



EFEITO ANTAGÓNICO IN VITRO DE UNA CEPA NATIVA DE TRICHODERMA FRENTE AL PATÓGENO SCLEROTIUM CEPIVORUM

**IN VITRO ANTAGONISTIC EFFECT OF A NATIVE STRAIN OF
TRICHODERMA AGAINST THE PATHOGEN SCLEROTIUM CEPIVORUM**

EFFECTO ANTAGÓNICO IN VITRO DE UNA CEPA NATIVA DE TRICHODERMA FRENTE AL PATÓGENO SCLEROTIUM CEPIVORUM

IN VITRO ANTAGONISTIC EFFECT OF A NATIVE STRAIN OF TRICHODERMA AGAINST THE PATHOGEN SCLEROTIUM CEPIVORUM

Carlos Vinicio Alencastro Pavon¹,
Francisco José Prado Guevara²,
Timoteo Ronaldo Pillajo Rivera³,
Riky Valentino Cuamacas⁴,

¹ Instituto Superior Tecnológico Alfonso Herrera, Ecuador, email: calencastrop@comunidad.uiix.edu.mx

² Instituto Superior Tecnológico Alfonso Herrera, Ecuador, email: francisjose.pg@istah.edu.ec

³ Instituto Superior Tecnológico Alfonso Herrera, Ecuador, email: timoty233@istah.edu.ec

⁴ Instituto Superior Tecnológico Alfonso Herrera, Ecuador, email: rcriky75@istah.edu.ec

RESUMEN

El hongo *Sclerotium cepivorum* Berk. es el agente causal de la pudrición blanca de la cebolla (*Allium cepa* L.), considerada una de las principales limitantes fitosanitarias del cultivo. El objetivo del presente estudio fue evaluar *in vitro* el efecto antagónico de una cepa nativa de *Trichoderma* frente a *S. cepivorum*. La cepa de *Trichoderma* fue aislada mediante trampas de arroz y mostró un crecimiento rápido en medio PDA, con micelio denso y algodonoso que cambió de blanco a verde al madurar. Por su parte, *S. cepivorum* se aisló de bulbos de cebolla con síntomas de pudrición, observándose micelio blanco algodonoso y esclerocios que evolucionaron de masas blancas a estructuras oscuras. La evaluación *in vitro* se realizó mediante confrontación dual en medio PDA, bajo un diseño completamente al azar con dos tratamientos (control y confrontación) y cinco repeticiones. Se aplicó una prueba *t* para muestras independientes ($p < 0.0001$) que evidenció una diferencia significativa entre tratamientos. A las 168 horas de incubación, el crecimiento radial promedio del patógeno en el control fue de 44,9 mm, mientras que en presencia de *Trichoderma* se redujo a 27,9 mm, con un porcentaje de inhibición radial (PICR) de 37,9%. La interacción correspondió al grado 2; en la escala de Bell, donde *Trichoderma* colonizó dos terceras partes del medio y limitó significativamente al patógeno.

Palabras clave: *Trichoderma*, *Sclerotium cepivorum*, *Allium cepa*, antagonismo *in vitro*.

ABSTRACT

The fungus Sclerotium cepivorum Berk. is the causal agent of white rot in onions (*Allium cepa* L.), considered one of the main phytosanitary limitations of the crop. The objective of this study was to evaluate *in vitro* the antagonistic effect of a native *Trichoderma* strain against *S. cepivorum*. The *Trichoderma* strain was isolated using rice traps and showed rapid growth in PDA medium, with dense, cottony mycelium that changed from white to green upon maturity. *S. cepivorum* was isolated from onion bulbs with rot symptoms, observing white, cottony mycelium and sclerotia that evolved from white masses to dark structures. The *in vitro* evaluation was carried out by dual confrontation in PDA medium, under a completely randomized design with two treatments (control and confrontation) and five replicates. A *t*-test for independent samples ($p < 0.0001$) was applied, which



*showed a significant difference between treatments. After 168 hours of incubation, the average radial growth of the pathogen in the control was 44.9 mm, while in the presence of *Trichoderma* it was reduced to 28.3 mm, with a percentage of radial inhibition (PIR) of 37.9%. The interaction corresponded to grade 2 on the Bell scale, where *Trichoderma* colonized two-thirds of the medium and significantly limited the pathogen.*

Keywords: *Trichoderma, Sclerotium cepivorum, Allium cepa, antagonism in vitro*

Recibido: Agosto 2025 Aceptado: Diciembre 2025
Received: August 2025 Accepted: December 2025

1. INTRODUCCIÓN

El cultivo de cebolla (*Allium cepa* L.) es un rubro agrícola de gran importancia económica [1]; no obstante, diversos agentes patógenos comprometen tanto la productividad como la calidad del producto final. Entre las enfermedades más devastadoras se encuentra la pudrición blanca, provocada por el hongo *Sclerotium cepivorum* Berk, que puede producir la muerte de la planta principalmente en la etapa vegetativa y generar pérdidas económicas debido a la disminución del rendimiento de los bulbos. Este fitopatógeno posee la habilidad de resistir en condiciones edáficas adversas mediante la producción de estructuras de supervivencia denominadas esclerocios, las cuales le confieren capacidad de mantener su patogenicidad y facilitar su dispersión [2, 3].

