

EDICIÓN  
XV



VADEMÉCUM  
**AGRÍCOLA**



[edifarm.com.ec](http://edifarm.com.ec)

# Trichoderma spp. en la agricultura moderna

Alexandra Bermúdez, Ing. <sup>1</sup>

Javier Munoz, Ing. <sup>2</sup>

Antonio León Reyes, Ph. D. <sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Microtech Services Cía. Ltda. Quito-Ecuador.

<sup>2</sup>Laboratorio Biotecnología Agrícola y de Alimentos, Ingeniería en Agronomía, Universidad San Francisco de Quito, Quito-Ecuador.

Contacto: info@microtech.ec  
aleon@usfq.edu.ec

El mundo en general se encuentra innovando hacia sistemas más productivos y que sean amigables con nuestro planeta. Dentro de este marco la agricultura está cada vez más abierta a cambios en el manejo de las plagas y enfermedades que afecta la productividad de sus cultivos, optando por reducir el uso de agroquímicos que no solo afectan al suelo, al aire y el agua, sino que representan un peligro para la salud, tanto de los agricultores como de los consumidores.

Una de las alternativas que la Agrobiotecnología ofrece es el manejo microbiológico de enfermedades y plagas, éste consiste en equilibrar la balanza de microorganismos de tal manera que evite la explosión de agentes nocivos que afecten la productividad de los cultivos; entre los microorganismos más conocidos como agentes de control biológico se encuentran hongos como *Trichoderma*, *Paeecilomyces*, *Beauveria*, *Lecanicillium*, *Metarhizium*, bacterias como *Bacillus subtilis*, *Bacillus thuringiensis* entre otras; cada uno específico para controlar a uno o varios fitopatógenos, insectos, ácaros y nemátodos.

El género *Trichoderma* es un hongo muy estudiado dentro de los agentes de biocontrol, este organismo antagonista de patógenos utiliza diversos mecanismos dependiendo de la especie o cepa a la que pertenezca, además *Trichoderma* es capaz de resistir la acción de algunos fungicidas y agroquímicos, el hongo en mención también actúa como inductor de defensa en las plantas.

## MECANISMOS DE ANTAGONISMO DEL HONGO TRICHODERMA

**Competencia por espacio con fitopatógenos:** *Trichoderma* compite por espacio y sustrato dentro de un ecosistema, esto significa que restringe los nutrientes que los fitopatógenos necesitan para reproducirse, como consecuencia logran atenuar las enfermedades que afectan a los cultivos.



Figura 1: Competencia por espacio Derecha *Trichoderma* sp. Izquierda *Alternaria* sp.

**Producción de metabolitos y sus efectos:** *Trichoderma* spp. produce enzimas hidrolíticas como celulasas, quitinasas, glucanasas, proteasas y metabolitos como peptaiboles, poliQUÉTIDOS y terpenos que tienen capacidad de inhibir el crecimiento de ciertos hongos patógenos (efecto fungistático) o inclusive logran matarlos (efecto fungicida). Algunas cepas de *T. harzianum* producen enzimas degradadoras de la pared celular que afectan a la germinación de esporas y crecimiento del micelio de fitopatógenos como: *Rhizoctonia*, *Fusarium*, *Alternaria*, *Ustilago*, *Venturia*, *Pythium*, *Phytophthora*, *Collectotrichum* y especialmente *Botrytis*.

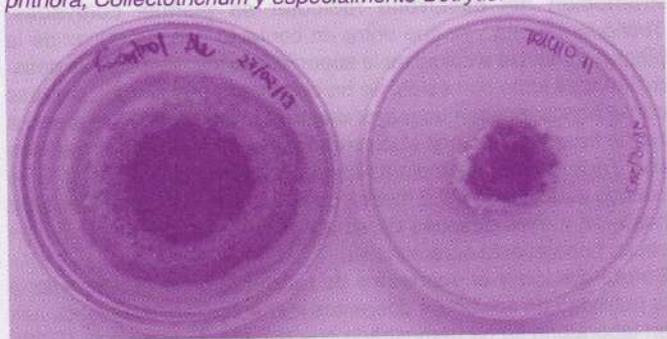


Figura 2: Metabolitos y sus efectos Derecha: patógeno cultivado en medio de cultivo con metabolito Izquierda: El mismo patógeno en medio de cultivo sin metabolito

**Parasitismo a fitopatógenos:** Diferentes especies y cepas de *Trichoderma* poseen la capacidad de invadir, destruir y alimentarse de otros hongos, lo que provoca muchas veces la muerte del fitopatógeno. Cuando esto último ocurre se habla de micoparasitismo necrotrofico, para diferenciarlo del biotrofico, en el que se mantiene una relación con células vivas durante largos períodos de tiempo.

