

## Efecto de *Trichoderma* spp. sobre el desarrollo de plántulas de *Capsicum annuum* L. (pimentón) y el biocontrol del hongo fitopatógeno *Sclerotium* sp.

Elisa Peña-Tovar, Domenico Pavone-Maniscalco

<http://dx.doi.org/10.4322/mp.2020.001.03>

### Resumen

El cultivo de pimentón es un rubro altamente influenciado por plagas y enfermedades, siendo el *Sclerotium* spp de los patógenos más problemáticos. Este trabajo pretende aportar metodologías biológicas para controlar esta enfermedad a través del uso del hongo antagonista *Trichoderma* sp. y promover su desarrollo. Se realizaron ensayos *in vitro*, enfrentando al patógeno con las cepas de *Trichoderma* spp. por separado y ensayos de vivero. En los enfrentamientos *in vitro* se obtuvo un control del patógeno superior al 90 % con todas las cepas de *Trichoderma* estudiadas. Asimismo, promovieron mayor desarrollo radical y foliar en las plantas. De esta forma, los datos sugieren un efecto benéfico de las cepas de *Trichoderma* spp sobre el desarrollo del cultivo del pimentón. Estudios más profundos a nivel de campo podrían corroborar estos efectos, convirtiendo así a *Trichoderma* en una alternativa a ser incorporada en los programas de manejo integrado.

**Palabras clave:** Control biológico, *T. asperellum*, *T. harzianum*, *T. reesei*.

### 1. Introducción

La producción del pimentón (*Capsicum annuum* L.) es influenciada por factores bióticos y abióticos, siendo las plagas y enfermedades algunos de los más importantes, incluyendo: hongos como *Phytophthora capsici*, *Rhizoctonia solani*, *Verticillium dahliae*, *Colletotrichum*, *Leveillula taurica*, *Fusarium* spp., bacterias como *Xanthomonas* spp, virus, nemátodos e insectos [1]. En el Municipio Cocorote del Estado Yaracuy, Venezuela, se ha observado la presencia de una patología que afecta los rendimientos del pimentón. El agente causal de la sintomatología ha sido identificado como *Sclerotium* sp., siendo este género muy importante como enfermedad del pimentón [2]. Entre los tratamientos utilizados para controlar a este fitopatógeno está *Trichoderma* spp. [3] que además es capaz de ejercer efectos benéficos sobre la fisiología de plantas de *C. annuum* [4,5].

Las especies del género *Trichoderma* poseen varios mecanismos para ejercer su efecto benéfico sobre los cultivos, descritos por Benítez et al., [6]: (a) La competencia, ocurre entre dos organismos que requieren el mismo recurso y el uso por uno reduce la cantidad disponible para el otro. (b) El micoparasitismo, considerado uno de los principales mecanismos involucrados en el antagonismo de *Trichoderma* como agente biocontrolador, donde el antagonista desarrolla un crecimiento hacia el patógeno, cubriendo a este o formando estructuras similares a ganchos o apresorios en la superficie del hospedador que le permiten penetrar al interior del patógeno. (c) La

antibiosis, un mecanismo que se da a través de la producción de pequeñas moléculas tóxicas volátiles o no, produciendo un efecto adverso sobre el desarrollo del patógeno. (d) Promoción del crecimiento vegetal, el cual se manifiesta desde las primeras fases de la plántula, y que le confiere mayores ventajas a la hora del trasplante. También, se asocia a las raíces de la planta proporcionándole un mayor vigor y crecimiento [7] y a la resistencia sistémica inducida contra patógenos en plantas, ya que aplicadas a la rizósfera, producen protección contra patógenos del suelo o foliares [8].

De esta forma, la aplicación de *Trichoderma* en el cultivo de pimentón podría ser una herramienta no solo para el control de hongos fitopatógenos en el cultivo, sino como tratamiento integral para aumentar los rendimientos. Este trabajo propone a los productores de pimentón, un tratamiento con base en *Trichoderma* spp. que les permita controlar al hongo fitopatógeno y aumentar sus rendimientos.

## 2. Materiales y Métodos

### 2.1. Material biológico

Se utilizaron tres aislados de *Trichoderma* spp, *T. harzianum* (TV72), *T. asperellum* (TV190) y *T. reesei* (TV219) identificadas molecularmente [9] y preservadas en el Centro de Biotecnología Aplicada, Departamento de Biología, FACYT-UC, Venezuela. También se utilizó un aislado de *Sclerotium* sp obtenido a partir de plantas de pimentón enfermas del Fundo La Pardillera, Municipio Cocorote, Estado Yaracuy, Venezuela. Todos los aislados son mantenidos en el laboratorio por subcultivo alternado en medio agar papa dextrosa (PDA) y suelo estéril. Finalmente, se utilizaron semillas de pimentón tipo California sin tratamiento químico, obtenidos a partir de frutos del mercado local.

