

Trichoderma en las historias de héroes y villanos

Sandra Lizveth Enriquez López y Yajaira Baeza Guzmán

Resumen: Trichoderma es un hongo que, a pesar de su reputación negativa, juega un papel crucial en la agricultura y la medicina. Sus compuestos bioactivos, como terpenos y péptidos, combaten patógenos y promueven el crecimiento de las plantas, mejorando su absorción de nutrientes y fortaleciendo sus defensas. Aunque en general es beneficioso, puede también actuar como villano al atacar hongos comestibles o causando infecciones en humanos inmunodeprimidos. Su interacción con micorrizas es positiva o negativa dependiendo del contexto, lo que resalta su dualidad como protector o potencial adversario.

Palabras clave: agricultura, compuestos bioactivos, hongos benéficos, salud.

Maayat'aan (maya): *Trichoderma* ich u tsikbalilo'ob máaxo'ob ku yáantajo'ob yéetel máaxo'ob k'asa'ano'ob
Kóom ts'íibil meyaj: *Trichoderma jump'éeel kuuxum kex k'ajóola'an ku loobile', jach ku yáantaj xan ti' u meyajil k'áax yéetel ti' ts'aak. Le ba'ax xak'a'an yaan ichil ku ya'ala'al bioactivo'ob, je'ex terpeno'ob yéetel péptido'ob, ku yáantik ti'al ma' u tsa'ayal k'oja'anilo'ob yéetel u ch'íijil páak'alo'ob, ti'al u yutsil tsentikubaj yéetel u t'a'ajtal u yantal u muuk'. Kex túun jach ku yáantaje', ku béeytal xan u loobil tumen je'el u kínsik kuuxumo'ob ku jantalo'ob wáaj ku k'oja'ankuntik wíiniko'ob ma' jach t'a'ajo'ob. U xa'ak'tikubaj moots yéetel kuuxume', le ku ya'ala'al micorriza'ob, je'ebix yanik wale' ku yáantaj wáaj ku loobil, lebetik kek ilike' ka'ap'éeel ich tumen ku kanáan wáaj bíin suutuk k'asa'anil.*

Áantaj t'aano'ob: meyajil k'áax, xak'a'an bioactivo'ob, kuuxumo'ob ku yáatajo'ob, toj óolal.

Bats'i k'op (tsotsil): *Trichoderma* ta slo'il ya'yejal jpojvanejetik xchi'uk j-uts'intavanejetik

Smelolal vun albil ta jbel cha'bel k'op: *Trichoderma ja' jun chikinte' ti manchuk me chopol tabil ta ilel, pe tsots jtunel ta ts'unub ovolil xchi'uk ta poxiletike. Ti k'usitik stak' ta spoxtaan jechik k'usitik ta skap sbaik ta ik', ja' jech ta smilik k'usitik bik'tal chonetike xchi'uk ja' jech ta xch'ian lek yu'un ti ts'unubiletike, ja' jech ta xyaxub lek yu'un xchi'uk jech mu toj k'unuk ta xtae ta chamel. Manchuk me lek ya'el ti ta skotole, ja' te ta spas ta chopol k'alal ta xuts'inta ti yantik lekil chikinte'etik butik stak'an lajesele xchi'uk ja' te ta staik chamel yu'un ti jch'ieletike. Ti k'u x-elan ta xich' sbaik me ta lek o me ta chopole ja' venta k'u x-elan ti yosilale, jayo' jech tsots sk'oplal stael ta ilel slekil xchi'uk ti xchopolile.*

Jbel cha'bel k'opetik tunesbil ta vun: Ts'unub ovolil, k'usi stak' xpoxtavan, lekil chikinte'etik, kuxlejilil.

Cuando escuchamos la palabra “hongos” es posible que pensemos en algo desagradable, perjudicial, dañino, o que solo sirve para descomponer y desintegrar madera muerta y restos vegetales, pues quizá desconocemos el alto valor ecológico, económico, gastronómico y farmacéutico de estos organismos. En realidad, los hongos producen una gran cantidad de compuestos bioactivos con importante potencial médico y con efectos beneficiosos para el control de bacterias y otros hongos causantes de enfermedades en los cultivos agrícolas.

