

## MANEJO DE PROPÁGULOS DE *Sclerotinia minor* Jagger MEDIANTE ORGANISMOS BIOACTIVOS APLICADOS AL SUELO<sup>1</sup>.

### MANAGEMENT OF *Sclerotinia minor* Jagger propagules BY MEANS OF BIOACTIVE ORGANISMS APPLIED TO THE SOIL.

López-García, A.A.<sup>1\*</sup>; Gómez-Rodríguez, O.<sup>1</sup>; Ayala-Escobar, V.<sup>1</sup>; Leyva-Mir S.G.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Colegio de Postgraduados, campus Montecillos, Km 36.5 Carretera México-Texcoco, Texcoco, Estado de México, C.P. 56230.

<sup>2</sup> Departamento de Parasitología Agrícola, Universidad Autónoma Chapingo, Km 38.5 Carretera México-Texcoco, Estado de México. C.P. 56230.  
E-mail (\*Autor de correspondencia): lopez.alejandro@colpos.mx

Fecha de envío: 14, mayo, 2025

Fecha de publicación: 20, julio, 2025

#### Resumen:

La lechuga (*Lactuca sativa* L.) es producida y demandada en todo el mundo, en donde México es el noveno país productor de esta hortaliza hasta el 2022. Sin embargo, su producción se ve afectada por diversos fitopatógenos, dentro de los cuales destacan *Sclerotinia sclerotiorum* y *S. minor*, considerados altamente destructivos, ocasionando pérdidas que van desde 10 hasta 75%. Hasta la fecha, no existen variedades de lechuga resistentes a estos patógenos, por lo que el uso de productos bioactivos se presenta como una alternativa para el manejo integrado del patógeno. Se evaluó el efecto de dos cepas comerciales de *Trichoderma harzianum* T-22 y *Trichoderma* sp., y de guano de murciélago (M.O.) sobre *S. minor* en un experimento con 50 macetas en un diseño factorial. Se aplicaron los tratamientos cada 15 días con 4 aplicaciones (2.27 g/L), y se analizó tanto la presencia de *Trichoderma* en el suelo, como el desarrollo de esclerocios mediante siembra en PDA. Se detectaron mayores concentraciones de *Trichoderma* ( $4.2 \times 10^4$  y  $1.8 \times 10^4$  UFC/g) en suelos con M.O. que sin M.O. ( $2.4 \times 10^4$  y  $1.4 \times 10^4$  UFC/g) para T-22 y *Trichoderma* sp., respectivamente. Con lo cual, se confirmó su establecimiento. También, se encontró a ambas cepas de *Trichoderma* parasitando a los esclerocios y sólo permitió el desarrollo de 5% del total de estos. Las cepas usadas de *Trichoderma* usadas en el ensayo funcionan como un agente de biocontrol que puede incorporarse a un manejo integral de esta enfermedad, ofreciendo una alternativa ecológica y segura tanto para el ambiente como para los aplicadores, además de ser una opción eficaz y de bajo costo para pequeños productores.

**Palabras clave:** Biocontrol, *Trichoderma*, parasitismo, ecología.

<sup>1</sup> Trabajo de tesis de maestría en Fitosanidad-Fitopatología

## Abstract

Lettuce (*Lactuca sativa* L.) is produced and in demand worldwide, with Mexico ranking as the ninth-largest producer of this vegetable as of 2022. However, its production is affected by various phytopathogens, among which *Sclerotinia sclerotiorum* and *S. minor* stand out as highly destructive, causing losses ranging from 10% to 75%. To date, there are no lettuce varieties resistant to these pathogens, making the use of bioactive products a viable alternative for integrated disease management. The effect of two commercial strains of *Trichoderma harzianum* T-22 and *Trichoderma* sp., along with bat guano (organic matter, M.O.), on *S. minor* was evaluated in an experiment with 50 pots using a factorial design. Treatments were applied every 15 days, totaling four applications (2.27 g/L). The presence of *Trichoderma* in the soil and sclerotia development were analyzed via PDA culturing. Higher concentrations of *Trichoderma* were detected in soils amended with M.O. ( $4.2 \times 10^4$  and  $1.8 \times 10^4$  CFU/g for T-22 and *Trichoderma* sp., respectively) compared to soils without M.O. ( $2.4 \times 10^4$  and  $1.4 \times 10^4$  CFU/g). This confirmed successful colonization. Both *Trichoderma* strains were observed parasitizing sclerotia, allowing only 5% of them to develop. The *Trichoderma* strains used in this trial function as biocontrol agents that can be incorporated into an integrated disease management strategy. They offer an ecological and safe alternative for both the environment and applicators, while also being an effective and low-cost option for small-scale producers.

