



Esta obra está bajo una **Licencia Creative Commons**  
**Atribución/reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 internacional**

Acción antagónica de tres cepas de *Trichoderma harzianum* y su efecto como bioestimulante sobre plantas de tomate

Lucía Moreno, Gerardo Barone, Marina Stocco, Cecilia Mónaco.  
Investigación Joven, (12), Ciencias Naturales, 2025  
DOI: <https://doi.org/10.24215/23143991e005>  
ISSN 2314-3991 | <https://revistas.unlp.edu.ar/InvJov/index>  
Universidad Nacional de La Plata, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales  
La Plata, Buenos Aires, Argentina

## **ACCIÓN ANTAGÓNICA DE TRES CEPAS DE *TRICHODERMA HARZIANUM* Y SU EFECTO COMO BIOESTIMULANTE SOBRE PLANTAS DE TOMATE**

### **ANTAGONISTIC ACTION OF THREE STRAINS OF *TRICHODERMA HARZIANUM* AND ITS EFFECT AS A BIOSTIMULANT ON TOMATO PLANTS**

**Lucía Moreno**<sup>13</sup>

lumoreno667@gmail.com  
<https://orcid.org/0009-0005-6408-6426>

**Gerardo Barone**<sup>13</sup>

gerardobarone06@gmail.com  
<https://orcid.org/0009-0006-0503-1043>

**Marina Stocco**<sup>12</sup>

marinacstocco@gmail.com  
<https://orcid.org/0009-0004-6764-8976>

**Cecilia Mónaco**<sup>12</sup>

cecilia.monaco7@gmail.com  
<https://orcid.org/0000-0003-3190-9260>

- 1 | Universidad Nacional de La Plata (Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales), Argentina
- 2 | Centro de Investigaciones de Fitopatología (CIDEFI)
- 3 | Carrera de Ingeniería Agronómica

**Recibido: 16/12/2024 - Aceptado: 14/03/2025**

## RESUMEN

Las especies del género *Trichoderma* son destacados antagonistas de los patógenos de las plantas. El objetivo de esta investigación fue estudiar el efecto de tres cepas de *Trichoderma harzianum* (Th118, Th5cc y Thr2) como bioestimulante en plantas de tomate y su acción como antagonistas frente a tres hongos fitopatógenos de este cultivo. Para ello, se realizaron ensayos *in vitro* y en el invernáculo. Para los cultivos duales y los ensayos en planta se utilizaron 3 cepas de *Trichoderma harzianum* pertenecientes al banco de cepas fúngicas del Centro de Investigaciones de Fitopatología. Las cepas de *T. harzianum* se enfrentaron a tres hongos fitopatógenos, *Botrytis cinerea*, *Sclerotinia sclerotiorum* y *Alternaria* sp. a fin de evaluar su acción biocontroladora. Para los ensayos en invernáculo, los antagonistas se incorporaron como suspensión de esporas a la bandeja de siembra, para evaluar su efecto bioestimulante en las plantas. En los resultados de los cultivos duales, el comportamiento de las cepas de *T. harzianum* varían según a que patógeno se enfrentan. Con respecto al peso seco y fresco de las plantas, si bien no hubo diferencias estadísticamente significativas, las cepas Th5cc y Thr2 fueron las que arrojaron los mayores valores. Con respecto al índice de verdor, la cepa Th118 fue la que provocó el mayor valor en las plantas. Es necesario repetir estos ensayos y corroborar el efecto positivo de *T. harzianum* sobre las plantas de tomate.

**PALABRAS CLAVE:** control biológico, *Lycopersicon esculentum*, competencia.

## ABSTRACT

Species of the *Trichoderma* genus behave as very good antagonists of plant pathogens. The objective of this research was to study the effect of three strains of *Trichoderma harzianum* (Th118, Th5cc and Thr2) as a biostimulant in tomato plants and their action as antagonists against three phytopathogenic fungi of this crop. For this, *in vitro* and greenhouse tests were carried out. For dual cultures and in-plant trials, *Trichoderma harzianum* strains belonging to the fungal strain bank of Centro de Investigaciones de Fitopatología were used. The strains of *Trichoderma harzianum* were confronted with three phytopathogenic fungi, *Botrytis cinerea*, *Sclerotinia sclerotiorum* and *Alternaria* sp. in order to evaluate its biocontrol action. For the greenhouse trials, the antagonists were incorporated as a spore suspension into the seedlings, for to evaluate the biostimulant effect on the plants. In dual cultures, both after 24 and 96 hours of incubation, the behavior of the *T. harzianum* strains varies depending on which pathogen they confront. Regarding the dry and fresh weight of the plants, although there were no statistically significant differences, the Th5cc and Thr2 strains were the ones that showed the highest values. Regarding the greenness index, the Th118 strain was the one that caused the highest value in the plants. It is necessary to repeat these tests and corroborate the positive effect of *T. harzianum* on tomato plants.

**KEYWORDS:** biological control, *Lycopersicon esculentum*, competence.

La agricultura es una de las actividades más importantes a nivel mundial y nacional, por su rol en la producción de alimentos y su influencia en las economías de los países. Esta actividad fue evolucionando y transformándose a lo largo de los años un momento clave fue la revolución verde, iniciada en la década de 1940. En ella se desarrollaron técnicas que permitieron incorporar en los sistemas productivos nuevos recursos tecnológicos como las semillas híbridas, el mejoramiento de los sistemas de riego, la incorporación de maquinaria pesada y el uso masivo de agroquímicos sintéticos como fertilizantes, herbicidas, fungicidas, entre otros productos fitosanitarios (Mamani de Marchese y Filippone, 2018). Esto permitió aumentar la producción, pero también trajo aparejados problemas asociados al aumento del uso de agroquímicos de origen sintético. La aplicación indiscriminada y en dosis y condiciones inadecuadas, trajo aparejados problemas como la reducción de la biodiversidad por la falta de especificidad, los aumentos de los costos de producción, la resistencia de malezas, insectos y patógenos por la presión de selección ejercida, la contaminación del medio ambiente y el efecto negativo sobre la salud humana (Mamani de Marchese y Filippone, 2018). Para superar estas estrategias de control tan peligrosas, se han desarrollado métodos alternativos que sean, por definición, seguros para el medio ambiente, no tóxicos para los seres humanos y los animales y que sean rápidamente biodegradables, de esta forma surgen los bioinsumos. Los mismos se definen según el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca (MAGyP) de la Nación como productos constituidos por microorganismos (hongos, bacterias, protozoos, virus), macroorganismos (ácaros, artrópodos, nemátodos), extractos de plantas y compuestos derivados de origen biológico o natural, destinados a aplicarse como insumos en la producción agropecuaria, agroalimentaria, agroindustrial, agroenergética e incluso en el saneamiento ambiental. Los bioestimulantes son cualquier sustancia de origen biológico o microorganismo que se aplica a las plantas con el objetivo de mejorar la eficiencia nutricional, la tolerancia al estrés abiótico y/o los rasgos de calidad del cultivo, independientemente de su contenido de nutrientes (Contreras-Cornejo et al., 2016).

