

***TRICHODERMA SPP.* COMO ALTERNATIVA PARA DISMINUIR EL USO EXCESIVO DE AGROQUÍMICOS EN MÉXICO**

Ariel A. Curiel Méndez, Guadalupe Meza Carmona y Lucía J. Peña Ortiz

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

lupis.peaceandlove@hotmail.com

ABSTRACT

Soil degradation by indiscriminate use of agrochemicals is a serious problem in Mexico because it promotes loss of biodiversity, alters ecological, biogeochemical and hydrological processes, and leads to unsafe food harvesting due to high contents of toxic substances. Fungal species belonging to the genus *Trichoderma* have been characterized as having uses in agriculture by improving soil quality, promoting plant growth and development, and serving as biological control of pathogens that attack crops. This genus' interaction has also been studied in the presence of organic (oil hydrocarbons, explosives, and pesticides) and inorganic (heavy metals and cyanide) pollutants in order to know what the possibilities are for this fungal group to bioremediate polluted environments, where *Trichoderma harzianum* and *Trichoderma viride* have been

especially important as they are the species that have worked best in soil bioremediation-

Keywords: Agrochemicals, Soil Degradation, Bioremediation, Biocontrol, *Trichoderma Spp*, *T. Viride*, *T. Harzianum*, Sustainable Agriculture.

RESUMEN

La degradación del suelo causada por el uso indiscriminado de agroquímicos es un problema grave en México, que ocasiona la pérdida de la biodiversidad y modifica los procesos ecológicos, biogeoquímicos e hidrológicos, además de provocar la cosecha de alimentos no seguros debido al alto contenido de sustancias tóxicas. Las especies de hongos que pertenecen al género *Trichoderma* se han caracterizado por tener aplicaciones en el ámbito agrícola al mejorar la calidad del suelo, promover el crecimiento y desarrollo de plantas y servir como control

biológico de organismos patógenos que atacan a los cultivos. También se ha estudiado la interacción de este género en presencia de contaminantes de origen orgánico (hidrocarburos del petróleo, explosivos y plaguicidas) e inorgánico (metales pesados y cianuro) con el fin de conocer el potencial de este grupo fúngico en la biorremediación de ambientes contaminados, teniendo especial importancia *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma viride* ya que son las especies que han dado mejores resultados en el uso de biorremediación de suelos.

Palabras clave: Agroquímicos, Degradación del Suelo, Biorremediación, Biocontrol, *Trichoderma Spp*, *T. Viride*, *T. Harzianum*, Agricultura Sustentable.

INTRODUCCIÓN

La degradación de los suelos es un cambio en la salud de estos, que resulta de la reducción de la capacidad del ecosistema para producir bienes o prestar servicios para sus beneficiarios (FAO, 2015). La disminución de la calidad del suelo afecta no sólo la biodiversidad y complejidad de las comunidades bióticas sino también los

múltiples procesos ecológicos, biogeoquímicos e hidrológicos que tienen lugar en los mismos sistemas edafológicos. Se

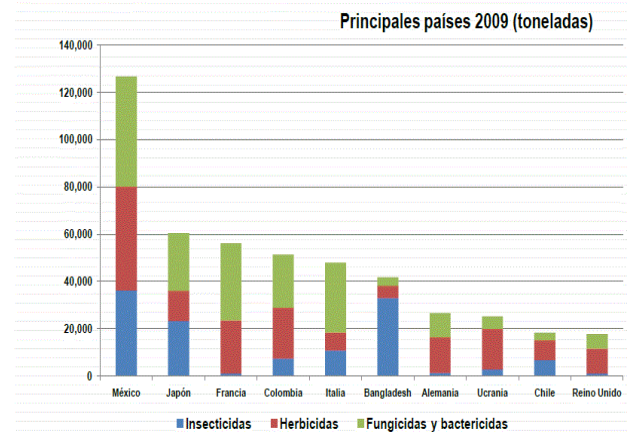


Figura 1. Consumo de plaguicidas en el mundo (FAO, 2009).

estima que el costo mundial total por la degradación del suelo asciende a 40 billones de dólares (ONU, 2010).

