

Paecilomyces lilacinus y *Trichoderma spp* contra nemátodos fitopatógenos

Por Domenico Pavone

Los nemátodos fitopatógenos son organismos microscópicos ampliamente distribuidos en los suelos de todo el mundo, representando una amenaza para la productividad de los cultivos agrícolas. Aunque históricamente se les ha considerado un problema menor en cultivos como el tomate, su impacto actual es considerable, causando una reducción en el vigor y crecimiento de las plantas y volviéndose un desafío fitosanitario difícil de controlar. Las pérdidas anuales atribuidas a estos nemátodos superan los 100 mil millones de USD a escala global. Ante la creciente preocupación por los efectos negativos de los nematicidas químicos en la salud humana y el medio ambiente, la búsqueda de alternativas sostenibles se ha vuelto imperativa. En este contexto, los agentes de biocontrol biológico (BCAs) emergen como una solución prometedora y ecoamigable. Entre estos, los hongos nematófagos y parásitos como *Paecilomyces lilacinus* y *Trichoderma spp.*, poseen un enorme potencial en la gestión sostenible de estas plagas. Sigue leyendo y conoce más de estas estrategias de biocontrol.

Paecilomyces lilacinus. ¿Para qué sirve?

Este hongo cosmopolita, ha recibido varios nombres a lo largo de la historia, conociéndose actualmente como *Purpureocillium lilacinum*, es fundamental

en el control biológico de nemátodos fitopatógenos y otras plagas agrícolas. Es considerado uno de los agentes de control más efectivos contra un amplio espectro de nemátodos. Pero sus beneficios no se limitan solo a eso:



Penicillium lilacinum



Paecilomyces lilacinus



Purpureocillium lilacinum

Hongo nematicida

Paecilomyces lilacinus ha cambiado varias veces de nombre, pero actualmente se le conoce como *Purpureocillium lilacinum*.

- **Control de Plagas de Insectos:** También actúa contra diversas especies de insectos, como el trips del chile (*Scirtothrips dorsalis*), *Thrips palmi*, la mosca mediterránea de la fruta (*Ceratitis capitata*), y áfidos.
- **Antagonismo contra hongos y bacterias:** Se ha reportado actividad antifúngica contra patógenos como *Cladosporium*, *Rhizoctonia solani*, *Sclerotinia sclerotiorum*, *Alternaria alternata* y *Fusarium graminearum*, y antibacteriana contra *Xanthomonas campestris* y *Pectobacterium carotovorum*.
- **Bioestimulante y Nutriente Solubilizador:** Contribuye al crecimiento de la planta y al rendimiento del cultivo. Además, tiene la capacidad de solubilizar micronutrientes vitales como el fósforo y el zinc, haciéndolos más accesibles para las plantas, y ayuda a mitigar el estrés por metales pesados.

***Paecilomyces lilacinus* en la Agricultura: Casos de Éxito y Aplicaciones Prácticas**

La eficacia de *Paecilomyces lilacinus* ha sido demostrada en diversas condiciones de campo y cultivos.