Se estima que alrededor del 60% de los biofungicidas disponibles para su comercialización contienen cepas de *Trichoderma* sp. (Sood et al., 2020). *Trichoderma* spp. son los agentes de biocontrol más prometedores y efectivos. Poseen diferentes mecanismos de acción frente a los patógenos, uno de ellos es la competencia por nutrientes y espacio, al modificar las condiciones ambientales que suprimen las actividades de los fitopatógenos. Existen numerosos estudios, en Argentina donde se han reportado resultados muy promisorios utilizando como biocontroladores especies de *Trichoderma* sobre *Botrytis*, *Alternaria* y *Sclerotinia* en diferentes cultivos (Ajith y lakshmidev, 2010; Bettioli et al., 2014; Mustapha et al., 2021).

Asimismo, los bioestimulantes promocionan el crecimiento y desarrollo vegetal sin utilizar productos provenientes de recursos no renovables para su producción, por lo tanto, tienen el beneficio de no dejar trazas de residuos tóxicos en el ambiente o en los alimentos. En este sentido, las especies del género *Trichoderma* actúan como bioestimulantes de las plantas, porque tienen propiedades PGP (plant growth promoting), o sea promueven el crecimiento vegetal. Algunas cepas de *Trichoderma* sp. secretan sideróforos, compuestos que favorecen la absorción de hierro, otros fijan nitrógeno atmosférico y lo hacen disponible para las plantas, las hay que solubilizan fósforo y potasio, también contribuyen con compuestos orgánicos volátiles y hormonas

tales como ácido indolacético, citoquininas, auxinas y giberelinas (Contreras-Cornejo et al., 2009; Alkooranee et al., 2017; Debnath et al., 2020; Mustapha et al., 2021).

Por lo expuesto, el objetivo de esta investigación fue estudiar el efecto de tres cepas de *Trichoderma harzianum* (Th118, Th5cc y Thr2) como bioestimulante en plantas de tomate y su acción como antagonistas frente a tres hongos fitopatógenos de este cultivo, *Alternaria* sp., *Botrytis cinerea* y *Sclerotinia sclerotiorum*.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Cepas de *Trichoderma*

Para los cultivos duales y los ensayos en planta se utilizaron cepas de *Trichoderma harzianum* pertenecientes al banco de cepas fúngicas del Cepario del Centro de Investigaciones de Fitopatología, Facultad de Ciencias Agrarias y forestales, UNLP. Las 3 cepas de *T. harzianum* que se estudiaron fueron Th5cc, Th118 y Thr2.

### Ensayos *in vitro*

Para los cultivos duales se utilizaron tres hongos fitopatógenos de gran importancia para el cultivo del tomate: *Botrytis cinerea*, *Sclerotinia sclerotiorum* y *Alternaria* sp.

Los cultivos duales consistieron en sembrar en una misma caja de Petri la cepa de *T. harzianum* y el patógeno (técnica de enfrentamiento) para evaluar la acción que el antagonista ejerce sobre los mismos. Para ello se utilizaron cultivos de los hongos de 6 días de edad. Se extrajo con sacabocado una muestra de cada cultivo, de aproximadamente 8 mm de diámetro para que todas tengan el mismo tamaño y no haya ventajas al iniciar el crecimiento. Luego, con ayuda de un ansa, se sembraron los cultivos sobre las marcas realizadas previamente en las cajas de Petri, a una distancia de 4 cm entre sí. Se utilizó APG al 2% con antibiótico como medio de cultivo.

De cada combinación patógeno - *Trichoderma* se realizaron tres repeticiones. Además, se realizaron 3 repeticiones de cada patógeno solo y de cada cepa de *Trichoderma* sola.

Los cultivos se incubaron en estufa a 25°C durante tres días aproximadamente. Cada 24 h, se midió el diámetro de crecimiento del patógeno y del antagonista a lo largo de la línea que une los dos puntos de siembra, de manera horizontal y vertical. Este procedimiento se repitió para cada tratamiento. Con los datos obtenidos se calculó el índice de inhibición del crecimiento radial (Ic) que se relaciona con la capacidad antagonista de *T. harzianum* sobre los patógenos. El Ic se calculó con la siguiente fórmula:

$$Ic: \frac{Dtp \text{ (mm)} - Dp \text{ (mm)}}{Dtp \text{ (mm)}} \times 100$$

Ic: Índice de inhibición

Dp: Distancia recorrida por el hongo fitopatógeno en presencia del hongo antagonista

Dtp: Distancia recorrida por el hongo fitopatógeno en ausencia del hongo antagonista

Además, para cada tratamiento se realizó un análisis cualitativo clasificándolos en diferentes grados de antagonismo según la Escala de Bell (Bell et al., 1982) (Figura 1). Esta escala evalúa visualmente el antagonismo en función del porcentaje de inhibición del crecimiento micelial y el grado de invasión sobre la colonia de estos. Esta escala

determina cualitativa y cuantitativamente la capacidad antagónica que presenta *Trichoderma* sp. sobre los patógenos a los que se enfrentó, utilizando una clasificación que va del 1 al 5.