En las últimas décadas nuestro país ha vivido un importante incremento poblacional, generando un alto impacto de la actividad humana que contribuye a la degradación del suelo. Estas actividades incluyen el uso de una agricultura no sustentable que se basa en la implementación de monocultivos y el uso excesivo de agroquímicos (Figura 1), el uso de maquinaria pesada en la agricultura, la poca o nula rotación de cultivos, malas prácticas de riego, entre otras, propiciando la pérdida de dichos suelos y, por lo tanto, la deforestación de más bosques y selvas para obtener nuevas

tierras de siembra. Las consecuencias de la implementación de dichas prácticas son diversas, como el hecho que no se pueda alcanzar la seguridad alimentaria, ya que cada vez se cosechan alimentos menos seguros con altas concentraciones de sustancias tóxicas provenientes de los pesticidas y fertilizantes, afectando la salud de las personas que las consumen (Lago, 2010), y de las personas que las aplican por estar expuestas de manera directa a dichas sustancias. Por su puesto, afecta negativamente a la salud del ambiente, puesto que principalmente se provoca la degradación de los suelos, lo cual muchas veces conduce a la desertificación debido a que se tienen que talar más bosques y selvas para tener nuevas tierras de cultivo, contribuyendo así al calentamiento global y a pérdida de la biodiversidad.

De 198 millones de hectáreas que componen el suelo del territorio nacional (SAGARPA, 2007), sólo 22,202,784 hectáreas son destinadas para cultivos agrícolas (SIAP, 2014). Tanto es así que en nuestro país el 64% del suelo presenta algún tipo de degradación causada por actividades productivas, siendo la degradación química la que ocupa el primer

lugar en nuestro país con 34.04 millones de hectáreas y que está enormemente relacionada con las actividades agrícolas (SEMARNAT, 2012). Sin embargo, es importante señalar que dichos datos se registraron hace ya 13 años, por lo que sólo queda suponer la pérdida de aún más hectáreas totales o el aumento del nivel de

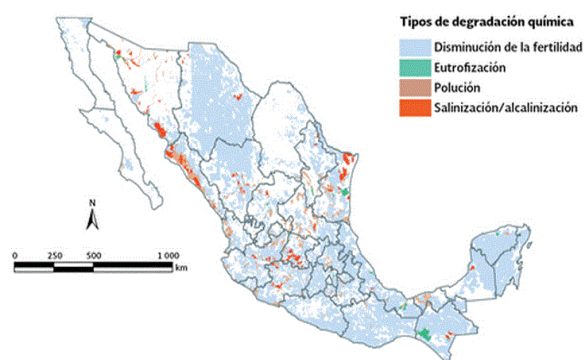


Figura 2. Degradación química de los suelos según tipos específicos en México (SEMARNAT, 2002).

degradación.

En la Figuras 2 y 3 se pueden apreciar los tipos de degradación química, haciendo hincapié en que el 92.7% representa la disminución de la fertilidad.

Dadas estas condiciones en nuestro país, en este trabajo se presenta la alternativa de poder implementar los micromicetos *Trichoderma harzianum* Rifai y *Trichoderma viride* Pers en los suelos mexicanos, lo cual contribuiría al mejoramiento de la calidad y la

conservación de agroecosistemas a través del uso de estos, ya que como se verá más adelante dichos hongos ofrecen diversos beneficios a los agroecosistemas y a las plantas con las que interactúan.

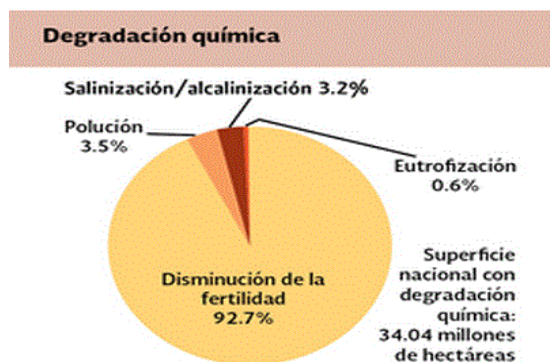


Figura 3. Superficie afectada por la degradación química según nivel en México (SEMARNAT, 2002).

