



El enemigo silencioso del aguacate: *Phytophthora cinnamomi*

Sergio Heredia Mora, Gamaliel Valdivia Rojas*

Maestría en Agrobiotecnología. Instituto Tecnológico Superior de Los Reyes. Tecnológico Nacional de México.

Autor de correspondencia: gamaxew@gmail.com

Foto: CnvStudios

Tema

En los sistemas de monocultivo, la incidencia de plagas y enfermedades que merman la producción es frecuente. En Michoacán, un ejemplo relevante es la denominada "tristeza del aguacate", causada por el Oomiceto *Phytophthora cinnamomi*, la cual afecta significativamente la productividad del cultivo. Una estrategia de manejo eficiente y sostenible consiste en la utilización de agentes de control biológico, como bacterias y hongos antagonistas. Esta alternativa permite suprimir al patógeno, a la vez que contribuye a mejorar la salud del suelo y reduce la dependencia a los fungicidas de síntesis química.

1.Introducción

El cultivo de aguacate en Michoacán representa uno de los pilares económicos y sociales más importantes en el estado y en país, no solo por su impacto en las exportaciones, sino también por el sustento que brinda a miles de familias. Sin

embargo, enfrenta una amenaza silenciosa: la "tristeza del aguacate" enfermedad que afecta a una amplia gama de especies arbóreas en distintos continentes, como el aguacate en América, los robles en Oceanía y los castaños en Europa. Es un pseudohongo (oomiceto) capaz de sobrevivir en el suelo por años y colonizar rápidamente las raíces, provocando la obstrucción de los vasos conductores, estrés hídrico, pérdida de vigor y disminución drástica en la productividad de los huertos. Las medidas de control químico disponibles han mostrado una eficacia limitada, además de generar problemas colaterales como la degradación y contaminación del suelo. Ante este panorama, la búsqueda de alternativas sustentables se vuelve prioritaria. En este artículo se explora el potencial de hongos y bacterias asociadas a raíces (rizosféricas) benéficas, que actúan como antagonistas naturales de *P. cinnamomi*. Estos microorganismos no solo inhiben el crecimiento del patógeno, sino que también mejoran la salud del suelo y fortalecen la resistencia de las plantas,

representando una estrategia biotecnológica regenerativa. Su implementación constituye una opción viable para reducir el uso de agroquímicos, recuperar la biodiversidad de los suelos (edáfica) y asegurar la sostenibilidad del cultivo de aguacate en beneficio de productores, consumidores y del medio ambiente.

1. Comportamiento epidemiológico de la tristeza del aguacate

La tristeza del aguacate, causada por *P. cinnamomi*, representa una de las enfermedades más destructivas y de mayor impacto económico en la producción de aguacate a nivel mundial. Bajo condiciones favorables, puede afectar hasta el 75% de las huertas comerciales, provocando pérdidas millonarias cada año. Desde su detección en la década de 1940, su presencia se ha extendido rápidamente a casi todas las regiones productoras de aguacate del mundo. En América Latina, ha ocasionado la pérdida de vastas áreas de cultivo en países como México, Perú, Colombia, Chile y Ecuador, con reducciones significativas tanto en la densidad de árboles como en la producción total. De igual manera, Estados Unidos, Australia, Sudáfrica, España e Israel han reportado graves brotes epidémicos, afectando miles de hectáreas. Actualmente, la enfermedad está presente en todos los continentes donde se cultiva aguacate, consolidándose como una amenaza global para la sostenibilidad del sector (de Andrade Lourenço et al., 2022).



