



Abanico Microbiano. Enero-Diciembre 2026; 2:1-15. <https://doi.org/10.21929/abanicomicrobiano/2026.1>

Artículo Original. Recibido: 05/01/2026. Aceptado: 04/03/2026. Publicado: 20/03/2026. Clave: 2026-01.

<https://www.youtube.com/watch?v=1fr3DoyhgPI>

Bacterias aisladas de vermicomposta para el control biológico de fitopatógenos de la raíz en chile chiltepín

Isolation of vermicompost bacteria for the biocontrol of root phytopathogens in chiltepin peppers

Jiménez-Pérez Omar*¹ ID, Espinosa-Palomeque Bernardo^{1**} ID, Gallegos-Morales Gabriel² ID, Ramírez-Méndez Jesús² ID, Tucuch-Pérez Marco³ ID



¹Universidad Tecnológica de Escuinapa. Ingeniería en Agricultura Sustentable y Protegida. Camino al Guasimal S/N, CP. 82400. Escuinapa de Hidalgo, Sinaloa, México. ²Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Departamento de Parasitología Agrícola. Calzada Antonio Narro 1923, Buenavista, C.P. 25315, Saltillo, Coahuila, México. ³Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Departamento de Botánica. Calzada Antonio Narro 1923, Buenavista. C.P. 25315. Saltillo, Coahuila, México. *Autor Responsable: Jiménez-Pérez Omar. **Autor de Correspondencia: Espinosa-Palomeque Bernardo. E-mail: c_jimenezperez@hotmail.com, bespinosa@utescuinapa.edu.mx, gabgalmor@yahoo.com.mx, jeedrm-uaaan@hotmail.com, marcotp12.uaaan@gmail.com

RESUMEN

La vermicomposta es una enmienda orgánica que alberga una gran diversidad microbiana capaz de suprimir a fitopatógenos. El objetivo de este estudio fue aislar bacterias benéficas de la vermicomposta y evaluar su capacidad antagonista frente a los hongos causantes de la marchitez del chile chiltepín. Las bacterias se aislaron mediante métodos microbiológicos convencionales y se caracterizaron con base a su morfología colonial, tinción Gram diferencial y pruebas bioquímicas básicas. La actividad antagonista se determinó mediante confrontación *in vitro*. Se identificaron a *Fusarium* sp. y *Sclerotium rolfsii* asociados a la marchitez del chile. De dos muestras de vermicomposta se aislaron tres bacterias con capacidad de inhibir a los fitopatógenos. Una identificada como *Bacillus* sp. (BV1) y dos como bacterias Gram negativas (BV2 y BV3), destacándose BV2 frente a *Fusarium* y BV3 frente a *S. rolfsii* con inhibiciones del 48.24 % y 62.06 %. Sin embargo, no se realizó la identificación taxonómica a nivel de género y especie, lo que representa una limitación del estudio. A pesar de ello, estos resultados aportan evidencia del potencial de la vermicomposta como una fuente importante de microorganismos con actividad antagonista, con un alto valor aplicado en el desarrollo de estrategias de control dentro de sistemas de agricultura sustentable.

Palabras clave: vermicomposta, microbiota, chiltepín.

ABSTRACT

Vermicompost is an organic amendment that harbors a high microbial diversity with the potential to suppress phytopathogens. The objective of this study was to isolate beneficial bacteria from vermicompost and evaluate their antagonistic capacity against the fungi associated with wilt disease in chiltepin pepper. Bacteria were isolated using conventional microbiological methods and characterized based on their colony morphology, Gram staining, and basic biochemical tests. Antagonistic activity was evaluated through *in vitro* confrontation assays. Two phytopathogenic fungi associated with chily wilth, *Fusarium* sp. and *Sclerotium rolfsii*, were identified. Three bacterial isolates with inhibitory activity against these phytopathogens were



obtained from two vermicompost samples. One was identified as *Bacillus* sp. (BV1), while two corresponded to Gram-negative bacteria (BV2 and BV3). Among them, BV2 showed the highest inhibitory activity against *Fusarium* sp., whereas BV3 exhibited the greatest inhibition against *S. rolf sii*, reaching 48.24 % and 62.06 % of fungal mycelium growth, respectively. However, taxonomic identification at the genus and species level was not performed, which represents a limitation of the study. Despite this, these results demonstrate the potential of vermicompost as an important source of microorganisms with antagonistic activity and highlights its relevance for the development of biological control strategies within sustainable agriculture systems.

Keywords: vermicompost, microbiota, chiltepín.

INTRODUCCIÓN

México ocupa el segundo lugar a nivel mundial en la producción de chile (SIAP, 2024). Para el año 2024 de un total de 3 220 428.46 de t, de las cuales 18.90 t, correspondieron al chile chiltepín (*Capsicum annum* var. *glabriusculum*) (SIAP, 2025). En los últimos años, esta variedad silvestre de chile ha adquirido un considerable interés comercial debido a su alto valor de mercado, con un precio que oscila entre aproximadamente \$1,000.00 (Villanueva-Fierro *et al.*, 2019) y \$1,200.00 por Kg (Mendoza-Alatorre *et al.*, 2024).

Esta especie de chile presenta varias limitaciones agronómicas, entre ellas bajas tasas de germinación y susceptibilidad a patógenos transmitidos por el suelo, como *Fusarium* spp. (Villanueva-Fierro *et al.*, 2019). Junto con *Rhizoctonia solani*, *Sclerotium rolf sii*, *Verticillium* spp. y los oomycetos *Phytophthora capsici* y *Pythium* spp. estos fitopatógenos están asociados a la enfermedad conocida como la marchitez del chile, la cual llega a ocasionar pérdidas de rendimiento de hasta el 90 % (Pérez-Acevedo *et al.*, 2017).

