

Hongos patógenos, especies amigables con el ambiente

♦ Anaid Talavera Ortiz
Maura Téllez Téllez



Los hongos pertenecientes a las especies del género *Trichoderma* son organismos presentes en todas partes en el ambiente, particularmente en el suelo. Weindling reportó el efecto antagonista —oposición, rivalidad o competencia entre dos organismos— de especies *Trichoderma* contra patógenos de plantas,¹ por lo cual estas se utilizan como agentes de control biológico contra hongos patógenos; sin embargo, cuando se presentan en el cultivo de hongos comestibles, como es el caso de *Pleurotus*, se convierten en organismos indeseables, debido a que poseen características que inhiben el crecimiento del micelio del hongo comestible y provocan pérdidas económicas.

Los hongos requieren de otros seres vivos para obtener su alimento (son heterótrofos) y, como todos los organismos, se componen de células; pero en este caso se les denomina “hifas”, las cuales son filamentos tubulares que poseen núcleo (eucariontes), otros organelos y una pared gruesa de quitina (polisacárido de N-acetil glucosamina), que los provee de rigidez y resistencia.

Algunos hongos presentan un cuerpo fructífero (órgano reproductivo) de diversas formas y colores. Se alimentan mediante la absorción de

nutrimentos a través de las membranas de sus células, por lo cual primero deben descomponer su alimento en pequeñas moléculas para poder aprovecharlas en su crecimiento y reproducción. Unos se alimentan de materia muerta (saprótrofos) y otros dependen de organismos vivos (parásitos) o habitan en ellos (simbiontes). Estos últimos consiguen y dan beneficios al organismo hospedero, mientras que los parásitos solamente los obtienen.

Entre los hongos saprótrofos se encuentra un grupo de gran interés debido a su importancia económica: las setas (figura 1), las cuales no son una categoría de clasificación taxonómica. Por setas se puede entender, de acuerdo con la definición de Chang y Miles, un macrohongo con un cuerpo fructífero característico.² De este tipo de hongos existen varios para consumo humano; algunos crecen de forma silvestre y otros son cultivados.

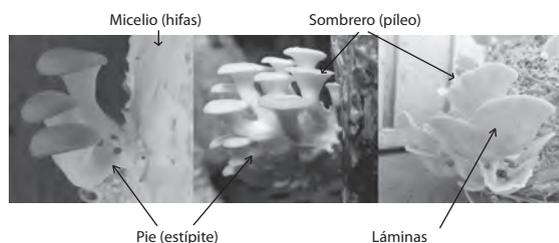
Entre estos últimos se encuentran *Pleurotus ostreatus*, comúnmente llamado “orejas”, “orejas de cazahuate”, “seta”, entre otros, y *Lentinula edodes* (shiitake), los cuales ocupan el segundo y tercer lugar en producción nacional, respectivamente, después de *Agaricus bisporus* (champiñón). Estos tres hongos obtienen su alimento de la materia orgánica inerte (cáscaras de frutas, residuos de

¹ R. Weindling, “*Trichoderma lignorum* as a parasite of other soil fungi”, *Phytopathology*, vol. 22, 1932, pp. 837-845.

² Shu-Ting Chang y Phillip G. Miles, *Edible mushrooms and their cultivation*, CRC Press, Boca Raton, 1989.

♦ Maestría en Manejo de Recursos Naturales, Centro de Investigaciones Biológicas (CIB), UAEM
Profesora e investigadora, Laboratorio de Micología, Centro de Investigaciones Biológicas (CIB), UAEM

Figura 1
Algunas partes características de setas cultivadas (especies del género *Pleurotus*)



jardinería, troncos de los bosques) y de otros restos vegetales o animales. Tienen una gran importancia ecológica debido a que eliminan los desechos del ecosistema y promueven el reciclaje de elementos esenciales para el crecimiento de las plantas, mediante la liberación de moléculas hacia el suelo que serán absorbidas —proceso de transporte hacia el interior de un organismo— a través de las hifas o por la raíz de las plantas.

