se ha evaluado sobre bacterias que infectan frutales (Doukkali *et al.*, 2021), brassicas, solanáceas, etc. (Popović *et al.*, 2018),

Por lo anterior expuesto el objetivo del presente estudio fue evaluar la actividad antibacteriana del aceite esencial de clavo (*Syzygium aromaticum*) sobre *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*, *Pseudomonas syringae* pv. tomato y *Xanthomonas campestris*, en condiciones *in vitro*.

MATERIAL Y MÉTODOS

Obtención del aceite esencial de clavo (*Syzygium aromaticum*)

La metodología que se utilizó fue la técnica de arrastre de vapor (Acero, 2023). Se adquirieron botones florales de clavo grado alimenticio en un establecimiento comercial de Tulancingo de Bravo, Hidalgo, posteriormente se pesaron 250 gramos de *Syzygium aromaticum*, los cuales se sometieron a extracción con 2.5 litros de agua destilada.

Material biológico

Para la realización del presente experimento se utilizaron las cepas bacterianas *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* (Gram positiva), *Pseudomonas syringae* pv. tomato (Gram negativa) y *Xanthomonas campestris* (Gram negativa), donadas por el Laboratorio AG de Celaya Guanajuato, México (Morales-Ubaldo *et al.*, 2021).

Las bacterias fueron reactivadas de conservación y sembradas en Agar Muller Hilton (BD Bioxon, Heidelberg, Germany) con la técnica de estría simple para obtener colonias aisladas, de cada una de las cepas, posteriormente se inoculó una colonia en caldo nutritivo (BD Bioxon) y se incubó por 24 horas a 26°C, para posteriormente ajustarla al 0.5 del patrón de turbidez de Mac Farland (Remel, R20421, Lenexa, KS, EE. UU).



Actividad antibacteriana

La actividad antibacteriana del aceite esencial de clavo (*Syzygium aromaticum*) fue determinada a través de la Concentración Mínima Inhibitoria y Concentración Mínima Bactericida, como control positivo se empleó Kanamicina (AppliChem 4K10421, Darmstadt, Germany) y como negativo caldo nutritivo (BD Bioxon), de acuerdo con la metodología propuesta por [Morales-Ubaldo et al., 2021](#).

Concentración Mínima Inhibitoria (CMI)

En placas de 96 pozos, se realizó la técnica de micro dilución en placa, la cual consistió en colocar 100 μ L del aceite esencial (densidad 1 g/mL) a 20, 10, 5, 2.5, 1.25, 0.625, 0.312 y 0.156 mg/mL, diluido en Tween (Thermo Scientific™ 28230) al 0.5%, más 10 μ L de la bacteria ajustada al 0.5 del patrón de Mac Farland (Remel, R20421, Lenexa, KS, EE. UU), posteriormente la placa fue incubada a 26°C por 24 h. Transcurrido el tiempo de incubación se agregaron 20 μ L de p-yodonitrotetrazolio (Sigma-Aldrich I8377, St. Louis, MO, USA.) al 0.04% (p/v) en cada pozo para posteriormente incubar la placa durante 30 min. La CMI se determinó, como la concentración mínima en la cual el medio viro a color rosado ([González-Alamilla et al., 2020](#)).

Concentración Mínima Bactericida (CMB)

Después de la incubación y antes de agregar p-yodonitrotetrazolio (Sigma-Aldrich I8377, St. Louis, MO, USA.), 5 μ L de cada pocillo se inocularon en agar Muller Hilton (BD Bioxon, Heidelberg, Germany) y se incubaron a 26°C durante 24 h. La CMB se consideró como la concentración más baja del aceite en la cual no se observó crecimiento de colonias bacterianas ([Olmedo-Juárez et al., 2019](#)).

Análisis estadístico

Los resultados de CMI y CMB se normalizaron con log₁₀ y se analizaron en un diseño completamente al azar mediante ANOVA con el modelo general lineal (GLM). Las diferencias entre las medias se determinaron mediante una comparación múltiple de medias de Tukey, a un nivel de significancia de $p \leq 0.05$ en el programa SAS, V9.0. ([SAS, 2010](#)).

