

**GÉNERO *TRICHODERMA* P. (ASCOMYCOTA: HYPOCREALES): UTILIZACIÓN EN  
LA AGRICULTURA SOSTENIBLE**  
***TRICHODERMA* P. GENUS (ASCOMYCOTA: HYPOCREALES): USE IN  
SUSTAINABLE AGRICULTURE**

M.Sc. Luvys Jenny Rodríguez Alonso (0000-0003-4917-0038), Universidad de Matanzas,

[luvys.rodriguez@umcc.cu](mailto:luvys.rodriguez@umcc.cu)

Ing. Nathaly Pacheco León (0000-0002-6595-7634), Empresa Flora y Fauna Matanzas. Área Protegida

Refugio de Fauna: Laguna de Maya.

Ing. Claudia Vela Lantigua (0000-0002-1561-8765)

M.Sc. Boris Galiano Gonzáles (0000-0002-0427-4194)

### **Resumen**

La utilización de microorganismos para el manejo de plagas constituye una alternativa viable para asegurar la producción de alimentos sanos y el desarrollo de una agricultura sostenible. Entre los microorganismos antagonistas del suelo utilizados como biocontroladores eficientes de diferentes patógenos, se destacan diversas especies del género *Trichoderma*. Empleadas a nivel mundial para incrementar el rendimiento de los cultivos y disminuir el costo ecológico y económico que acarrea la aplicación de los plaguicidas químicos. Las cepas que pertenecen a este género, mediante diferentes mecanismos, brindan protección a los cultivos contra organismos patógenos, promueven el crecimiento vegetal y la resistencia sistémica del hospedero. El presente trabajo constituye una revisión bibliográfica, la cual tuvo como objetivo recopilar información sobre el género *Trichoderma*, relacionada con los beneficios agrícolas que aporta y su utilización como agente de biocontrol en el desarrollo de la agricultura sostenible.

**Palabras claves:** *agricultura sostenible; biocontrol; fitopatógenos; nematodos; trichoderma*

---

### **Abstract**



Monografías 2023  
Universidad de Matanzas © 2023  
ISBN: 978-959-16-5074-0

The use of microorganisms for pest management is a viable alternative to ensure the production healthy food and the development of sustainable agriculture. Among the soil antagonist microorganisms used as efficient biocontrollers of different pathogens, there are several species of the *Trichoderma* genus. Used worldwide to increase crop yields and reduce the ecological and economic cost of applying chemical pesticides. The strains belonging to this genus, through different mechanisms, provide protection to crops against pathogenic organisms, promote plant growth and systemic resistance of the host. The present work constitutes a bibliographic review, to compile information about the genus *Trichoderma*, related to agricultural benefits and use as biocontrol agent in the development of sustainable agriculture.

**Keywords:** *sustainable agricultura; biocontrol; phytopathogens; nematodes; trichoderma*

---

El incremento significativo de la productividad agrícola logrado por la agricultura moderna, con un modelo basado en la tecnificación y el uso de dosis masivas de insumos costosos, tales como: plaguicidas, fertilizantes, combustibles fósiles, maquinarias y agua para riego, está siendo cuestionado en su sustentabilidad por una serie de impactos ecológicos, económicos y sociales, derivados de las prácticas modernas de producción (Sarandón y Flores, 2014).

La producción sostenible de alimentos es un reto para la sociedad, que impone transformar los sistemas convencionales de explotación agraria a agroecológicos en las formas productivas, con el propósito de lograr aumentos significativos en los rendimientos, calidad de los cultivos y reducir el impacto negativo de los agroquímicos en el medio ambiente (Gutiérrez et al., 2013).

La sociedad demanda productos seguros tanto para el consumidor como para el medio ambiente. El uso de agentes de control biológico es una alternativa que respeta todas las premisas que promulgan una agricultura sostenible, ecológica y respetuosa con el medio ambiente, la salud vegetal, animal y la salud humana (Concepto de única salud- One health) (Carro, 2022)

Una de las alternativas que mejor se adapta a la producción sostenible, ecológica y que respeta la salud del consumidor y del productor es el control biológico. En este se emplean agentes vivos para

combatir organismos perjudiciales (patógenos, plagas o malas hierbas) con diversos propósitos y así causar beneficios al ser humano (Stenberg et al., 2021).

Entre los microorganismos antagonistas del suelo, utilizados en la agricultura como controles biológicos eficientes de diferentes patógenos, se destacan diversas especies del género *Trichoderma*.

Las especies de *Trichoderma* han sido estudiadas durante más de 70 años como antagonistas de hongos fitopatógenos. No obstante, hasta inicios del siglo XXI fue que se empezó a comercializar como biocontroladores agrícolas, a causa del cambio en el modelo de agricultura que exige cada vez obtener alimentos sanos con menores trazas de fungicidas. Desde entonces *Trichoderma* se considera uno de los antagonistas de hongos fitopatógenos más utilizado en la agricultura moderna sostenible (Pineda et al., 2017).

El objetivo del presente trabajo fue recopilar información actualizada sobre el género *Trichoderma*, relacionada con los beneficios agrícolas que aporta, y su utilización como agente de biocontrol en el desarrollo de una agricultura sostenible.