**Keywords:** Biocontrol, *Trichoderma* spp, parasitism, ecology.

## INTRODUCCIÓN

El cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) es altamente producido y demandado en todo el mundo. Hasta el 2022 se tuvo una producción mundial de 27,149,446.41 toneladas, de la cual México reportó una producción de 558,032.88 toneladas, ubicándose en el lugar número nueve en la lista de mayores productores de lechuga (FAO, 2022).

La lechuga es un cultivo el cual se ve afectado constantemente por diversos organismos, especialmente por fitopatógenos como *Botrytis cinerea* (pudrición o moho gris), *Bremia lactucae* (mildiu), *Fusarium*, *Rhizoctonia*, *Phytophthora* (enfermedades radiculares), *Sclerotinia sclerotiorum* y *Sclerotinia minor* (Moho blanco o podredumbre blanda) (INIA, 2016). *Sclerotinia sclerotiorum* y *Sclerotinia minor* son considerados como patógenos altamente destructivos de la lechuga (Arias et al., 2007; Macioszek et al., 2023), ya que el moho blanco de la lechuga causado por *S. minor* puede causar pérdidas que van desde el 10 hasta 75% de la producción en este cultivo (Arias et al., 2007; Petkova et al., 2024).

Para el manejo preventivo de las enfermedades causadas por los géneros de *Sclerotinia*, en México y en el mundo se utilizan fungicidas sintéticos, pero la eficacia de estos puede verse afectada por la presión del patógeno, las condiciones climáticas, métodos de aplicación y sobre todo por la resistencia adquirida por el patógeno a causa del uso excesivo de estos fungicidas (Petkova et al., 2024).

Hasta la fecha, no existen variedades de lechuga resistentes a estos patógenos (Mamo et al., 2019; Petkova et al., 2024) por lo que el uso de biofungicidas definidos como “productos elaborados a partir de sustancias de origen botánico o microbiológico” (Elsalam et al., 2023) se presenta como una herramienta, la cual ayude a manejar la incidencia de la enfermedad causada por el patógeno y a su vez reducir de manera ecológica los propágulos de supervivencia de este hongo (esclerocios) que se encuentran en el suelo.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

El experimento se estableció en macetas al aire libre, ubicadas en el municipio de Texcoco, estado de México (19.30° N, 98.53° O) entre los meses de noviembre 2024 y enero 2025. Se realizó un diseño completamente al azar con 2 factores, los cuales correspondieron a la aplicación de dos cepas de *Trichoderma* (*harzianum* T-22 Y *Trichoderma* sp) y la aplicación de materia orgánica al suelo. La materia orgánica (M.O.) fue un guano de murcielago ya comercializado. El suelo utilizado se pasteurizó y se mezcló en una proporción 3:1 con peat most. Se hicieron costales con tela microporosa y se les colocó 10 esclerocios de *S. minor* a los que previamente se les realizó una prueba de viabilidad para reducir errores en los resultados. El diseño experimental consistió en cuatro tratamientos principales con diez repeticiones cada uno (1: cepa 1 + M.O, 2: cepa 1 sin M.O., 3: cepa 2 + M.O. y 4: cepa 2 sin M.O.), más diez macetas testigo absoluto (sin aplicación de cepas ni M.O.), haciendo un total de 50 unidades experimentales.

Se realizaron 4 aplicaciones cada 15 días ambos productos de las cepas de *Trichoderma* a una dosis de 2.27 g /L de agua.

Al finalizar las aplicaciones, se extrajo una muestra de suelo de 200 g y sus respectivos costales de esclerocios de *S. minor* de cinco macetas aleatorias de cada combinación. De las muestras de suelo se extrajeron las cepas aplicadas de *Trichoderma* por el método de disoluciones seriadas, sembrando 100 µL de una disolución  $10^{-2}$  en cajas Petri con medio de cultivo Papa Dextroxa Agar (PDA). Se sembraron cuatro esclerocios aleatorios en PDA tras ser lavados y secados, evaluando su desarrollo y la presencia de cepas de *Trichoderma*.