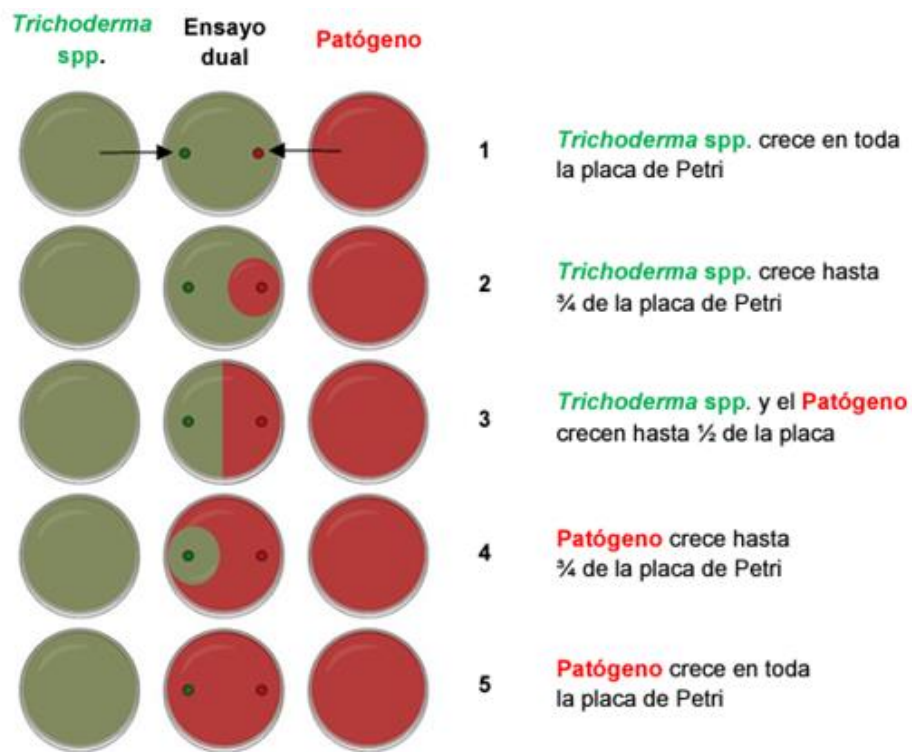


Figura 1: Representación gráfica de la escala de Bell. El esquema muestra los diferentes valores que se le asignan al antagonismo *in vitro* entre *Trichoderma* spp. y un patógeno (Iturralde, 2020).

### Ensayos en invernáculo

Para evaluar el efecto de las tres cepas de *T. harzianum* sobre el crecimiento en plantas de tomate, se sembraron las semillas de la var. Elpida, en una bandeja de siembra y se regaron con una suspensión de esporas de  $1 \times 10^7$  conidios/ml de cada una de las cepas. Se realizaron tres repeticiones de cada tratamiento. Para cada tratamiento se utilizaron 10 plantines. Para evitar la contaminación cruzada, para cada tratamiento se utilizó una bandeja de siembra diferente.

Se mantuvieron durante 20 días en un invernáculo. Una vez que las plantas llegaron al tamaño de trasplante, se evaluaron los siguientes parámetros de cada tratamiento, incluyendo los testigos:

- Índice de verdor. Se realizaron tres mediciones en cada planta con un medidor de clorofila, SPAD-502Plus. Estas mediciones se realizaron en los plantines de 3 hojas, después del mediodía, en la hoja basal y en las dos hojas siguientes.
- Peso fresco de parte aérea y raíz de las plantas. Esto fue realizado con una balanza, separando ambas partes.

- Peso seco de parte aérea y raíz. Las plantas fueron llevadas a estufa para que pierdan la humedad, hasta alcanzar peso constante. Luego se pesaron en balanza, cada parte por separado.

### Análisis estadístico

Los datos obtenidos de los cultivos duales y de los parámetros de crecimiento de las plantas fueron analizados mediante Análisis de la varianza (ANOVA), comparando las medias con prueba de LSD para un nivel de significancia del 5% ( $P < 0,05$ ). Con los datos que no cumplieron con los supuestos de normalidad, homocedasticidad y aleatoriedad, se aplicó estadística no paramétrica, utilizando la prueba de Kruskal-Wallis. Se utilizó el programa estadístico Infostat® (2020).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Ensayos *in vitro*

A las 24 h de incubación, no se observaron diferencias estadísticamente significativas en los cultivos duales de las cepas de *T. harzianum* y los fitopatógenos *S. sclerotiorum* y *Alternaria* sp. (Figuras 2, 3, y 4).

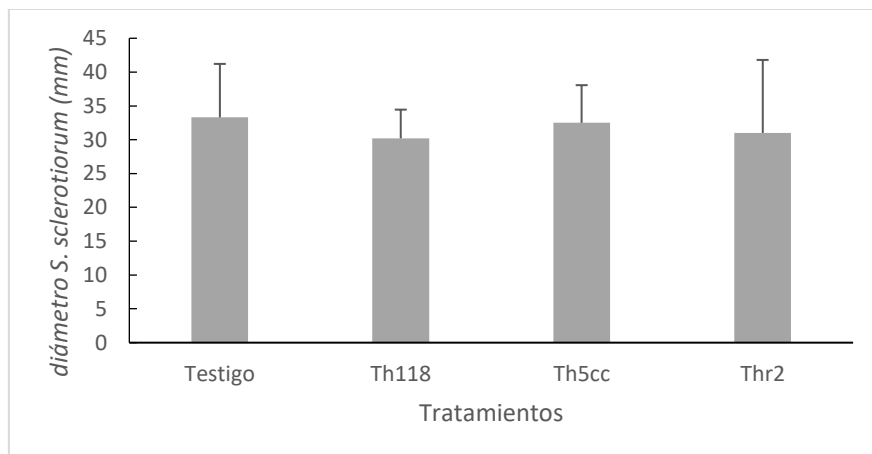


Figura 2: Diámetro (mm) de la colonia de *S. sclerotiorum* enfrentado a las tres cepas de *T. harzianum*, a las 24 h de incubación.

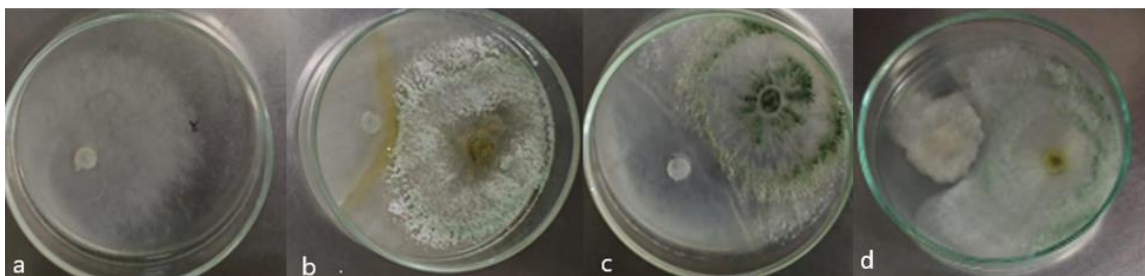


Figura 3: Cultivo dual de la cepa de *T. harzianum* y *S. sclerotiorum* a las 24 h de incubación. a) Testigo. b) Cultivo dual de *T. harzianum* (Th118) y *S. sclerotiorum*. c) Cultivo dual de *T. harzianum* (Thr2) y *S. sclerotiorum*. d) Cultivo dual de *T. harzianum* (Th5cc) y *S. sclerotiorum*.