Foto: Eufenef

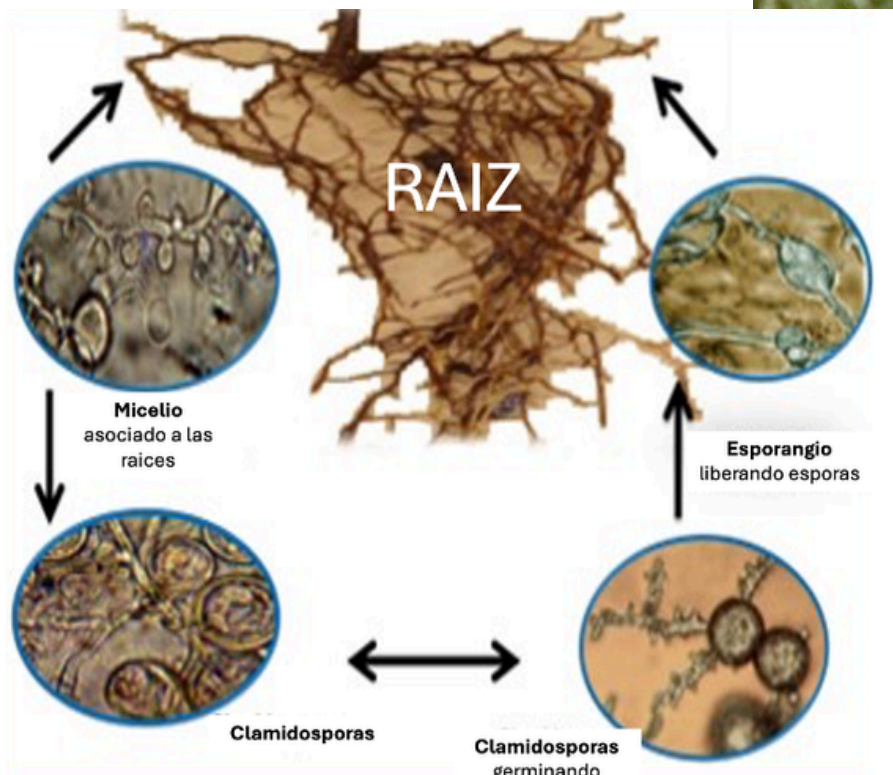


Figura 1. Detalle de los efectos de *P. cinnamomi* en las raíces de un árbol de aguacate (Imagen modificada a partir de Andrade-Hoyos et al., 2012)

En 1942, Tucker logró aislar por primera vez el patógeno en plantas de aguacate en Puerto Rico. Años más tarde, en México se registró el primer brote importante en 1952, ocasionando pérdidas de hasta el 90% de la producción. Desde entonces, la enfermedad se ha propagado a distintas regiones del mundo, donde, bajo condiciones favorables, ataca las raíces y la base del tronco, invade los tejidos vasculares y extrae los nutrientes necesarios para su desarrollo, el cual está influenciado por factores como la temperatura, humedad, precipitación, pH, textura y fertilidad del suelo (Agapito-Amador et al., 2022). *Phytophthora cinnamomi* es un Oomiceto eucarionte clasificado dentro del grupo de los protistas. Su estrategia de alimentación es versátil: puede comportarse como saprófito, biótrofo, hemibiótrofo o necrótrofo. Esto significa que puede nutrirse de materia orgánica muerta, pero también infectar plantas vivas. En este caso, primero extrae nutrientes del tejido vegetal sin matarlo de inmediato (fase biotrófica). Luego, al culminar esta fase, causa la muerte del tejido (necrosis) y continúa alimentándose de los restos (fase necrotrófica). En resumen, infecta al huésped, lo mata de forma gradual y finalmente se alimenta de él (Hardham, 2005).

3. Fisiología del parasitismo

Phytophthora sp. cuenta con estructuras de resistencia como clamidosporas, esporangios y oosporas, que le permiten sobrevivir de manera saprófita en el suelo. La fase de infección comienza