### 2.2. Cultivos duales *Trichoderma-Sclerotium*

En placas de petri con medio PDA, se procedió a sembrar un esclerocio de *Sclerotium* sp en un extremo de la misma a 1,5 cm del borde y un disco con micelio y esporas de cada cepa *Trichoderma* spp por separado en el lado opuesto por quintuplicado. Se realizaron registros fotográficos de cada placa diariamente con una hoja de papel milimetrado como fondo para determinar las áreas de las colonias de cada hongo con el Programa *ImageTool for windows* v 3.0 (The University of Texas Health Science Center). Las mediciones se realizaron diariamente por una semana y se expresaron como el área de la colonia del patógeno (cm<sup>2</sup>).

### 2.3. Ensayos de vivero con *C. annuum*

En vasos plásticos de 250 mL de capacidad se procedió a sembrar semillas de *C. annuum* en tierra abonada estéril. Previamente a la siembra, las semillas fueron sumergidas por dos horas en una suspensión de cada cepa de *Trichoderma* spp. (10<sup>7</sup> esporas/mL) por separado. Posteriormente, se secaron al aire y se procedió a la siembra de las mismas. Una vez emergidas las plantas se realizaron reinoculaciones semanales de *Trichoderma* spp, aplicando 10 mL de una suspensión del hongo (10<sup>6</sup> esporas/mL) en la base de la planta. Los grupos de plantas así sembradas fueron usadas en los ensayos de vivero de biocontrol, resistencia, crecimiento y tolerancia a la sequía.

### 2.4. Biocontrol de *Sclerotium* sp en condiciones de vivero

A plantas de *C. annuum* con crecimiento de 30-40 días después de la siembra (dds) se les colocó dos esclerocios de *Sclerotium* sp en la base del tallo, previamente

sumergidos en suspensiones de cada cepa de *Trichoderma* spp ( $10^6$  esporas/mL) por separado. Se utilizaron 30 plantas por tratamiento y un control sin la aplicación de *Trichoderma* spp., donde los esclerocios fueron sumergidos en agua destilada. Diariamente se determinó el número de plantas infectadas.

## 2.5. Efecto de *Trichoderma* spp sobre el crecimiento de plantas de *C. annuum*

A las plantas de *C. annuum* se les determinó semanalmente la altura de la planta y número de hojas, y al final del ensayo la biomasa seca tanto radical como aérea. Las raíces fueron separadas del material edáfico a través de lavados con agua corriente. Para la medida de biomasa seca, cada planta fue colocada en estufa (60°C) por separado hasta peso constante. Los resultados se expresaron como altura (cm), biomasa seca aérea y radical (mg).

## 2.6. Análisis estadísticos

Los datos fueron analizados a través de un análisis de varianza (ANOVA) y de comparación de medias (Prueba de Tukey), para corroborar la presencia de diferencias significativas entre los tratamientos. Los datos que no cumplieron con los supuestos del ANOVA se les aplicaron una prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis. Para ello se utilizó el programa Statistix v 7.0.

## 3. Resultados y Discusión

### 3.1. Cultivos duales *Trichoderma-Sclerotium*

El primer paso en la búsqueda de una cepa capaz de controlar a *Sclerotium* sp es el cultivo dual. Hay que destacar que un resultado de control positivo en esta prueba no es garantía de un control eficiente en campo, debido a que las condiciones ambientales no son las mismas. El desarrollo de ambos hongos sobre la placa establecerá una competencia por el espacio y recursos así como posibles efectos parasíticos y de antibiosis.

En la Tabla 1 se puede observar el crecimiento (área de la colonia) de *Sclerotium* sp en presencia de cepas de *Trichoderma* spp. En el control, el crecimiento de *Sclerotium* sp no está limitado por ningún factor más que los nutrientes del medio y el espacio disponible en la placa de petri. Antes de alcanzar los cuatro días de ensayo, las colonias de ambos hongos no han entrado en contacto, por lo que al analizar las áreas de las colonias de *Sclerotium* antes de alcanzar este tiempo, es posible verificar la acción de sustancias antagónicas volátiles o difusibles en el agar producidas por *Trichoderma* spp, si se observan disminuciones en el crecimiento del patógeno en comparación con el control sin *Trichoderma* spp.

A las 24 y 72 horas puede apreciarse que no se encontraron diferencias significativas para el área promedio de *Sclerotium* sp. Sin embargo, a partir de las 96 horas el crecimiento del patógeno se redujo en todos los tratamientos donde se confrontó con *Trichoderma* spp, siendo el área de la colonia en el control de 16,79 cm<sup>2</sup> y con TV72, TV190 y TV219 de 7,63; 7,47 y 9,05 cm<sup>2</sup>, respectivamente; con diferencias significativas entre estos y el control ( $p=0$ ). Una vez ocurrido el contacto entre las colonias, las disminuciones en el tamaño de *Sclerotium* sp, no pueden atribuirse en su totalidad a la producción de sustancias antagónicas volátiles o difundibles en el agar, debido a que otros parámetros físicos podrían estar involucrados.

