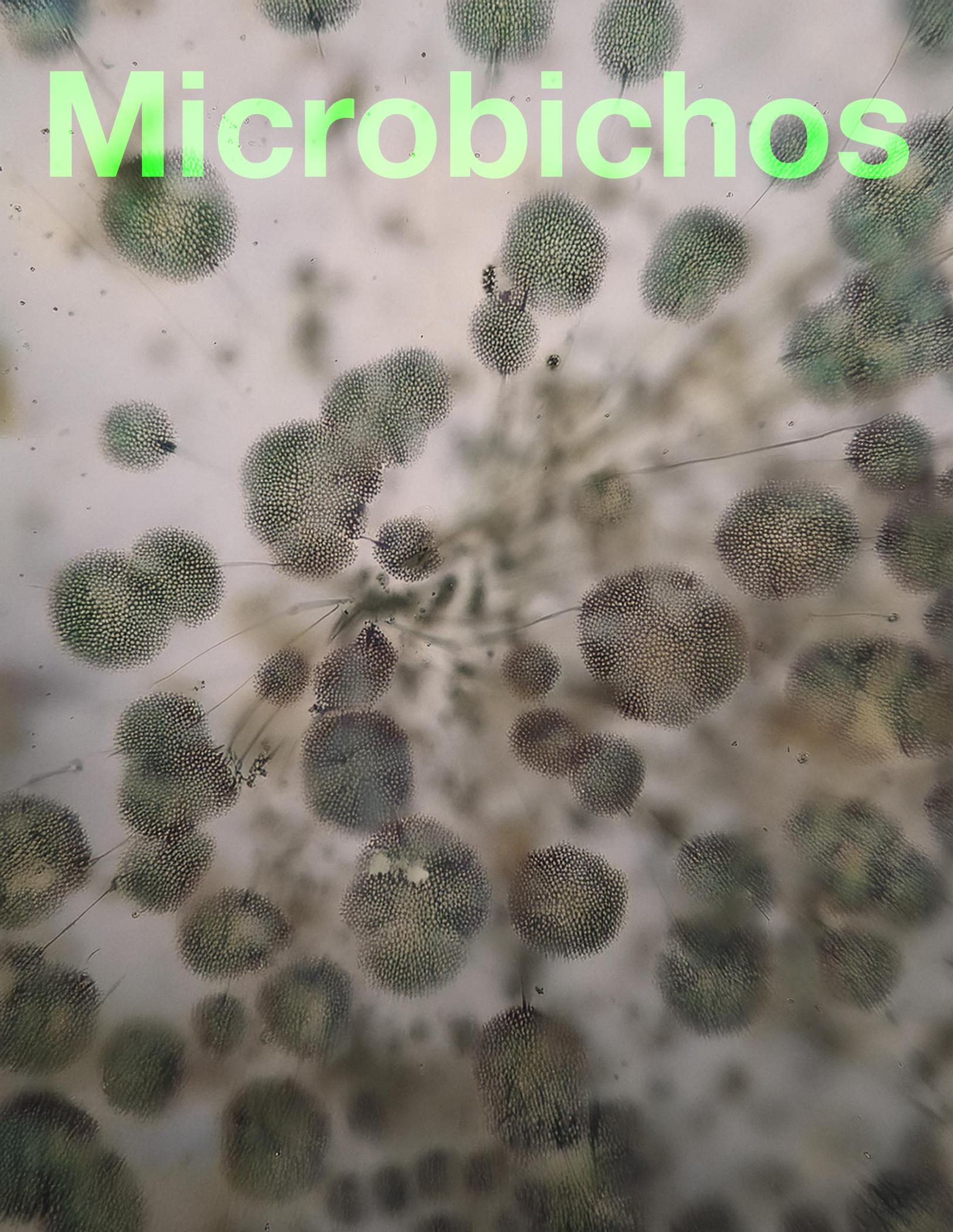


Microbichos



Trichoderma: hongos microscópicos aliados de los cultivos agrícolas

Trichoderma: microscopic fungi allies of agricultural crops

Sandy E. Celis-Perera*
Marcela Gamboa-Angulo

Centro de Investigación Científica de Yucatán, Yucatán,
México.

