



MICROORGANISMOS CON BENEFICIOS GIGANTES PARA LOS CULTIVOS

Frédérique Reverchon¹, Alfonso Méndez Bravo²

¹Red de Diversidad Biológica del Occidente Mexicano, Centro Regional del Bajío, Instituto de Ecología, A.C., Pátzcuaro, Michoacán

²CONAHCYT – Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Morelia, Laboratorio Nacional de Análisis y Síntesis Ecológica, Universidad Nacional Autónoma de México, Morelia, Michoacán

El cultivo de aguacate se enfrenta a diversos retos, como la pérdida de fertilidad del suelo y la expansión de plagas y enfermedades, que merman su productividad. Para alcanzar una agricultura más sustentable, debemos buscar alternativas de manejo agrícola que sean amigables con el ambiente.

En este contexto, los microorganismos que viven en el suelo de huertos de aguacate o colonizan las raíces y hojas de los aguacates representan una fuente prometedora de biofertilizantes y biofungicidas.

Palabras clave: Biocontrol, Biofertilizante, Bacterias Promotoras de Crecimiento Vegetal, Phytophthora

El árbol de aguacate (*Persea americana* Mill.) es de gran importancia económica, social y cultural en nuestro país. México es el primer productor y exportador de aguacate a nivel mundial, y el Estado de Michoacán ocupa el primer lugar a nivel nacional en cuanto a producción y superficie de cultivo (FAOSTAT, 2023). Sin embargo, la productividad de los huertos está limitada por distintos problemas, como la degradación del suelo o la presencia de plagas y fitopatógenos (microorganismos que pueden causar enfermedades en las plantas).

La manera más común de atender estos problemas es a través del uso de agroquímicos; sin embargo, existe mucho interés por lograr implementar prácticas de manejo que sean más amigables con el ambiente y la salud humana. En este sentido, se han buscado alternativas basadas en el uso de microorganismos como sustitutos de productos agroquímicos.

Los microorganismos que habitan el suelo o los tejidos de las plantas son particularmente interesantes, ya que proveen muchos beneficios a los agrosistemas y pueden ser incluso usados como biofertilizantes o para el control biológico. Algunos microorganismos contribuyen a que los nutrimentos presentes en

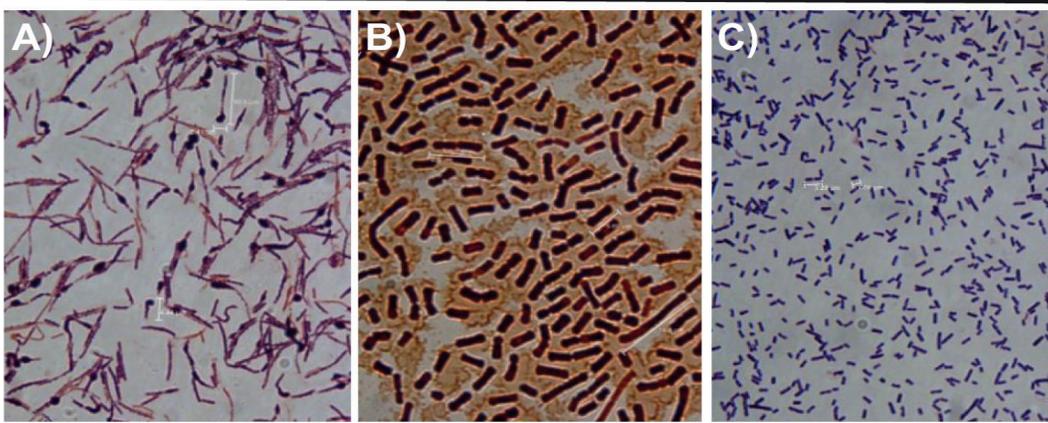
el suelo puedan ser utilizados por las plantas para su crecimiento. Otros microorganismos producen sustancias que funcionan como “hormonas del crecimiento” para las plantas, ayudándoles a crecer mejor y aumentar su tolerancia al estrés causado por condiciones ambientales difíciles.