Al final del ensayo (164 h) puede apreciarse que esta tendencia se mantiene, siendo las cepas TV72 y TV190, las que más inhibieron el crecimiento del patógeno. Para

corroborar relaciones micoparasíticas entre los aislados es necesario realizar determinaciones adicionales como actividades enzimáticas relacionadas con el micoparasitismo, observación de enrollamiento de hifas al microscopio, entre otras.

Área de la colonia de <i>Sclerotium</i> sp (cm <sup>2</sup> )						
Cepa	24h	72h	96h	120h*	144h*	164h*
Sc Control	0,13±0,04 <sup>a</sup>	0,19±0,01 <sup>a</sup>	16,37±0,92 <sup>a</sup>	55,66±2,2 <sup>a</sup>	86,52±1,01 <sup>a</sup>	86,63±0,93 <sup>a</sup>
Sc - TV72	0,29±0,14 <sup>a</sup>	0,65±0,2 <sup>a</sup>	7,63±1,78 <sup>c</sup>	12,45±0,86 <sup>c</sup>	12,22±1,77 <sup>c</sup>	10,38±1,46 <sup>c</sup>
Sc - TV190	0,17±0,03 <sup>a</sup>	0,7±0,13 <sup>a</sup>	7,47±1,05 <sup>c</sup>	15,20±1,66 <sup>c</sup>	12,76±0,77 <sup>c</sup>	8,91±1,4 <sup>c</sup>
Sc - TV219	0,3±0,29 <sup>a</sup>	0,84±0,22 <sup>a</sup>	9,05±1,71 <sup>b</sup>	31,87±7,83 <sup>b</sup>	27,03±5,82 <sup>b</sup>	46,97±10,31 <sup>b</sup>

Tabla 1. Crecimiento de *Sclerotium* sp en placas con medio PDA enfrentado o no con *Trichoderma* spp. Los datos presentados son el promedio de cinco repeticiones y el error estándar. Los tratamientos con la misma letra no presentan diferencias significativas entre sí.

(\*)Colonias del patógeno y *Trichoderma* en contacto.

Los mecanismos por los que las cepas del género *Trichoderma* spp desplazan al fitopatógeno no son excluyentes uno del otro sino que actúan sinérgicamente en el control de los patógenos [4]. Uno de los mecanismos más estudiados sobre el antagonismo de *Trichoderma* spp. es el micoparasitismo, durante el cual el antagonista se desarrolla a expensas del hongo patógeno [10]. Algunos autores señalan que tanto *T. harzianum* como *T. asperellum* presentan un sistema de producción de enzimas de tipo quitinolíticas (quitinasas y glucanasas), capaces de degradar los polisacáridos presentes en las paredes de los fitopatógenos logrando invadir sus tejidos y causando la estrangulación de sus estructuras reproductivas [11].

Los resultados de inhibición obtenidos concuerdan con lo reportado por Hoyos et al., [3], cuando lograron inhibir el crecimiento de los patógenos *Rhizoctonia solani* y *Sclerotium rolfsii* a los 7 y 8 días de tratamiento al realizar pruebas *in vitro* con 7 cepas de *T. asperellum* y 1 de *T. longibrachiatum*. Malhotra et al., [12] señala que el poder antagónico de *T. harzianum* frente al patógeno se produce poco después de ponerse en contacto con el antagonista, atribuyéndose esto al proceso de enrollado, seguido de una considerable producción de enzimas hidrolíticas (parámetros no determinados en este trabajo), que llevan a un proceso micoparasítico. Aunado a esto, Michele-Aceves et al., [13] indican que mientras mayor sea la concentración enzimática producida por los antagonistas mayor será el resultado inhibitorio de las cepas. Si se logra evidenciar un sinergismo positivo entre la actividad gluconolítica y quitinolíticas mayor será el poder de *Trichoderma* en degradar las paredes de los patógenos.

La forma en que *Trichoderma* probablemente inhibe el crecimiento radial, aun estando a distancia del patógeno, está mediada por diversos mecanismos, destacándose la producción de compuestos inhibitorios al medio o volátiles, tal como lo sugieren Duran et al., [14].

*T. asperellum* ha sido reportado como un excelente antagonista de muchos hongos patógenos, reportándose la producción de enzimas de tipo quitinolíticas, 1,3-glucanasas, 1,6-glucanasas, celulasas y proteasas [15]. Este hongo también puede inducir resistencia sistémica contra patógenos foliares y colonizar endofíticamente la epidermis y la corteza exterior de las radículas o de tallos y hojas [7], quienes demostraron el poder antagónico de *T. asperellum* frente a patógenos como *R. solani*

y *Botrytis cinerea*, logrando inhibir su crecimiento en un 70% y 100% en tan solo 72 horas.