¿Por qué introducir *Trichoderma* en los campos mexicanos?

El género *Trichoderma* comprende un gran número de cadenas de hongos filamentosos rizocomponentes encontrados en gran variedad de ecosistemas. Curiosamente son aislados de manera más común de suelos agrícolas o forestales en todas las latitudes y son fácilmente cultivados *in vitro*; en pocas palabras, son hongos muy versátiles. Desde hace ya seis décadas han sido objeto de estudio debido a su uso potencial como agentes de biocontrol, pero actualmente presentan potencial en muchos otros aspectos.

Entre sus usos principales, el género *Trichoderma* puede degradar compuestos orgánicos e inorgánicos, incluso plaguicidas altamente tóxicos que persisten por mucho tiempo en el ambiente (Tabla 1); favorecen el crecimiento de las plantas con las que interactúa (Figura 4), ayudándolas a asimilar los nutrientes presentes en el suelo más fácilmente, por lo cual mejora su sistema de defensa; parasita e inhibe diversos fitopatógenos (Argumero-Delira et al., 2012); y aumenta el sistema radicular de las plantas, favoreciendo la absorción del agua, al mismo tiempo que la red hifal (cuerpo del hongo) llega a lugares del subsuelo donde aún hay humedad y donde las raíces de las plantas no pueden llegar, haciendo a la planta resistente



Figura 4. Efecto promotor del crecimiento de *Trichoderma* en plántulas de pepino.

a sequías.

El interés por el uso de microorganismos benéficos en ecosistemas y agroecosistemas

aumenta cada vez más (Bécquer, 2013) y hay evidencia científica sobre los diversos beneficios que *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma viride* brindan a las plantas con las que interactúan y a los suelos en los que viven. A continuación se presentan algunos ejemplos específicos.

a) Respecto a la conservación y mejora de la calidad del suelo

Varias especies de *Trichoderma* son capaces de degradar diversos agroquímicos y convertirlos en sustancias no tóxicas (biorremediación). Dicha actividad varía de acuerdo a la especie y al agroquímico empleados (Tabla 1) (Durán *et al.*, 2007; Muiño *et al.*, 2006; Reyes *et al.*, 2009). Por ejemplo, entre las especies más eficaces que degradan plaguicidas en diferentes concentraciones se encuentran *T. viride*, *T. harzianum*, *T. longipilus* y *T. asperillum* (Argumedo-Delira *et al.*, 2009).

Para ser más específicos, Zayed *et al.*, (1983) registraron que *T. viride* contribuye a la degradación de más del 90% de concentraciones del herbicida triflurina en aproximadamente 10 días. Omar (1998) demostró que *T. harzianum* es capaz de

utilizar el insecticida organofosforado clorpirifos como fuente de azufre y fósforo. También se demostró que dicha especie es capaz de degradar glifosato y ácido aminometil fosfórico (Argumedo-Delira *et al.*, 2009).

Con respecto a los fungicidas, Ávila y Wilson (2015) determinaron la capacidad de adsorción de iones de cobre y óxido de plomo

Contaminantes	<i>Trichoderma</i> spp.
<p>Tabla 1. Biorremediación de varios contaminantes usando <i>Trichoderma</i> spp. Adaptado de: Tripathi <i>et al.</i>, 2013.</p>	
Solventes orgánicos, pesticidas, cianuro.	<i>Trichoderma</i> spp.
Metales pesados, pesticidas organofostatos, níquel, arsénico.	<i>Trichoderma atroviride</i>
Metales pesados (cobre, aluminio), diésel, cianuro, compuestos organometálicos, arsénico, agroquímicos (DDT, dieldrín, endosulfán) y pesticidas (fotodendrín, clorófitos).	<i>Trichoderma harzianum</i>

por *T. viride*, encontrando que presenta mayor capacidad de adsorber óxido de plomo que de cobre en más de 90% en aproximadamente 10 días.