RESULTADOS

La técnica de microdilución en placa, con el uso de aceite esencial de clavo (*Syzygium aromaticum*) sobre *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*, *Pseudomonas syringe* pv. tomato y *Xanthomona campestris*, permitió determinar sus CMI, para el caso de *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* se encuentra a 0.625 mg/mL mientras que para las bacterias *Pseudomonas syringae* pv. tomato y *Xanthomonas campestris* está a 0.312 mg/mL (Tabla 1, Figura 1a).



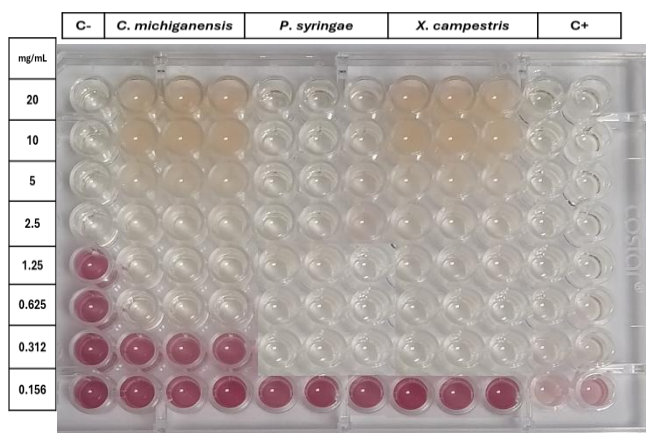
Respecto a la determinación de la CMB para *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* fue de 0.625 mg/mL y para las bacterias *Pseudomonas syringae* pv. tomato y *Xanthomonas campestris* fue de 0.312 mg/mL (Tabla 1, Figura 1b).

Al calcular la relación de CMB/CMI, que permite determinar efectos bactericidas o bacteriostáticos, el aceite esencial de clavo (*Syzygium aromaticum*) tuvo efecto bactericida contra *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*, *Pseudomonas syringae* pv. tomato y *Xanthomona campestris* y ya que el resultado fue de 1 para las tres cepas (Tabla 1).

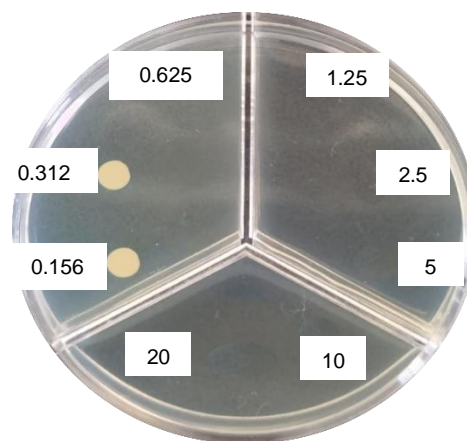
Cuadro 1.- Actividad antibacteriana del aceite esencial de *Syzygium aromaticum* sobre algunos géneros de bacterias fitopatógenas

Bacteria	CMI mg/mL	CMB mg/mL	Relación CMB/CMI	Kanamicina CMI-CMB µg/mL
<i>Clavibacter michiganensis</i> subsp. <i>michiganensis</i>	0.625 ^b	0.625 ^b	1	0.25-0.5
<i>Pseudomonas syringae</i> pv. tomato	0.312 ^a	0.312 ^a	1	0.25-0.5
<i>Xanthomonas campestris</i>	0.312 ^a	0.312 ^a	1	8-16
Valor de P	0.001	0.001	NA	NA

CMI: Concentración Mínima Inhibitoria, CMB: Concentración Mínima Bactericida, NA: No aplica



a) CMI del aceite esencial de *Syzygium aromaticum*



b) CMB del aceite esencial de *Syzygium aromaticum* (mg/mL)

Figura 1.- Actividad antibacteriana del aceite esencial de clavo (*Syzygium aromaticum*) sobre bacterias fitopatógenas. a) CMI del aceite sobre *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*, *Pseudomonas syringae* pv. tomato, *Xanthomona campestris*, C-: Control negativo, C+: Control positivo, b) CMB del aceite esencial de clavo (*Syzygium aromaticum*) en mg/mL, sobre *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*.



DISCUSIÓN

Los resultados del presente estudio permiten corroborar el potencial antibacteriano del aceite esencial de clavo sobre bacterias fitopatógenas (*Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*, *Pseudomonas syringe* pv. tomato y *Xanthomona campestris*), además de permitir determinar las concentraciones mínimas necesarias para que el aceite inhiba el crecimiento bacteriano (potencial bacteriostático) o provoque la muerte de estos microorganismos (efecto bactericida).