A pesar que *Trichoderma reesei* no ha sido reportado como un hongo antagonista de fitopatógenos, sino más bien un gran productor de enzimas celulasas para la industria [16], nuestros ensayos mostraron que es capaz de inhibir el crecimiento de *Sclerotium* sp durante las primeras 96 horas, disminuyendo el desarrollo del patógeno. Sin embargo, esta capacidad de inhibición no fue tan marcada como en TV72 y TV190.

### 3.2. Efecto de *Trichoderma* spp. sobre el crecimiento de plantas de *C. annuum*

Diversos factores son los que influyen en el crecimiento y desarrollo de las plantas, siendo *Trichoderma* spp capaz de promoverlo [5], especialmente los relacionados al incremento en el crecimiento tanto del tipo foliar como radical y mejorando sus rasgos fisiológicos [17].

Los resultados del crecimiento de plantas de pimentón con presencia o no de *Trichoderma* spp, se muestran en las Figuras 1, 2 y 3. En la Figura 1, puede apreciarse los resultados referentes a la altura de la planta luego de 5 semanas de estudio, siendo los tratamientos con las tres cepas de *Trichoderma* spp, los que mejores resultados arrojaron en comparación con el control. Así, los valores de crecimiento de las plantas de *C. annuum* fueron de 3,43; 3,67; 3,23 y 2,23 para TV72, TV190, TV219 y el control, respectivamente; con diferencias significativas entre TV72 y TV190 con el control ( $P=0,0066$ ).

En la Figura 2, se muestran los resultados obtenidos de biomasa seca radical de *C. annuum*, cuando es crecida en presencia o no de *Trichoderma* spp, evidenciándose el efecto positivo del antagonista sobre las plantas, siendo la cepa con mayor efecto la TV190 con 14,66 mg; seguida de TV72 con 10,5 mg; TV219 con 9,85 mg y el control con 7 mg, existiendo diferencias significativas entre los tratamientos ( $p=0$ ). En el caso de la biomasa aérea (Figura 3), aunque el mayor valor se encontró usando la cepa TV190 (17,5 mg) en comparación con el control (12,1 mg), no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos ( $p=0,25$ ).

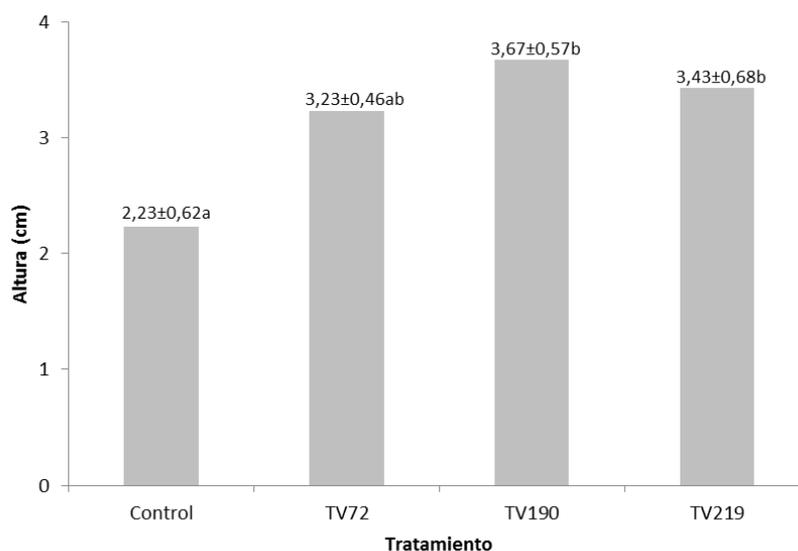


Figura 1. Efecto de *Trichoderma* spp sobre la altura de las plantas de *C. annuum*. Los tratamientos con la misma letra no son significativamente distintos entre sí. TV72: *T. harzianum*, TV190: *T. asperellum*, TV219: *T. reesei*.