Entre los datos interesantes, Das *et al.*, (2003) reportaron que los insecticidas forato y carbofurano pueden estimular el crecimiento de *T. viride*.

b) Respecto a los beneficios brindados a la planta

Se han llevado a cabo estudios en donde se ha comprobado la eficacia de *Trichoderma* spp. para mejorar la salud y promover el crecimiento de diversas especies vegetales, muchas de ellas de importancia en nuestro país. A continuación se mencionarán algunos de estos estudios.

Páez (2008) utilizó *Trichoderma* spp. y observó que contribuyó al crecimiento de las raíces de maíz y de algunos pastos, además de hacerlos más resistentes a la sequía. Por su parte, Mathivanan *et al.*, (2000) obtuvieron un aumento significativo en el crecimiento y la floración de plantas de arroz con aplicaciones de *T. viride*.

Según Infante *et al.*, (2011); Reyes *et al.*, (2012) y Bécquer *et al.*, (2015) se demostró que *Trichoderma* spp. tiene un efecto antipatógeno y es promotora del crecimiento en los cultivos de trigo, arroz, garbanzo y maíz que son potenciadores económicos en nuestro país.

Altamore *et al.*, (1999) sugirieron que *Trichoderma* spp. tiene la capacidad de solubilizar el manganeso, que es muy importante para las plantas, ya que este elemento es necesario para los procesos de fotosíntesis, metabolismo del nitrógeno, síntesis de los compuestos aromáticos y, además, es precursor de aminoácidos y hormonas que aseguran parte del crecimiento y de la resistencia a enfermedades en las plantas.

Pérez (2012) demostró que la implementación de *T. harzianum* produjo un efecto bioestimulante que se manifestó en el rendimiento del cultivo del tomate.

También se han reportado diversos estudios en los que se obtuvieron valiosos resultados respecto a la actividad de control biológico por parte de *Trichoderma harzianum* en fitopatógenos. Muchos de ellos eran hongos

que causan enfermedades de importancia económica (Infante *et al.*, 2009), tales como, marchitamiento fúngico, que mata a las plántulas en horticultura, podredumbre blanca, putrefacción de las raíces de diferentes especies, enfermedad de Panamá en los bananeros, podredumbre gris en uvas, entre otras.

Trichoderma spp. también es capaz de inhibir otros tipos de plagas y patógenos (Figura 5).

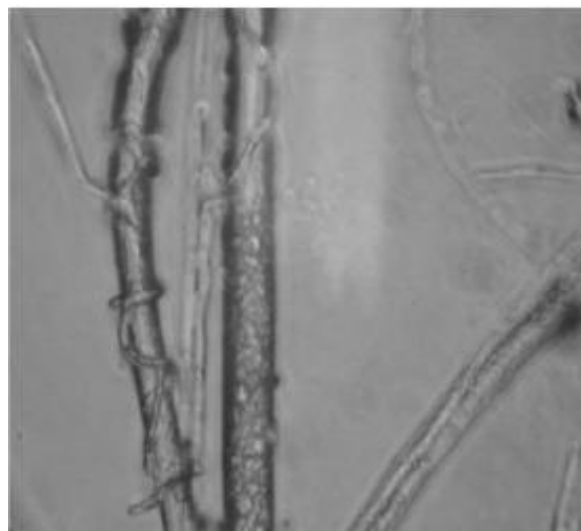


Figura 5. Hifas de *Trichoderma* spp enrolladas en hifas de *Curvalaria* spp.

Liriano (2012) demostró que tanto *T. harzianum* como *T. viride* son altamente eficaces en el control de nematodos en cultivos de tomate. Labrador *et al.*, (2014) reportaron que *T. harzianum* inhibe protozoos en cultivos de brócoli.

c) Respecto a su aplicación para potenciar los beneficios

Algunas investigaciones demostraron que con la implementación en conjunto de ciertas técnicas se puede obtener un mejor rendimiento de *T. viride* y *T. harzianum*. A continuación se mencionan estas técnicas.