Respecto a las bacterias empleadas en el presente experimento, [Morales-Ubaldo et al., 2021](#) demostraron en un estudio previo mediante la técnica de difusión en disco que *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* presenta resistencia a trece de los dieciocho antimicrobianos a los cuales fue expuesta, *Pseudomonas syringe* pv. tomato a ocho y *Xanthomona campestris* a nueve, lo cual evidencia el problema de resistencia antimicrobianos desarrollada o adquirida por microorganismos fitopatógenos y la necesidad de buscar nuevas alternativas de tratamiento.

Con la finalidad de identificar especies vegetales con potencial antimicrobiano [Acero, 2023](#) utilizó aceite esencial de 10 plantas como *Lippia alba* (Juanilama), *Mentha sp.* (Hierbabuena), *Cymbopogon sp.* (Zacate limón), *Origanum majorana* (mejorana) entre otras, sobre *Ralstonia solanacearum* y reportó mejores efectos con el aceite esencial de *Cymbopogon sp.* (Zacate limón) con CMI 0.315 mg/mL y CMB 0.625 mg/mL, resultados similares a los obtenidos en el presente experimento con el aceite esencial de clavo.

Por otro lado, [Selles et al., 2020](#) evaluaron la actividad antioxidante y antibacteriana *in vitro* del aceite esencial de *Syzygium aromaticum* obtenido de los botones florales mediante hidrodestilación; frente a seis bacterias enteropatógenas aisladas de diarrea de terneros jóvenes, mostró que el aceite esencial de *Syzygium aromaticum* es una rica fuente de eugenol (78.72%) con potencial actividad antioxidante y antibacteriana *in vitro* ya que mostró una CMI de 1.36 a 2.72 y una CMB de 5.45 a 10.9 mg/mL, valores superiores a los reportados en el presente experimento, lo cual podría deberse a que la evaluación se realizó sobre bacterias que infectan bovinos con características de crecimiento, estructura y perfiles de resistencia diferentes ([Selles et al., 2020](#)).

En otro estudio se evaluó el aceite esencial de *Syzygium aromaticum* obtenido mediante hidrodestilación frente a *Erwinia amylovora* determinándose que el aceite de *Syzygium aromaticum* presenta como parte de su composición fitoquímica, eugenol en un 58%, respecto a la actividad antibacteriana se reportan halos de inhibición de 15 a 26.9 mm a concentraciones de 2 a 10 μ L ([Doukkali et al., 2021](#)). [Popović et al. \(2018\)](#) determinaron la actividad antibacteriana de 30 aceites esenciales incluido, clavo (*Syzygium aromaticum*) frente a tres bacterias fitopatógenas (*Erwinia amylovora*, *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* y *Pseudomonas syringae* pv. *syringae*), observaron que el



aceite esencial de clavo genera zonas de inhibición de 35 mm contra *E. amylovora* y *X. campestris* pv. *campestris* y de 20 mm sobre *Pseudomonas syringae* pv. *syringae*, en ambos estudios se utilizó la técnica de difusión en disco, por lo que los resultados no son comparables con los reportados en el presente experimento.

[Morales-Ubaldo et al., 2021](#), determinaron el potencial antibacteriano del extracto hidroalcohólico de *Larrea tridentata* y sus fracciones acuosa y orgánica sobre *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*, *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* y *Xanthomonas campestris*, con la técnica de microdilución en placa y sembrado en placa, para determinar la CMI y CMB, reportaron mejores efectos con el extracto hidroalcohólico y la fracción orgánica sobre *Xanthomonas campestris* con una CMI de 0.39 mg/mL y una CMB de 0.78 mg/mL, obteniéndose resultados similares a los reportados en el presente experimento a pesar de haber evaluado productos diferentes (extractos y aceite esencial) obtenidos de dos plantas diferentes con diferentes técnicas (maceración y arrastre de vapor). Respecto a la relación CMB/CMI en el mismo estudio se reportan efectos bactericidas sobre las tres bacterias, como ocurrió en el presente estudio ([Morales-Ubaldo et al., 2021](#)).