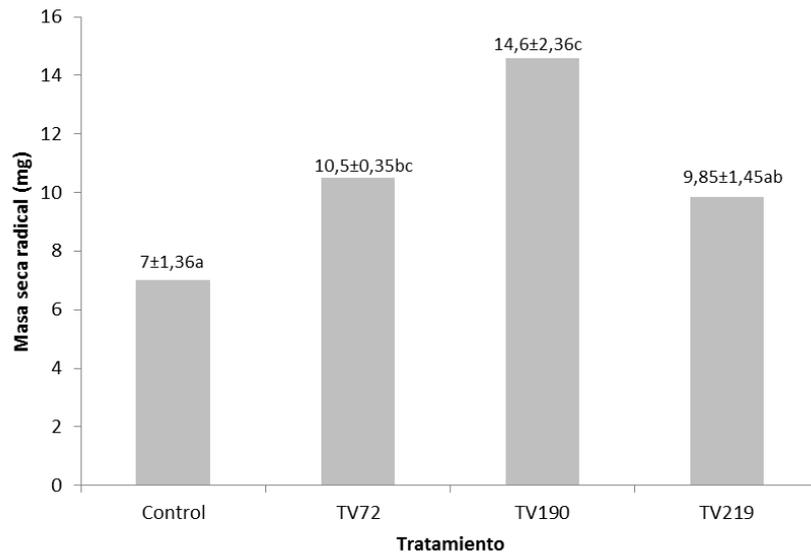


Figura 2. Efecto de *Trichoderma* spp en el peso de las raíces de las plantas de *C. annuum*. Los tratamientos con la misma letra no son significativamente distintos entre sí.  
TV72: *T. harzianum*, TV190: *T. asperellum*, TV219: *T. reesei*.

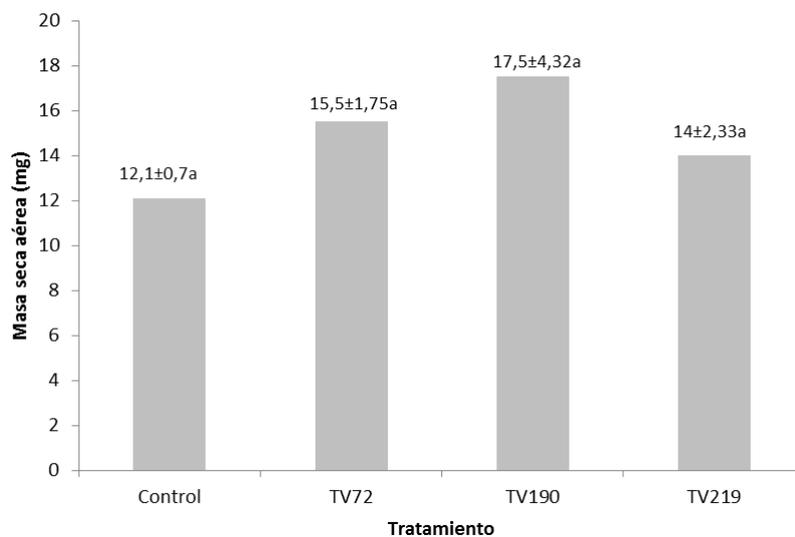


Figura 3. Efecto de *Trichoderma* spp en el peso de las hojas y tallos de las plantas de *C. annuum*. Los tratamientos con la misma letra no son significativamente distintos entre sí.  
TV72: *T. harzianum*, TV190: *T. asperellum*, TV219: *T. reesei*.

Se ha demostrado que la aplicación de *T. harzianum* con compost orgánico logra incrementar en gran medida la masa foliar y la altura de plantas de pino [18], además de generar un mayor desarrollo en la parte radical de las plantas. Esto indica que *T. harzianum* puede estar modulando la respuesta en esta especie a la presencia de compost, lo que podría ser explicado por un aumento del desarrollo radicular que permite a las plantas aprovechar la disponibilidad de nutrientes. Otros autores señalan que *T. harzianum* es capaz de producir sideróforos que pudieran coadyuvar en el incremento de la altura y biomasa de las plantas [19].

Infante *et al.*, [20] probaron 11 aislados de *T. asperellum* sobre *Curvularia*, *Bipolaris* y *Fusarium*, los cuales presentaron una eficacia superior al 80% afectando al menos dos

de los fitopatógenos, mientras que los aislamientos T.1 y T.90 mostraron más del 90% de eficacia sobre los tres fitopatógenos. Estos resultados evidencian, que la selección de la cepa es un elemento importante para el manejo de enfermedades. Algunos compuestos producidos por *T. asperellum* han sido utilizados en diversos tipos de plantas con la finalidad de observar su desarrollo y el efecto controlador de enfermedades radicales. En plantas de olivo tratadas con un producto conocido como Bioten® compuesto por una mezcla de *T. asperellum* y *T. gamsii*, lograron obtener plantas con un mayor desarrollo radical en cuanto a la robustez de las mismas, logrando así reducir la enfermedad causada por *Verticillium dahliae* en un 30% [21]. Los efectos de este antagonista pueden reflejarse en distintas etapas de los cultivos y en diversas plantas de la familia Solanaceas, logrando un incremento tanto en el desarrollo foliar como radical de las plantas en un 84,5% con respecto a las plantas control [22]. Este incremento foliar posiblemente es debido a que *T. asperellum* se concentra en la parte radical de la planta logrando que las raíces vigorosas tomen más eficientemente los nutrientes y su translocación a partes aéreas de la planta. Casanova et al., [23] demostraron que una cepa de *T. asperellum* (T34) actúa como promotor del crecimiento al ser aplicado en semillas de pimentón, logrando incrementar la biomasa de las plantas en un 90% y aplicado en semillas de tomate incrementó en un 60% el desarrollo de las plántulas.