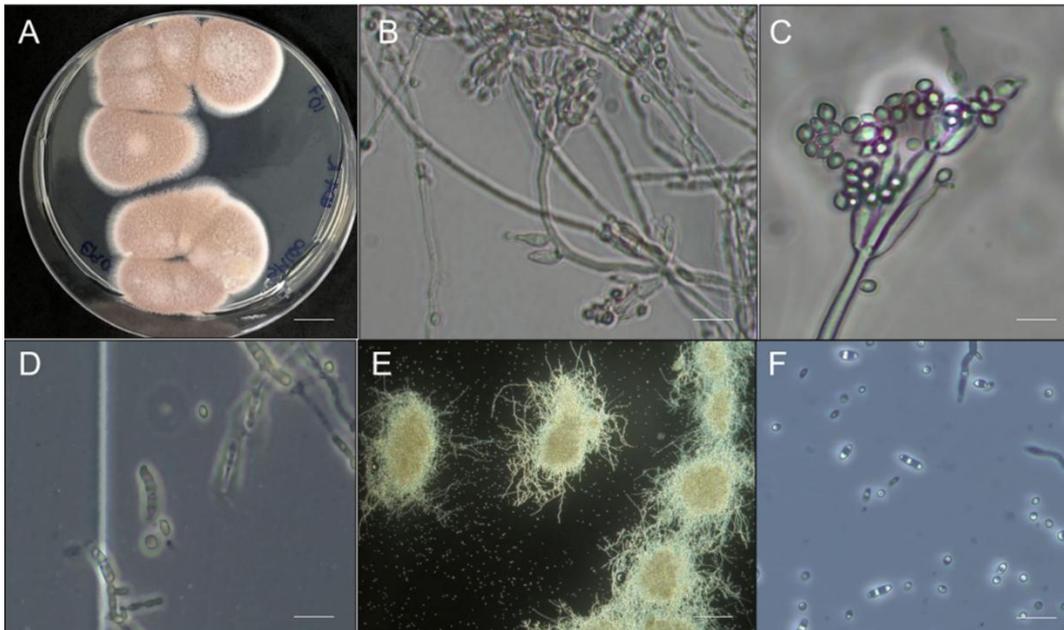
- **En Cultivos de Tomate:** Un estudio realizado en la Estación Experimental Patacamaya encontró que el tratamiento con *Paecilomyces lilacinus* mostró el mejor comportamiento en la altura de la planta y en el número de frutos. Logró una reducción significativa de la población inicial de nemátodos vermiformes en el suelo. En las raíces, la población de nemátodos se redujo a 98, en comparación con los 205 del grupo

control. Estos resultados son prometedores y sugieren que la inoculación de cepas de *P. lilacinus* mejora las variables agronómicas y reduce la población de nemátodos. Otro estudio en tomate reportó una reducción del 91.8% de las agallas causadas por *Meloidogyne hapla*, comparable a los resultados del control químico. También se observó un aumento en el peso del fruto y en el rendimiento del tomate, así como un incremento en el contenido de azúcar.

- **En Cultivos de Soja:** La aplicación de *P. lilacinus* en combinación con *Trichoderma harzianum* redujo las poblaciones de *Pratylenchus brachyurus*.
- **Alivio del Estrés por Metales Pesados:** *P. lilacinus* ha demostrado la capacidad de mitigar los daños del estrés por metales pesados (plomo y cobalto) y mejorar las características fisicoquímicas de *Solanum lycopersicum*.

***Paecilomyces lilacinus* bajo el Microscopio**

Si te dedicas al biocontrol y aíslas cepas del suelo, querrás saber si pertenecen a *P. lilacinus*. A continuación, te presentamos como se verían las estructuras reproductivas asexuales de este hongo para que puedas acercarte a su identificación. Luego tendrás que hacer alguna prueba molecular para asegurarte de que pertenece a esta especie, por ejemplo, aislando y secuenciando los espaciadores transcritos internos del ADN ribosomal (ITS).

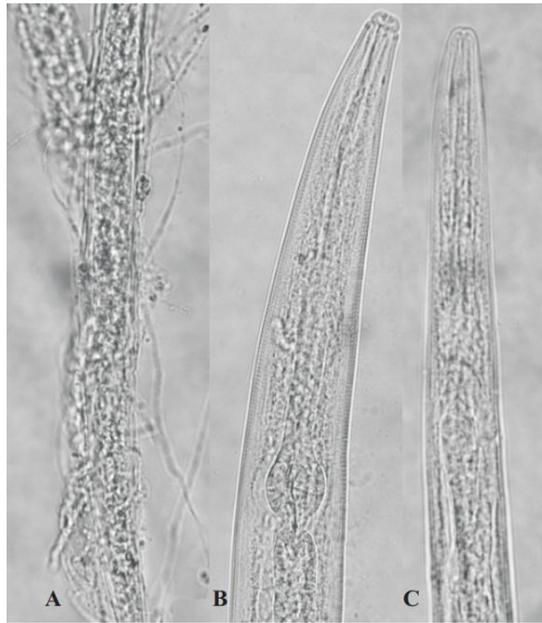


Morfología de *Purpureocillium (Paecilomyces) lilacinus* crecido en PDA. (A) Colonias (escala de la barra 1 cm). (B) Hifas y conidias (escala de la barra 100 μ m). (C) Conidioforo (escala de la barra 50 μ m). (D) Blastosporas (escala de la barra: 100 μ m). (E) Microesclerocios (escala de la barra: 500 μ m). (F) Células levaduriformes vegetativas (escala de la barra 50 μ m). Las blastosporas y los microesclerocios fueron producidos en medio líquido en tres días y las células levaduriformes en siete días. Imagen y texto original de [Moreira et al., 2024](#).