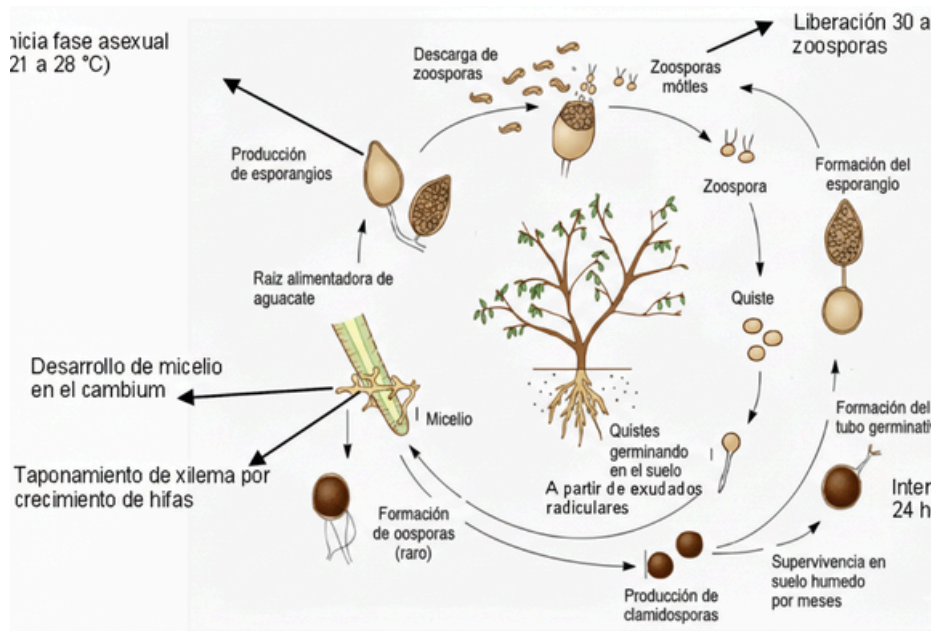


Figura 2. Ciclo de vida de *Phytophthora cinnamomi*. (Imagen modificada a partir de Agapito-Amador et al., 2022)

cuando las zoosporas, liberadas del esporangio, son atraídas por los exudados de las raíces y sus pelos radiculares (Fig. 1; Andrade-Hoyos et al., 2012).

Al llegar a la raíz, las zoosporas se enquistan y se fijan firmemente a la epidermis, estableciendo así el punto de entrada para la colonización del tejido. El patógeno afecta gravemente a la planta, desencadenando inicialmente un estrés hídrico a nivel de los tejidos que se manifiesta en síntomas progresivos: marchitez, secado de ramas y hojas, culminando en la muerte regresiva del árbol desde la copa hacia abajo. En las etapas previas, es posible observar síntomas foliares claros como clorosis (amarillamiento), reducción del tamaño de las hojas y detención del crecimiento, lo que conduce a una defoliación parcial y a una caída significativa en la producción de frutos (Osorio et al., 2017).

La capacidad de supervivencia del microorganismo fuera del huésped agrava el problema, ya que puede persistir en el suelo alimentándose de materia orgánica en descomposición por periodos que pueden extenderse hasta seis años. Debido a esto, la enfermedad tiene una distribución global, encontrándose presente en las principales zonas de cultivo de aguacate en el mundo. Cuando las condiciones ambientales son favorables para el patógeno, los brotes pueden ser devastadores para la agricultura comercial, provocando pérdidas económicas severas en los sistemas de producción (Ruiz et al., 2019; Gómez, 2018).



Figura 3. El árbol de aguacate. A) Árbol de aguacate con signos de la presencia de la enfermedad tristeza del aguacate. B) Árbol de aguacate en proceso de recuperación después de ser tratado con poda de saneamiento y microorganismos benéficos.

4. Ciclo de vida de *Phytophthora cinnamomi*

El desarrollo de *Phytophthora* se favorece en suelos con temperaturas moderadas (15–23°C) y con altos niveles de humedad, ya sea por lluvias abundantes o por exceso de riego. Bajo estas condiciones, el patógeno puede reproducirse y propagarse con facilidad, afectando principalmente el sistema radicular del aguacate (Fig. 2). Durante las épocas frías o secas, el microorganismo permanece en estado latente en raíces, tubérculos, restos vegetales o directamente en el suelo, utilizando distintas estructuras de resistencia que se mencionan a continuación:

Oosporas: esporas sexuales de pared gruesa que permanecen inactivas hasta que las condiciones son favorables.

- Micelio: red de hifas que constituye la parte vegetativa del patógeno.
- Esporangios: estructuras que germinan o liberan zoosporas móviles, responsables de nuevas infecciones.

- Clamidosporas: esporas de resistencia formadas para sobrevivir en suelos adversos.