Para controlar estos patógenos de plantas, los agricultores suelen aplicar agroquímicos (Mejía-Bautista *et al.*, 2016). Sin embargo, estos compuestos pueden afectar negativamente a la salud de las personas, causar daños medioambientales y favorecer el desarrollo de resistencia en los fitopatógenos (Miguel-Ferrer *et al.*, 2021). Entre las estrategias alternativas para controlar la marchitez del chile se encuentran la biofumigación mediante la incorporación de estiércol y residuos vegetales (*Brassicaceae* spp., *Sorghum* spp. o *Zea mays*) que liberan compuestos volátiles tóxicos para los fitopatógenos (Perniola *et al.*, 2014), y la aplicación de hongos y bacterias antagonistas en combinación con la incorporación de compost (Pérez-Acevedo *et al.*, 2017) y enmiendas de vermicomposta. Se ha demostrado que la incorporación de estos fertilizantes orgánicos al suelo reduce la presencia de fitopatógenos. Este efecto se le atribuye a su contenido de microorganismos benéficos y a su capacidad para estimular las poblaciones existentes en el suelo (Domínguez *et al.*, 2010).

La vermicomposta es el producto resultante de la biotransformación de residuos orgánicos en un biofertilizante. Este proceso se produce a la vez que la materia orgánica en descomposición pasa por el tracto digestivo de las lombrices como la lombriz roja



californiana (*Eisenia foetida*) y su microbiota asociada. Se ha descrito que la microbiota intestinal de *E. foetida* presenta una gran diversidad bacteriana (hasta 126 géneros), en los que destacan *Aeromonas*, *Pseudomonas*, *Methylobacter*, *Enhygromyxa*, *Bacillus* y *Brevibacillus* (Velásquez-Chávez *et al.*, 2025). También se han identificado especies como *Pseudomonas jinjuensis*, *Bacillus oceanisediminis*, *Bacillus firmus*, *Bacillus silvestris*, *Bacillus infantis*, *Staphylococcus hominis*, *staphylococcus devriesei* y *Caryophanon tenue*, que forman una simbiosis mutualista con la anélida (Villalobos-Maldonado *et al.*, 2017). Estas bacterias se han asociado con procesos de biorremediación de suelos contaminados, fijación y transformación de nutrientes, degradación de materia orgánica y actividad antagonistas frente a fitopatógenos. Además, muchos de estos microorganismos persisten en la vermicomposta (Villalobos-Maldonado *et al.*, 2017; Velásquez-Chavez *et al.*, 2025).

Del mismo modo, se ha documentado la presencia de otros grupos microbianos que forman parte del microbioma de la vermicomposta, como *Streptomyces* spp, *Actinomyces* spp, *Azotobacter chroococcum*, *Bradyrhizobium japonicum*, *Nitrosomonas* spp., *Pseudomonas fluorescens* (Alves-Pereira *et al.*, 2023), *Luteimonas*, *Lysobacter*, *Flavobacterium*, *Sphingomonas*, *Cellvibrio*, *Chryseolinea*, *Arenimonas* (Velásquez-Chávez *et al.*, 2025). Además, de hongos como *Trichoderma* spp (Alves-Pereira *et al.*, 2023).

Esta enmienda es considerada como un biofertilizante que mejora la estructura del suelo debido a su alta porosidad, su gran capacidad de retención de agua y su aporte de macro y micronutrientes esenciales, entre los que se incluyen N, P, K, Ca y Mg (Alves-Pereira *et al.*, 2023; Velásquez-Chávez *et al.*, 2025), así como Zn, Fe, B, S y Si (Alves-Pereira *et al.*, 2023). Además, contiene ácidos húmicos y fúlvicos, y como se ha mencionado anteriormente, favorece una abundante actividad microbiana, lo que mejora la absorción de nutrientes y contribuye a la supresión de fitopatógenos en el suelo (Guardiola-Márquez *et al.*, 2019; Alves-Pereira *et al.*, 2023).

Algunos de los géneros bacterianos más utilizados en el control de fitopatógenos son *Bacillus* spp. (Mejía-Bautista *et al.*, 2016) y ciertas especies de *Pseudomonas*, entre ellas *P. fluorescens*, *P. chlororaphis* y *P. protegens*. Estas bacterias son capaces de producir diversos compuestos tóxicos para hongos. En algunas especies de *Pseudomonas* se reportado la producción de quitinasas, glucanasas, proteasas y celulasas (Hernández-Hernández *et al.*, 2018). Además, estos microorganismos benéficos pueden inducir mecanismos de defensa en las plantas y promover su crecimiento. En este contexto se ha descrito que las bacterias del género *Bacillus* spp., inducen la producción de glucanasas, fenilalanina amonio liasa, peroxidasa, polifenol oxidasa y quitinasas, en los tejidos de las plantas de Chile (Mejía-Bautista *et al.*, 2016; Hernández-Hernández *et al.*, 2018).



Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue aislar y caracterizar microorganismos benéficos de la vermicomposta producido a partir de estiércol de ganado, evaluar su actividad antagonista *in vitro* contra fitopatógenos asociados a la marchitez del chile chiltepín y seleccionar cepas con potenciales para el desarrollo de bioinoculantes, como alternativa sostenible a los fungicidas químicos en los sistemas de producción agrícola.

MATERIAL Y MÉTODOS

Ubicación

Esta investigación se realizó en las instalaciones de la Universidad Tecnológica de Escuinapa (UTESC), ubicada por la carretera MEX 15, C.P. 82506, Escuinapa, Sinaloa, México.