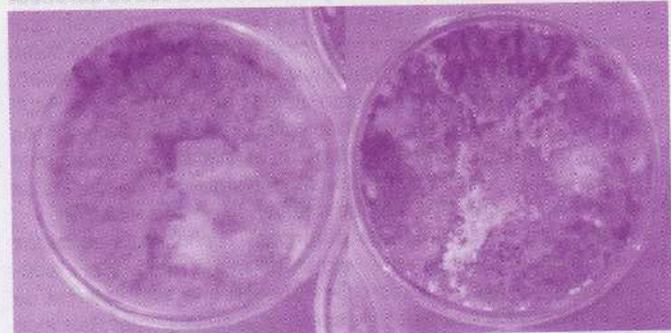
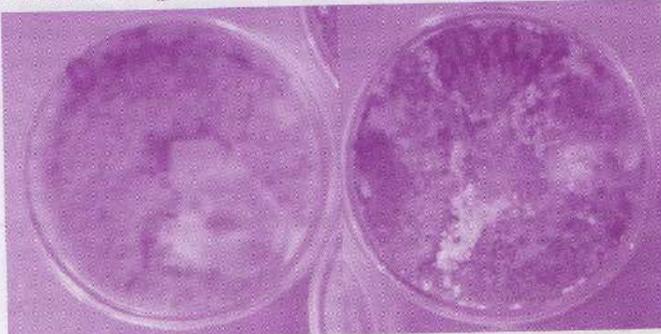


Figura 3: Parasitismo Derecha: *Trichoderma* sp. parasitando al patógeno de flores *Botrytis* sp. Izquierda: Patógeno de flores *Botrytis* sp.

## OTROS EFECTOS BENEFICIOSOS DE ESPECIES Y CEPAS DE TRICHODERMA

**Inducción de resistencia sistémica en las plantas:** Se ha demostrado que la asociación de *Trichoderma* con raíces de plantas estimula los mecanismos de defensa de la misma; se desarrolla entonces resistencia frente a varios microorganismos patógenos foliares y de suelo. *Trichoderma* primero coloniza las raíces de las plantas, estimula el crecimiento y confiere protección contra infecciones, la colonización implica la habilidad por parte del hongo de adherirse, reconocer la raíz, penetrar y resistir metabolitos tóxicos producidos por la planta en respuesta a la invasión de un organismo extraño. El mecanismo se denomina Resistencia Sistémica inducida o ISR (por sus siglas en inglés).



**Figura 4:** Inducción de resistencia  
Izquierda: Planta no tratada e infectada con *Alternaria* sp.  
Derecha: Planta infectada con *Alternaria* sp. y pre-tratada con *Trichoderma* sp.

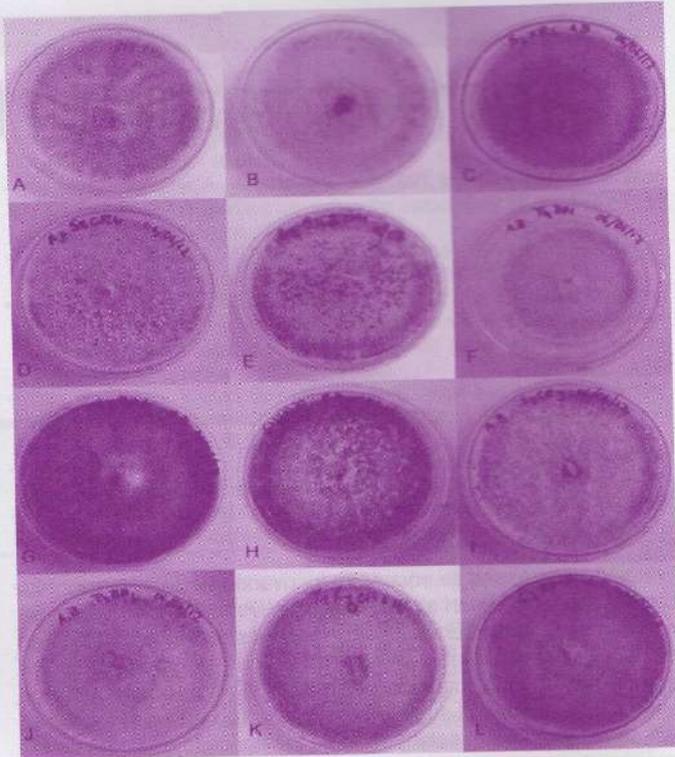
**Promoción del desarrollo radicular en plantas cultivadas:** *Trichoderma* una vez que entra en contacto con las raíces de la planta, comienza a colonizar la superficie de las mismas y va desarrollándose junto con éstas, se ha observado que plantas tratadas con el hongo, poseen un mayor desarrollo radicular con respecto a las no tratadas. Además si las semillas de las plantas son tratadas con *Trichoderma*, las mejores cepas colonizan las raíces, incluso cuando éstas ya tienen 2 metros de largo; el hongo puede persistir hasta 18 meses después de su aplicación, aunque solo algunas cepas poseen esta característica.