Las setas tienen características interesantes, como la producción de moléculas específicas, denominadas enzimas, las cuales son proteínas que permiten el desarrollo de diversos procesos celulares y que degradan algunos polisacáridos de difícil degradación —celulosa, hemicelulosa y lignina—. Es como si los polisacáridos fueran un tipo de fomi o tela y las enzimas fueran tijeras con diferente ornamentación que, dependiendo del tipo de ornamentación que deseemos, escogeríamos para cortarla.

Esta característica tan especial ha permitido la tecnificación de la producción de setas, con la fina-

lidad de disponer de ellas durante todo el año. El cultivo de hongos comestibles constituye un verdadero sistema de producción y consumo, el cual ha adquirido gran relevancia social, económica y ecológica en el ámbito mundial. Este se realiza mediante procesos biotecnológicos que se desarrollan a pequeña y gran escala, a través de los cuales se produce alimento de buena calidad nutritiva y con propiedades medicinales —anticancerígenas, antibióticas, que reducen el nivel del colesterol y la hipertensión, antitrombóticas, antidiabéticas—, suplementos dietéticos y enzimas, y productos metabólicos con amplio potencial de utilización en la industria. También se puede utilizar el sustrato residual —paja invadida con micelio del hongo—, el cual en realidad es un subproducto aprovechable como abono orgánico para la industria hortícola y de floricultura, ya sea composteado con otros materiales orgánicos, sin compostear o como suplemento en los alimentos del ganado.³

En el proceso de fructificación de los hongos se han utilizado desechos agroindustriales, como paja de trigo, arroz, cebada y restos vegetales de todo tipo. El sustrato utilizado para su cultivo presenta, de forma natural, una microflora no equilibrada, de manera que muchos microorganismos —bacterias y hongos— pueden establecerse y competir con *Pleurotus* por el espacio y los nutrientes. Pero, como todo proceso, presenta problemas de plagas y enfermedades, dípteros, ácaros, bacterias y hongos parásitos.

Existen ciertos hongos que se consideran como competidores, entre los que se encuentran

³ Shu-Tin Chang y Phillip G. Miles, *Mushrooms: cultivation, nutritional value, medicinal effect and environmental impact*, CRC Press, Boca Raton, 2004.

algunos de los géneros *Trichoderma*, *Gliocladium* y *Penicillium*, que se caracterizan por tener una coloración verdosa —por eso se les denomina “hongos verdes”—. Pero las especies de *Trichoderma* no dependen exclusivamente de los nutrientes solubles disponibles, sino también de la descomposición de la celulosa del sustrato —componente de las paredes celulares de árboles y plantas—. Se ha reportado que *Trichoderma* ha causado pérdidas económicas por daño a la producción de entre 33% y 50%, tanto a pequeños como a grandes productores de hongos comestibles. Hay varias etapas propensas a la contaminación si no se controlan las condiciones de asepsia (ausencia de gérmenes).

Resulta interesante saber que un hongo produce daños en el hongo comestible cultivado. La seta comestible (*Pleurotus*) es un macromiceto, esto es, de cuerpo fructífero visible, y el hongo contaminante (*Trichoderma*) un micromiceto, cuya estructura reproductiva es de tamaño pequeño, generalmente no observable a simple vista. Estos hongos tienen características bióticas —características fisiológicas específicas que le permiten su supervivencia y reproducción— diferentes: *Trichoderma* es un hongo anaerobio facultativo, lo que significa que puede crecer en ausencia de oxígeno; resiste un amplio intervalo de temperatura y pH; su velocidad de crecimiento es casi cinco veces mayor que la de la seta, y produce muchas esporas, las cuales se dispersan para formar colonias que se propagarán fácilmente en el cultivo para su rápido crecimiento. Es como comparar la liebre