1. Bioestimulación. Arévalo (2009) encontró que la combinación de fertilizantes orgánicos con *T. viride* (aplicado en la semilla) permitió reducir el uso de fertilizantes inorgánicos sin afectar el rendimiento.
2. Bioaumentación. Simplemente se inoculan microorganismos en el suelo de cultivo, posteriormente se realiza el barbecho para esparcirlos homogéneamente.
3. Bioventeo. Se sabe que las dos especies de *Trichoderma* en cuestión son anaeróbicas facultativas (Infante *et al.*, 2009), pero Bayman y Radka (1997) demostraron que en presencia de oxígeno estos hongos aumentan las reacciones metabólicas y son catalíticamente más eficientes. Por lo anterior, es pertinente oxigenar los suelos con cualquier técnica existente.

CONCLUSIÓN

Varias investigaciones ya han demostrado que *T. harzianum* y *T. viride* son eficaces para remediar suelos contaminados con agroquímicos, al mismo tiempo que les brindan diversos beneficios a las plantas. Debido a esto, se propone su uso para mejorar las condiciones de los campos agrícolas mexicanos, pues de ésta forma se podría contribuir a su conservación y a obtener una producción agrícola de mayor calidad de alimentos más sanos y seguros que no tengan concentraciones elevadas de sustancias tóxicas. Además, se reduciría el uso de algunos agroquímicos, ya que la interacción entre hongos y plantas propicia que los campos sean más resistentes a plagas, sequías y heladas. Con esto se contribuye a la rehabilitación y la conservación de los agroecosistemas de manera sustentable.

BIBLIOGRAFÍA

1. Arévalo, E. (2009). Más arroz a menos costo con la aplicación de biofertilizantes y materia orgánica. *Revista Arroz*. Bogotá, 57 (476), 26-28.
2. Altamare, C.; Norvell, W. A.; Bjorkman, T.; y Harman, G. (1999). Solubilization of phosphates and micronutrients by

the plantgrowth-promoting and biocontrol fungus *Trichoderma harzianum* Rifai. 1295-22. *Applied Environmental Microbiology*. 5: 2926-2933.

3. Ávila, H. C. y Wilson, J. K. (2015). Adsorción de iones cúprico y plumboso por *Trichoderma viride* FP-UNT 01 a partir de soluciones ideales. *Revista REBIOLEST*, 2 (2), 12-19.
4. Bayman, P. y Radka, G. V. (1997). Transformation and tolerance of TNT (2, 4, 6-trinitrotoluene) by fungi. *Int. Biodeterioration and Biodegradation*, 39, 45-53.
5. Bécquer, C. J.; Lazarovits, G. y Lalin, I. (2013). Interacción in vitro entre *Trichoderma harzianum* y bacterias rizosféricas estimuladoras del crecimiento vegetal. *Rev. cub. Cienc. agríc*, 47, 97-102.
6. Bécquer, C. J.; Lazarovits, G.; Nielsen, L.; Quintana, M.; Adesina, M.; Quigley, L. y Ibbotson, C. (2015). Efecto de la inoculación con bacterias rizosféricas y *Trichoderma* en trigo (*Triticum aestivum* L.). *Pastos y Forrajes*, 38 (1), 29-37.