**Solubilización y el secuestro de nutrientes:** *Trichoderma* tiene la habilidad de solubilizar diferentes nutrientes, en investigaciones en laboratorio se ha demostrado que la cepa *T. harzianum* (T-22), tiene la capacidad de solubilizar  $MnO_2$ , Zn,  $Fe_2O_3$  y fosfato de roca; el hongo lo almacena en su micelio y al momento de ocurrir su muerte son liberados en el suelo donde la planta lo aprovecha para desarrollar su sistema radicular y por consecuencia su crecimiento aéreo.

En otros estudios plantas de maíz tratadas con esta cepa requirieron 40% menos fertilizante comparada con aquellas sin la presencia del hongo.

**Aumento de la tolerancia de las plantas contra estrés abiótico:** La interacción de estos hongos con las raíces de las plantas, proporciona a la planta una mayor tolerancia a factores abióticos como salinidad, sequía, temperaturas altas, suelos con baja fertilidad, entre otros. En investigaciones con plantas de *Arabidopsis* y Pepino que fueron sometidas a un estrés salino y posteriormente fueron tratadas con *Trichoderma*, mostraron un significativo mejoramiento en la germinación de semillas. Los mecanismos por los cuales se obtienen estos resultados, aún se mantienen en investigación.

**Adaptabilidad a ecosistemas distintos:** *Trichoderma* es capaz de adaptarse a condiciones extremas de temperatura y pH, además algunas cepas de comerciales poseen una lista extensa de agroquímicos a los cuales son resistentes o susceptibles; por todo esto este hongo se ha constituido en una herramienta importante en programas de control biológico de patógenos de plantas cultivadas.



**Figura 5:** Diversidad de especies y cepas de *Trichoderma* aisladas de suelos ecuatorianos

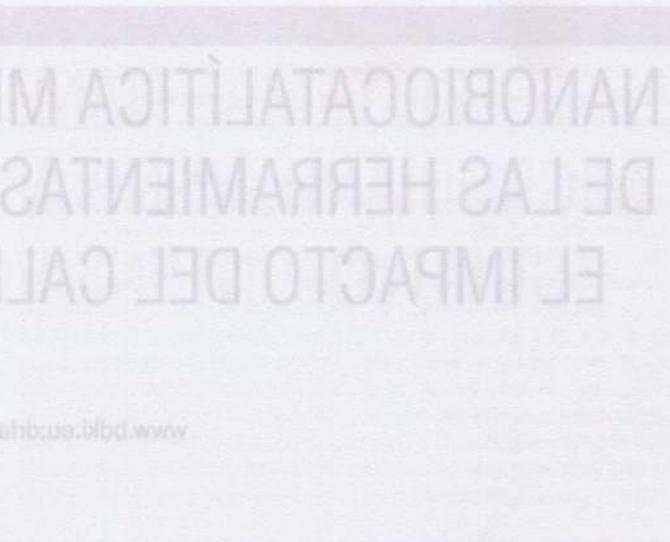
Cada especie y dentro de éstas, cada cepa de *Trichoderma* abre todo un mundo de posibilidades, más aún si tomamos en cuenta que nuestro país cuenta con una biodiversidad amplia; pero para descubrirlo es indispensable el papel del investigador, tanto en laboratorio como en campo.