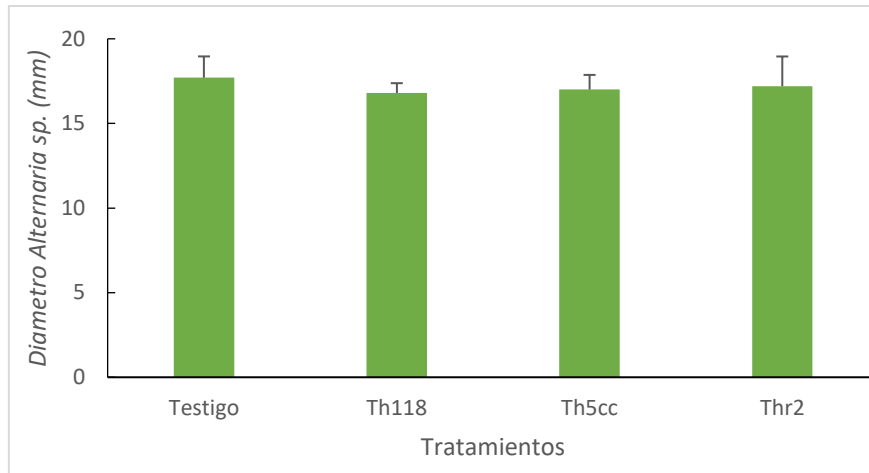


Figura 4. Diámetro (mm) de la colonia de *Alternaria* sp. enfrentada a las tres cepas de *T. harzianum* a las 24 h de incubación.

En la Figura 5, se puede observar en los cultivos duales, la interacción entre las cepas de *T. harzianum* y *Alternaria* sp.

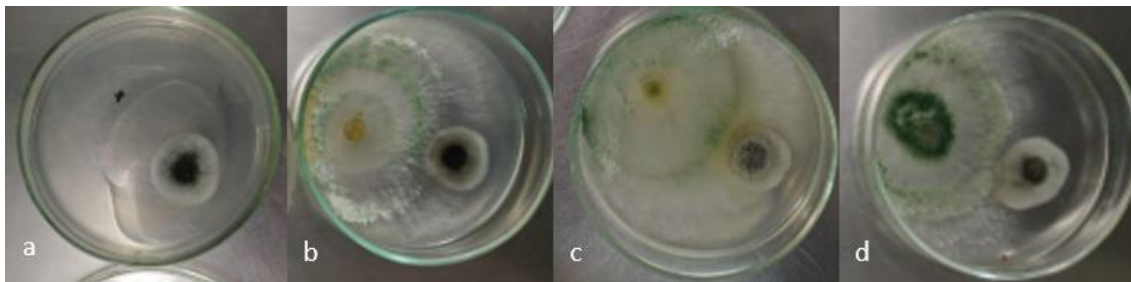


Figura 5. Cultivo dual de la cepa de *T. harzianum* y *Alternaria* sp. a las 24 h de incubación. a) Colonia de *Alternaria* sp. (testigo). b) Cultivo doble de *T. harzianum* (Th118) y *Alternaria* sp. c) Cultivo doble de *T. harzianum* (Thr2) y *Alternaria* sp. d) Cultivo doble de *T. harzianum* (Th5cc) y *Alternaria* sp.

Con respecto a *Botrytis cinerea*, se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos. En este sentido, la cepa Thr2, mostró los mayores valores de inhibición, mientras que las cepas Th118 y Th5cc no se diferenciaron del testigo (Figuras 6 y 7).

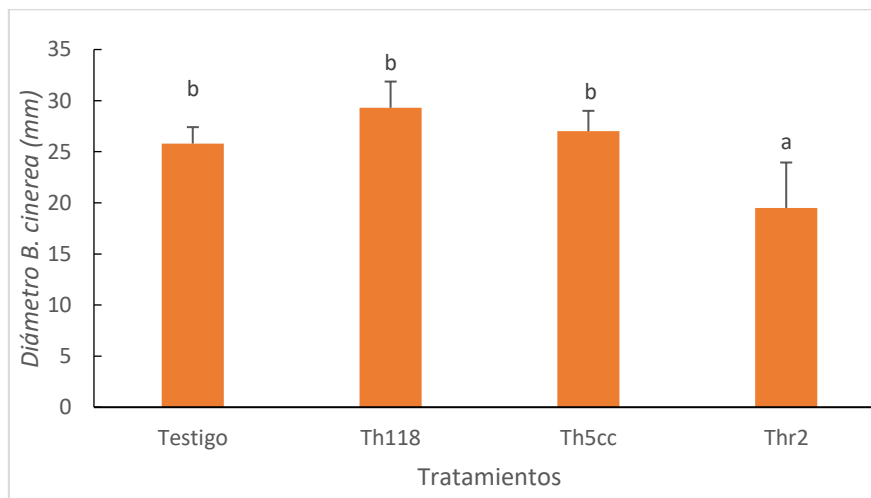


Figura 6: Diámetro (mm) de la colonia de *B. cinerea* enfrentada a las tres cepas de *T. harzianum* a las 24 h de incubación.

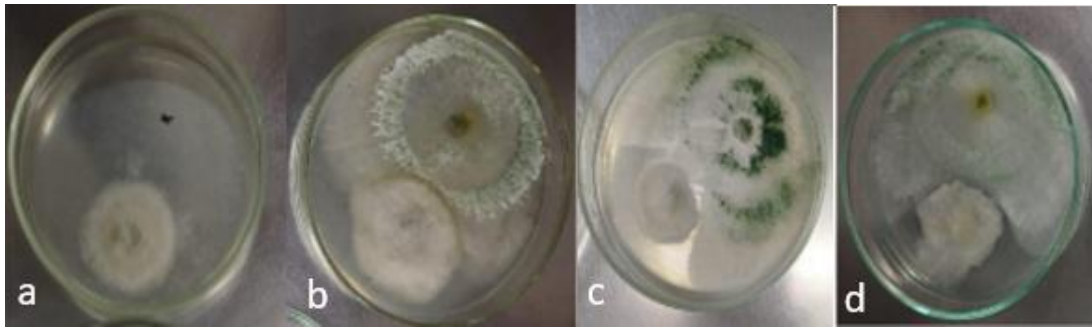


Figura 7. Cultivo dual de la cepa de *T. harzianum* y *Botrytis cinerea* a las 24 h de incubación. a) Colonia de *B. cinérea* (testigo). b) Cultivo doble de *T. harzianum* (Th118) y *B. cinerea*. c) Cultivo doble de *T. harzianum* (Thr2) y *B. cinerea*. d) Cultivo doble de *T. harzianum* (Th5cc) y *B. cinerea*.

A las 96 horas de incubación, se pudo observar que hubo diferencias estadísticamente significativas en el diámetro de las colonias de *B. cinerea* y *Alternaria* sp. enfrentadas a las cepas de *T. harzianum* (Figuras 8 y 9). Las cepas Th5cc y Th118 mostraron los menores valores de diámetro enfrentadas a *B. cinerea*. En referencia a *Alternaria* sp., la cepa que presentó los menores valores fue Thr2.