El género *Trichoderma* Persoon (Ascomycota: Hypocreales) incluye a más de 100 especies presentes en diferentes zonas climáticas y se encuentra colonizando a una amplia gama de nichos, incluidas plantas vivas y muertas, suelo, sedimento, materia orgánica, tejido animal, entre otros (Wang y Zhuang, 2020; Nuangmek et al., 2021).

Algunas de las especies de este género han sido usadas como agentes de control biológico contra diferentes patógenos, debido a su fácil adaptación a diversas condiciones climáticas y edáficas y a diferentes mecanismos de acción como el micoparasitismo (Guzmán-Guzmán et al., 2019). El análisis comparativo de los genomas de varias especies de *Trichoderma* demostró que el micoparasitismo fue la forma de vida ancestral de este género (Kubicek et al., 2019). Dichos autores consideran que la posterior colonización de la rizosfera probablemente se debió a la presencia de patógenos en el suelo y en los exudados de las plantas.

Otros mecanismos de acción lo constituyen la antibiosis (Estrada-Rivera et al., 2020), producción de enzimas hidrolíticas y competencia por espacio y nutrientes como la sacarosa y glucose (Gamarra et al., 2017). Además, el establecimiento de una relación simbiótica *Trichoderma* – planta proporciona

beneficios indirectos como el incremento de la tolerancia contra estrés abiótico y biótico, causado por hongos patógenos (Poveda, 2021a), nematodos (Poveda et al., 2020) e incluso insectos (Poveda, 2021b).

La eficacia de la mayoría de las especies de *Trichoderma* (incluidas *Trichoderma asperellum* Samuels, Lieckfeldt & Nirenberg; *Trichoderma harzianum* Rifai; *Trichoderma koningii* Rifai; *Trichoderma longibrachiatum* Rifai; *Trichoderma atroviride* P. Karsten y *Trichoderma viride* Pers ex S. F Gray) está dada en inhibir el crecimiento de las hifas de los hongos fitopatógenos al provocar vacuolización citosólica y lisis en las hifas, además de reducir su esporulación. *Trichoderma* spp. producen enzimas hidrolíticas como quitinasa y  $\beta$ -1,3-glucanasa que degradan la pared celular del hongo; compuestos volátiles orgánicos (azetidina, 2-feniletanol y hexadecanoato de etilo) con actividad antimicrobiana y antibióticos. Además inducen la resistencia sistémica del hospedero (Cheng et al., 2012; Dini et al., 2021; Kashyap et al., 2020; Liu et al., 2021; Li et al., 2018; Ruangwong et al., 2021 como se citó en Camacho-Luna et al., 2021)

La presencia de múltiples mecanismos en un solo aislado es una característica importante para su selección como agente de control biológico (Companioni et al., 2019).

Todas las características descritas con anterioridad hacen que este hongo antagonista constituya uno de los agentes de control de hongos fitopatógenos más utilizados en la agricultura moderna sostenible. Alrededor del 90% de los micoplaguicidas que se comercializan en el mercado para el biocontrol de agentes patógenos de plantas contienen como principio activo las esporas (conidios y clamidiosporas) de *Trichoderma* spp. (Pineda et al., 2017).

A pesar de que el género es empleado para desarrollar bioproductos comerciales para el control de enfermedades en las plantas (Carrillo et al., 2020), existen casos de baja eficacia en el control de fitopatógenos, por lo que para lograr un mayor éxito es importante la selección de microorganismos nativos adaptados a las condiciones edafoclimáticas de la región donde se pretende realizar el biocontrol de las enfermedades en plantas (Tegene et al., 2021).

Beneficios agrícolas y utilización como agente de control biológico en la agricultura sostenible  
Beneficios para los cultivos

Los microorganismos antagonistas se encuentran en el suelo de forma natural y ofrecen varios beneficios para los cultivos. Según Igiehon y Babalola (2018) posibilitan una mayor absorción de nutrientes. Además favorecen una mayor tolerancia al estrés biótico y abiótico (Schirawski y Perlin, 2018). Por lo que su uso contribuye al desarrollo sostenible de la agricultura y permite responder a la demanda de alimentos orgánicos.

Los hongos del género *Trichoderma* establecen una relación de simbiosis con las raíces de las plantas, que conlleva a promover su crecimiento y desarrollo e inducir una respuesta de defensa en las plantas contra el ataque de patógenos e inclusive insectos plaga (Guzmán-Guzmán et al., 2019). Los mecanismos de defensa que se inducen en las plantas involucran el reforzamiento de la pared celular, donde participan las enzimas peroxidasas y polifenol-oxidasas; la degradación de la pared celular del patógeno por las enzimas glucanasas y quitinasas; y las enzimas antioxidantes para contrarrestar los niveles de las especies reactivas de oxígeno (ERO), como son las catalasas, las superóxido dismutasas y las peroxidasas (Jain y Khurana, 2018). Al respecto Camacho-Luna et al. (2021) comprobaron que la inoculación previa de *T. asperellum* en plantas de cebolla (*Allium cepa* L) induce la actividad de las enzimas de defensa glucanasas y quitinasas para la degradación de la pared celular de hongos patógenos.