La observación microscópica también ha sido fundamental para comprender cómo *Paecilomyces lilacinus* ejerce su acción de biocontrol:

- **Parasitismo Directo:** Este hongo es un parásito facultativo de huevos y quistes de nemátodos, así como de hembras adultas. Las hifas del hongo invaden directamente la superficie de los huevos del nemátodo y forman apresorios, estructuras especializadas que facilitan la penetración y colonización. Puede ingresar al huevo a través de sus conidios. La colonización de los huevos de nemátodos por *Paecilomyces lilacinus* ha sido observada con microscopía electrónica de barrido.

- **Producción de Enzimas Líticas:** Durante el proceso de infección, *P. lilacinus* secreta una variedad de enzimas hidrolíticas, como proteasas de serina, quitinasas, colagenasas, lipasas, glucanasas, xilanasas y pectinasas. Estas enzimas degradan los componentes proteicos y de quitina de la epidermis del nemátodo y las paredes celulares de otros patógenos, facilitando la invasión del hongo y la destrucción de las estructuras celulares. Se ha identificado una proteasa básica de serina de *P. lilacinus* con actividad biológica contra los huevos de *Meloidogyne hapla*.



Nemátodos tratados con *Paecilomyces lilacinus*. (A) Ejemplar con micelio a las 48 h (640X). (B) *Plectus* a las 120 h (400X). (C) *Steinernema* sp. en el testigo a las 72 h (640X). Imagen y texto original de [Carrion & Desgarenes, 2012.](#)

Metabolitos Nematicidas de *Paecilomyces lilacinus*

Además de su acción enzimática y parasitaria, *Paecilomyces lilacinus* produce una serie de metabolitos secundarios con actividad biológica:

- **Ácido Acético:** Es un metabolito nematicida selectivo encontrado en los filtrados de cultivos del hongo. Su actividad tóxica es selectiva para nemátodos fitoparásitos como *Heterodera*, *Meloidogyne* (juveniles L2), *Xiphinema* y *Pratylenchus* (adultos). La eficacia del ácido acético depende del pH, ya que la actividad tóxica solo se manifiesta si la función ácida no está disociada.
- **Compuestos Promotores del Crecimiento:** El filtrado del cultivo de *P. lilacinus* (MRF) ha revelado la presencia de ácido indolacético (IAA), fenoles, flavonoides, azúcares y prolina, que contribuyen a la promoción del crecimiento vegetal.
- **Otros Metabolitos Secundarios:** El hongo produce una diversidad de compuestos como policétidos, péptidos no ribosómicos,

esteroles, alcaloides y terpenos. Se han identificado leucinostatinas, antibióticos con efecto inhibitor sobre *Phytophthora*. También se secretan sideróforos.

Trichoderma: Funciones Clave en el Control de Nemátodos

El género *Trichoderma* es un grupo de hongos ampliamente distribuido en casi todos los suelos del mundo. Sus especies son conocidas por su rápido crecimiento y su capacidad de colonizar las raíces de las plantas, mejorando su desarrollo radicular y teniendo efectos antagónicos sobre patógenos del suelo.

Además de estas características, también se ha reportado su capacidad de biocontrol de nematodos, pudiendo parasitar juveniles infecciosos de nemátodos, impidiendo su entrada en las raíces y mejorando así el crecimiento y la productividad de los cultivos. También promueve un microbioma del suelo saludable, compitiendo contra patógenos vegetales y fomentando interacciones sinérgicas con bacterias beneficiosas.

Trichoderma juega un papel clave en la nutrición de las plantas al interactuar con el sistema radicular y mejorar la disponibilidad de nutrientes en el suelo. Solubiliza el fósforo insoluble a través de la producción de ácidos orgánicos (cítrico, oxálico, málico, láctico) y enzimas fosfatasa. Otro efecto es la inducción de resistencia sistémica (ISR), modulando las respuestas de defensa de la planta mediante fitohormonas como el ácido jasmónico, etileno, ácido salicílico y auxinas, lo que mejora la resistencia de la planta y disuade la penetración y alimentación de los nemátodos.