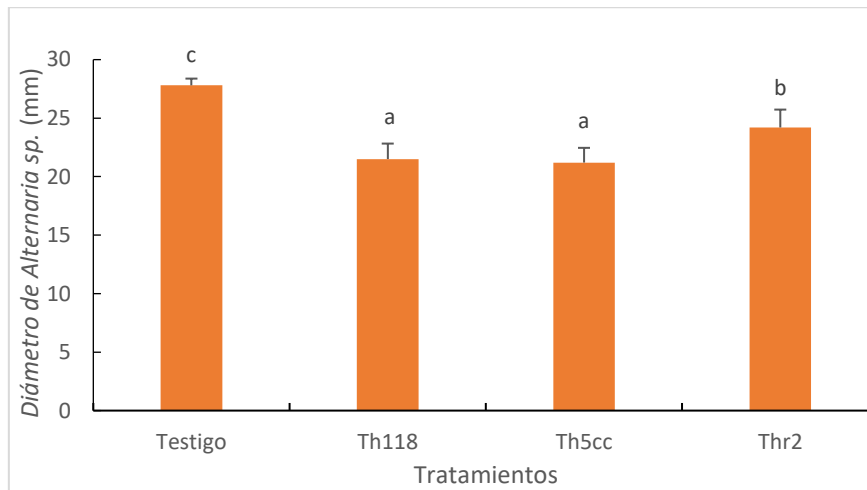


Figura 8: Diámetro (mm) de la colonia de *Alternaria* sp. enfrentada a las cepas de *T. harzianum* a las 96 h de incubación.

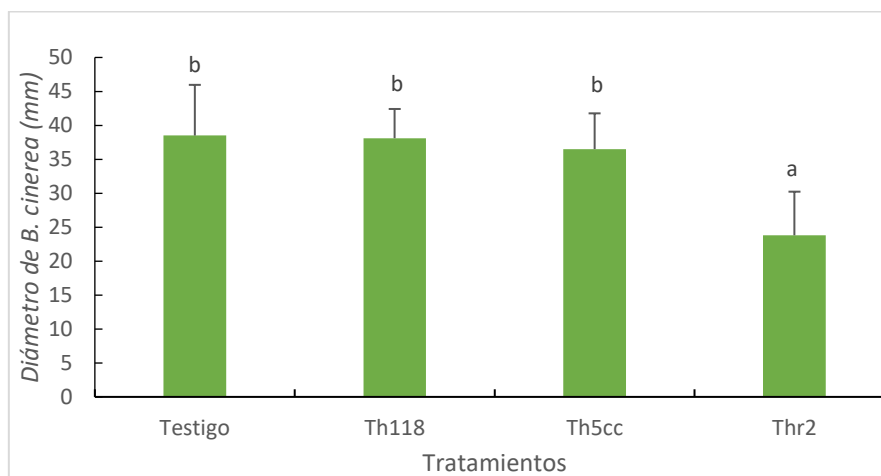


Figura 9: Diámetro (mm) de la colonia de *B. cinerea* enfrentada a las cepas de *T. harzianum*, a las 96 h de incubación.

Para los cultivos duales con *S. sclerotiorum* el ANOVA no cumplió con el supuesto de homocedasticidad por lo tanto se realizó un análisis no paramétrico con la prueba Kruskal-Wallis. El testigo, presentó un diámetro significativamente mayor respecto al resto de los tratamientos. Se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos al evaluarlos a través de esta prueba. Los resultados muestran diferencias significativas entre el diámetro de *S. sclerotiorum* enfrentada con la cepa Th118 con un menor diámetro respecto a las otras dos cepas (Thr2 y Th5cc) las cuales no presentaron diferencias entre sí, según la prueba no paramétrica realizada (Figura 10).

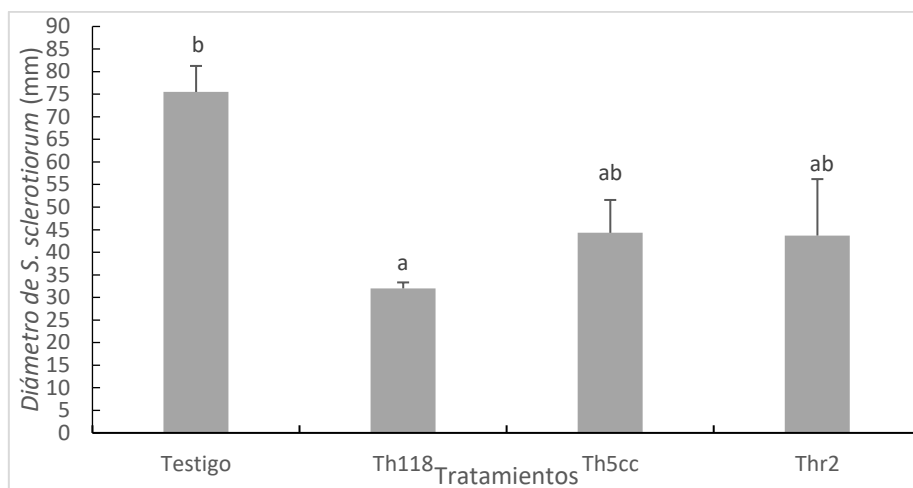


Figura 10: Diámetro (mm) de las colonias de *S. sclerotiorum* enfrentadas a las 3 cepas de *T. harzianum*, a las 96 h de incubación.

El porcentaje del índice de inhibición por competencia por el sustrato de los cultivos duales se calculó para los dos días de evaluación. Para cada tratamiento se realizó un promedio a fin de poder analizar comparativamente el comportamiento de cada combinación patógeno - cepa de *T. harzianum*. No se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los valores para ninguna de las combinaciones patógeno - *T. harzianum*. En la Tabla 1, se presentan los índices de inhibición expresados en porcentaje (%) para cada combinación patógeno-antagonista.

Tabla 1: Índice de inhibición (%) promedio para cada día de evaluación para cada combinación patógeno- cepa de *T. harzianum* (Th118, Th5cc y Thr2).

Tratamiento	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>		<i>Botrytis cinerea</i>		<i>Alternaria</i> sp.	
	24 h	96 h	24 h	96 h	24 h	96 h
Th118	8,10 a	57,9 a	-14,12 a	-0,64 a	4,3 a	22,7 a
Th5cc	0,72 a	41,1 a	-5,1 a	2,5 a	3,3 a	24 a
Thr2	9,66 a	42,3 a	24,2 a	36,4 a	2,7 a	13,1 a

Si bien para la primera evaluación, no hubo diferencias estadísticamente significativas, la cepa más efectiva para el control de *S. sclerotiorum*, fue Thr2 con casi un 10% de inhibición. Mientras que en la segunda medición la cepa Th118 inhibió más del 50% del crecimiento del patógeno.