El patógeno se dispersa principalmente por medios físicos, como las salpicaduras de lluvia que levantan partículas de suelo infectado, el arrastre de restos vegetales por el viento y el agua de escorrentía. En condiciones de alta humedad edáfica, las zoosporas se activan y desplazan en la película de agua del suelo, colonizando las raíces jóvenes. La infección ocurre al penetrar directamente las células epidérmicas o a través de heridas naturales o inducidas. Una vez dentro, el micelio invade el sistema vascular, bloqueando el flujo de agua y nutrientes hacia la parte aérea. En la copa del árbol, los esporangios germinan y liberan zoosporas que pueden generar infecciones secundarias en hojas y brotes, particularmente durante períodos prolongados de humedad foliar. La lluvia y el viento transportan estas esporas desde los tejidos infectados hacia el suelo o a otras plantas, perpetuando el ciclo de la enfermedad y desencadenando nuevos focos infecciosos como se muestra en la figura 2. La enfermedad se manifiesta con síntomas como la pudrición de raíces y la base del tallo,

marchitez progresiva, clorosis generalizada del follaje y, en infecciones avanzadas, la muerte regresiva de árboles adultos (Mohammednur, 2024).

5.Importancia de la microbiología del suelo

La biodiversidad microbiana del suelo, que abarca bacterias, hongos, protozoos, algas y nematodos, es fundamental para mantener y mejorar la calidad edáfica y su productividad biológica. Esta comunidad interactúa formando una compleja red trófica, cuyo equilibrio y estructura son indicadores directos de la funcionalidad y salud general del suelo. En el ámbito agrícola, estos microorganismos se erigen como una herramienta estratégica clave. Su aplicación contribuye a prevenir pérdidas en los cultivos causadas por fitopatógenos y a potenciar la producción global de alimentos. Al mismo tiempo, reducen la dependencia de plaguicidas y fertilizantes de síntesis química, lo que representa una alternativa productiva más sostenible y respetuosa con el medio ambiente (Xin, 2024).

La salud del suelo es determinante para la productividad del aguacate. Un suelo microbiológicamente balanceado, con alta diversidad de bacterias y hongos benéficos, actúa como barrera natural contra enfermedades como la pudrición radical causada por *P. cinnamomi*. Estos microorganismos ejercen control a través de competencia por nutrientes y espacio, producción de compuestos antimicrobianos, micoparasitismo e inducción de defensas en la planta. Además, mejoran la absorción de nutrientes, promueven el desarrollo radicular y fortalecen la resistencia del árbol. El desequilibrio, causado por monocultivos o uso excesivo de agroquímicos, favorece la proliferación de patógenos. En contraste, prácticas como la aplicación de materia orgánica, coberturas vegetales, buen manejo del agua y el uso de bioinsumos restauran y mantienen la biodiversidad del suelo, ofreciendo una estrategia sustentable para reducir la dependencia de fungicidas y asegurar la productividad del cultivo (Pinto et al., 2024).

6. Control de la tristeza del aguacate

6.1 Manejo preventivo

Antes de establecer una plantación, es fundamental realizar análisis físicos, químicos y biológicos del suelo para identificar riesgos potenciales de infección. El material vegetal debe mantenerse libre de contaminación, evitando el contacto con el suelo y aplicando tratamientos de desinfección mediante vapor o productos autorizados. Asimismo, es indispensable asegurar que las plantas destinadas al trasplante estén completamente libres del patógeno. Las podas de saneamiento, es otra forma de controlar al patógeno, retirando constantemente ramas muertas, enfermas o con síntomas de alguna enfermedad o planta y quemando el material vegetal.

6.2 Uso de Portainjertos resistentes

Los árboles de aguacate requieren un portainjerto para poder producir una variedad comercial. La búsqueda portainjertos criollos con genotipos tolerantes ha permitido identificar variedades de la raza mexicana con mayor resistencia al patógeno. Estudios han señalado que los portainjertos Atlixco, Tepeyano y Colín V-33, presentan un comportamiento tolerante frente a *P. cinnamomi*, lo que los convierte en alternativas viables para zonas con alta incidencia (Andrade-Hoyos et al., 2015).