Aislamiento e identificación morfológica de fitopatógenos asociados a la marchitez del chile chiltepín

Las plantas de chile chiltepín que mostraban signos de marchitamiento se recolectaron 25 días después de trasplante en un invernadero perteneciente a la UTEC. Estas se llevaron al Laboratorio de agricultura de la misma universidad, donde se procesaron para el aislamiento y la identificación morfológica de los fitopatógenos asociados a la enfermedad, para lo que se siguió la metodología realizada por [Rodríguez-García y Wang-Wong \(2020\)](#) con modificaciones. Las muestras se lavaron con agua corriente para retirar el exceso de suelo, y los tallos y raíces se cortaron en trozos de 5 mm en la zona afectada por la enfermedad mediante el uso de un bisturí estéril y se desinfectaron con hipoclorito de sodio al 1.5 % durante 90 seg. Se lavaron tres veces con agua destilada estéril y se colocaron sobre papel marrón estéril para retirar el exceso de humedad dentro de la cámara de flujo laminar (Novatech, modelo: CFLH-120E). Los trozos de raíz y tallos se colocaron en cajas Petri con el medio de cultivo PDA, y también se transfirieron porciones de micelio y esclerocios. Las cajas se incubaron a 30 ± 2 °C, por 48 h. Una vez que se observó el crecimiento del micelio, se transfirió una porción de 5 mm de diámetro a cajas Petri con medio Agar Agua (AA). Después de 48 h, los aislados se purificaron mediante la técnica punta de hifa, que consiste en transferir la punta de una hifa solitaria a nuevas cajas Petri con medio de cultivo PDA para su posterior identificación morfológica.

Los fitopatógenos se identificaron al observar sus características morfológicas distintivas, fijadas en preparaciones microscópicas en portaobjetos teñidos con azul de lactofenol (0.05 %) y observadas con un microscopio compuesto (Olympus CX23). Sus características se compararon con las descritas por Leslie y Summerell, (2006) y Barnett y Hunter (1999).



Identificación de microorganismos benéficos con capacidad antagonica aislados de vermicomposta

Se colectaron dos muestras de vermicomposta de diferentes lechos, elaboradas con *E. fetida* y estiércol de ganado como sustrato, las cuales llevaron al laboratorio de agricultura de la UTESC. Se pesaron 0.5 gr de suelo de cada muestra, se diluyeron en 10 mL de agua destilada estéril en tubos de ensayo, se llevó a una dilución seriada de 10^1 a 10^3 y se agito durante dos minutos. Se tomaron 50 μ L de la muestra 10^3 y se distribuyeron con un asa bacteriológica estéril, extendiéndolo en una caja Petri con medio de cultivo Papa Dextrosa Agar (PDA; MCD Lab) (Santana-Flores *et al.*, 2020). A las 48 h después de la inoculación y observadas las colonias bacterianas, se seleccionaron colonias aisladas con morfologías diferentes y se purificaron mediante reinoculación en nuevas cajas Petri, con la finalidad de asegurar que solamente se cuente con un solo tipo de bacteria por cada caja. Estas se incubaron a 28 °C por 48 h (SENASICA, 2020), para posteriores pruebas de inhibición *in vitro* contra fitopatógenos.

Las bacterias que presentaron capacidad inhibitoria se caracterizaron morfológicamente (forma de la bacteria y producción de endosporas), mediante tinción de GRAM diferencial, prueba de KOH y prueba de catalasa (Moreno & Albarracín, 2012).

Evaluación *in vitro* de la capacidad de inhibición de las bacterias de vermicomposta en contra de los fitopatógenos

Esta se realizó mediante la técnica de confrontación dual entre bacterias antagonistas y fitopatógenos en cajas Petri con PDA. Las cajas fueron marcadas en cuatro puntos equidistantes cardinales. En cada punto se colocó una sola colonia de cada bacteria y, por separado, se colocó en el centro de las cajas Petri un explante en forma de disco de 5 mm de diámetro de crecimiento de micelio de cada fitopatógeno. Las cajas se mantuvieron a una temperatura de 30 ± 2 °C y fotoperiodo de 12 h luz y 12 h oscuridad. El experimento se re realizó bajo un diseño completamente aleatorio, con un número de tratamientos igual al número de bacterias en contra de los fitopatógenos aislados y sus respectivos testigos, con cuatro repeticiones por cada tratamiento. El porcentaje de inhibición se evaluó al medir el crecimiento micelial (mm) del fitopatógeno con un Vernier en cada tratamiento cada 24 h, hasta que el tratamiento testigo llenó por completo la caja Petri. Los datos obtenidos del crecimiento micelial se transformaron a porcentaje de inhibición (%In) con la formula siguiente (Méndez-Úbeda *et al.*, 2018):

$$\%In = \frac{(C - T)}{C} \times 100$$

Donde C es el diámetro del testigo y T es el tratamiento

Los datos obtenidos de %In se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA) con prueba de comparación de medias de Tukey ($P \leq 0.05$) con el programa estadístico InfoStat versión 2019.1.2.0.

RESULTADOS

Hongos fitopatógenos causantes de la marchitez del chile chiltepín

Se aislaron dos hongos de las raíces y tallos de plantas de chile chiltepín con síntomas y signos de la enfermedad (Figura 1A y 1B). Uno de los hongos fue identificado morfológicamente como *Fusarium* sp., ya que presentó micelio algodonoso de coloración blanquecino (Figura 1 C), microestructuras como hifas septadas, fialides cortas (Figura 1 E), microconidias uni y bicelulares, macroconidias en forma de canoa de tres a cinco septos (Figura 1 D), y formación de clamidosporas. El otro hongo fue identificado como *S. rolfsii* ya que presentó micelio blanquecino, formación de anillos concéntricos, producción de esclerocios redondos y de coloración café (Figura 1 F), hifas septadas con presencia de fíbulas (Figura 1 G y H), y ausencia de producción de esporas.