En el caso de *B. cinerea*, las cepas Th118 y Th5cc presentaron valores negativos del índice de inhibición. Esto significa que el patógeno creció más en presencia del antagonista que en el testigo. Si bien esta situación se revirtió en la segunda medición para la cepa Th5cc, no es muy significativa la reducción del Índice de inhibición. En ambas instancias de medición, la cepa Thr2 superó ampliamente al resto, siendo la más efectiva.

Con respecto a *Alternaria* sp., se observaron valores de índice de inhibición similares para las cepas Th118 y Th5cc en ambas mediciones, cuyos valores son ampliamente superiores a la cepa Thr2.

Analizada la situación de todos los cultivos duales, y como se visualiza en las imágenes (Figuras 3, 5 y 7) a la mayoría de los tratamientos le correspondió un valor de 2 en la escala de Bell (Figura 1) lo que significa que en la mayoría de los casos *T. harzianum* creció un 75% del espacio disponible dentro de la caja de Petri y el patógeno que compitió con ella solo pudo ocupar un 25% del lugar.

En este sentido, y de acuerdo a Ajith y lakshmidev (2010) y Mustapha et al. (2021), la capacidad de los agentes de biocontrol (BCA) de crecer más rápidamente que los patógenos en busca de nutrientes y espacio, la producción de numerosas enzimas potentes que degradan las plantas, como las enzimas líticas y las enzimas proteolíticas, y la producción de más de 200 antibióticos que son extremadamente tóxicos para todos los macro y microorganismos, son solo algunos de los mecanismos de biocontrol por los cuales los BCA pueden inhibir el crecimiento de patógenos.

En líneas generales, utilizando *T. harzianum* como antagonistas de los diferentes patógenos se observaron inhibiciones de hasta el 50%. En este sentido, se observó una tendencia hacia una diferencia de crecimiento entre el 15 al 35% menos con respecto al crecimiento del patógeno solo. También se pudo observar que la cepa Thr2 presentó la mayor eficacia frente a *S. sclerotiorum* y *B. cinerea* y la cepa Th118 solo frente a *S. sclerotiorum*, siendo la cepa Th5cc la menos efectiva.

Por otra parte, la diferencia que hay entre la primera y la segunda medición, presentando porcentajes mucho más altos en la segunda, se atribuye a los mecanismos de acción que presenta *Trichoderma* sp. y que le otorga buen carácter como biocontrolador y bioestimulador. Con esto se hace referencia a la gran capacidad de competitividad gracias a su alta tasa de crecimiento, y a la producción de metabolitos secundarios limitando la disponibilidad de recursos para el patógeno. Esto coincide con estudios presentados por Infante et al. (2009), quienes observaron que, en la competencia por el sustrato, *Trichoderma* sp. frente a hongos fitopatógenos, a los tres días de incubación, inhibe hasta un 50% el crecimiento de la colonia de los patógenos después de confrontarlos. Si bien en nuestro estudio las diferencias estadísticas con las distintas cepas de *T. harzianum* no se lograron frente a todos los patógenos, el efecto de *T. harzianum* fue muy claro en las observaciones cualitativas, sobre todo en la segunda evaluación, demostrando diferencias relevantes de la capacidad antagonista de *T. harzianum* sobre diferentes patógenos de plantas. En este sentido, y de acuerdo con lo reportado por Zivanov et al. (2017), quienes observaron que especies de *Trichoderma* provocaron una disminución del 52% en cultivos duales frente a *Sclerotinia sclerotiorum*, la cepa de *T. harzianum* (Th118) enfrentada con este patógeno, provocó una disminución de hasta el 50% de su crecimiento. Además, y de acuerdo a Nagamani et al. (2017), esta inhibición del crecimiento micelial de los hongos fitopatógenos podría deberse a la liberación de metabolitos volátiles y no volátiles por parte de las cepas de *T. harzianum*.

## Ensayos en invernáculo

Con respecto al índice de verdor, los resultados de la ANOVA indican que los tratamientos no presentan diferencias significativas entre sí (Figura 11). Sin embargo, el tratamiento con la cepa Th118 presentó un mayor índice de verdor.

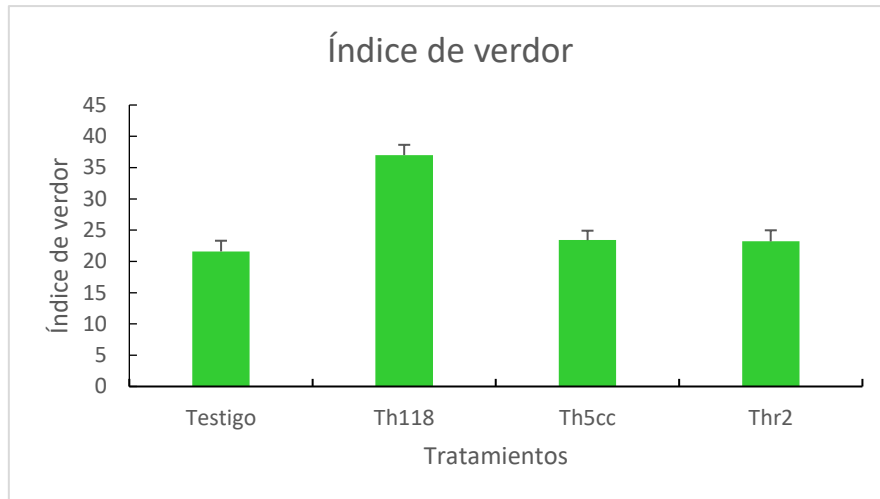


Figura 11: Índice de verdor de las plantas de tomate en los distintos tratamientos. No se observaron diferencias estadísticamente significativas ( $p \leq 0.05$ ).

En referencia al peso fresco de la raíz y de la parte aérea de las plantas, no se observaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos. Como se observa en la Figura 12, todos los tratamientos con las cepas de *T. harzianum* presentaron menores valores de peso fresco de la raíz que el testigo. Con respecto al peso fresco de la parte aérea de las plantas, si bien no hubo diferencias estadísticamente significativas ( $p \leq 0.05$ ), el tratamiento con la cepa Th5cc presentó el mayor valor de peso fresco. (Figura 12).