En los sistemas agrícolas convencionales se emplean fungicidas sintéticos para el manejo de enfermedades fúngicas; sin embargo, la utilización desmedida de estos compuestos químicos genera impactos negativos sobre el ecosistema, la microbiota del suelo e induce la resistencia de cepas, lo cual aumenta los costos de producción [4, 5]. Por ello, la utilización de microorganismos benéficos representa una alternativa agroecológica para disminuir el crecimiento y desarrollo de fitopatógenos a través de mecanismos como la competencia por nutrientes y espacio, la generación de metabolitos antifúngicos y el micoparasitismo [6].

El género *Trichoderma* es ampliamente empleado en el sector agrícola para el control biológico frente a hongos patógenos, estos microorganismos son habitantes del suelo y rizosfera de las plantas [3, 4, 6], así también estudios previos han demostrado que varias cepas de *Trichoderma* spp., incluyendo a *T. harzianum*, *T. viride*, *T. hamatum* y *T. koningii*; son antagonistas de *S. cepivorum*, ya que actúan mediante mecanismos de antagonismo [2, 7].

En otros estudios se ha reportado la eficacia de cepas del género *Trichoderma* en la inhibición del crecimiento y desarrollo del micelio, la reducción de la formación de esclerocios y la disminución de virulencia de patógenos del suelo en condiciones de campo e *in vitro* [8], así también estos microorganismos benéficos puede inducir resistencia sistémica en las plantas y estimular el crecimiento de la planta y mediante la producción de fitohormonas y la solubilización de fosfatos, mejorando la absorción de nutrientes [3, 4, 6, 9]. Por lo tanto, la

identificación y evaluación de cepas nativas de *Trichoderma* son una alternativa ecológica frente a la pudrición blanca en cebolla.

A pesar de los avances y estudios encontrados sobre *Trichoderma* y *Sclerotium cepivorum*, aun existen escasas evaluaciones con cepas nativas en las zonas en andinas. Este vacío justifica la necesidad de evaluar su comportamiento en la zona norte del Ecuador.

El presente estudio se enfoca en evaluar el efecto antagonístico *in vitro* de una cepa nativa de *Trichoderma* frente a *Sclerotium cepivorum*, con la finalidad de proponer estrategias de control biológico adaptadas a las necesidades de los productores de la zona.

Por tanto, se ha establecido la siguiente hipótesis: la cepa nativa de *Trichoderma* inhibe significativamente el crecimiento radial de *Sclerotium cepivorum* *in vitro*, reduciendo su crecimiento y alcanzando un grado ≥ 2 en la escala de Bell.

2. METODOLOGÍA Y MATERIALES

El presente estudio se realizó en el cantón Espejo, provincia del Carchi en las instalaciones del Instituto Superior Tecnológico Alfonso Herrera a 3000 msnm. La investigación fue de tipo experimental y con un enfoque cuantitativo, realizado bajo condiciones de campo y laboratorio, a continuación, se indica el proceso realizado:

Fase 1. Aislamiento e identificación morfológica de cepas de *Trichoderma*

La captura de *Trichoderma* se realizó utilizando trampas de arroz, las cuales fueron previamente esterilizadas y colocadas en el suelo a 15 cm de profundidad (Fig. 1). Las trampas se mantuvieron en condiciones ambientales durante 7 días para favorecer el desarrollo de hongos; luego, los granos colonizados se llevaron al laboratorio, y se sembraron en medio Papa Dextrosa Agar (PDA) e incubaron a 25 °C durante 5 días. Las colonias que presentaron morfología característica de *Trichoderma* fueron subcultivadas para una correcta purificación (Fig. 2). La identificación se realizó con base en características macroscópicas y microscópicas, siguiendo los criterios de [4-5].





Fig.1: Trampas de arroz colocadas en el suelo.



Fig. 2: Siembra de granos de arroz en PDA.

Fase 2. Aislamiento e identificación morfológica de cepas de *Sclerotium*

El aislamiento de *Sclerotium cepivorum* se realizó a partir de bulbos de cebolla (*Allium cepa*) con síntomas de pudrición blanca (Fig. 3). Los tejidos infectados se desinfectaron superficialmente mediante inmersión en hipoclorito de sodio al 1% durante 3 minutos, seguidos de tres lavados con agua destilada estéril; luego, se sembraron fragmentos de tejido en placas con medio Papa Dextrosa Agar (PDA) y se incubaron a 20 °C durante 7 días (Fig. 3). La identificación del patógeno se basó en la observación de esclerocios y características miceliares, siguiendo los criterios morfológicos descritos por Sammour et al. [10].



Fig. 3: Bulbos de cebolla con síntomas de pudrición blanca.

Fase 3. Evaluación *in vitro* de *Trichoderma* frente a *Sclerotium*.

La evaluación del efecto antagónico de la cepa nativa de *Trichoderma* frente a *Sclerotium cepivorum* se realizó mediante la técnica de enfrentamiento dual en placas de Petri con medio PDA, siguiendo el protocolo descrito por [11] (Fig. 4).