*Autor para la correspondencia:
scelis1190@gmail.com

Resumen

Los fertilizantes nitrogenados son la principal fuente de nutrición y los fungicidas sintéticos el principal método de control de plagas y enfermedades que se utilizan en la agricultura en México; sin embargo, el cambio en la conciencia sobre el consumo de productos provenientes de la agricultura orgánica va en aumento y con ello la búsqueda de alternativas ecoamigables aplicables en la agricultura. Los hongos del género *Trichoderma* son una excelente opción, gracias a sus diferentes mecanismos de acción estimulan el crecimiento en las plantas y compiten contra un amplio número de hongos fitopatógenos ayudando a las plantas a tolerar enfermedades.

Palabras clave: biocontrol, biofertilizantes, microorganismos.

Summary

Nitrogen fertilizers are the main source of nutrition and synthetic fungicides are the main method of pest and disease control used in agriculture in Mexico. However, the change in awareness regarding the consumption of products from organic agriculture is increasing and with it the search for eco-friendly alternatives applicable in agriculture. Fungi of the genus *Trichoderma* are an excellent option, thanks to their different mechanisms of action they stimulate growth in plants and compete against many phytopathogenic fungi, helping plants tolerate diseases.

Keywords: biocontrol, biofertilizers, microorganisms.

La agricultura en México emplea fertilizantes a base de sales de nitrógeno, fósforo y potasio para la nutrición de cultivos y productos agroquímicos sintéticos como primer método de control de enfermedades causadas por hongos patógenos; por ejemplo, los fungicidas sistémicos del grupo de los benzimidazoles, aunque estos ejercen un efecto rápido de control, el uso inadecuado genera contaminación en suelos y en algunos casos la resistencia por parte de los patógenos fúngicos [1].

En los últimos años, la tendencia hacia el consumo de alimentos que sean libres de productos tóxicos para no afectar la salud de productores y consumidores va en incremento. Para esto, los agricultores requieren en el mercado disponibilidad de productos alternativos no tóxicos que sean amigables con el ambiente para fertilizar y controlar las enfermedades en las plantas [1].

Entre estas alternativas está el control biológico que consiste en la aplicación de microorganismos vivos o sus derivados, tales como los hongos del género *Trichoderma* con más de 545 especies reportadas, quienes a través de diferentes mecanismos estimulan el crecimiento, desarrollo y rendimiento de las plantas, además pueden controlar a hongos causantes