Diversas especies del género están asociadas con la rizósfera de plantas o pueden relacionarse de manera endofítica, por lo que pueden promover su crecimiento y desarrollo, mediante la producción de auxinas y giberelinas; también pueden producir ácidos orgánicos (glucónico, fumárico, y cítrico) que pueden disminuir el pH del suelo y propiciar la solubilización de fosfatos, magnesio, hierro y manganeso, los cuales son vitales para el metabolismo vegetal (Sharma et al., 2017).

De acuerdo con Castro y Rivillas (2012) las raíces colonizadas por *Trichoderma* spp. con frecuencia aumentan el crecimiento, desarrollo, productividad del cultivo, resistencia a estrés abiótico e incremento en la toma y uso de nutrientes. Diferentes especies de este género producen factores de crecimiento como auxinas, citoquininas, etileno y fitohormonas, tales como indol y ácido acético. Por otra parte, *Trichoderma* spp. produce moléculas de citoquininas y giberelinas GA3, involucradas en eventos de estimulación de crecimiento y desarrollo de las plantas. Según los autores se ha

demostrado que la productividad de un cultivo en el campo puede incrementarse en más del 300 % después de la aplicación de *T. hamatum* o *T. koningii*.

Existen numerosos reportes de la acción de *Trichoderma* como estimulador de crecimiento en amplia gama de cultivos. Brenes-Madriz et al, (2019) determinaron, en el cultivo de chile dulce (*Capsicum annuum* L) variedad Nathalie, que la aplicación en la etapa de almácigo de *T. asperellum* (tratamiento T50) promovió un incremento en la elongación y biomasa de la raíz, así como del área foliar y aunque en la etapa de producción no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos se apreció un buen desarrollo foliar de las plantas comparadas con el testigo.

*Trichoderma* ha constituido una buena alternativa para el ahorro de fertilizantes químicos y pesticidas.

Los productos a base de *Trichoderma* son usados para mejorar la productividad de los cultivos, la calidad nutricional y la resistencia de las plantas al estrés biótico y abiótico, su empleo puede ser una estrategia viable y sostenible para reducir el uso de fertilizantes en cultivos hortícolas. Además de estos efectos benéficos, es un agente de control biológico de fitopatógenos (Sesan et al., 2020).

Control biológico de fitopatógenos y nematods parásitos de plantas.

En la actualidad los plaguicidas de origen biológico tienen ventajas con relación a los químicos ya que no causan deterioro al ambiente, no afectan el desarrollo de las plantas, su producción es más barata y su uso no conlleva al surgimiento de nuevas plagas o de plagas secundarias (Karas et al., 2011).

*Trichoderma* está entre los agentes de control biológico más exitosos en la agricultura y forma parte de más del 60 % de los biofungicidas registrados en el mundo (Hernández-Melchor, 2019). Dentro de las especies de *Trichoderma* más importantes como agentes de biocontrol de fitopatógenos se encuentran: *Trichoderma reesei* Simmons, *T. koningii*, *T. asperellum*, *T. viride*, *T. harzianum*, entre otros (Alfiky y Weisskopf, 2021).

De acuerdo con Medina (2016) *Trichoderma harzianum*, como un controlador biológico y antagonista natural de fitopatógenos que afectan hortalizas y cultivos ornamentales, muestra una amplia gama de hospedantes y dentro de ellos los hongos y oomicetos fitopatógenos de importancia, tales como: *Fusarium oxysporum* f. sp. *Cubense* (E.F.Sm) W.C. Snyder & H.N, Hansen, *Botrytis cinérea* Pers,

*Rhizoctonia solani* Kühn, *Sclerotium rolfsii* Sacc, *Sclerotinia* spp, *Pythium* spp, *Phytophthora* spp, *Alternaria* spp. y *Phytophthora capsici* Leonian, entre otros.

Garrido y Vilela (2019) evaluaron la capacidad antagónica de *T. harzianum* frente a *Rhizoctonia* spp, *Nakatea sigmoidea* y *Sclerotium rolfsii* Sacc, causantes de la pudrición de tallos y vainas del arroz y su efecto en cepas nativas de *Trichoderma*. Estos determinaron que *T. harzianum* (producto comercial), muestra una alta capacidad antagónica frente a *Rhizoctonia* y *Nakatea*, y no afecta el desarrollo de las cepas nativas de *Trichoderma*. La mayor acción de micoparasitismo de *T. harzianum* (producto comercial) se presentó con *Rhizoctonia*, donde se observó el enrollamiento de hifas y la penetración; en el caso de *Nakatea* sólo se observó enrollamiento y vacuolización. No se observó interacción hifal con *S. rolfsii*.

Por su parte en la provincia de Matanzas, Cuba, Samaniego-Fernández et al. (2018) a partir del aislamiento de cepas autóctonas de *Trichoderma* spp y la evaluación de su antagonismo in vitro contra los hongos fitopatógenos: *Rhizoctonia solani* Kühn, *Fusarium* spp. y *Sclerotium rolfsii* Sacc., concluyeron que *Trichoderma* 2T-aislado fue el antagonista in vitro más eficiente contra los tres hongos fitopatógenos, seguida de *T. viride* 4(TS-3)1 (biocontrolador de *R. solani* y *S. rolfsii* y con menor capacidad antagónica contra *Fusarium* spp.).