Este estudio se enfocó en evaluar cualitativamente la interacción entre las cepas de *Trichoderma* y los esclerocios de *S. minor* mediante observaciones directas de colonización y viabilidad, priorizando la identificación de patrones biológicos claros como la degradación enzimática o un proceso de micoparasitismo que den indicios que estas cepas pueden llegar a reducir el inóculo viable en el suelo y por lo tanto, la incidencia de la enfermedad.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En cuanto a la extracción de las cepas de *Trichoderma* del suelo, se determinó una concentración de  $4.2 \times 10^4$  y  $1.8 \times 10^4$  con M.O. y de  $2.4 \times 10^4$  y  $1.4 \times 10^4$  en las unidades experimentales sin M.O. de los tratamientos de *Trichoderma harzianum* T-22 y *Trichoderma* sp., respectivamente (Cuadro 1).

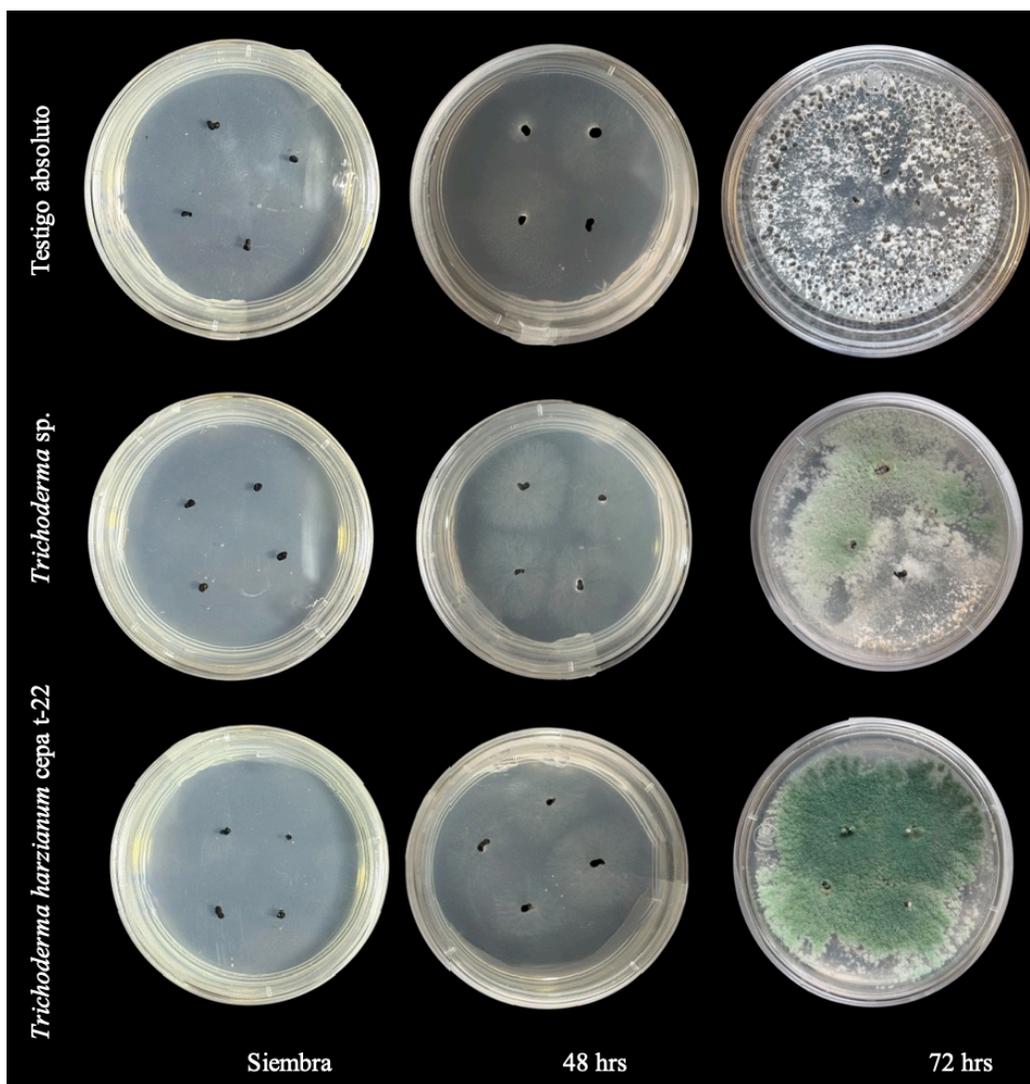
**Cuadro 1.** Unidades formadoras de colonias de *Trichoderma* spp. extraídas del suelo utilizado en el ensayo.