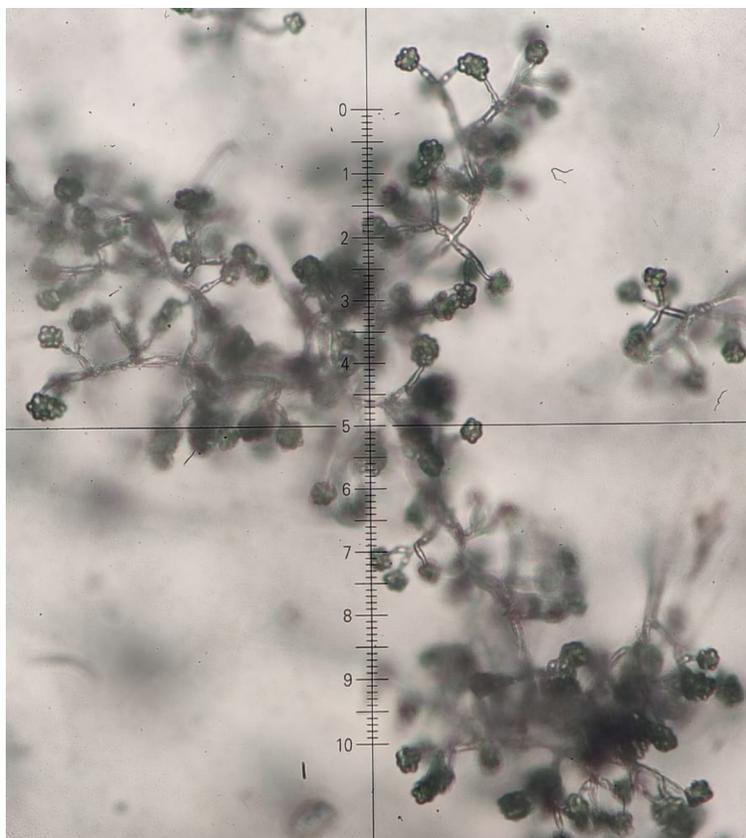


Figura 1. Conidióforos de *Trichoderma asperellum* observados en microscopio óptico 40x.

de enfermedades en los cultivos agrícolas [2].

La especie más estudiada es *Trichoderma harzianum*, la mayoría de los productos que ya están disponibles en el mercado son hechos a base de esta especie y de *Trichoderma virens*, en las zonas tropicales una de las especies más abundantes es *Trichoderma asperellum* [3]. El uso de *Trichoderma* en la agricultura ha generado mucho interés y representa una alternativa amigable en el manejo de enfermedades que afectan a los cultivos agrícolas de consumo humano. En este artículo conoceremos sobre el género *Trichoderma* y los principales mecanismos de acción que utiliza en su asociación con las plantas para favorecer su crecimiento y su tolerancia contra hongos causantes de enfermedades.

¿Quién es *Trichoderma*?

El género *Trichoderma* se describió por primera vez en 1794 por C. H. Pearson pero su uso e importancia en el control biológico se implementó en la década de los años setenta. *Trichoderma* son hongos microscópicos cuyo micelio crece rápido en comparación con otros hongos, se reproducen de manera asexual me-

diante una abundante producción de esporas que funcionan como semillas microscópicas y que en su hábitat natural son dispersadas por el viento, su rápido crecimiento en diferentes medios sintéticos facilita su aislamiento y producción con fines de control biológico. Se ha identificado la fase sexual de algunas especies de este género, se encuentran clasificadas en el orden Hypocreales, género *Hypocrea* [3].

Las esporas o también llamadas conidios suelen ser de forma redonda o semiredonda, de color verde intenso a amarillo y se producen en estructuras llamadas conidióforos a los que podemos imaginar como pequeños árboles con ramas (figura 1). Producen estructuras de resistencia conocidas como clamidosporas, estas pueden permanecer en entornos adversos por varios años y desarrollarse cuando las condiciones del ambiente sean favorables para su crecimiento. Son hongos saprófitos, lo que significa que se encuentran principalmente en suelos ricos en materia orgánica en descomposición, es de ahí donde obtienen su alimento. Algunas especies de este género tienen un comportamiento endófito es decir, que pueden habitar en el interior de los tejidos de las plantas sin causarle daños y ambos organismos obtienen beneficios de esta relación, *Trichoderma* aprovecha azúcares secretados por las plantas mientras que las plantas utilizan fitohormonas y metabolitos secundarios producidos por *Trichoderma* [3].

¿Cómo participa *Trichoderma* en la estimulación del crecimiento vegetal?

Trichoderma produce un enorme conjunto de proteínas y más de 1000 metabolitos secundarios de bajo peso molecular que pueden ser volátiles y no volátiles en el ambiente. Estos compuestos son liberados en el suelo cerca de las raíces y utilizados por las plantas para sus funciones fisiológicas y de supervivencia. Ciertos metabolitos como el 6-pentil- α -pirona estimulan el crecimiento en las plantas, algunos ayudan a equilibrar el pH del suelo y otros, como la ferricrocina tienen la capacidad de solubilizar fósforo. Las especies de *Trichoderma* también pueden solubilizar diferentes ele-