La mayoría de los estudios en los cuales se reporta la composición química del aceite esencial de *Syzygium aromaticum*, indican que el eugenol y el acetato de eugenilo son los principales compuestos fitoquímicos presentes en dicho aceite, sin embargo, se sabe que su composición química se puede ver modificada en tipo de compuestos y concentración ya que estas variables son directamente dependientes de las condiciones medioambientales donde se desarrolla la planta, el genotipo, origen geográfico, período de cosecha, temperatura, así como el método de extracción utilizado para obtener el aceite esencial, entre otros ([Selles et al., 2020](#)).

El eugenol es un derivado fenólico, con reportes de actividad antibacteriana (bactericida), su modo de acción como el de otros compuestos fenólicos consiste en generar alteraciones en la integridad de la pared celular (degeneración de proteínas) y la membrana citoplasmática, lo cual la modifica la respuesta fisiológica del microorganismo, al sensibilizar su membrana celular y citoplasmática y generar graves daños que culminan con la lisis bacteriana. Por otro lado, puede desnaturalizar las enzimas responsables del inicio de la germinación de las esporas o interferir con el uso de aminoácidos para iniciar su proceso de germinación. Además, inhibe la producción de enzimas intracelulares, tales como amilasas y proteasas, lo que provoca el deterioro de la pared y un alto grado de lisis celular ([Leyva et al., 2013](#); [Castañeda et al., 2019](#)).



CONCLUSIÓN

Con los resultados presentados anteriormente se puede afirmar que el aceite esencial de *Syzygium aromaticum* (clavo) tiene actividad bactericida, por lo que podría ser una alternativa funcional, sustentable e inocua para el control y/o tratamiento de enfermedades bacterianas generadas por *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*, *Pseudomonas syringae* pv. tomato y *Xanthomonas campestris* en diversos cultivos, sin embargo, será necesario realizar la caracterización fitoquímica del aceite esencial y desafíos *in situ* para corroborar su eficacia tanto en cultivos a cielo abierto como en invernadero.

LITERATURA CITADA

ACERO GJ. 2023. Potencial fitoprotector de los aceites esenciales de diez plantas colombianas en semillas y plántulas de Tomate (*Solanum lycopersicum* L.). Tesis de doctorado, Doctorado en Ciencias Naturales para el Desarrollo. Tecnológico de Costa Rica. Universidad Nacional de Costa Rica. Costa Rica.

<https://repositorio.una.ac.cr/server/api/core/bitstreams/76e48fa5-1c41-4cd5-9b62-9fd246a3c9a3/content>

AL-DAHMANI JH, Abbasi PA, Miller SA, Hoitink HAJ. 2003. Suppression of Bacterial Spot of Tomato with Foliar Sprays of Compost Extracts Under Greenhouse and Field Conditions. *Plant Disease*. 87(8): 913-919. <https://doi.org/10.1094/PDIS.2003.87.8.913>

AJAYASREE TS, Borkar SG, Barhate BG. 2018. Bactericidal potential of Agrochemicals against bacterial leaf spot pathogen *Xanthomonas campestris* pv. *Vesicatoria* of tomato prevalent in Nashik region, Maharashtra and ability of bacteria to form pesticide resistant mutant. *Journal of Advanced Research in Biotechnology*. 3(2):1-5. ISSN: 2475-4714. <http://dx.doi.org/10.15226/2475-4714/3/2/00138>

ALVARADO IJ, Valencia LCA, Castillo MMR, Luna RPD, Borboa SJA, Mexia AME, Ruiz SNC. 2016. Agroquímicos organofosforados y su potencial daño en la salud de trabajadores agrícolas del campo sonoreense. *CIENCIA ergo-sum*. 26(1):1-8. ISSN 1405-0269. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7069704>

ANDRADE-HOYOS P, Urrieta-Velázquez JA, Landero-Valenzuela N, Reyes-de la Cruz H, Sampayo-Maldonado S, Luna-Cruz A. 2022. Potencial de los aceites esenciales en el control de *Phytophthora cinnamomi* Rands y *Fusarium* sp. *in vitro* en *Cinnamomum verum*. *TERRA Latinoamericana*. 40:1-8. ISSN: 2395-8030.

<https://doi.org/10.28940/terra.v40i0.1004>



CASTAÑEDA MA, Benitez VC, Castañeda MJE, Breceda PE, Correa CLP, Bernal PJA, Becerra VEM. 2019. Evaluación del efecto antimicrobiano de *Eugenia caryophyllus* en microorganismos de la cavidad bucal. *Revista de Investigación en Ciencias de la Salud*. 14(1):21-23. ISSN: 2007-1779.