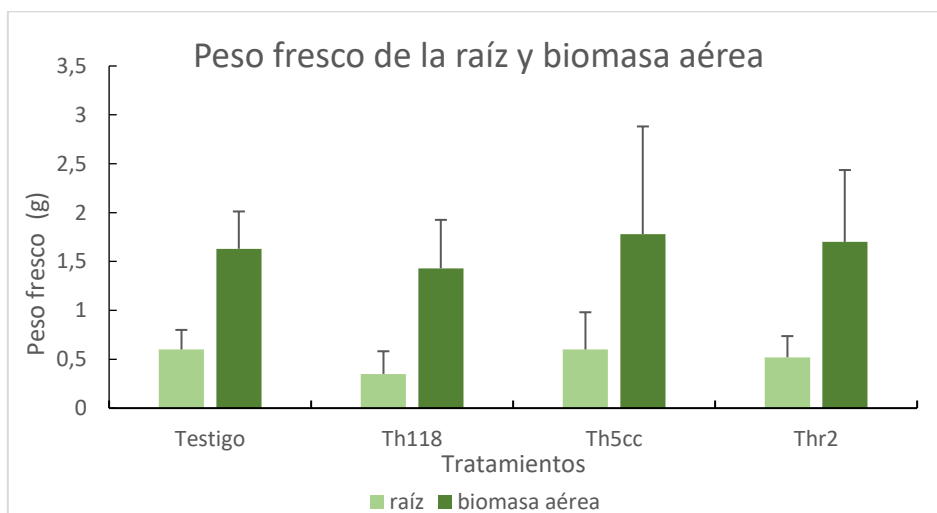


Figura 12: Peso fresco de la raíz y de la parte aérea de las plantas de tomate en los diferentes tratamientos. No se observan diferencias estadísticamente significativas ( $p \leq 0.05$ ).

Con respecto al peso seco de la raíz, se observaron diferencias estadísticamente significativas, donde el tratamiento con la cepa Th5cc presentó el mayor valor, pero no se diferenció estadísticamente del testigo. La cepa Th118 presentó el menor valor de

peso de raíz y no se diferenció estadísticamente de Thr2, pero sí de la cepa Th5cc (Figura 13). No se observaron diferencias estadísticamente significativas respecto al peso seco de la parte aérea de las plantas ( $p \leq 0.05$ ), tal como se observa en la Figura 13. Sin embargo, hay una tendencia que muestra que el mayor peso seco aéreo se obtuvo con las cepas Th5cc y Thr2.

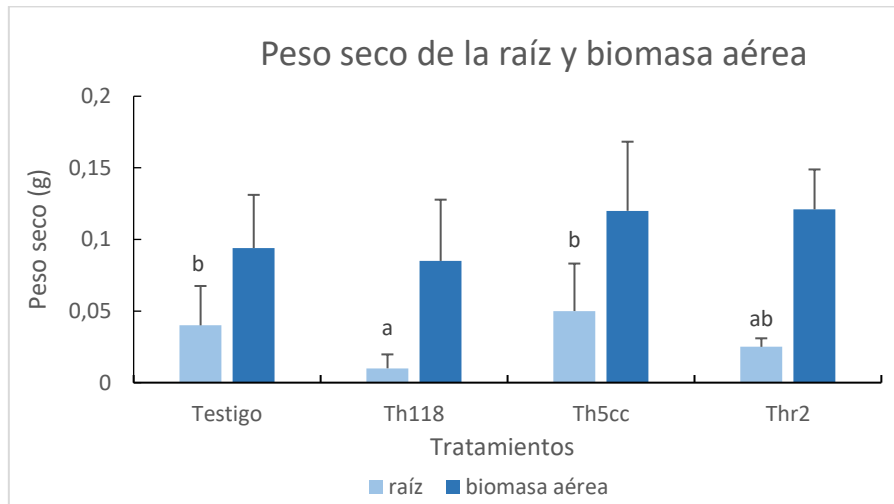


Figura 13: Peso seco de la raíz y de la parte aérea de las plantas en los distintos tratamientos. Columnas seguidas por la misma letra no difieren estadísticamente entre sí ( $p \leq 0.05$ ).

En cuanto a incrementos de biomasa, se observó que las plantas de tomate tratadas con la cepa Th5cc fueron las que más se destacaron en cuanto a las variables peso fresco y seco aéreo. Destacándose esta cepa en la variable peso seco de la raíz, donde presentó mayores valores diferenciándose estadísticamente del resto. Estos resultados coinciden parcialmente con los presentados por García y Rojas (2022), donde encontraron que las plantas de tomate que se inocularon con las diferentes cepas de *Trichoderma* mostraron un mayor crecimiento. En este sentido, Pokhrel et al. (2022) sostienen que tanto *T. virens* como *T. atroviride* generan ácido indol acético (IAA). El IAA es una hormona del grupo de las auxinas que se encuentra en las plantas y es esencial para el desarrollo de las raíces. Teniendo en cuenta lo observado por estos autores, podemos inferir que el efecto de la cepa Th5cc sobre las plantas de tomate podría ser debido a la inducción en la planta de mayor producción de IAA. El incrementar los niveles de IAA es un mecanismo directo por el cual, los agentes biocontroladores promueven el crecimiento de las raíces, el tallo y el área foliar en plantas de tomate (Olowe et al., 2022). Además, de acuerdo con Pokhrel et al. (2022) y Olowe et al. (2022), *Trichoderma* produce sustancias químicas inductoras que ayudan al desarrollo de las raíces y a la disponibilidad de nutrientes. En este sentido, estos autores observaron que las semillas infestadas con conidios de *T. harzianum* aumentan la producción de los cultivos bajo invernadero.

Hay una gran cantidad de factores que influyen en el crecimiento de las plantas, por ejemplo, la temperatura, la intensidad de la luz, la disponibilidad de nutrientes y la comunidad microbiana. La rizosfera es la zona particular del suelo que rodea la raíz de la planta en donde hay una alta concentración de nutrientes, debido a la gran cantidad de subproductos fotosintéticos liberados desde las raíces (Contreras-Cornejo et al., 2016). En este sentido, las cepas de *T. harzianum* utilizadas en este estudio podrían ser rizósfera competentes y estar actuando como promotoras del crecimiento de las plantas (Contreras-Cornejo et al., 2016; Zin y Badaluddin, 2020), provocando un aumento del

peso seco y fresco de las plantas. Si bien no se observaron diferencias estadísticas significativas, los resultados obtenidos son promisorios, teniendo en cuenta que las cepas Th5cc y Thr2 mostraron los mayores valores de peso, tanto seco como fresco de las plantas. Es necesario realizar nuevos ensayos para confirmar el uso de estas cepas como agentes bioestimulantes en plantas de tomate. Asimismo, los datos obtenidos de los cultivos dobles podrían indicarnos la eficacia de estas cepas como agentes de biocontrol.