Algunas bacterias u hongos también pueden ayudar a las plantas a protegerse de insectos plaga o de microorganismos patógenos, fortaleciendo su sistema inmune o produciendo compuestos antimicrobianos que funcionan como antibióticos (Méndez-Bravo et al., 2018).

En nuestro grupo de investigación, hemos estado trabajando en establecer una colección de microorganismos asociados con el cultivo del aguacate, con el objetivo de seleccionar aquellos que pudieran ser buenos candidatos para su aplicación como biofertilizantes o biofungicidas en campo. Las muestras que hemos colectado provienen de huertos de aguacate de distintos municipios de Michoacán, Veracruz, e incluso de California (Estados Unidos).

Hemos aislado bacterias y hongos que habitan el suelo adherido a las raíces de los árboles de aguacate, que colonizan su corteza y sus hojas, que estén presentes en su néctar o

Bacterias



Hongos

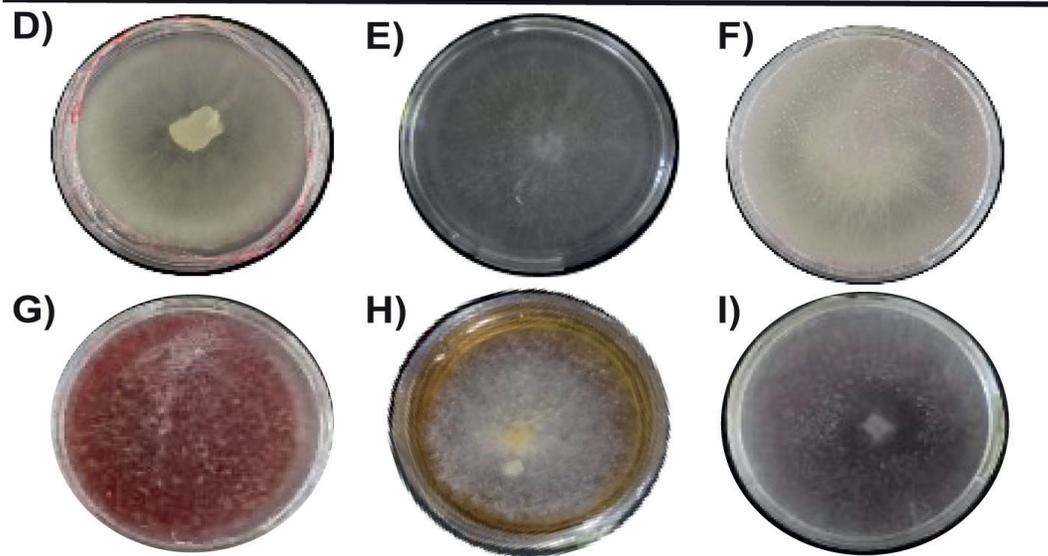


Figura 1. Algunos microorganismos (bacterias rizosféricas y hongos endófitos) de la colección del Laboratorio de Microbiología Ambiental Pátzcuaro asociados con árboles de aguacate. A) *Bacillus* sp., B) y C) en proceso de identificación. D) *Mortierella* sp., E) – I) *Fusarium* spp. Créditos: Marian Cortazar y Emma Nieves

que viven en el interior de sus raíces y ramas (Figura 1).

Después de aislar los microorganismos y de cultivarlos en el laboratorio, realizamos pruebas para poder evaluar algunas de sus propiedades benéficas. Por ejemplo, determinamos si aquellos microorganismos pueden impedir el crecimiento de otros microorganismos patógenos del aguacate, como el de *Phytophthora cinnamomi* (responsable de la enfermedad conocida como “tristeza del aguacatero”), de los hongos llamados *Fusarium*, que causan marchitez, o de *Colletotrichum gloeosporioides* (causante de antracnosis en el fruto).