<https://www.imbiomed.com.mx/articulo.php?id=116156#:~:text=36%20EI%20eugenol%20C%20act%C3%BAa%20inhibiendo,alto%20grado%20de%20lisis%20celular>

CONCEIÇÃO RT, Bomfim GI, Miranda FRP, Fitzgerald BA, Dutra SRD, Santos LNMT, Narain N, Arrigoni-Blank MF. Chemical characterization and antimicrobial activity of essential oils from *Croton grewoides* Baill. accessions on the phytopathogen *Xanthomonas campestris* pv. *Campestris*. *Pesticide Biochemistry and Physiology*. 193:1-8. ISSN: 0048-3575. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2023.105454>

CORTÉS-ROJAS DF, Fernandes de Souza CR, Pereira OW. 2014. Clove (*Syzygium aromaticum*): a precious spice. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*. 4(2):90-96. ISSN: 2221-1691. [https://doi.org/10.1016/S2221-1691\(14\)60215-X](https://doi.org/10.1016/S2221-1691(14)60215-X)

DOUKKALI E, Radouane N, Tahiri A, Tazi B, Guenoun F, Lahlali R. 2021. Chemical composition and antibacterial activity of essential oils of *Cinnamomum cassia* and *Syzygium aromaticum* plants and their nanoparticles against *Erwinia amylovora*. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*. 55(2):217–234. ISSN: 1477-2906. <https://doi.org/10.1080/03235408.2021.2015865>

GONZÁLEZ-ALAMILLA E, Rivas-Jacobo M, Sosa-Gutiérrez C, Delgadillo-Ruiz L, Valladares-Carranza B, Rosenfeld-Miranda C, Zaragoza-Bastida A, Rivero-Pérez N. 2020. Efecto antibacteriano del extracto metanólico de *Salix babylonica* sobre bacterias de importancia en salud pública. *Abanico Veterinario*. 10(1):1-11. ISSN: 2448-6132. <https://abanicoacademico.mx/revistasabanico/index.php/abanico-veterinario/article/view/233/360>

GUANGJIN F, Qingli X, Qian L, Yinling X, Hui F, Xiaozhou M, Lin C, Xianchao S. 2023. Antimicrobial mechanisms of ZnO nanoparticles to phytopathogen *Pseudomonas syringae*: Damage of cell envelope, suppression of metabolism, biofilm and motility, and stimulation of stomatal immunity on host plant. *Pesticide Biochemistry and Physiology*. 194:1-3. ISSN: 0048-3575. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2023.105455>

BAJPE H, Rychel K, Lamoureux CR, Sastry AV, Palsson BO. 2023. Machine learning uncovers the *Pseudomonas syringae* transcriptome in microbial communities and during infection. *mSystems*. 8(5):1-13. ISSN 2379-5077. <https://doi.org/10.1128/msystems.00437-23>



INECOL (Instituto de Ecología). 2022. Bacterias protectoras de cultivos agrícolas. *Portal Comunicación Veracruzana*. <https://www.inecol.mx/inecol/index.php/es/ct-menu-item-25/ct-menu-item-27/17-ciencia-hoy/1620-bacterias-protectoras-de-cultivos-agricolas>

JIMÉNEZ-DÍAZ RM. 2017. Las enfermedades de las plantas: impactos, amenazas y control. *Boletín de la Real Academia de Córdoba de Ciencias, Bellas Letras y Nobles Artes*. 96(166):11-130. ISSN: 0034-060X.

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6594140>

LEYVA JM, Pérez-Carlón JJ, González-Aguilar GA, Esqueda M, Ayala-Zavala JF. 2013. Funcionalidad antibacteriana y antioxidante de extractos hidroalcohólicos de *Phellinus merrillii*. *Revista mexicana de micología*. 37:11-17. ISSN: 0187-3180.

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-31802013000100003&lng=es&nrm=iso

MÉNDEZ AR. 2019. Efectividad antibacterial in vitro e in vivo de nanopartículas de plata biosintetizadas a partir de extractos de *Larrea tridentata* contra *Clavibacter michiganensis* en plantas de *Solanum Lycopersicum*. Tesis de maestría, Programa de Maestría en Ciencias en Agroplasticultura. Centro de Investigación en Química Aplicada. México. Pp. 113.

https://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1025/631/1/Tesis_RolandoMendez%202019.pdf

MONCHIERO M, Gullino ML, Pugliese M, Spadaro D, Garibaldi A. 2015. Efficacy of different chemical and biological products in the control of *Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae* on kiwifruit. *Australasian Plant Pathol*. 44:13–23. ISSN: 1448-6032.