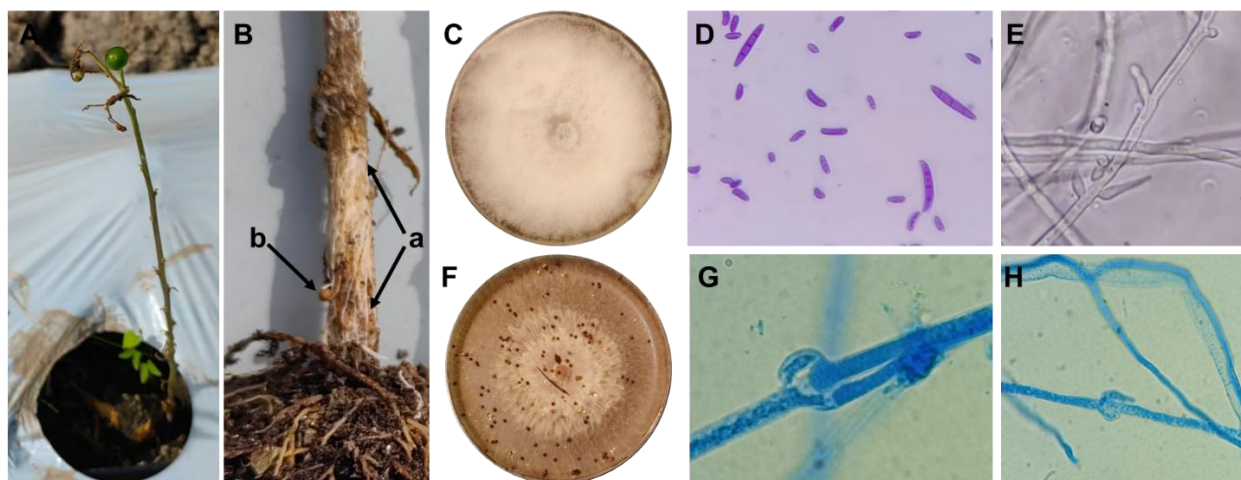


Figura 1. Aislamientos y características morfológicas de *Fusarium* sp. y *Sclerotium rolfsii*. A) planta de chile chiltepín con síntomas de marchitez, B) planta de chile chiltepín a- con presencia de micelio superficial y b- esclerocios, C) micelio de *Fusarium* sp., en medio PDA, D) microconidios y macroconidios, E) fialides, F) micelio con producción de esclerocios de *Sclerotium rolfsii* en medio de cultivo PDA, G y F) hifas con formación de fíbulas.

Microorganismos benéficos aislados de vermicomposta

De la muestra uno de vermicomposta se aislaron cuatro bacterias y otras cinco bacterias de la segunda muestra. Del total de bacterias solo tres (BV1, BV2 y BV3) presentaron capacidad de inhibir a los fitopatógenos asociados a la marchitez del chile. Dichas bacterias presentaron características morfológicas y bioquímicas diferentes. BV1 presentó colonias de forma irregular, rugosas, de color blanco a crema (Figura 2 Aa), forma de bacilo con producción de endosporas, tinción Gram diferencial de coloración

azul (Gram+) (Figura 2 Ab), resultado negativo en la prueba de KOH y resultado positivo en la prueba de catalasa.

La bacteria BV2 presentaba colonias de grandes, de forma irregular, ligeramente elevadas, con la superficie lisa y brillante, coloración blanca crema y aspecto mucoso (Figura 2 Ba), tinción Gram diferencial de coloración rojiza (Gram-) (Figura 2 Bb), resultado positivo en la prueba de KOH y resultado positivo en la prueba catalasa. De manera similar, BV3 fue Gram- (Figura 2 Cb), KOH positiva y catalasa positiva. Sus colonias fueron de color blanco cremoso, pero a diferencia de BV2, presento colonias más pequeñas, circulares y con una elevación convexa (Figura 2 Ca).

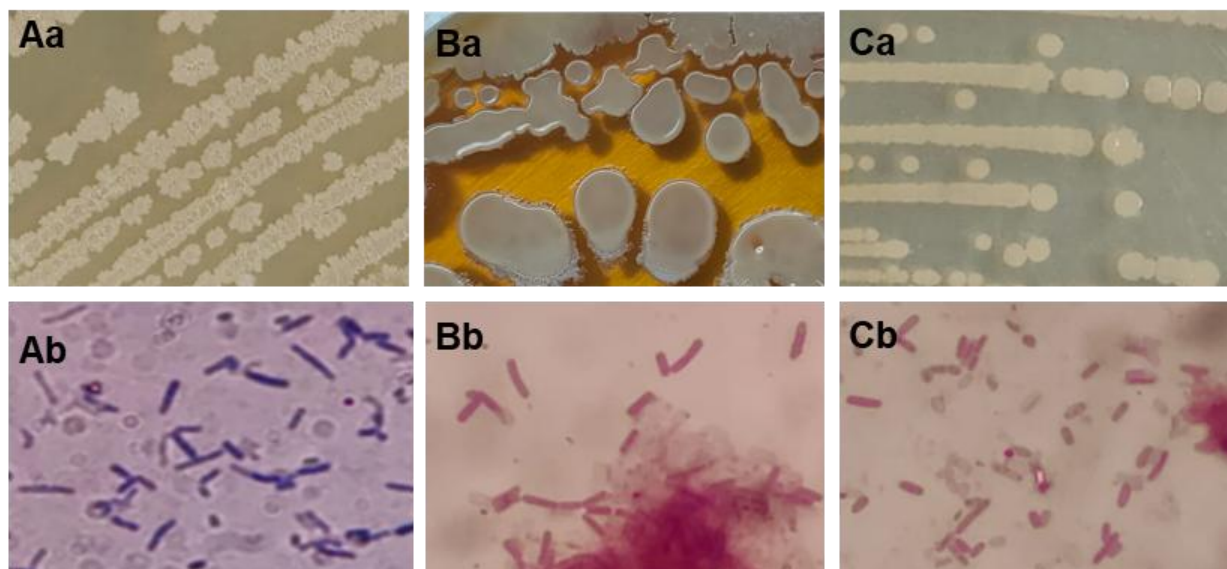


Figura 2. Características morfológicas y bioquímicas de las cepas bacterianas aisladas. Aa) colonias de *Bacillus* sp., (BV1) en medio PDA, Ab) tinción Gram+ de *Bacillus* sp., Ba) colonias bacterias en medio PDA del aislado BV2, Bb) tinción Gram- de BV2, Ca) colonias bacterianas de BV3 y Cb) tinción Gram- de BV3.