Diversas especies de *Trichoderma* han sido evaluadas por su potencial biocontrolador:

- **En Cultivos de Tomate:** La inoculación con *Trichoderma spp.* (T3) logró una reducción de la población de nemátodos en el suelo y en las raíces de forma significativa. Esta cepa de *Trichoderma* protegió de mejor manera la entrada de nemátodos en la raíz que incluso el *Paecilomyces lilacinus*. Las formulaciones comerciales de *T. harzianum* han demostrado reducir el índice de agallas y la producción de huevos de *M. javanica* y *M. incognita*, mejorando el vigor y rendimiento en tomate.

- **En Cultivos de Soja:** *T. harzianum* (Ecotrich®) redujo las poblaciones de *Pratylenchus brachyurus* tras su aplicación secuencial en dos temporadas.

- **En Otros Cultivos:** *Trichoderma longibrachiatum* T6 mostró un gran potencial como agente de biocontrol contra *Meloidogyne incognita* en pepino, disminuyendo la infección y aumentando significativamente la altura de la planta, longitud de la raíz, y el peso fresco del tallo y la raíz.

La Estrategia de *Trichoderma*: Parasitismo, Defensa y Nutrición

Trichoderma utiliza una combinación de mecanismos para controlar los nemátodos y promover la salud de las plantas:

- **Micoparasitismo:** Las hifas de *Trichoderma* se adhieren a los huevos o juveniles de los nemátodos, forman apresorios y penetran al huésped.

- **Antibiosis:** Produce metabolitos antinematódicos que afectan la movilidad, fecundidad y viabilidad de los nemátodos.

- **Acción Enzimática:** Secreta enzimas como quitinasas, proteasas, lipasas y glucanasas que degradan la cutícula de los nemátodos y sus huevos.

- **Competencia:** Ocupa nichos ecológicos en las raíces y compete por los exudados radiculares, limitando el acceso de los nemátodos a los nutrientes y el espacio.

- **Solubilización de Fosfatos:** Facilita la liberación de fósforo insoluble mediante la producción de ácidos orgánicos y enzimas fosfatasa.

Metabolitos de *Trichoderma* contra nemátodos

Los metabolitos producidos por *Trichoderma* son cruciales para su actividad biocontroladora:

- **Ácido Acético:** Al igual que *Paecilomyces*, *Trichoderma longibrachiatum* también produce ácido acético, un metabolito nematicida con actividad selectiva.

- **Otros Metabolitos Nematicidas:** Incluyen gliotoxina, viridina, ciclosporina A y harzianólido.

- **Compuestos Volátiles:** *Trichoderma spp.* puede liberar compuestos orgánicos volátiles (COVs) con potencial nematicida.

Paecilomyces y *Trichoderma* contra nemátodos: Sinergia fúngica

La combinación de *Paecilomyces lilacinus* y *Trichoderma spp.* representa una estrategia de biocontrol prometedor debido a sus mecanismos de acción complementarios, lo que puede resultar en una protección más robusta del sistema radicular y una reducción más eficaz de las poblaciones de nemátodos en el suelo.

• Control Integrado de Nemátodos:

La inoculación conjunta de cepas de *P. lilacinus* y *Trichoderma* spp. ha demostrado controlar y reducir la población de nemátodos. Un estudio de campo en Chapadão do Sul-MS, Brasil, evaluó la eficiencia de *T. harzianum* (Ecotrich®) y *P. lilacinum* (Nemat®) en el manejo de *Pratylenchus brachyurus* en el cultivo de soja. La aplicación secuencial de Ecotrich® solo y Nemat®+Ecotrich® durante dos temporadas redujo las poblaciones de *P. brachyurus*. La mayor productividad se observó con el tratamiento Nemat®+Ecotrich®.