Estos compuestos pueden ser terpenoides, flavonoides, taninos, alcaloides y polisacáridos, mismos que los hongos utilizan cotidianamente para defenderse de sus depredadores naturales. Los flavonoides, por ejemplo, tienen propiedades antimicrobianas, anticancerígenas y antibacterianas, mientras que los alcaloides actúan como armas químicas contra herbívoros o competidores; además, algunas hormonas facilitan la colonización de nuevos hábitats o establecen relaciones simbióticas con otros organismos.

Interacciones entre hongos y plantas

Se estima que existen más de 2.5 millones de especies de hongos, aunque solo se han identificado entre 200 mil y 400 mil, lo que representa una pequeña fracción del total.

Su diversidad en términos de formas, colores, tamaños y modos de vida es impresionante; hay especies visibles a simple vista, otras microscópicas, y las que son capaces de emitir luz, como algunas del género *Mycena* que tienen un importante rol en la descomposición de la madera.

Gran parte de su relevancia radica en su capacidad para producir sustancias bioactivas de impacto significativo en la salud humana y en la agricultura. Como ya señalamos, se trata de compuestos con propiedades antimicrobianas y antifúngicas que han sido fundamentales en el desarrollo de medicamentos y en la protección de cultivos. Por lo tanto, el estudio de los hongos y sus metabolitos es fundamental para la

medicina y la agricultura, campos en donde ayudan a combatir enfermedades y mejoran la resistencia de los cultivos.

Aquí abordaremos la interacción entre hongos y plantas, y para ilustrar dichas relaciones diremos que hay dos grupos principales: los hongos patógenos, que podríamos denominar “villanos”, y los benéficos, que actúan como los “héroes” en esta historia de la naturaleza. Los primeros son responsables de colonizar y penetrar en los tejidos de las plantas provocándoles enfermedades. Por ejemplo, *Hemileia vastatrix* es el causante de la roya del café, una plaga que ha generado fuertes pérdidas para este sector económico en diversas partes del mundo. El patógeno vive y se repro-



Hemileia vastatrix, roya del café.

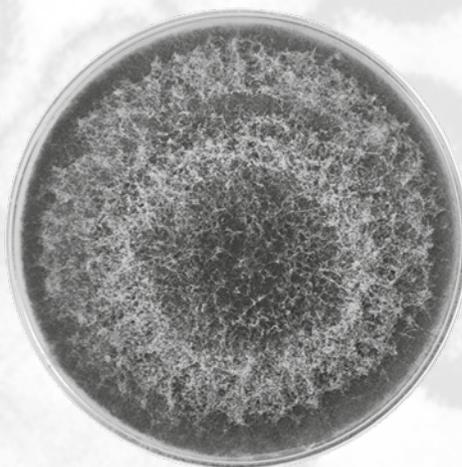
duce en los cafetos, su hospedero natural, pero cuando penetra y coloniza sus tejidos foliares, aparecen manchas polvorientas de color naranja en las hojas, para luego dar lugar a la caída de ramas, frutos y, en la etapa más avanzada de la enfermedad, a la muerte de la planta.

En contraste, los hongos héroes nos brindan una amplia gama de beneficios para los cultivos agrícolas y para los ecosistemas en general. Aquí encontramos a *Lecanicillium lecanii*, *Metarhizium sp.* y *Trichoderma sp.* Este último no solo descompone la materia orgánica muerta, como las hojas caídas, convirtiéndola en nutrientes para el suelo, sino que también presenta mecanismos de acción útiles para proteger a las plantas contra patógenos.

Trichoderma como héroe

Las especies de *Trichoderma* son conocidas principalmente por su papel beneficioso en sistemas agrícolas, y a menudo se utilizan como agentes de biocontrol contra patógenos que causan pérdidas económicas significativas y amenazan la producción mundial de alimentos; se han usado principalmente en cultivos como el maíz, tomate, papa, pepino y en diferentes hortalizas. Esto es posible porque producen compuestos bioactivos tóxicos, como terpenos y péptidos, con actividad antimicrobiana que permite controlar y competir entre espacios y nutrientes contra los patógenos. *Trichoderma* combate la fusariosis o marchitez causada por hongos como *Fusarium oxysporum*, *Fusarium solani*, *Rhizoctonia solani*, *Macrophomina phaseolina* y *Sclerotium rolfsii*, tanto en cultivos tropicales como en los de zonas más templadas. Es una nueva práctica para el control de plagas y enfermedades en la agricultura.