**Table 1.** *Trichoderma* spp. colony-forming units extracted from the soil used in the test.

| Cepa                              | Tratamiento | Densidad<br>UFC/ g de suelo |
|-----------------------------------|-------------|-----------------------------|
| <i>Trichoderma harzianum</i> T-22 | 1           | $4.2 \times 10^4$           |
|                                   | 3           | $2.4 \times 10^4$           |
| <i>Trichoderma</i> sp.            | 2           | $1.8 \times 10^4$           |
|                                   | 4           | $1.4 \times 10^4$           |

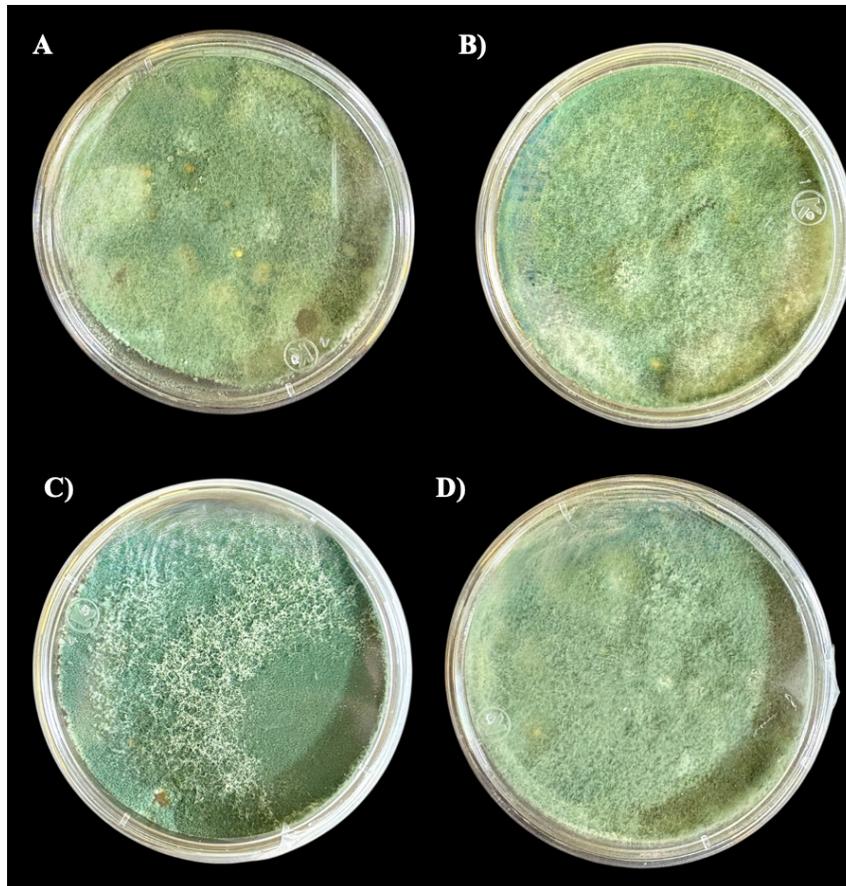
Combinaciones: 1 y 2 (M.O.); 3 y 4 (Sin M.O.)

Los datos confirman que *Trichoderma* puede establecerse adecuadamente en el suelo, quedando activo y funcional para tener un efecto sobre patógenos con origen en el suelo, no solamente contra esclerocios de *S. minor*. Por otro lado, se tuvo 5% de germinación de esclerocios de *S. minor* correspondiente a ambos tratamientos (*Trichoderma* sp. y *Trichoderma harzianum* cepa T-22) (Figura 1), lo cual biológicamente indica que este organismo tiene la capacidad de parasitar los esclerocios y detener el desarrollo de *S. minor*.



**Figura 1.** Desarrollo de parasitismo de las cepas utilizadas de *Trichoderma* sobre los esclerocios de *S. minor*.

**Figure 1.** Development of parasitism of the used strains of *Trichoderma* on the sclerotia of *S. minor*.



**Figura 2.** Colonias de *Trichoderma* extraídas del suelo aplicado con los productos bioactivos. A) *Trichoderma* sp. + M.O.; B) *Trichoderma* sp.; C) *Trichoderma harzianum* T-22 + M.O.; D) *Trichoderma harzianum* T-22.

**Figure 2.** *Trichoderma* spp colonies extracted from the soil applied with the bioactive products. A) *Trichoderma* sp + M.O.; B) *Trichoderma* sp.; C) *Trichoderma harzianum* T-22 + M.O.; D) *Trichoderma harzianum* T-22.

La concentración de las UFC/g de suelo de *Trichoderma* spp. que se encontró en el suelo de las macetas aplicadas con ambas cepas de este hongo fue mayor en las unidades experimentales donde se aplicó materia orgánica. Estos resultados concuerdan con lo dicho por Chiriboga et al., 2015, quienes mencionan que *Trichoderma* spp. se alimenta de materiales orgánicos y los degrada, siendo este un componente fundamental para su establecimiento en el suelo.