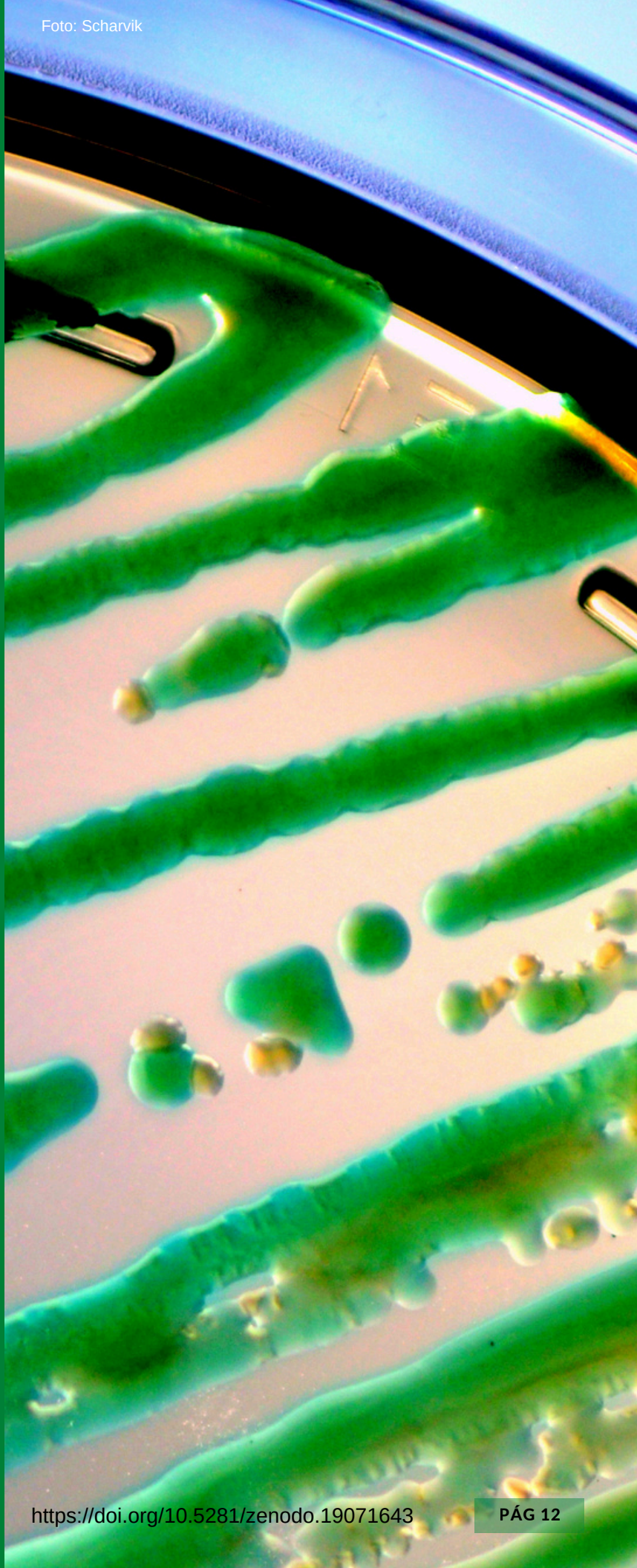
6.2 Control químico

El empleo de fungicidas constituye aún una herramienta clave en el manejo de esta enfermedad. Entre los moléculas o compuestos de uso común se encuentran el sulfato de cobre pentahidratado, mancozeb, metalaxil, cimoxanilo y fosetil aluminio. En este sentido, se ha documentado el uso rotatorio de compuestos como mefenoxam, fosfito de potasio, oxatiapiprolin, fluopicolide, mandipropamida y etaboxam con dicho propósito (Belisle et al., 2019). La endoterapia vegetal es una técnica de aplicación directa que consiste en inyectar

un compuesto sistémico en los haces vasculares del árbol, alcanzando así las estructuras botánicas colonizadas por el patógeno. El procedimiento implica realizar una perforación en el tronco mediante un taladro y utilizando un dispositivo de inyección a presión, se introduce el producto para que se distribuya de manera uniforme por todo el sistema vascular de la planta. Este método ha demostrado ser una estrategia eficaz para el control de *P. cinnamomi* en plantas de aguacate afectadas por la enfermedad (Agapito-Amador et al., 2022).