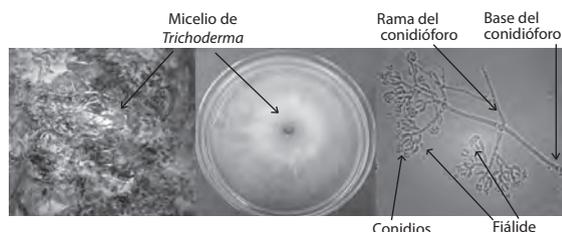
(*Trichoderma*) con la tortuga (*Pleurotus*). Cuando se da la contaminación, *Trichoderma* invade completamente el sustrato, disminuyendo o inhibiendo el crecimiento del micelio del hongo comestible, sin que hasta la fecha se haya encontrado alguna forma biológica de controlar dicho proceso.

Se ha sugerido que la inhibición o disminución de crecimiento del micelio de *Pleurotus* se debe a la acidificación del sustrato producida por la contaminación de *Trichoderma*, que al crecer reduce el pH del *Pleurotus* a niveles por debajo del requerido por este para su desarrollo. Sin embargo, a pesar de que *Trichoderma* es un hongo que se ha estudiado desde principios del siglo pasado y de que se ha avanzado en el conocimiento de su morfología, diversidad patogénica y comportamiento en asociación con el cultivo de hongos comestibles, hasta la fecha todavía hay dificultad para su manejo y aún se desconoce mucho de su fisiología y de los factores asociados a módulos de producción o plantas productoras de hongos comestibles.

Para ello se hacen esfuerzos mediante el uso de compuestos químicos como el benomilo (metil 1-[butilcarbamoil]bencimidazol-2-il carbamato), el cual es acaricida, fungicida y nematicida. El benomilo es persistente en el medio ambiente, se puede fijar en el suelo u otras superficies y es un plaguicida estable en medios secos; sin embargo, en medio acuoso se descompone y da lugar a carbenazina y n-butilisocianato,⁴ ambos compuestos tóxicos, que pueden producir problemas he-

⁴ Awni M. Sarrif, Karin S. Bentley, L. J. Fu, R. M. O’Neil, Vincent L. Reynolds y Ralph G. Stahl, “Evaluation of benomyl and carbenazim in the vivo aneuploidy/micronucleus assay in BDF1 mouse bone marrow”, *Mutation research/Fundamental and molecular mechanisms of mutagenesis*, vol. 310, núm. 1, 1994, pp. 143-149.

Figura 2
Características morfológicas típicas
de *Trichoderma*



páticos. También es teratogénico, ya que altera el material celular bloqueando parcial o totalmente procesos enzimáticos que afectan directamente al feto, es decir, es embriotóxico, pues produce malformaciones congénitas y disminuye la fertilidad.⁵

La utilización de este compuesto en el cultivo puede demeritar la calidad de los cuerpos fructíferos, por lo que ya no se consideran como productos orgánicos. Por ello es importante buscar una alternativa biológica para controlar dicha contaminación, ya sea mediante organismos que sean competidores naturales (antagonistas) o por medio de extractos de productos naturales, lo cual es un tema de investigación en el Laboratorio de Micología del Centro de Investigaciones Biológicas (CIB) de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM).

A pesar de los problemas que llega a provocar *Trichoderma* en el cultivo de hongos comestibles, este hongo muestra un comportamiento positivo en otros ambientes. Este género se encuentra entre los antagonistas naturales, ya que está

presente en los ecosistemas terrestres de forma natural —suelo agrícola, pastizales, bosques y desiertos—, donde convive con diferentes especies de plantas sin ocasionarles ningún daño —es un organismo endófito—, aunque también se ha reportado su presencia en ambientes acuáticos.

Estos hongos son pequeños, no visibles para el ojo humano. Visto al microscopio, el micelio es fino y los conidióforos (estructura fértil) están ramificados, semejantes a un árbol pequeño. Estos se presentan como penachos compactos que forman anillos, con un sistema de ramas irregular, de manera piramidal, los cuales a su vez terminan en fialides (célula conidiógena) en las que se forman las esporas asexuales o conidios (figura 2). Algunas especies son de vida libre, pues se pueden encontrar en el suelo, y se les considera oportunistas —buscan el momento propicio para realizar determinadas acciones—, simbiontes de plantas y micoparásitas, es decir, son hongos parásitos de otros hongos.