Estos beneficios se deben a las interacciones antagonicas de *Trichoderma* con otros organismos a través de varios mecanismos. En primer lugar, el hongo establece una relación simbiótica con las plantas, en la que ambos se benefician. Hablamos de un proceso que ocurre en las raíces,



Aislamiento de *Trichoderma* en la caja petri.



Estructuras microscópicas de *Trichoderma*.



Trichoderma "héroe", *Fusarium oxysporum*.

donde el micelio del hongo, una estructura semejante a una telaraña, crece y se ramifica bajo el suelo. Esta red de filamentos se comunica con las raíces de otras plantas, árboles u otros hongos.

Trichoderma ayuda a las plantas a absorber nutrientes de manera más eficiente solubilizando fósforo, minerales y agua. Además, las protege de hongos patógenos, promueve su crecimiento, mejora su nutrición y fortalece sus defensas y respuesta inmunológica. También produce sustancias que actúan como estimulantes; conocidas como hormonas de crecimiento, se trata de auxinas, citoquininas y giberelinas, las mismas que promueven un mayor vigor y rápido crecimiento de la vegetación.

Por su parte, las raíces de las plantas liberan azúcares, aminoácidos y otros nutrientes que son fuente de alimento para *Trichoderma*. Es como si la flora le ofreciera una comida para mantenerlo contento y cerca de sus raíces. Estamos ante una relación benéfica en la que planta y hongo salen ganando.

El micoparasitismo es un método eficaz que utilizan las especies de *Trichoderma* para combatir hongos patógenos. Definido como una interacción antagonista entre organismos, este proceso se caracteriza por tener varias etapas. Todo inicia cuando *Trichoderma* crece buscando un hospedador. Entonces, este antagonista detecta y se adhiere a las hifas del patógeno mediante estructuras especializadas en su pared celular. Posteriormente, sus hifas se enrollan alrededor del hospedador y, en algunos casos, penetran sus estructuras; una vez establecido el contacto, libera enzimas que rompen al patógeno. Esto debilita al hongo dañino casi por completo, limitando su crecimiento y expansión.

Trichoderma también ha demostrado ser eficaz contra nematodos del suelo, pequeños gusanos microscópicos que se alimentan de raíces y tejidos vegetales; esto sugiere que su uso puede extenderse como una estrategia prometedora para el control de plagas y enfermedades en diversos cultivos.

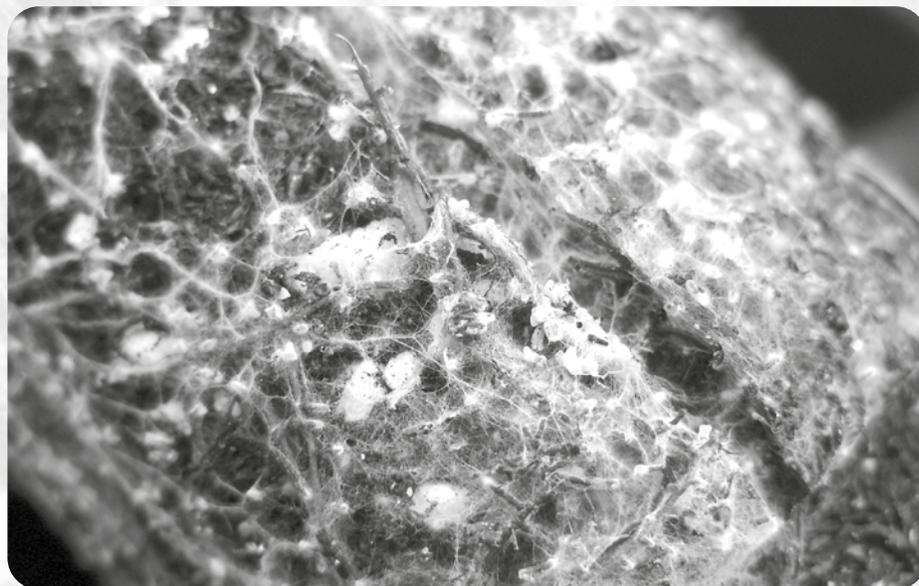


Algunas especies de *Trichoderma* pueden funcionar en el control de plagas del maíz.