Evaluación *in vitro* del potencial antagonista de los aislados bacterianos en contra de los fitopatógenos

De los cuatro aislamientos bacterianos de la primera muestra de vermicomposta, solo una (BV1) presento efecto inhibitorio contra *Fusarium* sp. De las cinco cepas bacterianas aisladas de la segunda muestra de vermicomposta, dos de ellas (BV2 y BV3) presentaron capacidad de inhibir a los fitopatógenos causantes de la marchitez del chile. En prueba de inhibición *in vitro* frente a *Fusarium* sp., el aislado BV2 presentó el mayor porcentaje de inhibición (48.24 %), por lo que fue estadísticamente superior a BV1 (39 %) y BV3 (35.59 %), como se muestra en la Tabla 1 y Figura 3.

Tabla 1. Actividad antagonica *in vitro* de cepas bacterianas aisladas de vermicomposta contra hongos asociados a la marchitez del chile

Tratamientos	<i>Fusarium</i> sp % inhibición Medias ± E.E	<i>Sclerotium rolfsii</i> % inhibición Medias ± E.E
BV2	48.24 ± 1.07 A	53.24 ± 1.69 B
BV1	39.00 ± 0.91 B	0.00 ± 0.00 C
BV3	35.59 ± 0.74 C	62.06 ± 0.88 A
Testigo	0.00 ± 0.00 D	0.00 ± 0.00 C

*Medias con una letra en común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

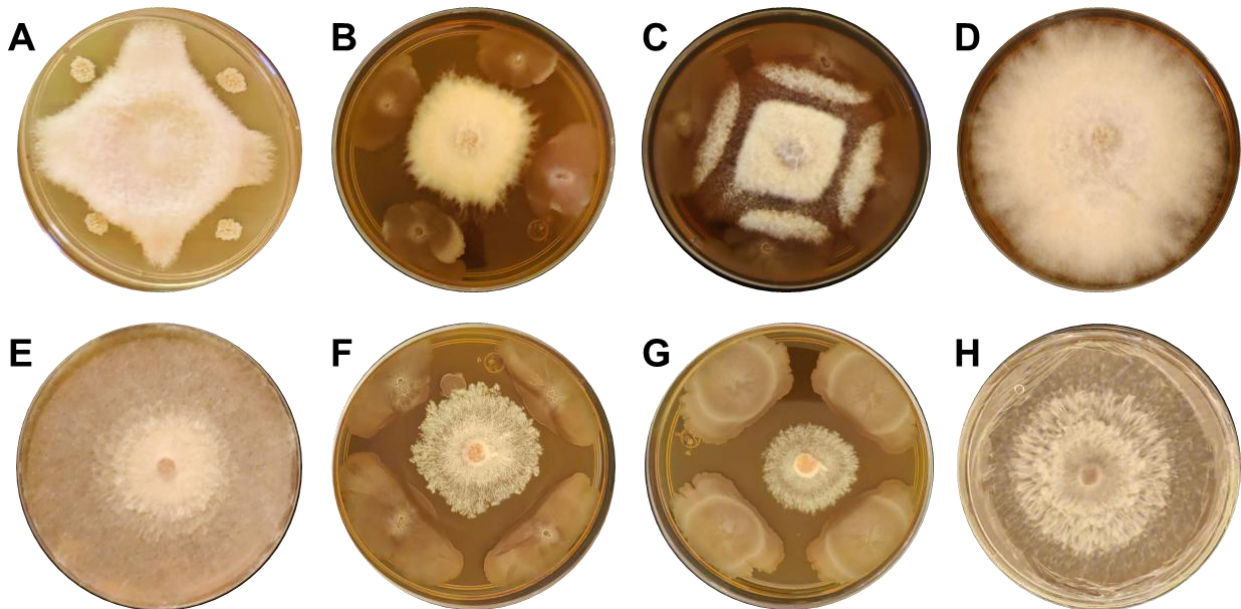


Figura 3. Prueba de inhibición *in vitro* para comparar bacterias en contra de los hongos fitopatogénos. A) BV1 y *Fusarium*, B) BV2 y *Fusarium*, C) BV3 y *Fusarium* y D) tratamiento testigo (*Fusarium* sp.) y E) BV1 y *Sclerotium rolfsii*, F) BV2 y *Sclerotium rolfsii*, G) BV3 y *Sclerotium rolfsii* y H) tratamiento testigo (*Sclerotium rolfsii*).

DISCUSIÓN

La caracterización morfológica de los fitopatogénos aislados permitió identificar a *Fusarium* sp. y *Sclerotium rolfsii* como los principales agentes asociados a la marchitez del chile chiltepín, lo cual es consistente con descripciones taxonómicas clásicas (Leslie & Summerell, 2006; Barnett & Hunter, 1999) y reportes recientes en sistemas agrícolas similares (Díaz-Nájera *et al.* 2025). Esta evidencia confirma que la marchitez del chiltepín corresponde a un complejo patológico de origen edáfico, donde múltiples hongos necrotróficos coexisten e interactúan en la rizosfera, lo que genera un síndrome de alta severidad.



Los resultados obtenidos en las pruebas de confrontación dual evidenciaron un comportamiento diferencial en la capacidad antagonista de los aislados bacterianos, lo que sugiere una especialización funcional dependiente del fitopatógeno objetivo. En particular, el aislado BV2 mostró la mayor inhibición frente a *Fusarium* sp. (48.24 %), mientras que BV3 presentó la mayor eficacia contra *S. rolfsii* (62.06 %), por lo que este último fue estadísticamente superior al resto de los tratamientos. No obstante, la observación de crecimiento micelial parcial sobre la colonia bacteriana en el tratamiento BV3 frente a *Fusarium* sp. indica una interacción antagonista incompleta, posiblemente asociada a limitaciones en la producción o difusión de metabolitos antifúngicos específicos.