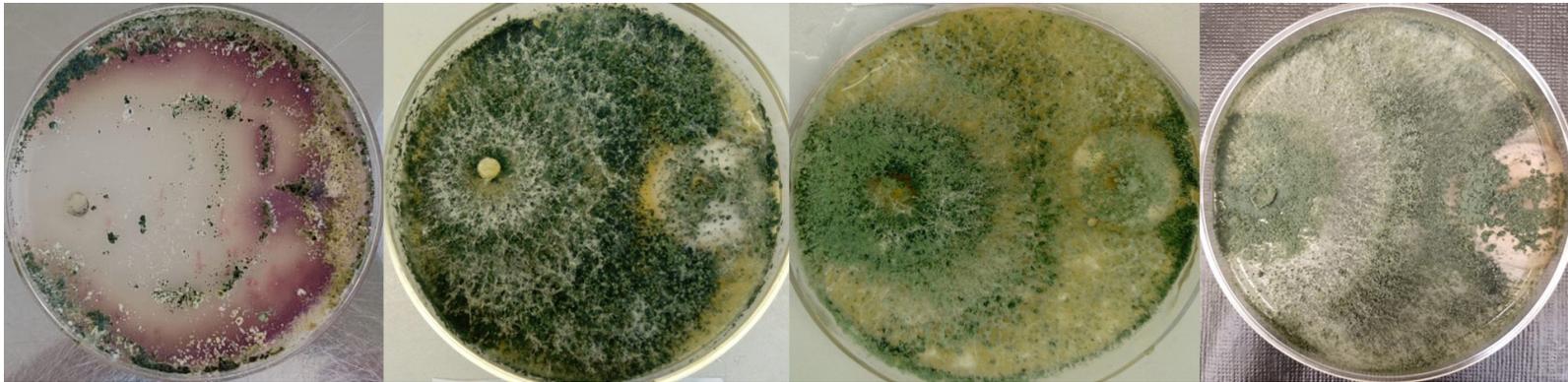


Figura 2. Competencia por espacio de *Trichoderma asperellum* Ta13-17 (lado izquierdo de la caja) contra *Fusarium oxysporum*, *Fusarium chlamydosporum*, *Fusarium equiseti* y *Alternaria alternata* respectivamente (lado derecho de la caja).

mentos como el cobre, zinc, hierro, magnesio y manganeso, esta actividad mejora la disponibilidad y absorción de nutrientes por las plantas, producen fitohormonas como el ácido indolacético que actúa en los brotes jóvenes de las plantas para estimular su crecimiento, el ácido abscísico que participa en la apertura y cierre de los estomas, ayuda a mantener el equilibrio fisiológico en las plantas y resistir en condiciones de estrés biótico y abiótico [4].

Existen reportes de éxito de cultivos asociados con *Trichoderma*. Ruiz-Cisneros et al. informaron que las plantas de tomate inoculadas con *T. longibrachiatum* T1 presentaron 13 % mayor altura y 14 % más rendimiento comparadas con plantas no inoculadas [5]. Por otra parte Mulu et al. obtuvieron un aumento en la actividad fotosintética, la eficiencia en el uso de agua y en la producción de biomasa de raíces en plantas de trigo inoculadas con cepas nativas identificadas mediante técnicas moleculares como *T. yunnanense* y *T. afroharzianum* [6]. Martínez-Salgado et al. evaluaron a *T. koningiopsis* T-K11 en plantas de cacahuate, reportaron inhibición en un 71 % el crecimiento *in vitro* de *Macrophomina phaseolina* y aumento en el rendimiento del cultivo en campo [7].

¿Cómo controla *Trichoderma* a sus adversarios?