Es primordial que las empresas dedicadas a producir y comercializar estos productos mantengan un estricto control de calidad lote por lote, así como también un asesoramiento continuo en el campo, de esta manera se garantizará el uso exitoso de la *Trichoderma* en la práctica de cultivo.

## BIBLIOGRAFÍA

- Altomare C., Norvell W. A., Björkman, T., and Harman., G. E. Solubilization of Phosphates and Micronutrients by the Plant-Growth-Promoting and Biocontrol Fungus *Trichoderma harzianum* Rifai. American Society for microbiology 1295-22.
- Bermúdez, A. (2013). Evaluación de la resistencia sistémica de *Arabidopsis thaliana* al fitopatógeno *Alternaria* spp. Mediante inoculación de *Trichoderma* spp. 30-36.
- Brotman, Y., Landau U., Cuadros, A., (2013). *Trichoderma*-Plant Root Colonization: Escaping Early Plant Defense Responses and Activation of the Antioxidant Machinery for Saline Stress Tolerance. journal.ppat.1003221.
- Bruce, A., Srinivasan, U., Staines, H. J., & Highley, T. L. (1995). Chitinase and laminarinase production in liquid culture by *Trichoderma* spp. and their role in
- biocontrol of wood decay fungi. International Biodeterioration & Biodegradation 83: 337-353.
- Cobos, G. (2010). Evaluación de cepas nativas de *Trichoderma* spp. para el control de
- Sigatoka negra en cultivo de banano en fase de laboratorio. Ecuador: Escuela Superior Politécnica del Ejército, facultad de ciencias agropecuarias.
- Harman, G. (2006). Overview of Mechanisms and Uses of *Trichoderma* spp. Phytopathology 96: 190-194
- Howell, C. R., Hanson, L. E., Stipanovic, R. D., and Puckhaber, L. S. 2000. Induction of terpenoid synthesis in cotton roots and control of *Rhizoctonia solani* by seed treatment with *Trichoderma virens*. Phytopathology 90:248-252
- Jensen, D. F., & Wolfechel, H. (1995). The use of fungus, particularly *Trichoderma* spp. and *Gliocladium* spp. to control root rot and damping-off diseases. En M. Heikki, & J. M. Lynch, Biological control: Benefits and Risks (pág. 177-189). Cambridge: Cambridge University Press.

- Lindow, S. E., & Wilson, M. (1998). Strategies for implementation of biological control of foliar pathogens and pests with bacterial biocontrol agents. En J. Davies, Manual of Industrial Microbiology and Biotechnology (2da ed., pags. 1-18). Berkeley: California University, Press.
- Magdama, F. (2010). Estudio del efecto de bioles y cepas de *Trichoderma* spp. aisladas
- de zonas cacaoeras, como alternativas de control de *Monilophthora roreni*, en condiciones in vitro. Ecuador: Escuela Politécnica del Litoral.
- Muñoz, J. (2012). Caracterización molecular y funcional de *Trichoderma* spp.
- recolectadas de fincas orgánicas de la región Sierra del Ecuador. Ecuador: Escuela Superior Politécnica del Ejército.
- Segarra, G., Ent, S. V., Trillas, I., & Pieterse, C. M. (2008). MYB72, a node of convergence in induced systemic resistance triggered by a fungal and a bacterial beneficial microbe. *Plant Biology*, 90-96.
- Shorosh, M., Yedidia, I., & Chet, I. (2005). Involvement of the jasmonic acid/ethylene
- signaling pathway in the systemic resistance induced in cucumber by *Trichoderma asperellum* T203. *Phytopathology* 950076, 76-84
- Viti, A., Nuzzaci, M., Scopa, A., Sofo, A. (2015). Abiotic stresses in crop plants: Indirect and direct benefits of the use of *Trichoderma harzianum* strain T-22 in agronomic plants subjected to abiotic and biotic stresses. Italia: School of Agricultural, Forestry, Food and Environmental Sciences, University of Basilicata, Viale dell'Ateneo Lucano.



El impacto del calentamiento global (GG) se empieza a verificar en algunas de las producciones de exportación del Ecuador. No solamente con productos agrícolas, además los acuícolas, en los cuales se evidencian cambios, comportamientos, estados productivos, pero sobre todo en su calidad exportable. Dentro de estos ecosistemas, se monitorea el cambio de los componentes microbianos, donde se dan a conocer espumas de comportamiento fisiológico, poco conocidas para los períodos fisiológicos, pero sobre todo características y expresadas en componentes microbianos y sus productos metabólicos.