6.3 Control biológico

Existen microorganismos benéficos que además de ser antagonistas de *Phytophthora* son de gran utilidad en la agricultura, ya que contribuyen a reducir e incluso, eliminar el uso de agroquímicos, que han provocado la degradación y contaminación del suelo por su uso desmedido. Varios autores mencionan que entre los microorganismos más útiles en esta actividad encontramos a *Bacillus*, *Pseudomonas* y *Trichoderma* (Sumida et al., 2022), quienes actúan como antagonistas naturales de *P. cinnamomi*. Las especies del género *Pseudomonas* figuran entre los agentes de control biológico más estudiados para el manejo de múltiples fitopatógenos, entre los que se incluye *Phytophthora* (Zohara et al., 2016). Por otro lado, entre los hongos más eficientes se encuentran hongos de los géneros *Trichoderma*, *Penicillium* y *Aspergillus*. El género *Trichoderma* es un grupo de omicetos de gran relevancia, destacado por su eficacia como agente de control biológico. Su potencial se fundamenta en diversos y versátiles modos de acción, entre los que se pueden mencionar: 1) la competencia por nutrientes y espacio con otros microorganismos rizosféricos, 2) la producción de antibióticos, 3) el micoparasitismo directo sobre patógenos y 4) la inducción de respuestas de defensa sistémicas en la planta. Además de su papel protector, se ha documentado que diversas especies de *Trichoderma* ejercen un efecto beneficioso directo sobre el crecimiento vegetal y promoviendo el desarrollo de las plantas (Fig. 3; Guzmán-Guzmán et al., 2023; Harman et al., 2004; de Andrade Lourenço et al., 2022; Sumida et al., 2022).



7. Conclusión

La "tristeza del aguacate", provocada por *P. cinnamomi*, sigue siendo una de las principales limitantes para la producción de este cultivo en Michoacán, México, y en otras zonas productoras a nivel mundial. Ante esta amenaza, surge como alternativa viable la integración de estrategias biotecnológicas y prácticas agrícolas sostenibles, superando la dependencia de los métodos químicos tradicionales.

El manejo eficaz de esta enfermedad requiere un enfoque integral, fundamentado en el conocimiento de su epidemiología y en la aplicación conjunta de diversas estrategias. Este manejo integrado incluye la aplicación de agentes de biocontrol (como bacterias y hongos benéficos), la selección de portainjertos resistentes, un manejo adecuado del suelo (con incorporación de materia orgánica y mejora del drenaje) y prácticas culturales apropiadas. La sinergia de estas acciones contribuye a restaurar el microbiota del suelo, fortalecer la salud radical, suprimir el patógeno y, en última instancia, promover una mayor productividad y longevidad del cultivo. De este modo, se transita hacia un sistema agrícola más sostenible y resiliente, que busca un equilibrio entre la rentabilidad económica, la conservación del ambiente y el bienestar de los productores.

8. Referencias

Agapito-Amador, M. E., Cibrián-Llenderal, V. D., Rojas, M. G., Ruiz-Juárez, D., Corona, B. E. L., & Rueda-Puente, E. O. (2022). *Phytophthora cinnamomi* Rands en aguacate. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, (28), 331-341. <https://doi.org/10.29312/remexca.v13i28.3287>

Andrade-Hoyos, P., De León, C.; Espíndola, B. M. C.; Alvarado, R.D.; López, J, A.& García, E. R. (2012). Selección de porta-injertos de aguacate para tolerancia-resistencia a *Phytophthora cinnamomi* Rands, usando temperaturas controladas. *Spanish Journal of Rural Development*. 4:1-8.

Andrade-Hoyos, P., De León, C., Molina Gayosso, E., Espíndola Barquera, M. D. L. C., Alvarado Rosales, D., & López Jiménez, A. (2015). Totipotencialidad en plántulas de aguacate en la resistencia a *Phytophthora cinnamomi*. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 6(2), 361-373. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-09342015000200011&script=sci_arttext

Belisle, R. J., Hao, W., McKee, B., Arpaia, M. L., Manosalva, P., & Adaskaveg, J. E. (2019). New oomycota fungicides with activity against *Phytophthora cinnamomi* and their potential use for managing avocado root rot in California. *Plant Disease*, 103(8), 2024-2032. <https://doi.org/10.1094/PDIS-09-18-1698-RE>

de Andrade Lourenço, D., Branco, I., y Choupina, A. (2022). A systematic review about biological control of phytopathogenic *Phytophthora cinnamomi*. *Molecular Biology Reports*, 49 (10), 9947-9962. <https://doi.org/10.1007/s11033-022-07547-2>