Trichoderma es catalogado como un excelente competidor. Debido a su rápido crecimiento, aprovecha los recursos disponibles en el medio donde se encuentra, principalmente nutrientes y espacio por lo que el crecimiento de los fitopatógenos se ve limitado (figura 2). Tiene la capacidad de controlar diferentes

hongos fitopatógenos como *Alternaria*, *Colletotrichum*, *Corynespora* y *Fusarium*. Uno de sus mecanismos más importante es el micoparasitismo en donde *Trichoderma* detecta la presencia de su presa y crece en dirección a este impulsado por la detección de sustancias de naturaleza proteica que son producidas por los hongos patógenos, por lo que *Trichoderma* orienta su crecimiento para captar estos recursos. A este crecimiento dirigido se le conoce como quimiotropismo, una vez que existe el contacto entre el micelio de *Trichoderma* y del patógeno, el primero comienza a secretar enzimas como quitinasas y glucanasas que tienen la función de degradar la pared celular del patógeno que está compuesta principalmente por quitina y glucanos, al desintegrar estas enzimas se facilita el enrollamiento y la penetración de las hifas por parte de *Trichoderma* de manera que pueda alimentarse del patógeno [8].

Otro mecanismo que utiliza *Trichoderma* para el control de fitopatógenos es la antibiosis; es la producción de sustancias entre las que se encuentran los metabolitos secundarios que pueden ser tóxicos para otros microorganismos, algunos metabolitos pueden tener un efecto para detener el crecimiento de los patógenos o causar la desintegración o ruptura de las células y provocarles la muerte. Los metabolitos secundarios producidos por *Trichoderma* forman parte de diferentes grupos, como péptidos no ribosómicos, con gran variedad de compuestos que han demostrado tener efecto de control y causantes de cambios en la morfología de los conidios de patógenos como *Fusarium* spp., *Botrytis cinerea* y *Alternaria alternata*, policétidos, terpenos y pironas, sin embargo,

se sabe que la producción de los metabolitos secundarios varía entre especies incluso entre cepas y en muchos casos es la respuesta a algún estímulo causado por otro organismo o por condiciones ambientales [9, 10].

Por último, naturalmente las plantas producen proteínas que inducen la activación de genes involucrados en su defensa ante el ataque de plagas o de patógenos causantes de enfermedades; a esto se le conoce como resistencia, existe evidencia de que algunas especies de *Trichoderma* participan en la activación de grupos de genes que ayudan a resistir la infección causada por patógenos, a este mecanismo de acción se le conoce como resistencia inducida, existen dos tipos: la resistencia sistémica adquirida y la resistencia sistémica inducida donde participa *Trichoderma* y que básicamente consiste en activar el sistema inmune de las plantas enviando señales químicas cuando detecta la presencia de algún patógeno para que la planta se prepare para resistir el ataque. Entre las primeras respuestas que generan las plantas están el aumento en la producción de ligninas para reforzar las paredes celulares, la producción de fitoalexinas que son moléculas antimicrobianas y la muerte localizada de los tejidos cercanos a la zona de infección, estas estrategias evitan que la enfermedad se propague a otras partes de la planta [11].

Conclusiones

A través de diferentes procesos *Trichoderma* ayuda a las plantas para mejorar su crecimiento y desarrollo, debido a sus variados mecanismos de acción también controlan un amplio número de patógenos que causan enfermedades en los cultivos agrícolas.

Las diferentes capacidades con las que cuenta *Trichoderma* hacen que sea una alternativa sustentable para que en un futuro cercano sea más utilizado en la agricultura, ayudando a reducir el uso de fertilizantes a base de nitrógeno, fósforo y potasio y de fungicidas sintéticos para el control de enfermedades, que a la larga causan la contaminación del ambiente y daños a otros organismos.

Todavía hay mucho por descubrir en cuanto a la relación *Trichoderma-planta-patógenos* así como en la producción de metabolitos secundarios con actividad biofertilizante o biofungicida que sean útiles para la agricultura.