7. Das, A. C.; Chakravarty, A.; Sukul, P. y Mukherjee, D. (2003). Influence and persistence of phorate and carbofuran insecticides on microorganisms in rice field. *Chemosphere*, 53, 1033–1037.
8. Durán, E.; De Romero, Y.; Romero, M. y Ramallo, J. (2007). Sensibilidad *in vitro* de cepas de *Trichoderma* aisladas de semillas de soja frente al fungicida MAXIM® XL. *Boletín Micológico*. 22: 51-54.
9. FAO. (2015). Degradación del Suelo. Disponible en: <http://www.fao.org/soils-portal/degradacion-del-suelo/es/> Consultado el: 2 de septiembre de 2016.
10. Infante, D.; González, N.; Reyes, Y. y Martínez, B. (2011). Evaluación de la efectividad de doce cepas de *Trichoderma asperellum* Samuels sobre tres fitopatógenos en condiciones de campo. *Revista de Protección Vegetal*, 26 (3), 194-197.
11. Lagos, L. M. (2010). Plaguicidas y salud humana. *CuadMédSoc* (Chile), 50 (3), 241-248.
12. Labrador Morales, M.; del Pozo Núñez, E. M. y García Cruz, I. (2014). Efecto de *Trichoderma harzianum* Rifai sobre *Plasmodiophora brassicae* Woronin en brócoli en la Localidad de Escagüey, Municipio Rangel, Estado Mérida. (En español). *Revista Centro Agrícola*, 41 (2), 85-90.
13. Liriano González, R.; Mirabal Gutiérrez, O.; Rodríguez Barrera, R. y Viltres Brizuela, M. (2012). Uso del hongo *Trichoderma* spp. para el manejo de *Meloidogyne incognita* (Kofoid y White) Chitwood en tomate. (En español). *Revista Centro Agrícola*, 39 (4), 49-54.
14. Mathivanan, N.; Prabavathy, V. y Vijayanandraj, V. (2000). Application of Talc Formulations of *Pseudomonas fluorescens* Migula and *Trichoderma viride* Pers. ex S.F. Gray Decrease the Sheath Blight Disease and Enhance the Plant Growth and Yield in Rice. *J Phytopathology*. 2005; 153: 697-701.
15. Muiño, B; Sáenz, M.; Stefanova, M.; Pomas, A. y Díaz, I. (2006). Compatibilidad de *Trichoderma* spp. con plaguicidas y fertilizantes en el

- cultivo del tabaco (*N. tabacum* L.). *Fitosanidad*. 10 (2): 153.
16. Reyes, Y.; Infante, D.; García-Borrego, J.; Del Pozo, E.; Cruz, A. y Martínez, B. (2012). Compatibilidad de *Trichoderma asperellum* Samuels con herbicidas de mayor uso en el cultivo del arroz. *Revista de Protección Vegetal*, 27 (1), 45-53.
17. Reyes, Y.; Martínez, B.; Infante, D. y García-Borrego, J. (2009). Evaluación de la compatibilidad de *Trichoderma asperellum* Samuels con algunos de los herbicidas de mayor uso en el cultivo del arroz. XVII Congreso Científico del INCA.
18. SAGARPA. (2007-2012). Programa Sectorial de Desarrollo Agropecuario y Pesquero 2007-2012.
19. SAGARPA. (s.f.). El suelo y la producción agropecuaria. Disponible en: <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/El%20suelo%20y%20la%20produccion%20agropecuaria.pdf> Consultado el: 16 de septiembre de 2016.
20. SEMARNAT. (2008). Capítulo 3: Suelos. Disponible en: http://apps1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_2008/03_suelos/cap3_2.html Consultado el: 16 de septiembre de 2016.
21. SIAP. (2014). Cierre de la producción agrícola por cultivo. SAGARPA. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/> Consultado el: 26 de septiembre de 2015.
22. Omar, S. A. (1998). Availability of phosphorus and sulfur of insecticide origin by fungi. *Biodegradation*, 9, 327– 336.
23. ONU. (2010). Los desiertos ocupan el 25% de la masa terrestre. De Centro de Noticias ONU. Disponible en: <http://www.un.org/spanish/News/story.asp?NewsID=18595#.Vg44Y-wiqXY> Fecha de consulta: 2 de septiembre de 2016.
24. Pérez González, Y.; Ayala Sifontes, J. L. y Calero Hurtado, A. (2012). Efecto bioestimulante de dos formulados líquidos de *Trichoderma harzianum*

Rifai A-34 en el cultivo de tomate protegido. *InfoCiencia*, 16 (3), 1-10.

25. Páez O. (2006). Uso agrícola de *Trichoderma*. Disponible en: <http://www.soil-fertility.com/trichoderma/espagnol/index.shtml> Consultado el: 10 de septiembre de 2015.
26. Zayed, S. M.; Mostafa, I. Y.; Farghaly, M. M.; Attaby, H. S.; Adam, Y. M. y Mahdy, F. M. (1983). Microbial degradation of trifluralin by *Aspergillus carneus*, *Fusarium oxysporum* and *Trichoderma viride*. *Journal of Environmental Science Health B*. 18, 253-6.