Trichoderma como villano

Hay que reconocer que *Trichoderma* en ocasiones causa infecciones en humanos, especialmente en personas inmunodeprimidas (sistemas inmunológicos debilitados). Estas infecciones, conocidas como tricodermosis, son raras, pero pueden ser graves y se manifiestan de diversas formas, incluyendo respiratorias, en la piel y sistémicas. La especie patógena más reportada es *Trichoderma longibrachiatum*.

En cuanto a la interacción con plantas, las especies *Trichoderma* también pueden actuar de villanos cuando se dan las circunstancias. En entornos de alta humedad y sustratos ricos en nutrientes, atacan a otros hongos de aprovechamiento comestible o económico, incluyendo al champiñón y la seta (*Agaricus bisporus*, *Pleurotus ostreatus* y *Lentinula edodes*), obstaculizando su crecimiento y produciendo toxinas.



Micelio de hongos micorrízicos.

Interacción con micorrizas

En los ecosistemas agrícolas, las especies de *Trichoderma* juegan un papel fundamental como aliados en la promoción del desarrollo de las plantas. Cuando se combinan con hongos micorrízicos, potencian su colonización y actividad, mejorando la absorción de nutrientes y favoreciendo un crecimiento vegetal robusto. Esto es un ejemplo perfecto de sinergia natural: mientras *Trichoderma* actúa como protector dinámico combatiendo patógenos transmitidos por el suelo, las micorrizas amplifican la capacidad de la planta para absorber nutrientes esenciales. Así, integran un equipo de héroes naturales que contribuye a plantas más fuertes, saludables y con mayores rendimientos, por lo que son un pilar esencial en la agricultura sostenible.

Sin embargo, esa interacción no siempre es beneficiosa. En ciertos contextos, en particular para algunos tipos de cultivos o

suelos, la presencia de *Trichoderma* inhibe el desarrollo de las micorrizas o compete con ellas por recursos, lo que resulta contraproducente para las plantas. Esta dualidad nos hace ver que, si bien puede actuar como superhéroe, también puede convertirse en villano cuando las condiciones no son las adecuadas o cuando no se seleccionan correctamente las especies compatibles para un cultivo específico. Esto ilustra su naturaleza dual, pues pueden competir agresivamente con otros microorganismos o plantas. Entonces, ¿quién es tu villano favorito en el mundo de los hongos? La respuesta es que todo depende del contexto y de cómo decidamos utilizar y manejar estos poderosos aliados de la naturaleza. 🦸

Bibliografía

- Alfiky, A., y Weisskopf, L. (2021). Deciphering *Trichoderma*-Plant-Pathogen Interactions for Better Development of Biocontrol Applications. *Journal of Fungi (Basel, Switzerland)*, 7(1), 61. <https://doi.org/10.3390/jof7010061>
- Alvarado-Castillo, G., Benítez-Badillo, G., Lozada-García, J. A., et al. (2017). Uredospores' Mycelium Germination Inhibition of Coffee Rust (*Hemileia vastatrix*) Through Three Alternative Compounds: First Study. *Wulfenia Journal*, 24(2), 65-78.
- Mukherjee, P. K., Mendoza-Mendoza, A., Zeilinger, S., y Horwitz, B. A. (2022). Mycoparasitism as a Mechanism of *Trichoderma*-Mediated Suppression of Plant Diseases. *Fungal Biology Reviews*, 39, 15-33. <https://doi.org/10.1016/j.fbr.2021.11.004>

Sandra Lizbeth Enriquez López es estudiante de doctorado en la Universidad Veracruzana (Xalapa-Enríquez, Veracruz, México) | sandy_28_07@hotmail.com | <https://orcid.org/0000-0001-6187-8499>
 Yajaira Baeza Guzmán es académica en la Universidad Veracruzana (Xalapa-Enríquez, Veracruz, México) | ybaeza@uv.mx | <https://orcid.org/0000-0003-1509-978X>