Una de las características de este tipo de cambios dinámicos ciclo productivos (COP), son los perfiles cuantitativos y cualitativos de poblaciones microbianas, sus perfiles poblacionales estables (PBE), estructuras complejas conjugadas metabólicas, interactividad genética propia genómica (poblaciones microbianas y hospedero) que regularmente se monitorean por medio de la parametrización genómica de los cultivos (PAG) y que están relacionadas estrechamente, con uno de los factores más comunes detectados, cual es la estabilidad de agua. Bajo condiciones climáticas normales, físicas, en un día "normal" el incremento de la temperatura de superficie, lo trae como consecuencia, la descompensación de la regulación térmica térmica, estos parámetros que influyen directamente sobre los índices de evapotranspiración, condicionando el sistema radicular a la exposición directa con las sales minerales y su posterior efecto sobre la liberación celular de líquidos, el desequilibrio de la tensión osmótica, etc.

De todas formas, esta fenomenología, hasta entonces, no era exclusiva del cultivo, hasta que en importantes cultivos de exportación, donde se conjugaron modelaciones, técnicas de monitoreo de campo, con la aplicación de protocolos de Parametrización Agrícola de los cultivos (PAG) (BIONIKA Labs), se empezó a notar, que en ciertas épocas del año, de las cuales se conocen sus funciones fisiológicas, los nuevos datos de radiación solar, temperatura de agua, de hielo, conductividad eléctrica, influencia directamente sobre los modelos de perfiles microbianos, con un comportamiento de modelos poblacionales microbianos, cuya expresión bioquímica describe comportamientos no reportados, pero ligados a factores climáticos extremos. En tales circunstancias, las salinidades intrínsecas desmedidas por el vegetal a causa del agente de estrés físico químico, originan cascadas de interacción hasta el núcleo de la célula, sin que exista una adecuada reacción del vegetal, para hacer frente a este nuevo comportamiento. Como una de las señales de que el vegetal no reconoce

este nuevo tipo de agente climático de estrés, mientras que los cambios de comportamiento de las poblaciones microbianas, se evidencian en los perfiles de actividad metabólica, que se manifiestan en los perfiles de actividad metabólica, y además sus estados físicos y la liberación de líquidos, estas características como evidencia de eventos primarios de infección.

Edifarm S.A., C.A. (2014), Nanobio-catalítica Microbiana y el Calentamiento Global, BIONIKA Labs, C.A. Ltda. Department of Agriculture and Environment, Universidad de Cuenca, Ecuador.

A ello se suma la influencia de cambios fisiológicos de las plantas, como el Ca, K, lípidos, ácidos nucleicos, sustancias reactivas de oxidación, antioxidantes, que actúan como líquidos de conductividad eléctrica. En la actualidad se sabe que estas sustancias se perciben primeramente por poblaciones microbianas, asociadas estrechamente con el sistema radicular de las plantas y los nutrientes de estas y sus metabolitos de respuesta, luego ingresan al núcleo celular del vegetal y desde allí, expresan respuesta a este tipo de estrés.

Otro de los escenarios descritos, es la síntesis proteica de los genes proteasa o lipasa, que influyen directamente sobre el sistema del metabolismo celular en las células vegetales, generando la desnaturalización proteica definitiva.

Dentro de las poblaciones microbianas, ligadas específicamente al sistema radicular, se han observado individuos, expuestos a condiciones ambientales de GG, que son capaces de liberar sustancias de interacción metabólica, la síntesis de señales más complejas, tipo hormonal que actúan como activadores de crecimiento o metabolismo fisiológico, además de medicina vegetal.

La respuesta del vegetal es dependiente del genotipo, estado de desarrollo fisiológico en el momento en el cual se produce el estrés; en todas, el estado crítico es el denominado como estrés en estados vegetativos, caracterizados por tasas de crecimiento agresivo e invertible, donde el impacto del GG es latente, latente, clave en la producción y productividad. En hortícolas, los estados de mayor susceptibilidad demuestran ser los de máxima actividad nutricional mineral, carbonitratos, estos responden directamente al crecimiento, pasando a estados de liberación fisiológica, como una respuesta a la supervivencia.