Por otro lado, el parasitismo observado en los esclerocios de *S. minor* ha estado plenamente identificado en diferentes artículos científicos. Arias et al. (2007) y Petkova et al. (2024) reportaron que *Trichoderma* spp. se describe como un agente de control que tiene la capacidad de producir micoparasitismo, un proceso en el cual *Trichoderma* spp. crece quimiotrópicamente hacia el hospedante, adheriéndose alrededor de las hifas de este y en ocasiones, penetrándolas (Carsolio et al., 1999), es decir, puede atacar tanto esclerocios como al micelio de estos. Lo anterior explica nuestros resultados, en donde los esclerocios expuestos a este organismo, se encontraban en un proceso de parasitismo y la velocidad a la que creció *Trichoderma* no permitió que *Sclerotinia minor* pudiese desarrollarse correctamente, lo cual generaría que en un sistema de producción de lechugas, se tenga un enfoque de manejo precisado en reducir la cantidad de inóculo latente en el suelo y a su vez, reducir la incidencia a través del tiempo.

## **CONCLUSIÓN**

De acuerdo a los resultados obtenidos, se concluye que las cepas de *Trichoderma* usadas en este ensayo funcionan como organismo de biocontrol. Herramienta la cual puede ser utilizada bajo el esquema de manejo integral de la enfermedad. Este tipo de opciones de manejo ayudan a que se puedan contar con alternativas ecológicamente viables y amigables, tanto para el ambiente como para los aplicadores de los productos en campo, contribuyendo también a que pequeños productores puedan tener acceso a productos que sean de bajo costo y con una buena eficacia.

## **AGRADECIMIENTOS**

Esta investigación fue apoyada económicamente por la Secretaria de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI). Se agradece a las instituciones: Colegio de Postgraduados y a la Universidad Autónoma Chapingo por estar presentes tanto en la prestación de espacios de laboratorio como por la asesoría de los académicos inscritos a estas.

## LITERATURA CITADA

- Abd-Elsalam, K. A., & Alghuthaymi, M. A. (Eds.). (2023). *Biofungicidas: Eco-safety and future trends: Types and applications* (Vol. 1). CRC Press.
- Arias, L. A., Tautiva, L. A., Piedrahíta, W., & Chaves, B. (2007). Evaluación de tres métodos de control del moho blanco (*Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary) en lechuga (*Lactuca sativa* L.). *Agronomía Colombiana*, 25(1), 131–141.
- Carsolio, C., Benhamou, N., Haran, S., Cortés, C., Gutiérrez, A., Chet, I., & Herrera-Estrella, A. (1999). Role of the *Trichoderma harzianum* endochitinase gene, *ech42*, in mycoparasitism. *Applied and Environmental Microbiology*, 65(3), 929–935. <https://doi.org/10.1128/AEM.65.3.929-935.1999>
- Chiriboga, H., Gómez, G., & Garcés, K. (2015). *Protocolos para formulación y aplicación del bio-insumo Trichoderma spp. para el control biológico de enfermedades*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). Recuperado de <https://repositorio.iica.int/handle/11324/2647>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2022). *FAOSTAT: Crops and livestock products*. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>
- Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). (2016). *Enfermedades de lechuga*. <https://web.inia.cl/wp-content/uploads/2014/08/Enfermedades-de-lechuga-3.08.16.pdf>.
- Macioszek, V. K., Marciniak, P., & Kononowicz, A. K. (2023). Impact of *Sclerotinia sclerotiorum* infection on lettuce (*Lactuca sativa* L.) survival and phenolics content—A case study in a horticulture farm in Poland. *Pathogens*, 12, 1416. <https://doi.org/10.3390/pathogens12121416>
- Mamo, B. E., Hayes, R. J., Truco, M. J., Puri, K. D., Michelmore, R. W., Subbarao, K., & Simko, I. (2019). The genetics of resistance to lettuce drop (*Sclerotinia* spp.) in lettuce in a recombinant inbred line population of Reine des Glaces × Eruption. *Theoretical and Applied Genetics*, 132, 2439–2460. <https://doi.org/10.1007/s00122-019-03365-6>
- Petkova, M., & Dimova, M. (2024). Biological control of lettuce drop (*Sclerotinia minor* Jagger) using antagonistic *Bacillus* species. *Applied Microbiology*, 4, 1283–1293. <https://doi.org/10.3390/applmicrobiol4030088>