Desde el punto de vista taxonómico funcional, BV1 fue identificado como una bacteria Gram positiva formadora de endosporas, compatible con el género *Bacillus* (Sosa-López *et al.*, 2011; Méndez-Úbeda *et al.*, 2018), mientras que BV2 y BV3 correspondieron a bacterias Gram negativas. Aunque la identificación se limitó a pruebas bioquímicas preliminares, estos resultados permiten inferir que los aislados pertenecen a grupos bacterianos comúnmente asociados con la supresión biológica de fitopatógenos.

En este sentido, la actividad antagonista observada en BV2 y BV3 es consistente con numerosos estudios que documentan el potencial de bacterias Gram negativas, particularmente del género *Pseudomonas* y otros taxones como *Delftia*, *Stenotrophomonas* y *Sphingobacterium*, para inhibir el crecimiento de *Fusarium* spp. y otros fitopatógenos de importancia agrícola (Bonaterra *et al.* 2022; Ayala-Torres *et al.* 2023). De manera similar, Guato-Molina *et al.* (2019) y Martínez-Álvarez *et al.* (2021) reportan porcentajes de inhibición comparables (50–80 %) en bacterias rizosféricas Gram negativas, lo que sitúa a los aislados BV2 y BV3 dentro de un rango de eficiencia biológica relevante.

Por otra parte, el comportamiento antagonista del aislado BV1 es congruente con lo ampliamente documentado para el género *Bacillus*, cuyos miembros presentan una elevada capacidad de inhibición contra especies de *Fusarium* y otros hongos fitopatógenos (Mejía-Bautista *et al.* 2016; Méndez-Úbeda *et al.* 2018). Sin embargo, en este estudio BV1 no mostró actividad frente a *S. rolfsii*, lo que sugiere una especificidad en el espectro antifúngico, posiblemente asociada a diferencias en la estructura de la pared celular del patógeno o en la sensibilidad a metabolitos bacterianos.

La capacidad antagonista de estos microorganismos puede atribuirse a una combinación de mecanismos de acción, entre los que puede mencionarse la competencia por nutrientes y nichos ecológicos, producción de sideróforos que restringen la disponibilidad de hierro, síntesis de enzimas hidrolíticas (quitinasas, glucanasas, proteasas) que degradan la pared celular fúngica, y la producción de metabolitos secundarios antimicrobianos como lipopéptidos (iturina, surfactina, fengicina) y compuestos fenólicos.



Estos mecanismos han sido ampliamente documentados en bacterias de los géneros *Bacillus* y *Pseudomonas*, y explican tanto los niveles de inhibición observados como la variabilidad entre tratamientos ([Guato-Molina et al. 2019](#); [Ocegueda-Reyes et al. 2020](#)).

Asimismo, los resultados obtenidos refuerzan el papel de la vermicomposta como un reservorio funcional de microbiota con potencial biotecnológico, ya que alberga una alta diversidad de microorganismos benéficos, tales como los géneros *Pseudomonas*, *Azotobacter*, *Azospirillum*, *Bacillus* y *Trichoderma* ([Arteaga et al. 2020](#); [Alves-Pereira et al., 2023](#)). Esta diversidad, en conjunto con su aporte de nutrientes, ácidos húmicos y fitohormonas, contribuye a la supresión natural de fitopatógenos y al fortalecimiento del sistema suelo-planta-microorganismo.

Desde una perspectiva aplicada, los hallazgos de este estudio sugieren que la combinación de vermicomposta y microorganismos antagonistas constituye una estrategia viable para el manejo sustentable de la marchitez del chile. Este enfoque no solo reduce la dependencia de fungicidas químicos, sino que promueve la estabilidad ecológica del agroecosistema. No obstante, es necesario avanzar hacia la identificación molecular de los aislados, así como evaluar su desempeño bajo condiciones *in vivo*, con el fin de validar su eficacia, persistencia y compatibilidad en sistemas productivos reales.

CONCLUSIÓN

Los resultados obtenidos en este estudio demuestran que la vermicomposta es una importante fuente de microorganismos benéficos como bacterias con actividad antagónica frente a *Fusarium* sp. y *S. rolfsii*. Los aislamientos evaluados, mostraron características propias de bacterias Gram+ y Gram-, las cuales mostraron capacidad inhibitoria *in vitro*. Las Gram- destacaron ya que presentaron actividad antagónica para ambos fitopatógenos. Aunque no fue posible la identificación de los géneros o especies de dichas bacterias, los resultados evidencian el potencial de la microbiota asociada a la vermicomposta para el biocontrol de fitopatógenos. Estos hallazgos respaldan la aplicación de la vermicomposta como una alternativa sustentable para el manejo de la marchitez del chile.

CONTRIBUCIONES DE LOS AUTORES

J.P.O: Conceptualización, metodología, investigación y redacción del borrador original.

E.P.B: Investigación, redacción (revisión y edición) y obtención de financiamiento.

G.M.G: Supervisión e identificación de microorganismos.

R.M.J: Análisis formal y redacción (revisión y edición).

T.P.M: Curación de datos y análisis formal.

FINANCIAMIENTO

Esta investigación no recibió financiamiento externo.