Este resultado coincide con lo reportado por Vineela et al. (2020), quienes registran que las cepas de *T. hamatum*, *T. harzianum* y *T. viride* inhibieron en un 71,9-74,7 % el crecimiento micelial de *S. rolfsii*. Además de acuerdo con Irazoqui (2021) los aislados de *Trichoderma asperellum*, *T. asperelloides* y *T. afroharzianum* también muestran potencial en el control de *Sclerotium rolfsii*.

En el cultivo del arroz (*Oryza sativa* L) Pérez et al. (2017) concluyeron que la cepa A-34 de *T. harzianum* manifestó mecanismos de acción de micoparasitismo por enrollamiento, penetración, vacuolización y lisis sobre el agente causal del tizón del arroz (*Pyricularia grisea* Sacc.). Además, demostraron el efecto antibiótico de *T. harzianum* (cepa A-34) sobre *P. grisea* con un Porcentaje de Inhibición del Crecimiento Radial de 14,3 % a las 24 horas del enfrentamiento.

Cabrera et al. (2020), determinaron que la cepa *T. atroviride* TmE, puede ser empleada para el control de la fusariosis de la espiga del trigo (*Triticum aestivum* L), producida principalmente por hongos del complejo *Fusarium graminearum*, debido a su potencial como antagonista y por su

capacidad de producir xilanasas, las cuales se vinculan a la capacidad de colonización y degradación de los restos de cosecha que sirve de soporte al patógeno. Mientras que Fernández et al. (2022) observaron actividad micoparasítica de *T. harzianum* -Th 4 sobre *Fusarium oxysporum* f. sp. ciceris, lo que sugiere su potencial para el manejo de la marchitez del garbanzo (*Cicer arietinum* L).

En tomate Roller et al. (2021) obtuvieron menor cantidad de hojas afectadas y valores promedio más altos de peso de los frutos en tomate, al aplicar *Trichoderma harzianum* cepa Th118L para el control del marchitamiento y cancro bacteriano del tomate (*Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* Cmm.). De acuerdo a los autores dicha cepa aplicada como riego a las posturas en el momento de la siembra, podría ser incorporada como una buena alternativa dentro de un plan de manejo integrado de enfermedades en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.).

Otra cepa con potencial como control biológico es *T. asperellum*, la cual *in vitro* provocó la inhibición del crecimiento micelial de *Alternaria porri*, agente causal de la enfermedad mancha púrpura en cebolla, en un 56 % y mostró actividad micoparasítica. En el proceso de micoparasitismo se observaron cuatro eventos: el contacto, la invasión, la penetración y la destrucción del micelio de *A. porri* (Camacho-Luna et al., 2021)

La Roya amarilla, causada por el hongo *Hemileia vastatrix* Berk. & Br., es una de las principales enfermedades que limita la producción comercial y reduce significativamente los rendimientos del cafeto (*Coffea arabica* L.). Mamani-Huayhua et al. (2021) evaluaron la capacidad de biocontrol de cinco cepas de *Trichoderma* sp. endófito (TE1, TE2, TE3, TE4, TE5; las suspensiones de conidias,  $1 \times 10^7$  ufcml<sup>-1</sup>, fueron rociadas al suelo y follaje ) en condiciones de vivero y determinaron que el tratamiento TE1 redujo la incidencia de la enfermedad en 35,8 % y la severidad en 8,95 %, además mejoró los parámetros de crecimiento de las plantas en: altura de la planta (12,70 cm), diámetro del tallo (2,5 mm), número de hojas (7,6 unidades), longitud de la raíz principal (11,38 cm), así como el área bajo la curva del progreso de la enfermedad (56,625 unidades), en comparación con el testigo.

Los nematodos del género *Meloidogyne* causan afectación en numerosos cultivos de interés agrícola. La especie de mayor importancia en Cuba es *Meloidogyne incognita* (Kofoid y White) Chitwood y para su manejo se utilizan diversas prácticas que incluyen la utilización de agentes de



control biológico. Dentro de ellos el hongo antagonista *Trichoderma* spp. es un biorregulador efectivo por medio de sus toxinas e hifas.

Los mecanismos que mejor explican el antagonismo de *Trichoderma* son atribuidos a su velocidad de crecimiento, la capacidad de colonizar diferentes ambientes, en especial la rizósfera, y la excreción de metabolitos secundarios no volátiles de tipo enzimático, tales como quitinasas, celulasas y la  $\beta$ -1,3-glucanasas que hidrolizan el componente principal de las paredes celulares del nematodo (Kubicek et al., 2011).

Al respecto Mendoza et al. (2013) determinaron que *Trichoderma atroviride*, *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma viride* tienen un efecto negativo sobre la evolución de los huevos de *Meloidogyne* sp., en condiciones de laboratorio. De acuerdo con los autores esto se debe a que este género parasita al fitopatógeno mediante enrollamiento, ganchos y cuerpo de tipo apresorio, que penetran la pared celular por acción hidrolítica de las enzimas quitinasas y gluconasas.