En este trabajo, la mayor masa seca radical y foliar la presentaron las plantas tratadas con los antagonistas *T. harzianum* y *T. asperellum*, evidenciando de esta forma el poder que poseen los mismos en desarrollar el crecimiento de las plantas.

### 3.3. Biocontrol de *Sclerotium* sp en condiciones de vivero

La capacidad biocontroladora del género *Trichoderma* spp ha venido estudiándose ampliamente en diversos cultivos agrícolas, comprobando la variedad de adaptación y desarrollo que presentan en las variadas condiciones en las que se desenvuelven. Durante los experimentos de este trabajo, todas las cepas presentaron capacidad biocontroladora (Tabla 2), donde puede apreciarse que con la cepa TV72 (*T. harzianum*) no se observó ninguna planta infectada y con TV190 (*T. asperellum*) solo se observó una planta infectada. Para las plantas tratadas con la cepa TV219 pertenecientes a *T. reesei* también se obtuvo un efecto controlador de la enfermedad pero en menor proporción con solo 4 plantas infectadas.

Tratamiento	Nº de plantas infectadas	% de infección
Control	11	36
TV72	0	0
TV190	1	3,33
TV219	4	13,33

Tabla 2. Efecto de *Trichoderma* spp en el biocontrol de *Sclerotium* sp en plántulas de pimentón.

Hoyos et al., [22] obtuvieron resultados similares al controlar *Sclerotium rolfsii* con diversas cepas de *T. asperellum*, encontrando una disminución de la enfermedad causada por este patógeno en plantas de frijol desde un 47% hasta un 100% de inhibición. Así, las condiciones de desarrollo de las plantas conferidas por el sustrato pueden influir en el desarrollo tanto del patógeno como del antagonista. Guigon et al., [24] señalan que la capacidad biocontroladora de *Trichoderma* spp está ligada al tamaño del inóculo del patógeno y a la rapidez de desarrollo que este tenga, ya que logra colonizar con mayor rapidez los tejidos de la planta. Estos autores lograron

inhibir en 70% la enfermedad causada por *Phytophthora capsici* en plantas de pimiento en aquellas que la densidad del inóculo estaba por debajo de una concentración de  $1,2 \times 10^6$  esp/mL y en donde el tratamiento con *Trichoderma* spp fue aplicado desde la etapa de semilla de las plantas.

El desarrollo y la eficiencia de *Trichoderma* spp depende también en gran medida del tipo de sustrato y las condiciones en las que se desarrolla, mientras mayor sea la colonización de este en las zonas radicular de la planta mayor será el efecto de biocontrol a nivel de campo. Es por ello que Trillas *et al.*, [25], señalan que la eficiencia de *T. asperellum* se incrementa al ser aplicado junto con un sistema de composta en los cultivos, que cuando son evaluados a nivel de campo se encontró un 70 y 80% de efectividad del antagonista.

También es importante señalar que mientras mayor sea la aplicación de los antagonistas al medio, mayor será la capacidad de controlar la enfermedad. Durante nuestros ensayos se realizó la aplicación de las cepas de los antagonistas semanalmente durante 5 semanas, logrando garantizar el desarrollo de los mismos en el sustrato. Correa *et al.*, [26], señalan que lograron inhibir el desarrollo de *Sclerotium rolfsii* en plantas de soya entre 40% y 100%. De igual forma hay que tener presente el hecho de que la capacidad biocontroladora de los antagonistas del género *Trichoderma* spp puede variar con la cepa utilizada y con su adaptabilidad a las condiciones bióticas y abióticas, así como también presentar grados de selectividad contra diferentes hongos patógenos en cultivos agrícolas.

Un trabajo interesante realizado por Ros *et al.*, [27], evidenciaron que un compost fortificado con *T. asperellum* fue el más efectivo comparado con otras cepas de *Trichoderma*, contra *Phytophthora nicotianae* en plántulas de pimentón. El efecto del compost fortificado fue más alto que el del compost solo. Los autores sugieren que el efecto de biocontrol debería ser atribuido a las cepas de *Trichoderma* más a que la microbiota del compost, aunque algunos microorganismos pudieran ayudar en el efecto de biocontrol.