En estos experimentos, hemos observado que bacterias del género *Bacillus* tienen la

capacidad de reducir hasta en un 80% el crecimiento de diversos fitopatógenos en condiciones de laboratorio, debido a que producen compuestos antifúngicos como péptidos o alcoholes en forma volátil que deforman los filamentos (conocidos como “hifas”) que desarrollan los hongos durante su crecimiento (Guevara-Avendaño *et al.*, 2020; Figura 2).

También hemos observado que algunas levaduras del néctar de aguacate tienen la propiedad de disminuir los síntomas de antracnosis en el fruto (Figura 2). ¡Estos microorganismos podrían ser la base de poderosos fungicidas!

Posteriormente, verificamos si estos microorganismos que son capaces de dañar a los fitopatógenos no son agresivos para las plan

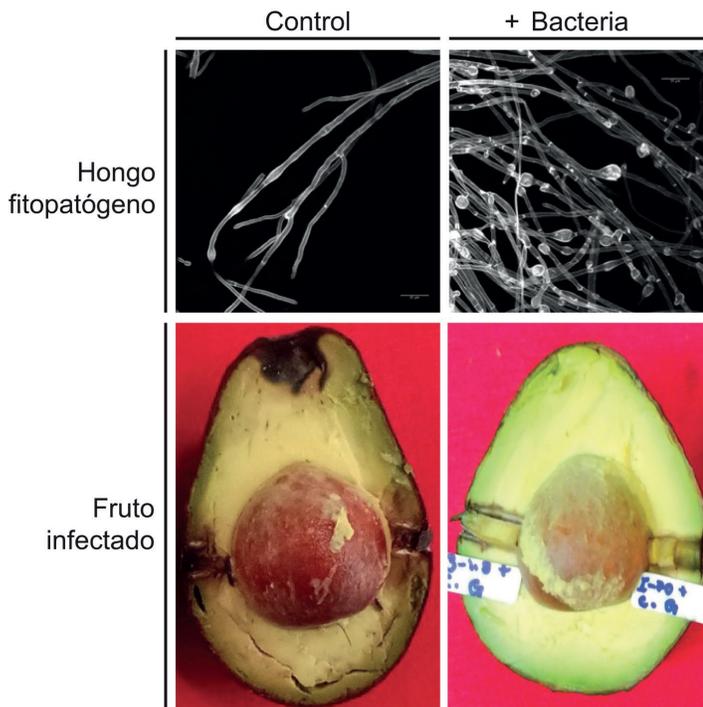


Figura 2. Imágenes superiores: Hifas del hongo patógeno de aguacate *Fusarium kuroshium*, creciendo sin bacteria (control) y en contacto con una bacteria biocontroladora. Se observa la deformación de las hifas cuando el hongo está en contacto con la bacteria; fotografías capturadas por microscopía confocal. Créditos: Mónica Ramírez y Monserrat Marín. Imágenes inferiores: frutos de aguacate Hass infectados con el patógeno *Colletotrichum gloeosporioides*, con o sin la presencia de una bacteria proveniente del néctar floral de aguacate. Créditos: César Medina.

tas, y si pueden, por el contrario, estimular su desarrollo. En condiciones de laboratorio, evaluamos si pueden promover el crecimiento de plantas que tienen un desarrollo o un ciclo de vida rápido, como *Arabidopsis*, para poder obtener un diagnóstico temprano y estudiar muy de cerca las interacciones entre la planta y la bacteria o el hongo a evaluar. Verificada la actividad biofertilizante in vitro del microorganismo seleccionado, implementamos pruebas piloto en invernadero.

Hemos encontrado que algunas bacterias que viven en el suelo o en las raíces del aguacate pueden promover el desarrollo de plantas de tomatillo, y hacerlas florecer ¡hasta un mes antes que las plantas sin bacterias! (Méndez-Bravo *et al.*, 2023) También hemos evaluado la actividad de la bacteria más prometedora de nuestra colección (un bacilo llamado “A8a”) en árboles de aguacate, que infectamos artificialmente con el patógeno *Phytophthora cinnamomi* para causar su marchitez. Un mes después de la infección,

las plantas tratadas con “A8a” tenían casi 50% menos síntomas de marchitez que las plantas no tratadas (Figura 3). ¡Esta bacteria es la superhéroe de nuestro Laboratorio!