En trabajo realizado por Quesada-Mola et al. (2019) con el objetivo de evaluar la acción biológica de aislados autóctonos de *Trichoderma* spp. sobre *M. incognita*, se pudo comprobar que los nuevos aislados redujeron la eclosión de la masa de huevos del nematodo entre 80-98%, comportamiento similar a la cepa de referencia TS-3. Además, se destacan por una acción antagonista irreversible. De acuerdo con los autores se observó deformación y parasitismo en los huevos de *M. incognita* y detención del proceso embrionario, algunos de ellos en estado necrótico. Se detectó además actividad de enzimas quitinasas en todos los aislados ensayados.

#### Utilización como descontaminante de suelo

La contaminación de suelos y agua por compuestos xenobióticos es un problema mundial. Los xenobióticos son sustancias químicas que son ajenos a los sistemas biológicos e incluyen plaguicidas, hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP), compuestos aromáticos policlorados, disolventes, hidrocarburos y otros contaminantes como surfactantes, siliconas y plásticos. La eliminación de tales contaminantes requiere de uso de técnicas físicas, químicas y biológicas (Mule y Melis, 2000).

El género *Trichoderma* no solo se ha caracterizado por su uso como bioinoculante y como agente de biocontrol, sino también por su capacidad de generar enzimas capaces de degradar residuos

orgánicos sólidos, por lo que puede coadyuvar en la mineralización y en la reutilización de los residuos (Idris et al., 2017). Algunas especies son empleadas en la biorremediación de suelos contaminados con compuestos orgánicos e inorgánicos, incluyendo metales pesados.

Al respecto Pesántez (2016) al evaluar el potencial para la biorremediación de tres cepas de *Trichoderma* (*T. harzianum* CCECH-Te1, *T. viride* CCECH-Te2 y *T. pseudokoningii* CCECH-Te3) aisladas de suelo contaminado con petróleo, constató la remoción de los compuestos en porcentajes que alcanzaron entre 47 y 69.1 % en los hidrocarburos, y hasta 53.72 % en los metales pesados como cadmio, níquel y plomo; lo que denotó el potencial de estas cepas para la biorremediación de suelos contaminados.

*Trichoderma* presenta una gran habilidad de colonización y también es capaz de degradar plaguicidas (Stamatiu, 2013). La especie *T. harzianum* favorece la reducción de la contaminación de suelos y medio ambiente causado por los agroquímicos.

Este hongo posee enzimas tales como celulasas, hemicelulasas y xylanases que ayudan a la degradación inicial del material vegetal y por último enzimas de mayor especialización que contribuyen a la simplificación de moléculas complejas como son las de plaguicidas (Castro y Rivillas, 2012). En relación a esto Stamatiu (2013) afirmó que los principales metabolitos de biodegradación de endosulfán por *Trichoderma harzianum*, son el sulfato de endosulfán y el diol de endosulfán, que se generan por la acción de un sistema enzimático oxidativo.

Además de celulasas, la producción de lacasas por especies de *Trichoderma* tiene importancia biotecnológica para la industria de la pulpa y el papel, así como para el bio-blanqueo, la síntesis orgánica (catalizan la oxidación de sustratos fenólicos), la clarificación de jugo y vino, la biorremediación de suelos contaminados con insecticidas, y como herramientas de diagnóstico médico (electroinmunoensayos con biosensores o detección de neurotransmisores), y además para la decolorización de colorantes tóxicos generados por la industria textil (Bagewadi et al., 2017).

El género *Trichoderma* brinda múltiples beneficios agrícolas, tanto para el desarrollo de las plantas como en la descontaminación de suelo y agua. Es un excelente controlador biológico de fitopatógenos que afectan cultivos de importancia agrícola, lo que permite disminuir el empleo de

plaguicidas químicos que afectan al medio ambiente; por lo que tiene una amplia utilización en el desarrollo de la agricultura sostenible.