Gómez, R. A. (2018). Efecto inhibitorio in vitro de aceites esenciales contra oomicetos de importancia económica que afectan el cultivo de aguacate. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Tesis licenciatura. Saltillo, Coahuila, México. 20-29 pp. <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/45159>

Guzmán-Guzmán, P., Kumar, A., de Los Santos-Villalobos, S., Parra-Cota, F. I., Orozco-Mosqueda, M. D. C., Fadiji, A. E., & Santoyo, G. (2023). *Trichoderma* species: Our best fungal allies in the biocontrol of plant diseases-A review. *Plants*, 12(3), 432. <https://doi.org/10.3390/plants12030432>

Hardham, A.R (2005). *Phytophthora cinnamomi*. *Phytopathology Molecular*, 6 (6), 589-604. <https://doi.org/10.1111/mpp.12568>

Harman, G. E., Howell, C. R., Viterbo, A., Chet, I., & Lorito, M. (2004). *Trichoderma* species opportunistic, avirulent plant symbionts. *Nature reviews microbiology*, 2(1), 43-56. <https://doi.org/10.1038/nrmicro797>

Mohammednur, T. (2024). Biology, ecology and integrated management of avocado root rot (*Phytophthora cinnamomi*) in Ethiopia: a review. *Plant Protection*. <https://doi.org/10.33804/pp.008.03.5273>

Osorio, A. L.; Burbano, F. O.; Arcila, C. A; Vázquez, B. A.; Carrascal, P. F. y Romero, F. J. (2017). Distribución espacial del riesgo potencial de marchitamiento del aguacate causado por *Phytophthora cinnamomi* en la subregión de Montes de María, Colombia. *Rev. Colomb. Cienc. Hortíc.* 11(2):273-285.

<http://dx.doi.org/10.17584/rcch.2017v11i2.7329>

Pinto, A. G., Kos, T., Puškarić, J., Vrandečić, K., Benković-Lačić, T., & Brmež, M. (2024). Soil ecosystem functioning through interactions of nematodes and fungi *Trichoderma* sp. *Sustainability*, 16(7), 2885.

<https://doi.org/10.3390/su16072885>

Ruiz, G. F.; Navarro, C. R. y Pérez L. A. (2019). Estudio de la interacción entre oomicetos de podredumbre radical y *Quercus ilex* L. *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales*. 45(2):149-160.

<https://doi.org/10.31167/csecfv5i45.19871>

Sumida, C. H., Fantin, L. H., Braga, K., Canteri, M. G., & Homechin, M. (2020). Control of root rot (*Phytophthora cinnamomi*) in avocado (*Persea Americana*) with bioagents. *Summa Phytopathologica*, 46(3), 205-211.

<https://doi.org/10.1590/0100-5405/192195>

Xin, J. (2024). Enhancing soil Health to minimize Cadmium accumulation in agroproducts: The role of microorganisms, organic amendments, and nutrients. *Environmental Pollution*, 348, 123890.

<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2024.123890>

Zohara F, Akanda MAM, Paul NC et al. (2016) Efectos inhibidores de *Pseudomonas* spp. sobre el patógeno vegetal *Phytophthora capsici* in vitro e in planta. *Biocatal Agric Biotechnol* 5:69-77.

<https://doi.org/10.1016/j.bcab.2015.12.009>

Sobre los autores



M.C. Gamaliel Valdivia Rojas. Docente e investigador del ITS Los Reyes, imparte cátedra en Ingeniería en Innovación Agrícola Sustentable y en la Maestría en Agrobiotecnología. Como responsable del Laboratorio de Biotecnología, dirige tesis y proyectos sobre propagación de plantas y microorganismos benéficos.



Sergio Heredia Mora. Ingeniero en Innovación Agrícola Sustentable, con especialidad en nutrición, asesor técnico en el cultivo de aguacate en la zona de Tancítaro Michoacán.

Cita:

Heredia Mora, S., & Valdivia Rojas, G. (2026). El enemigo silencioso del aguacate: *Phytophthora cinnamomi*. *Biotecnológica Magazine*, 4(1), 7-14.
<https://doi.org/10.5281/zenodo.19071643>