AGRADECIMIENTOS

A la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (Secihti), a la Universidad Tecnológica de Escuinapa (UTESC) y a la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN) por su apoyo financiero y por proporcionar las instalaciones para la realización de esta investigación.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

REFERENCIAS

ALVES-PEREIRA MM, Moraes LC, Mogollón MCT, Borja CJF, Duarte M, Buttrós VHT, Luz JMQ, Pasqual M. Dória J. 2023. Cultivando la biodiversidad para lograr la sostenibilidad: vermicompostaje e inoculación de microorganismos para la conservación y resiliencia del suelo. *Agronomía*. 13(1):103. <https://doi.org/10.3390/agronomy13010103>

ANDRADE-HOYOS P, Luna-Cruz A, Osorio-Hernández E, Molina-Gayosso E, Landero-Valenzuela N, Barrales-Cureño HJ. 2019. Antagonismo de *Trichoderma* spp. vs hongos asociados a la marchitez de chile. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*. 10(6):1259-1272. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i6.1326>

ARTEAGA BM, Novo-Sordo R, Pino RJA, Rodríguez-Cabello J, Pérez-González A. 2020. Estudio microbiológico y de estabilidad del extracto de vermicompost: Liplant (I). *Revista Ingeniería Agrícola*. 10(3):38-48. <https://revistas.unah.edu.cu/index.php/IAgric/article/view/1266>

AYALA-TORRES AM, Aranda-Ocampo S, De León-García AC, Nava-Díaz C, Sánchez-Pale JR. 2023. Antagonistic bacteria against *Fusarium* spp. isolated from sclerotia of *Claviceps gigantea* in maize (*Zea mays*). *Revista Mexicana de Fitopatología*. 41(2):143-164. <https://doi.org/10.18781/R.MEX.FIT.2208-2>

BARNETT HL, Hunter BB. 1999. Illustrated genera of imperfect fungi. *The American Phytopathological Society*. Pp. 216. St. Paul. USA. ISBN: 978-0-89054-192-0.

BONATERRA A, Badosa E, Daranas N, Francés J, Roselló G, Montesinos E. 2022. Bacteria as biological control agents of plant diseases. *Microorganisms*. 10(9):1759. <https://doi.org/10.3390/microorganisms10091759>

DÍAZ-NÁJERA JF, Terrones-Salgado J, Ayvar-Serna S, Vargas-Hernández M, Apáez-Barrios M, Arispe-Vázquez JL, Adame-Bores JF. 2025. Sensibilidad de *Sclerotium rolfsii*, agente causal del tizón sureño del chile, a *Trichoderma* spp., extractos vegetales y fungicidas. *Revista mexicana de fitopatología*. 43(3):88. <https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.2209-1>



DOMÍNGUEZ J, Gómez-Brandón M, Lazcano C. 2010. Propiedades bioplaguicidas del vermicompost. *Acta zoológica mexicana*. 26(spe2):373-383.
<https://doi.org/10.21829/azm.2010.262901>

HERNÁNDEZ-CASTILLO FD, Lira-Saldivar RH, Gallegos-Morales G, Hernández-Suárez M, Solís-Gaona S. 2014. Biocontrol de la marchitez del chile con tres especies de *Bacillus* y su efecto en el crecimiento y rendimiento. *FYTON*. 83:49-55.
https://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851-56572014000100007&lng=es&tng=es

HERNÁNDEZ-HERNÁNDEZ EJ, Hernández-Ríos I, Almaraz-Suarez JJ, López-López A, Torres-Aquino M, Morales-Flores FJ. 2018. Caracterización *in vitro* de rizobacterias y su antagonismo con hongos causantes del damping off en chile. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*. 9(3):525-537. <https://doi.org/10.29312/remexca.v9i3.335>

GUARDIOLA-MÁRQUEZ CE, Pacheco-Moscoa A, Senés-Guerrero C. 2019. Evaluación de biofertilizantes a base de microorganismos y lixiviado de vermicompost en cultivos de interés económico en México. *Agro Productividad*. 12(3):53-61.
<https://ageconsearch.umn.edu/record/353103/?v=pdf>

GUATO-MOLINA JJ, Auhing-Arcos JA, Crespo-Ávila JA, Esmeraldas-García GA, Mendoza-León AF, Canchignia-Martínez HF. 2019. Bacterias promotoras del crecimiento en plantas con potencial agente biocontrolador a *Fusarium oxysporum* f. sp. *Lycopersici*, y *Moniliophthora roreri*. *Scientia Agropecuaria*. 10(3):393-402.
<https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2019.03.10>

LESLIE JF, Summerell BA. 2006. The *Fusarium* Laboratory Manual. Blackwell Publishing, State Avenue, Ames, Iowa, USA. Pp. 212- 218. ISBN: 13- 978-0-8138-1919-8.

MARTÍNEZ-ÁLVAREZ JC, Camacho-Angulo F, Bojórquez-Armenta YJ, Sánchez-Soto B, Cordero-Ramírez JD, Romero-Urías CÁ, Felix-Gástelum R, Mora-Romero GA. 2021. Efecto inhibitorio de bacterias antagonistas contra *Sclerotium rolfsii*, agente causal del tizón sureño del frijol. *Revista mexicana de fitopatología*. 39(1):207-218.
<https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.2006-5>

MEJÍA-BAUTISTA MA, Reyes-Ramírez A, Cristobal-Alejo J, Tun-Suárez JM, Borges-Gómez LC, Pacheco-Aguilar JR. 2016. *Bacillus* spp. in the Control of Wilt caused by *Fusarium* spp. in *Capsicum chinense*. *Revista Mexicana de Fitopatología*. 34:208-222.
<https://doi.org/10.18781/R.MEX.FIT.1603-1>



MÉNDEZ-ÚBEDA J, Flores-Hernández M, Páramo-Aguilera L. 2018. Aislamiento e identificación de *Bacillus subtilis* y evaluación del antagonismo *in vitro* contra hongos fitopatógenos. *Nexo Revista Científica*. 30 (2):96–110.