### Referencias bibliográficas

- Alfiky A, y Weisskopf L. (2021). Deciphering Trichodermaplant-pathogen interactions for better development of biocontrol applications. *Journal of Fungi*, 7(1), 61.  
<https://doi.org/10.3390/jof7010061>.
- Bagewadi, Z.K., Mulla, S.I. y Ninnekar, H. Z. (2017). Purification and immobilization of laccase from *Trichoderma harzianum* strain HZN10 and its application in dye decolorization. *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology*, 15,139-150.  
<https://doi.org/10.1016/jgeb.2017.01.007>.
- Brenes-Madriz, J., Zúñiga-Vega, C., Villalobos-Araya, M., Zúñiga-Poveda, C. y Rivera-Méndez, W. (2019). Efectos de *Trichoderma asperellum* en la estimulación del crecimiento en chile dulce (*Capsicum annum*) variedad Nathalie en ambientes protegidos. *Tecnología en Marcha*, 32 (3), 79-86. <https://doi.org/10.18845/tm.v32i3.4481>
- Cabrera, M., G. Garmendia, C. Rufo, S. Pereyra y S. Vero. (2020). *Trichoderma atroviride* como controlador biológico de fusariosis de espiga de trigo mediante la reducción del inóculo primario en rastrojo. *Terra Latinoamericana Número Especial*, 38-3, 629-651.  
<https://doi.org/10.28940/terra.v38i3.664>
- Camacho-Luna, V., Flores-Moctezuma, H.E., Rodríguez-Monroy, M., Montes-Belmont, R. y Sepúlveda-Jiménez, G. (2021) Inducción de la respuesta de defensa de plantas de cebolla en la interacción con *Trichoderma asperellum* y *Alternaria porri*. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 12(4), 685-698. <https://doi.org/10.29312/remexca.v12i4.2683>.
- Carrillo, P., Woo, S.L., Comité, E., El-Nakhel, C., Roupael, Y., Fusco, G.M., Borzacchiello, A., Lanzuise, S. Y Vinale, F. (2020). Application of *Trichoderma harzianum*, 6-pentyl- $\alpha$ -pyrone and plant biopolymer formulations modulate plant metabolism and fruit quality of plum tomatoes. *Plants*, 9(6), 771. <https://doi.org/10.3390/plants9060771>.
- Carro, G. (2022) Control Biológico de *Phaeoacremonium minimum* mediante el uso de *Trichoderma* spp. en plantas de vid [Tesis doctoral, Universidad de León].

<https://doi.org/10.18002/10612/15561>

Castro, A. M. y Rivillas, C. A. (2012). *Trichoderma* spp. Modos de acción, eficacia y usos en el cultivo de café. Boletín Técnico No 38. Cenicafé. [Archivo PDF].

<https://biblioteca.cenicafe.org/handle/10778/577>

Companioni Gonzáles, B., Domínguez Arizmendi, G. y García Velaso, R. (2019). *Trichoderma*: su potencial en el desarrollo sostenible de la agricultura. *Biotecnología Vegetal*, 19 (4), 237 – 248. <http://scielo.sld.cu/scielo.php?scrip=sci-arttex&s2074-86472019000400237>

Estrada-Rivera, M., Hernández-Oñate, MÁ., Dautt-Castro, M., GallardoNegrete, J.D.J., Rebolledo-Prudencio, O.G., Uresti-Rivera, E.E., ArenasHuertero, C., Herrera-Estrella, A. y Casas-Flores, S. (2020). IPA-1 a putative chromatin remodeler/helicase-related protein of *Trichoderma virens* plays important roles in antibiosis against *Rhizoctonia solani* and induction of *Arabidopsis* systemic disease resistance. *Mol Plant Microbe Interact*, 33 (6), 808–824. <https://doi.org/10.1094/mpmi-04-19-0092-r>

Fernández, B., Almenares, M., Aguado, M. E., Díaz, A. y Hernández-Rodríguez, A. (2022) Actividad micoparasítica en la interacción *Trichoderma* spp. - *Fusarium oxysporum* f. sp. Ciceris. *Revista Cubana de Ciencias Biológicas*, 10 (2) ,1-7.

<https://revistas.uh.cu/rccb/article/view/3071>

Gamarra Fernández, M.A., Ojeda Maidana, M. y Maldonado Enciso, G.A. (2017). Identificación molecular y tasa de crecimiento de cepas nativas de *Trichoderma* spp. aisladas de la Región Norte del Paraguay. *Investigación Agraria*, 19(2), 127-132.

<https://doi.org/10.18004/investig.agrar.2017.diciembre.127-132%20>

Garrido, M. y Vilela, N. (2019). Capacidad antagónica de *Trichoderma harzianum* frente a *Rhizoctonia*, *Nakatea sigmoidea* y *Sclerotium rolfsii* y su efecto en cepas nativas de *Trichoderma* aisladas de cultivos de arroz. *Scientia Agropecuaria*, 10(2), 199 – 206.

<https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2019.02.05>

Gutiérrez, A., Robles, A., Santillán, C., Ortiz, M. y Cambero, O.J. (2013). Control biológico como herramienta sustentable en el manejo de plagas y su uso en el estado de Nayarit, México. *Bio Ciencias*, 2(3), 102-112. <https://doi.org/10.15741/revbio.02.03.04>.