#### 4. Conclusiones y Recomendaciones

Las cepas utilizadas durante los ensayos lograron suprimir el desarrollo del patógeno *Sclerotium sp in vitro* y en plántulas de pimentón en condiciones de vivero. Las cepas *T. asperellum* y *harzianum* fueron los mejores tratamientos para lograr el biocontrol de *Sclerotium sp*, inhibiendo la enfermedad hasta en un 100%. *T. asperellum* además de ser un buen antagonista, también logró promover los mayores incrementos en el crecimiento de las plántulas. A pesar de que *T. reesei* no ha sido reportado como un biocontrolador efectivo, sino como productor de enzimas celulasas, los hallazgos sugieren que si posee alguna capacidad de suprimir a *Sclerotium sp*. El estudio de un mayor número de cepas así como ensayos de campo determinando rendimientos, son necesarios para conocer la factibilidad del uso de *Trichoderma* spp como una herramienta dentro de los programas de manejo integrado de plagas y enfermedades.

#### 5. Referencias

- [1] Parisi M., Alioto D., Tripodi P. Overview of biotic stresses in pepper (*Capsicum* spp.): Sources of genetic resistance, molecular breeding and genomics. International Journal of Molecular Science 2020; 21(7): 2587. <https://doi.org/10.3390/ijms21072587>.
- [2] Reyes R., Martínez B., Rivero G., Montejó G. Actividad in vivo de *Trichoderma harzianum* sobre *Sclerotium rolfsii* en plántulas de tomate. Manejo Integrado de Plagas y Agroecología 2002; 66: 45-48.

- [3] Hoyos L., Chaparro P., Abramsky M., Chet L., Orduz S. Evaluación de aislamientos de *Trichoderma* spp. contra *Rhizoctonia solani* y *Sclerotium rolfsii* bajo condiciones *in vitro* y de invernadero. *Agronomía Colombiana* 2008; 26 (3): 451-458. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/agrocol/article/view/11477/12123>.
- [4] Harman G. Myths and dogmas of Biocontrol, Changes in perceptions derived from research on *Trichoderma harzianum* T-22. *Plant Disease* 2000; 84(4): 377-393. <https://doi.org/10.1094/PDIS.2000.84.4.377>.
- [5] Capuz R. Control biológico de *Trichoderma asperellum* sobre *Sclerotium rolfsii* en condiciones de invernadero. *Revista online de la Universidad de Guayaquil* 2010; 109: 36. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0185-33092009000100003&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-33092009000100003&lng=es&tlng=es).
- [6] Benítez T., Rincón A., Limón M., Codón A. Biocontrol mechanisms of *Trichoderma* strains. *International Microbiology* 2004; 7: 249-260. [http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1139-67092004000400003&lng=es](http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1139-67092004000400003&lng=es).
- [7] López-Bucio J., Pelagio-Flores R., Herrera-Estrella A. *Trichoderma* as biostimulant: exploiting the multilevel properties of a plant beneficial fungus. *Scientia Horticulturae* 2015; 19630: 109-123. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.08.043>.
- [8] Nawrocka J., Małolepsza U. Diversity in plant systemic resistance induced by *Trichoderma*. *Biological Control* 2013; 67(2): 149-156. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2013.07.005>.
- [9] Pavone D., Dorta B. Diversidad del hongo *Trichoderma* spp. en plantaciones de maíz de Venezuela. *Interciencia* 2015; 40(1): 23-31. [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1315-25562015000100008&lng=es](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1315-25562015000100008&lng=es).
- [10] Carsolio C., Benhamou N., Haran S., Cortes C., Gutierrez A., Chet I., Herrera E. Role of *Trichoderma harzianum* endochitinase gene, ech42, in mycoparasitism. *Applied and Environmental Microbiology* 1999; 65: 929-935. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC91125/>.
- [11] Mendoza-Mendoza A., Zaid R., Lawry R., Hermosa R., Monte E., Horwitz B., Mukherjee P. Molecular dialogues between *Trichoderma* and roots: Role of the fungal secretome. *Fungal Biology Reviews* 2018; 32 (2): 62-85. <https://doi.org/10.1016/j.fbr.2017.12.001>.
- [12] Malhotra A., Agarwal T., Trivedi P. *In vitro* efficacy of various fungal and bacterial antagonists against *Rhizoctonia solani*, causal agent of damping off disease in *Capsicum annuum* L. *International Journal of Pharma and Bio Sciences* 2011; 2(3): 288-292.
- [13] Michel-Aceves A.; Otero-Sánchez M., Rebolledo-Domínguez O., Lezama-Gutiérrez R., Ochoa-Moreno M. Producción y efecto antagónico de quitinasas y glucanasas por *Trichoderma* spp, en la inhibición de *Fusarium subglutinans* y *Fusarium oxysporum in vitro*. *Revista Chapingo Serie Horticultura [Internet]*. 2005; 11(2):273-278. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=60911213>.