<https://doi.org/10.5377/nexo.v30i2.5530>

MENDOZA-ALATORRE M, Infante-Ramírez R, González-Rangel MO, Nevárez-Moorillón GV, González-Horta MC, Hernández-Huerta J, Delgado-Gardea MCE. 2024. Mejora de la tolerancia al estrés hídrico y promoción del crecimiento en el pimiento chiltepín (*Capsicum annuum* var. *glabriusculum*) mediante especies nativas de *Bacillus*. *Scientific Reports*. 14:e15383. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-65720-y>

MIGUEL-FERRER L, Romero-Arenas O, Andrade-Hoyos P, Sánchez-Morales P, Rivera-Tapia JA, Fernández-Pavía SP. 2021. Actividad antifúngica de *Trichoderma harzianum* y *T. koningiopsis* contra *Fusarium solani* asociado en la germinación y vigor de plántulas de chile Miahuateco. *Revista mexicana de fitopatología*. 39(2):228-247.

<https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.2101-5>

MORENO J, Albarracín V. 2012. Aislamiento, cultivo e identificación de microorganismos ambientales a partir de muestras naturales. *Reduca (Biología)*. Serie Microbiología. 79-93. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/17156>

PÉREZ-ACEVEDO CE, Carrillo-Rodríguez JC, Chávez-Servia JL, Perales-Segovia C, Enríquez-del Valle R, Villegas-Aparicio Y. 2017. Diagnóstico de síntomas y patógenos asociados con marchitez del chile en Valles Centrales de Oaxaca. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*. 8(2):281-293.

<https://cienciasagricolas.inifap.gob.mx/index.php/agricolas/article/view/50>

PERNIOLA OS, Staltari S, Chorzempa SE, Astiz GMM, Molina MC. 2014. Control biológico de *Fusarium graminearum*: utilización de *Trichoderma* spp. y biofumigación con parte aérea de *Brassica juncea*. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*. Universidad Nacional de Cuyo. 46(2):45-56.

https://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1853-86652014000200004&lng=es&tlng=es

OCEGUEDA-REYES MD, Casas-Solís J, Virgen-Calleros G, González-Eguiarte DR, López-Alcocer E, Olalde-Portugal V. 2020. Aislamiento, identificación y caracterización de rizobacterias antagónicas a *Sclerotium cepivorum*. *Revista mexicana de fitopatología*. 38(1):146-159. <https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.1911-2>

QUILAMBAQUI-JARA MA, Maringoni AC. 2018. Identification of the causal agent of “pata seca” in pepper crop production areas of Ecuador. *Summa Phytopathologica*. 44(4):338-343. <https://doi.org/10.1590/0100-5405/180291>



RODRÍGUEZ-GARCÍA D, Wang-Wong A. 2020. Efectividad a nivel *in vitro* de *Trichoderma* spp. nativos e importados contra *Fusarium oxysporum*. *Agronomía Costarricense*. 44 (2): 109-125. <https://dx.doi.org/10.15517/rac.v44i2.43096>

SANTANA-FLORES A, Sánchez-Ayala A, Romero-Ramírez Y, Toledo-Hernández E, Ortega-Acosta SÁ, Toribio-Jiménez J. 2020. Aislamiento e identificación de bacterias tolerantes y bioacumuladoras de metales pesados, obtenidas de los jales mineros El Fraile, México. *Terra Latinoamericana*. 38(1):67-75. <https://doi.org/10.28940/terra.v38i1.430>

SENASICA (Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria). 2020. Ficha Técnica: Aislamiento de bacterias fitopatógenas y pruebas de patogenicidad. Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria, Laboratorio de Bacteriología. <https://www.gob.mx/senasica/documentos/fichas-tecnicas-390737?utm>

SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2024. Panorama Agroalimentario 2018- 2024. <https://online.pubhtml5.com/rsarc/ywrn/>

SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2025. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola 2024. https://nube.agricultura.gob.mx/cierre_agricola/

SOSA-LÓPEZ AI, Álvarez-Rivera VP, Torres-Campos D, Casadesús-Romero L. 2011. Identificación y caracterización de seis aislados pertenecientes al género *Bacillus* promisorios para el control de *Rhizoctonia solani* Kühn y *Sclerotium rolfsii* Sacc. *Fitosanidad*. 15(1):39-44. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1562-30092011000100006&lng=es&tlng=pt

VELÁSQUEZ-CHÁVEZ TE, Sáenz-Mata J, Quezada-Rivera JJ, Palacio-Rodríguez R, Muro-Pérez G, Servín-Prieto AJ, Hernández-López M, Preciado-Rangel P, Salazar-Ramírez MT, Ontiveros-Chacón JC, García-Peña C. 2025. Bacterial and physicochemical dynamics during the vermicomposting of bovine manure: a comparative analysis of the *Eisenia fetida* gut and compost matrix. *Microbiology Research*. 16(8):177. <https://doi.org/10.3390/microbiolres16080177>

VILLANUEVA-FIERRO OA, Robles-Hernández L, González-Franco AC, Hernández-Huerta J. 2019. Promoción de la germinación y biocontrol de pudrición de plántulas de chiltepín con extractos bioactivos de basidomicetos. En: Porrás-Flores, D.A. *et al.* (eds) *Chiles Regionales Variedad, Producción e Inocuidad. Primera edición*. Universidad Autónoma de Chihuahua editorial. Chihuahua, México. Pp. 138. ISBN: 978-607-536-039-3. https://www.researchgate.net/publication/353105157_Chiles_Regionales_Variedad_Produccion_e_Inocuidad



VILLALOBOS-MALDONADO JJ, Meza-Gordillo R, Enciso-Sáenz S, Castañon-González JH, Rosales-Quintero A, Lagunas-Rivera S, Gutiérrez-Miceli FA, Ruíz-Valdiviezo VM, Rincón-Rosales R. 2017. Identificación molecular de bacterias en *Eisenia foetida* savigny cultivadas, con potencial de remoción de contaminantes orgánicos persistentes. *AgEcon Search*. 10(5):51-56. <https://doi.org/10.22004/AG.ECON.352674>