- Guzmán-Guzmán, P., Porras-Troncoso, M. D., Olmedo-Monfil, V. y Herrera-Estrella, A. (2019). *Trichoderma* species versatile plant symbionts. *Phytopathology*, 109(1),6-16. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-07-18-0218-RVW>.
- Hernández-Melchor, D. J., Ferrera-Cerrato, R. y Alarcón, A. (2019). *Trichoderma*: Importancia agrícola, biotecnológica, y sistemas de fermentación para producir biomasa y enzimas de interés industrial. *Chilean Journal of Agricultural and Animal Sciences*, 35(1), 98-112. <https://revistas.udec.cl/index.php/chjaas/article/view/993>.
- Idris, A.S., Pandey, A., Rao, S. y Sukumaran, R.K. (2017). Cellulase production through solid state tray fermentation, and its use for bioethanol from sorghum stover. *Bioresource Technology*, 242,265-271. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.03.092>.
- Igiehon, N.O. y Babalola, O.O. (2018). Rhizosphere microbiome modulators: Contributions of nitrogen fixing bacteria towards sustainable agriculture. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(4), 574. <https://doi.org/10.3390/ijerph15040574>.
- Irazoqui Acosta, M.B. (2021). Identificación de especies de *Trichoderma* y su antagonismo in vitro contra *Sclerotium rolfsii* proveniente del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) del norte de Sinaloa, México. [Tesis de Maestría, Universidad Autónoma de Occidente, México] <https://uadeo.mx/wp-content/uploads/2022/02/TESIS-BELEN-IRAZOQUI.pdf>
- Jain, D. Y Khurana, J. P. (2018). Role of pathogenesis-related (PR) proteins in plant defense mechanism en Singh, A. and Singh, I. (Ed.). *Molecular aspects of plant-pathogen interaction* (pp. 265-281). Springer, Singapore. <https://doi.org/10.1007/978-981-107371-7-12>.
- Karas, P. A., Perruchón, C., Exarhou, K., Ehaliotis, C. y Karpousas, D. G. (2011). Potential for bioremediation of agro-industrial effluents with high loads of pesticides by selected fungi. *Biodegradation*, 22(1), 215-228. <https://doi.org/10.1007/s10532-010-9389-1>.
- Kubicek, C.P., Herrera-Estrella, A., Seidl-Seiboth, V., Martinez, D.A., Druzhinina, I.S., Thon, M., Zeilinger, S., Casas-Flores, S., Horwitz, B.A., Mukherjee, P.K., Mukherjee, M., Kredics, L., Alcaraz, L.D., Aerts, A., Antal, Z., Atanasova, L., Cervantes-Badillo, M.G., Challacombe, J., Chertkov O....Grigoriev, I.V. (2011). Comparative genome sequence analysis underscores

- mycoparasitism as the ancestral life style of *Trichoderma*. *Genome Biology*, 12(4), 40. <https://doi.org/10.1186/gb-2011-12-4-r40>.
- Kubicek, C.P., Steindorff, A.S., Chenthamara, K. Manganiello, G., Henrissat, B., Zhang, J., Cai, F., Kopchinskiy, A. g., Kubicek, E. M., Kuo, a., Baroncelli, R., Sarrocco, S., Ferreira, E., Vannacci, G. y Shen, Q. (2019). Evolution and comparative genomics of the most common *Trichoderma* species. *BMC Genomics*, 20,485. <https://doi.org/10.1186/s12864-019-5680-7>
- Mamani-Huayhua, G., Leon-Ttacca, B., Palao-Iturregui, L. A. y Borja-Loza, Y. R.(2021). Biocontrol de la roya amarilla del cafeto (*Hemileia vastatrix* Berk. & Br.) con cepas de *Trichoderma* sp. *Endófito. Cultivos Tropicales*, 42(4), e01. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=s0258-59362021000400001&ing=es&nrm=iso](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=s0258-59362021000400001&ing=es&nrm=iso)
- Medina, S. (2016). Mecanismos de protección de *Trichoderma* sp.y patogénesis de *Fusarium oxysporum* en el nardo (*Polianthes tuberosa*). Jalisco. [Tesis Maestria, Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del estado de Jalisco A. C.] <http://ciatej.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1023/373>.
- Mendoza, G., Wilson, J.H. y Colina, J.C. (2013). Efecto de *Trichoderma atroviride*, *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma viride* sobre huevos de *Meloidogyne* sp.en condiciones de laboratorio. *REBIOLEST*, 1(2), 66. <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/ECCBB/article/view/479>
- Mule, P. y Melis, P. (2000). Methods for remediation of metal-contaminated soils: preliminary results. *Commun Soil Sci Plant Anal*. 31(19-20):3193–3204. <https://doi.org/10.1080/00103620009370660>.
- Nuangmek, W., Aiduang, W., Kumla, J., Lumyong, S. y Suwannarach, N. (2021). Evaluation of a newly identified endophytic fungus, *Trichoderma phayaoense* for plant growth promotion and biological control of gummy stem blight and wilt of muskmelon. *Frontiers in Microbiology*, 12, 410. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.634772>.