Este hongo microscópico también está teniendo gran importancia en el ámbito de la agricultura en México y el resto del mundo por su habilidad para contrarrestar ciertos hongos que causan daños severos en diversos cultivos; también se puede utilizar en aplicaciones foliares y tratamiento de semillas y suelos para el control de diversas enfermedades. Este organismo tiene la habilidad de invadir rápidamente ciertos hongos patógenos que causan daño o muerte a los vegetales hospedantes. *Trichoderma* produce diferentes moléculas durante su desarrollo —proteínas y metabolitos

⁵ "Reregistration eligibility decision (RED). Benomyl", US EPA Archive Document, EPA-738-R-02-011, 31 de julio de 2002.

secundarios— que estimulan el crecimiento de las plantas y, por consiguiente, el incremento en la producción. Por ello es una gran alternativa de bioinoculante en los cultivos, ya que, a diferencia de los plaguicidas, *Trichoderma* no contamina la tierra, ya que es un habitante natural del suelo.

Algunos mecanismos por los cuales *Trichoderma* actúa como control biológico de hongos patógenos —hongos que dañan a organismos vivos— de cultivos y colonizador de raíces son los siguientes:

Micoparasitismo: Consiste en el contacto directo entre dos organismos, el cual tiene como resultado la muerte de uno de ellos, seguida por la utilización de los nutrientes por parte del organismo sobreviviente. Quiere decir que *Trichoderma* se alimenta del otro hongo patógeno, se introduce y absorbe sus nutrientes, esto debido a la capacidad de producción de enzimas líticas (celulasas, quitinasas, glucanasas, proteasas, entre otras) que degradan paredes celulares de otros hongos.

Antibiosis: Los hongos producen sustancias tóxicas para el patógeno. Los compuestos que realizan esta acción son variados, aunque representan un grupo no muy heterogéneo de metabolitos activos que afectan directamente a algunos fitopatógenos. Principalmente son metabolitos difusibles, de bajo peso molecular, que inhiben el crecimiento de otro organismo.

Competencia por nutrientes y espacio: Este mecanismo consiste en el uso de un requerimiento (alimento) y determinada área en común por dos especies, con la diferencia de que uno de ellos hace mayor uso de este que el otro, limitando así la

cantidad de requerimiento disponible y creando una situación desigual. La competencia más común es por nutrimentos esenciales para el desarrollo de las funciones microbianas vitales: reproducción, nutrición, respiración y metabolismo. De esta manera, se delimita la colonización de otras especies patógenas.

Debido a que puede ser un competidor para otros hongos que son parásitos, *Trichoderma* evita que la planta sea colonizada por organismos que podrían provocarle daño celular o hasta la muerte; también le ayuda en su sistema radicular, y la fortalece en su crecimiento y en la solubilización y absorción de nutrientes inorgánicos (minerales).

Actualmente en el ámbito agrícola, el uso irracional de insecticidas y fungicidas ha tenido como consecuencia la pérdida de suelos fértiles, resistencia a patógenos, contaminación del medio ambiente, alimentos contaminados, además de pérdidas económicas para los productores. Por ello se buscan alternativas naturales para controlar o inhibir patógenos que ataquen los cultivos.

En conclusión, los hongos del género *Trichoderma* son de gran utilidad en el reino de las plantas, por lo cual se están utilizando como control biológico; sin embargo, su interacción con otras especies, como las del género *Pleurotus*, no es benéfica, ya que en su producción la presencia del hongo *Trichoderma* es indeseable, por los daños que causa en los procesos de fructificación. A pesar de ello, algunas especies del género *Trichoderma* son de utilidad para el control de patógenos en otros cultivos, por lo que representan opciones amigables con el ambiente.