CONCLUSIÓN

Finalmente, una pregunta que queremos contestar es: ¿Cómo podemos orientar nuestra búsqueda de microorganismos benéficos, para detectarlos de manera más rápida? Para ello, hemos empleado métodos moleculares que nos permiten estudiar el microbioma del aguacate, es decir el conjunto de todas las bacterias y todos los hongos que habitan su rizosfera.

Comparando el microbioma de árboles sanos y de árboles enfermos, podemos inferir cuáles son los microorganismos que sólo se



Figura 3. Árbol de aguacate infectado por *Phytophthora cinnamomi*, sin inocular (izquierda) o co-inoculado con una bacteria biocontroladora. Créditos: Edgar Guevara.

encuentran cuando la planta está sana.

Estos microorganismos son indicadores de una condición saludable, y podrían cumplir funciones de protección para la planta ante el patógeno. Por otra parte, los microorganismos que sólo se encuentran cuando la planta está enferma, son indicadores de la enfermedad y podrían ser utilizados para un diagnóstico temprano de la enfermedad, incluso an-

tes de que aparezcan síntomas. ¡El potencial de los microorganismos es inagotable!

AGRADECIMIENTOS

A los productores que nos han permitido acceder a sus huertos y tomar muestras de suelo y de tejido vegetal. A las y los estudiantes del Laboratorio de Microbiología Ambiental Pátzcuaro del INECOL y del Laboratorio de Interacciones Planta-Microorganismos de la ENES-Morelia, quienes han contribuido a la elaboración de la colección de microorganismos y a la realización de los experimentos durante los últimos diez años. Agradecemos el apoyo financiero del CONAHCYT a través de los proyectos de Ciencia Básica no. AI-S-30794 y CB-2014-242999: “Efecto de una enfermedad vegetal sobre la estructura y la función de la comunidad microbiana rizosférica: la marchitez por *Phytophthora* y la rizósfera del aguacate”, y “Búsqueda de polimorfismos y mecanismos de resistencia en porta-injertos de aguacate de la raza mexicana *Persea americana* var. *drymifolia* tolerantes al ataque de *Phytophthora cinnamomi* Rands. basada en secuenciación masiva”, respectivamente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAOSTAT). 2023. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize>.
- Guevara-Avendaño, E., Bravo-Castillo, K. R., Monribot-Villanueva, J. L., Kiel-Martínez, A. L., Ramírez-Vázquez, M., Guerrero-Analco, J. A. & Reverchon, F. (2020). Diffusible and volatile organic compounds produced by avocado rhizobacteria exhibit antifungal effects against *Fusarium kuroshium*. *Brazilian Journal of Microbiology*, 51: 861-873. <https://doi.org/10.1007/s42770-020-00249-6>

- Méndez-Bravo, A., Cortazar-Murillo, E. M., Guevara-Avendaño, E., Ceballos-Luna, O., Rodríguez-Haas, B., Kiel-Martínez, A. L., Hernández-Cristóbal, O., Guerrero-Analco, J. A. & Reverchon, F. (2018). Plant growth-promoting rhizobacteria associated with avocado display antagonistic activity against *Phytophthora cinnamomi* through volatile emissions. *PLoS ONE*, 13(3): e0194665. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0194665>
- Méndez-Bravo, A., Herrera-Cornelio, L. C., García-Toscano, D. F., Kiel-Martínez, A. L., Guevara-Avendaño, E., Ramírez-Vázquez, M., Pérez-Bautista, Y., Méndez-Bravo, A. & Reverchon, F. (2023). Beneficial effects of selected rhizospheric and endophytic bacteria, inoculated individually or in combination, on non-native host plant development. *Rhizosphere*, 26: 100693. <https://doi.org/10.1016/j.rhisph.2023.100693>