- Pérez Torres, E. J., Bernal Cabrera, A., Milanés Virelles, P., Leiva Mora, M., Sierra Reyes, Y. y Cupull Santana, R. (2017) Actividad antagónica de *Trichoderma harzianum* Rifai sobre el agente causal del tizón del arroz (*Pyricularia grisea* Sacc.), 44(3), 13-19.  
<http://cagrícola.uclv.edu.cu>...PDF>
- Pesántez, M., y Castro, R. (2016). Potencial de cepas de *Trichoderma* spp. para la biorremediación de suelos contaminados con petróleo. *Biología Vegetal*. 16(4).251-256.  
<https://revista.ibp.co.cu/index.php/BV/article/view/541>
- Pineda, J.A., Benavides, E.N., Duarte, A.S., Burgos, C.A., Soto, C.P., Pineda, C.A., Fierro, F.J., Mora, E.S. y Álvarez, S.E. (2017). Producción de biopreparados de *Trichoderma* spp: una revisión. *Revista ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*, 51(1), 47–52.  
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223153894008>
- Poveda, J., Abril-Urias, P. y Escobar, C. (2020). Biological control of plantparasitic nematodes by filamentous fungi inducers of resistance: *Trichoderma*, mycorrhizal and endophytic fungi. *Front Microbiol*, 11, 992. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.00992>
- Poveda, J. (2021a). Biological control of *Fusarium oxysporum* f. sp. ciceri and *Ascochyta rabiei* infecting protected geographical indication Fuentesauco-Chickpea by *Trichoderma* species. *European Journal of Plant Pathology*, 160, 825–840. <https://doi.org/10.1007/s10658-021-02286-9>
- Poveda, J. (2021b). *Trichoderma* as biocontrol agent against pests: new uses for a mycoparasite. *Biological Control*, 159, 104634. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2021.104634>
- Quesada-Mola, Y., Fernández-Gonzálves, E., Casanueva-Medina, K., Ponce-Grijuela, E. y Márquez-Gutiérrez, M. E. (2019). Actividad biológica de nuevas cepas cubanas de *Trichoderma* spp. efectivas en el control de *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White) Chitwood. *Revista cubana de Ciencias Biológicas*, 7(1): 1-9.  
<http://www.rccb.uh.cu/index.php/RCCB/rt/printerFriendly/214/0>
- Rolleri, J., Stocco, M., Moya, P. y Mónaco, C. (2021). Posibilidades del uso de *Trichoderma harzianum* en el biocontrol del marchitamiento y cancro bacteriano del tomate. *Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata*, 120(2), 1-12 <https://doi.org/10.24215/16699513e080>

- Samaniego-Fernández, L. M., Harouna, M., Corbea, O., Rondón-Castillo, A. J. y Placeres-Espinosa, I. (2018). Aislamiento, identificación y evaluación de cepas autóctonas de *Trichoderma* spp. antagonistas de patógenos del suelo. *Revista de Protección Vegetal*, 33 (3),1-11.  
<http://revista.censa.edu.cu/index.php/RPV/article/view/973>
- Sarandón, S.J. y Flores, C.C. (2014). Bases conceptuales de la agroecología y agricultura sustentable en Sarandón, S.J. y Flores, C.C. (Ed.), *Agroecología: bases teóricas para el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables* (1ed., pp. 13-41) Editorial de la Universidad de La Plata.
- Schirawski, J. y Perlin, M.H. (2018). Plant–microbe interaction 2017. The good, the bad and the diverse. *International Journal Molecular Sciences*, 19(5), 1374.  
<https://doi.org/10.3390/ijms19051374>;PMID:29734724;PMCID:PMC5983726.
- Sesan, T. E., Oancea, A. O., Stefan, L. M., Manoiu, V. S., Ghiurea, M., Raut, I, Constantines Aruxendi, D., Toma, A., Savin, S.,Bira, A. F., Pomohaci, C. M. Y Oancea, F. (2020). Effects of foliar treatment with a *Trichoderma* plant bioestimulant consortium on *Passiflora caerulea* L. yield and quality. *Microorganisms*, 8(1) ,1-27.  
<https://doi.org/10.3390/microorganisms8010123>
- Sharma, V., Salwan, R. y Sharma, P.N. (2017). The comparative mechanistic aspects of *Trichoderma* and probiotics: scope for future research. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 100, 84-96. <https://doi.org/10.1016/j.pmpp.2017.07.005>.
- Stamatiu, K. (2013). Tolerancia y biodegradación de plaguicidas con hongos filamentosos. Tesis de Doctorado, Institución de enseñanza e investigación en ciencias agrícolas Campus Montecillo. <http://hdl.handle.net/10521/2175>
- Stenberg, J. A., Sundh, I., Becher, P. G., Björkman, C., Dubey, M., Egan, P. A., et al. (2021). When is it biological control? A framework of definitions, mechanisms, and classifications. *Journal of Pest Science*, 94, 665-676. <https://doi.org/10.1007/s10340-021-01354-7>.
- Tegene, S., Dejene, M., Terefe, H., Tegegn, G., Tena, E. y Ayalew, A. (2021). Evaluation of native *Trichoderma* isolates for the management of sugarcane smut (*Ustilago scitaminea*) in sugar plantations of Ethiopia. *Cogent Food and Agriculture*, 7(1) 1872853.



<https://doi.org/10.1080/23311932.2021.1872853>.

Vineela, D. R. S., Beura, S. K., Dhal, A. y Swain, S. K. (2020). Efficacy of bio-agents, botanicals, organic amendments against groundnut pathogens *Sclerotium rolfsii* and *Aspergillus niger* in-vitro. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry, 9(3), 1206-1210  
<https://www.phytojournal.com/archives/2020.v9.i3.11457/efficacy-of-bio-agents-botanicals-organic-amendments-against-groundnut-pathogens-sclerotium-rolfsii-and-aspergillus-niger-in-vitro>

Wang, C. Y Zhuang, W.Y. (2020). Carbon metabolic profiling of *Trichoderma* strains provides insight into potential ecological niches. Mycologia, 112(2), 213-223. <https://doi.org/10.1080/00275514.2019.1698246>.