Los tratamientos con la asociación de los hongos *P. lilacinum* y *T. harzianum* (con nematicida químico) redujeron las poblaciones de *P. brachyurus* en las raíces de soja cuando se compararon las evaluaciones a los 32 y 60 días después de la siembra, a diferencia de otros tratamientos donde las poblaciones se mantuvieron o incluso aumentaron.

En Kenia, la combinación de *Trichoderma asperellum*, *T. atroviride*, *Trichoderma* sp. y *Purpureocillium lilacinum* en cultivos de piña redujo la producción de huevos y masas de huevos de nemátodos, disminuyendo el daño por agallas en la raíz en un 60,8-81,8% y aumentando el crecimiento de la masa radicular.

Se ha propuesto el uso combinado de *Trichoderma asperellum*, *Bacillus subtilis* y *Purpureocillium lilacinum* para lograr hasta un 85% de reducción en el factor de reproducción de nemátodos.

Otros Aliados Microbianos en el Biocontrol de Nemátodos

Además de *Paecilomyces* y *Trichoderma*, la investigación ha identificado una vasta

diversidad de microorganismos con potencial en el biocontrol de nemátodos:

- **Bacterias:** Géneros como *Bacillus* (*B. thuringiensis*, *B. amyloliquefaciens*, *B. firmus*, *B. subtilis*, *B. cereus*, *B. atrophaeus*), *Pseudomonas* (*P. fluorescens*, *P. simiae*), *Serratia* (*S. plymuthica*), *Pasteuria* (*P. penetrans*), y *Xenorhabdus bovienii* han mostrado eficacia. Actúan mediante la producción de metabolitos nematicidas, enzimas líticas y compuestos orgánicos volátiles (COVs), además de inducir resistencia sistémica en las plantas.

- **Otros Hongos:**

Hongos Trampa de Nemátodos: *Arthrobotrys oligospora* y *Drechlerella spp.*, incluyendo *Arthrobotrys conoides* F-22BK/4 que redujo las agallas en tomate en un 88,4%.

Hongos Endoparásitos: Como *Drechmeria coniospora*.

Hongos Parásitos Facultativos: *Pochonia chlamydosporia* (o *Verticillium chlamydosporium*) y *Pochonia rubescens*, que atacan los huevos y quistes de nemátodos.

Hongos Solubilizadores de Fosfato: Géneros como *Penicillium* (*P. bilaii*, *P. rugulosum*, *P. oxalicum*, *P. chrysogenum*) contribuyen a la nutrición vegetal.

Otros como *Metarhizium anisopliae* F-22BK/2 (que aumentó el rendimiento del tomate en un 5.0%), *Aspergillus spp.*, *Mortierella alpina* y *Acremonium sclerotigenum*.

- **Hongos Micorrízicos Arbusculares (AMF):** Mejoran la absorción de nutrientes y agua, y regulan enzimas antioxidantes y genes relacionados con la defensa, induciendo resistencia sistémica contra los nemátodos.

El control biológico de nemátodos fitopatógenos con el uso de microorganismos como *Paecilomyces lilacinus* y *Trichoderma spp.*, representa una alternativa eficiente y sostenible frente a los métodos químicos convencionales. Estos hongos no solo reducen las poblaciones de nemátodos en el suelo y las raíces, sino que también mejoran las variables agronómicas y la salud general de las plantas, actuando como bioestimulantes y promotores de la nutrición. Sus mecanismos de acción, que incluyen el parasitismo directo, la producción de enzimas líticas y metabolitos nematocidas, la competencia por recursos y la inducción de resistencia sistémica, demuestran su versatilidad y potencial.

La aplicación combinada de *Paecilomyces* y *Trichoderma* emerge como una estrategia particularmente prometedora, aprovechando la sinergia de sus diversas acciones para una protección más integral y duradera de los cultivos. Aunque los resultados de laboratorio y las pruebas de campo son muy alentadores, la optimización de las cepas, las técnicas de aplicación y la comprensión de sus interacciones en diversos ecosistemas seguirán siendo áreas clave de investigación para asegurar su implementación a gran escala y maximizar su eficacia en una agricultura más resiliente y respetuosa con el ambiente.



Domenico Pavone es biólogo y especialista en protección vegetal. 20 años como profesor universitario y autor de artículos científicos en microbiología, biotecnología, biocontrol de plagas y enfermedades agrícolas.