<https://doi.org/10.1007/s13313-014-0328-1>

MONTOYA ML, Restrepo FM, Moreno N, Mejía PA. 2013. Impacto del manejo de agroquímicos, parte alta de la microcuenca Chorro Hondo, Marinilla, 2011. *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*. 32(2):26-35. ISSN: 0120-386X.

<https://www.redalyc.org/pdf/120/12030433004.pdf>

MORALES-UBALDO AL, Rivero-Perez N, Avila-Ramos F, Aquino-Torres E, Prieto-Méndez J, Hetta F, El-Saber Batiha G, Zaragoza-Bastida A. 2021. Bactericidal activity of *Larrea tridentata* hydroalcoholic extract against phytopathogenic bacteria. *Agronomy*. 11(5):957. ISSN: 2073-4395. <https://doi.org/10.3390/agronomy11050957>



OLMEDO-JUÁREZ A, Briones-Robles TI, Zaragoza-Bastida A, Zamilpa A, Ojeda-Ramírez D, Mendoza de Gives P, Olivares-Pérez J, Rivero-Perez N. 2019. Antibacterial activity of compounds isolated from *Caesalpinia coriaria* (Jacq) Willd against important bacteria in public health. *Microbial Pathogenesis*. 136:1-8. ISSN: 0882-4010.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0882401018320345?via%3Dihub>

POPOVIĆ T, Milićević Z, Oro V, Kostić I, Radović V, Jelušić A, Krnjajić S. 2018. A preliminary study of antibacterial activity of thirty essential oils against several important plant pathogenic bacteria. *Pesticidi i fitomedicina*. 33(3-4):185–195. ISSN: 2683-3867.

<https://doi.org/10.2298/PIF1804185P>

SAGARPA (La Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2016. El impacto de las plagas y enfermedades en el sector agrícola. *Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera*. México.

<https://www.gob.mx/siap/articulos/el-impacto-de-las-plagas-y-enfermedades-en-el-sector-agricola>

SAMIAH HAMAD AL-MIJALLI, Naoufal El Hachlafi, Emad M. Abdallah, Mohamed Jeddi, Hamza Assaggaf, Ahmed Qasem, Sulaiman Mohammed A, Ammar Attar, Mommen Adnan N, Learn-Han L, Abdelhakim Bouyahya, Hanae Naceiri M. 2023. Exploring the antibacterial mechanisms of chemically characterized essential oils from leaves and buds of *Syzygium aromaticum* (L.) Merr. et Perry against *Staphylococcus aureus* and *Pseudomonas aeruginosa*. *Industrial Crops and Products*. 205:1-9. ISSN: 0926-6690.

<https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2023.117561>

SAS Institute. 2010. Statistical Analysis Software SAS/STAT®. version 9.0.2, Cary, N.C., USA: SAS Institute Inc., ISBN: 978-1-60764-599-3.

http://www.sas.com/en_us/software/analytics/stat.html#

SELLES SMA, Koudri M, Belhamiti BT, Ait Amrane A. 2020. Chemical composition, in-vitro antibacterial and antioxidant activities of *Syzygium aromaticum* essential oil. *Journal of Food Measurement and Characterization*. 14:2352–2358. ISSN: 2193-4134.

<https://doi.org/10.1007/s11694-020-00482-5>

SOTELO JP, Paletti Rovey MF, Carezzano ME, Moliva MV, Oliva MM. 2023. Characterization of *Pseudomonas syringae* strains associated with soybean bacterial blight and in vitro inhibitory effect of oregano and thyme essential oils. *Physiological and Molecular Plant Pathology*. 128:1-14. ISSN: 0885-5765.

<https://doi.org/10.1016/j.pmpp.2023.102133>



TORRES D, Capote T. 2004. Agroquímicos un problema ambiental global: uso del análisis químico como herramienta para el monitoreo ambiental. *Ecosistemas*. 13(3):2-6. ISBN: 1697-2473.

<https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/201/198>

Errata, Erratum

<https://abanicoacademico.mx/revistasabanico-version-nueva/index.php/abanico-agroforestal/errata>