- [14] Durán E., Robles F., Martínez J., Brito M. *Trichoderma* sp un hongo combatiente de patógenos. Revista Técnico Ambiental Teorema Ambiental 2003; 42: 23-26.
- [15] Marcello C., Steindorff A., Silva S., Silva R., Mendes B., Ulhoa C. Expression analysis of the exo-b-1,3-glucanase from the mycoparasitic fungus *Trichoderma asperellum*. Microbiological Research 2010; 165: 75-81. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2008.08.002>.
- [16] Kumar Gupta V., Stecca Steindorff A., Graciano de Paula R., Silva-Rocha R., Mach-Aigner A., Mach R., Silva R. The post-genomic era of *Trichoderma reesei*: What's next? Trends in Biotechnology 2016; 34(12) 970-982. <https://doi.org/10.1016/j.tibtech.2016.06.003>.
- [17] Vinale F., Sivasithamparam K., Ghisalberti E., Ruocco M., Wood S., Lorito M. *Trichoderma* secondary metabolites that affect plant metabolism. Nat Prod Commun. 2012; 7(11): 1545-50. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23285827/>.
- [18] Donoso E., Lobos G., Rojas N. Efecto de *Trichoderma harzianum* y compost sobre el crecimiento de plántulas de *Pinus radiata* en vivero. Bosque 2008; 29(1): 52-57. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-92002008000100006>.
- [19] Altomare C., Norvell W., Bjokman J., Harman G. Solubilization of phosphates and micronutrients by the plant-growth promoting and biocontrol fungus *Trichoderma harzianum* Rifai. Applied Environmental Microbiology 1999; 65: 2926-2933. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10388685/>.
- [20] Infante D., González N., Reyes Y., Martínez B. Evaluación de la efectividad de doce cepas de *Trichoderma asperellum* Samuels sobre tres fitopatógenos en condiciones de campo. Revista Protección Vegetal 2011; 26(3): 194-197.
- [21] Jiménez R., Trapero J., Boned J., Landa B., Navas J. Uso de Bioten para la protección biológica de plantones de olivo contra la verticilosis causada por el patotipo defoliante de *Verticillium dahliae*. Boletín de Sanidad Vegetal Plagas 2009; 35:595-615.
- [22] Hoyos L., Jaramillo S., Orduz S.. Evaluación de *Trichoderma asperellum* como biorregulador de *Spongospora subterranea* f. sp. subterránea. Revista Facultad de Agronomía Medellín 2008; 61(2): 4496-4502. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/refame/article/view/39913>.
- [23] Casanova E., Sánchez P., Segarra G., Borrero C., Aviles Trillas M. Beneficios del uso en la agricultura de agentes de control biológico *Trichoderma asperellum* cepa T34. Departamento de Biología Vegetal. Universidad de Barcelona. 2005; 14-20. Disponible en [https://www.academia.edu/28119834/BENEFICIOS\\_DEL\\_USO\\_EN\\_LA\\_AGRICULTURA\\_DE\\_AGENTES\\_DE\\_CONTROL\\_BIOL%C3%93GICO.\\_Trichoderma\\_asperellum\\_cepas\\_T34](https://www.academia.edu/28119834/BENEFICIOS_DEL_USO_EN_LA_AGRICULTURA_DE_AGENTES_DE_CONTROL_BIOL%C3%93GICO._Trichoderma_asperellum_cepas_T34). Accesado 18 de mayo de 2020.
- [24] Guigon C., & González P. Selección de cepas nativas de *Trichoderma* spp. con actividad antagonista sobre *Phytophthora capsici leonina* y promotoras de crecimiento en el cultivo de chile (*Capsicum annum* L.). Revista Mexicana de Fitopatología 2004; 22(1): 117-124. <https://www.redalyc.org/pdf/612/61222115.pdf>.
- [25] Trillas I., Casanova E., Cotxarrera L., Ordovas J., Borrero C., Avilés M. Composts from agricultural waste and the *Trichoderma asperellum* strain T-34 suppress

*Rhizoctonia solani* in cucumber seedlings. *Biological Control* 2006; 39:32-38. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2006.05.007>.

[26] Correa S., Mello M., Avila Z., Minare B., Padua R., Gomes D. Cepas de *Trichoderma* spp. para el control biológico de *Sclerotium rolfsii* sacc. *Fitosanidad* 2007; 11(1): 3-9. <https://www.redalyc.org/pdf/2091/209116144001.pdf>.

[27] Ros M., Raut I., Santísima-Trinidad A., Pascual J. Relationship of microbial communities and suppressiveness of *Trichoderma* fortified composts for pepper seedlings infected by *Phytophthora nicotianae*. *PLoS ONE* 2017; 12(3): e0174069. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0174069>.

## **Autores**

Elisa Peña-Tovar, Domenico Pavone-Maniscalco\*.

Centro de Biotecnología Aplicada. Departamento de Biología. Facultad de Ciencias y Tecnología. Universidad de Carabobo. Campus de Bárbula. Naguanagua. Código postal 2005. Carabobo, Venezuela.

\*Autor de correspondencia: [dfpavone@yahoo.it](mailto:dfpavone@yahoo.it)