Es recomendable aislar e identificar especies nativas de *Trichoderma* que estén adaptadas a las condiciones climáticas de las diferentes zonas de México. El conocer los mecanismos de acción de las cepas nativas facilita el aprovechamiento de estos microorganismos, de manera que puedan aportar sus numerosos beneficios en la asociación con cultivos agrícolas del país. **iBIO**

Referencias

- [1] Manzar, N., Kashyap, A. S., Goutam, R. S., Rajawat, M. V. S., Sharma, P. K., Sharma, S. K., Singh, H. V. (2022). *Trichoderma*: Advent of Versatile Biocontrol Agent, Its Secrets and Insights into Mechanism of Biocontrol Potential. *Sustainability* 14,12786. <https://doi.org/10.3390/su141912786>
- [2] Vargas-Hoyos, H. A. y Gilchrist-Ramelli, E. (2015). Producción de enzimas hidrolíticas y actividad antagónica de *Trichoderma asperellum* sobre dos cepas de *Fusarium* aisladas de cultivos de tomate (*Solanum lycopersicum*). *Revista Mexicana de Micología*, 42, 9-16.
- [3] Martínez, B., Infante, D. y Peteira, B. (2015). Taxonomía polifásica y variabilidad en el género *Trichoderma*. *Revista de Protección Vegetal* 30, 11-22.
- [4] Cortés-Hernández, F. C., Alvarado-Castillo, G., Sánchez-Viveros, G. (2023). *Trichoderma* spp., una alternativa para la agricultura sostenible: una revisión. *Revista Colombiana de Biotecnología* 25(2), 73-87. DOI: [10.15446/rev.colomb.biote.v25n2.111384](https://doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v25n2.111384)
- [5] Ruiz-Cisneros, M. F., Ornelas-Paz, J. J., Olivas-Orozco, et al. (2018). Efecto de *Trichoderma* spp. y hongos fitopatógenos sobre el crecimiento vegetal y calidad del fruto de jitomate. *Revista mexicana de fitopatología* 36 (3), 444-456. <https://doi.org/10.18781/R.MEX.FIT.1804-5>
- [6] Mulu, A. O., Hussain, T., Waghmode, T. R., Zhao, H., Sun, H., Liu, X., Wang, X., Liu, B. (2020). *Trichoderma* Enhances Net Photosynthesis, Water Use Efficiency, and Growth of Wheat (*Triticum aestivum* L.) under Salt Stress. *Microorganisms* 8, 1565. doi:[10.3390/microorganisms8101565](https://doi.org/10.3390/microorganisms8101565)
- [7] Martínez-Salgado, S. J., Andrade-Hoyos, P., Parra-guirre-Lezama, C., Rivera-Tapia, A., Luna-Cruz, A., Ro-

mero-Arenas, O. (2021). Biological Control of Charcoal Rot in Peanut Crop through Strains of *Trichoderma* spp., in Puebla, Mexico. *Plants*10, 2630. <https://doi.org/10.3390/plants10122630>

[8] Guzmán-Guzmán, P., Kumar, A., de los Santos-Villalobos, S., Parra-Cota, F. I., Orozco-Mosqueda, M. d. C., Fadji, A. E., Hyder, S., Babalola, O. O., Santoyo, G. (2023). *Trichoderma* Species: Our Best Fungal Allies in the Biocontrol of Plant Diseases - A Review. *Plants* 12, 432. <https://doi.org/10.3390/plants12030432>

[9] Alfaro-Vargas, P., Bastos-Salas, A., Muñoz-Arrieta, R., Pereira-Reyes, R., Redondo-Solano, M., Fernández, J., Mora-Villalobos, A., López-Gómez, J. P. (2022). Peptaibol Production and Characterization from *Trichoderma asperellum* and Their Action as Biofungicide. *Journal Fungi* 8, 1037. <https://doi.org/10.3390/jof8101037>

[10] Zeilinger, S., Gruber, S., Bansal, R., Mukherjee, P. K. (2016). Secondary metabolism in *Trichoderma* - Chemistry meets genomics. *Fungal biology reviews* 30, 74-90. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fbr.2016.05.001>

[11] Delgado-Oramas, B. P. (2020). La resistencia inducida como alternativa para el manejo de plagas en las plantas de cultivo. *Revista de Protección Vegetal* 35(1). <https://eqrcode.co/a/4lo53i>