La investigación y la puesta en práctica de la implementación de bioinsumos es una respuesta a las problemáticas ambientales que presenta la actividad agrícola como se la conoce hoy en día. Se propone el uso de agentes de biocontrol como bioinsumos dentro siempre del manejo integrado y considerando a la producción como un sistema, sin analizar sus componentes como cosas aisladas sino teniendo en cuenta la interrelación existente entre ellos.

## CONCLUSIÓN

A las 96 h de incubación, se pudo observar que las cepas Th5cc y Th118 provocaron la mayor inhibición frente a *B. cinerea*. En referencia a *Alternaria* sp., la cepa que provocó los menores valores fue Thr2. La cepa Th118 fue la que inhibió más el crecimiento de *S. sclerotiorum*. Por esta razón, es importante seleccionar la cepa de *Trichoderma* spp. más efectiva contra el agente patógeno a controlar.

En referencia al Índice de inhibición, no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos.

En referencia a la capacidad como bioestimulante de *T. harzianum*, si bien no se observaron diferencias estadísticas significativas para el peso fresco de la raíz y de la parte aérea de las plantas, la cepa Th5cc presentó el mayor valor de peso fresco, tanto de raíz como de la parte aérea.

Si bien no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos en cuanto al índice de verdor de las plantas, la cepa Th118 mostró los mayores valores.

Con respecto al peso seco de la raíz y de la parte aérea de las plantas, si bien no se observaron diferencias estadísticamente significativas, las cepas Th5cc y Thr2, presentaron los mayores valores de peso.

En los ensayos en invernáculo, si bien no se observaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos para los parámetros evaluados, la presencia de *T. harzianum*, arrojó valores mayores a los presentados por los testigos.

- Ajith, P. S. y lakshmidhev, A. (2010). Effect of volatile and non-volatile compounds from *Trichoderma* sp. against *Colletotrichum capsici* incitant Anthracnose on Bell peppers. *Natural Science*, 8, 265-69.
- Alkooranee, J., Aledan, A., Ali, A., Lu, G., Zhang, Z., Wu, J., Fu., C. y Li, M. (2017). Detecting the hormonal pathways in oilseed rape behind induced systemic resistance by *Trichoderma harzianum* TH12 to *Sclerotinia sclerotiorum*. *PLoS ONE* 12(1), 1-21. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0168850>
- Bell, D., Wells, H. y Markham, C. (1982). In vitro antagonism of *Trichoderma* species against six fungal plant pathogens. *Phytopathology* 72, 379-382. <https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.2304-2>
- Bettiol, W., Rivera, M. C., Mondino, P., Montealegre, J. R. y Colmenárez, Y. C. (Eds.). (2014). Control biológico de enfermedades de plantas en América Latina y el Caribe. Universidad de la República, Montevideo, Uruguay.
- Contreras-Cornejo, H., Rodríguez, L., Cortes Penagos, C. y Lopez Buzio, J. (2009). *Trichoderma virens*, a plant beneficial fungus, enhances biomass production and promotes lateral root growth through an auxin-dependent mechanism in Arabidopsis. *Plant Physiology* 149(3), 1579-1592. <https://doi.org/10.1104/pp.108.130369>
- Contreras-Cornejo, H. A., Macías-Rodríguez, L., del-Val, E. y Larsen, J. (2016). Ecological functions of *Trichoderma* spp. and their secondary metabolites in the rhizosphere: interactions with plants. *FEMS Microbiology Ecology* 92(4), 1-17. <http://doi.org/10.1093/femsec/fiw036>
- Debnath, S., Chakraborty, G., Dutta, S., Ray Chaudhuri, S., Das, P. y Saha, A. (2020). Potential of *Trichoderma* species as biofertilizer and biological control on *Oryza sativa* L. cultivation. *Biotecnología Vegetal*, 20(1), 1-16.
- InfoStat ® (2020). InfoStat versión 2020. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. <http://www.infostat.com.ar>
- García, D. R. y Rojas, J. V. (2022). Efecto de la inoculación con *Trichoderma* sobre el crecimiento vegetativo del tomate (*Solanum lycopersicum*). *Agronomía Costarricense* 46(2), 47-60. <http://dx.doi.org/10.15517/rac.v46i2.52045>
- Infante, D., Martínez, B., González, N. y Reyes, I. (2009). Mecanismos de acción de *Trichoderma* frente a hongos fitopatógenos. *Revista de Protección Vegetal* 24(1), 14-21.
- Iturralde, E.T. (2020). *Biofertilizantes mejorados para la inoculación de cultivos de soja* [Tesis de doctorado, Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional de La Plata]. <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/107864>
- Mamani de Marchese, A. y Filippone, M. (2018). Bioinsumos: componentes claves de una agricultura sostenible. *Revista Agronómica del Noroeste Argentino*, 38(1), 9-21.
- Mustapha, I., Bello, Z., Labbo, A. y Ibrahim, A. (2021). Roles of *Trichoderma* species as a Potent Biochemical Agent for Sustainable Farming Practice: A Mini Review. *Caliphate Journal of Science and Technology*, 2, 196-205.
- Nagamani, P., Someshwar. B., Biswas, M. K. y Viswanath, K. (2017). Effect of volatile and non-volatile compounds of *Trichoderma* spp. against soil borne diseases of chickpea. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6(7), 1486-1491. <http://doi.org/10.20546/ijcmas.2017.607.177>
- Olowe, O., Nicola, L., Dare, M., Olalekan, A. y Oluranti, O. (2022). *Trichoderma*: Potential bio-resource for the management of tomato root rot diseases in Africa. *Microbiological Research*, 257(126978), 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2022.126978>
- Pokhrel, A., Adhikar, A., Oli, I., Paudel, B., Pandit, S., Bigyan G. y Tharu, B. (2022). Biocontrol potential and mode of action of *Trichoderma* against fungal plant diseases. *Acta Scientific Agriculture*, 6(10), 10-21. <http://doi.org/10.31080/ASAG.2022.06.1184>
- Sood, M., Kapoor, D., Kumar, V., Sheteiwy, M. S., Ramakrishnan, M., Landi, M., Araniti, F. y Sharma, A. (2020). *Trichoderma*: The “secrets” of a multitasking biocontrol agent. *Plants*, 9(762), 1-25. <https://doi.org/10.3390/plants9060762>
- Zin, N. y Badaluddin, A. (2020). Biological functions of *Trichoderma* spp. for agriculture applications. *Annals of Agricultural Science*, 65, 168-178. <http://doi.org/10.1016/j.aos.2020.09.003>
- Zivanov, S., Jevtic, R., Lalosevic, M., Zivanov, L., Medic-Pap, S. y Zupunki, V. (2017). Efficacy of *Trichoderma* spp. against common fungal pathogens. *Ratarstvo i povrtarstvo*, 54(3), 104-109. <http://doi.org/10.5937/ratpov54-14254>