Se empleó un diseño completamente al azar (DCA) con dos tratamientos y cinco repeticiones; un control con cultivos individuales y una confrontación dual entre la cepa nativa de *Trichoderma* sp. y *Sclerotium cepivorum*. En cada placa de PDA se inocularon discos de 5 mm de ambos hongos ubicados en extremos opuestos, separados por 4 cm. se comparó el crecimiento radial (mm) de *S. cepivorum* entre control y confrontación a las 24, 48, 72, 96, 144 y 168 horas (h).

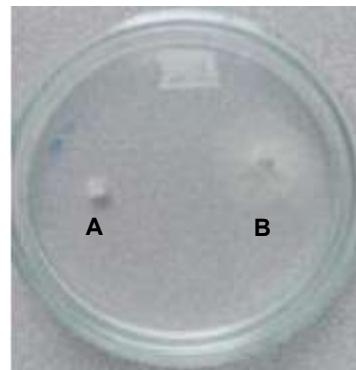


Fig. 4: Siembra en medio PDA de *Sclerotium* (A) frente a *Trichoderma*.

Las placas se incubaron a 25 °C en oscuridad durante 7 días y crecimiento radial de los microorganismos se midió a diario, para lo cual se consideró la distancia desde el centro del inóculo hasta el borde de la colonia. El efecto antagónico se cuantificó mediante el porcentaje de inhibición del crecimiento radial (PICR), calculado con la siguiente fórmula [12]:

$$PICR = \frac{(R1 - R2)}{R1} \times 100$$

donde $R1$ es el crecimiento radial del patógeno en el grupo control y $R2$ es el crecimiento en presencia de *Trichoderma*.

Además, se utilizó la clasificación propuesta por Bell et al. (1982) [13] en donde se categoriza el tipo de

interacción entre los hongos en función del crecimiento y la formación de zonas de inhibición (Tabla 1).

Tabla 1. Escala para clasificación del antagonismo según Bell et al. (1982)

Grado	Capacidad antagonística
1	<i>Trichoderma</i> coloniza el 100% de la superficie del medio y crece sobre el fitopatógeno.
2	<i>Trichoderma</i> coloniza dos terceras partes de la superficie del medio de cultivo y limita el crecimiento del fitopatógeno.
3	<i>Trichoderma</i> y el fitopatógeno colonizan cada uno la mitad de la superficie, ningún hongo domina.
4	El fitopatógeno coloniza dos terceras partes de la superficie del medio y limita el crecimiento de <i>Trichoderma</i> .
5	El fitopatógeno coloniza el 100% de la superficie del medio y crece sobre <i>Trichoderma</i> .

Los datos obtenidos fueron analizados en el software *InfoStat*. Se verificaron normalidad (Shapiro-Wilk) y homogeneidad de varianzas (Levene). Luego se realizó una prueba t de Student para muestras independientes ($\alpha = 0,05$).

3. RESULTADOS

Fase 1. Cepas de *Trichoderma* aisladas

Se aisló la cepa nativa de *Trichoderma* la cual a los cinco días mostró un crecimiento rápido en medio Papa Dextrosa Agar (PDA), formando colonias con micelio denso, algodonoso y de color blanco siendo características típicas del género. Estas propiedades morfológicas reflejan una alta capacidad de colonización, lo que es fundamental para su potencial uso como agentes de control biológico. Así también, se realizó la observación a 40X y se encontraron hifas septadas y conidias agrupadas en conidióforos [4]; estas estructuras son estructuras clave para su reproducción y dispersión, posteriormente, las colonias desarrollaron una coloración verde característica de *Trichoderma*, que indica la madurez y producción de esporas (Fig. 5).

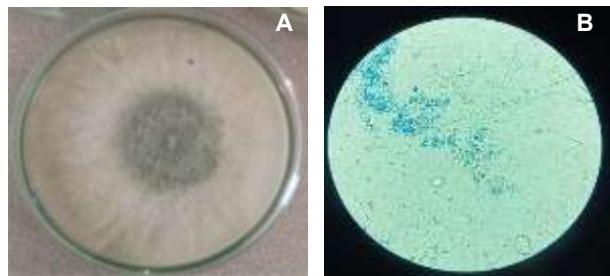


Fig. 5: Colonia de *Trichoderma* con micelio (A). Micelio de *Trichoderma* visto en el microscopio a 40X a los cinco días (B).

Fase 2. Cepas de *Sclerotium* aisladas

Se aisló *Sclerotium cepivorum* de bulbos de cebolla con pudrición blanca, observándose un micelio blanco algodonoso y esclerocios que cambiaron de masas blancas a estructuras endurecidas y oscuras, luego se realizó la microscopía y se identificaron hifas septadas y células iniciales, inmaduras y maduras de esclerocios, siendo características típicas de la especie. Estos resultados confirman la presencia del patógeno de acuerdo a lo reportado por [14], quienes destacan la importancia de los esclerocios para la supervivencia y diseminación del hongo en el suelo.



Fig. 6: Crecimiento de micelio de *Sclerotium* en medio PDA.

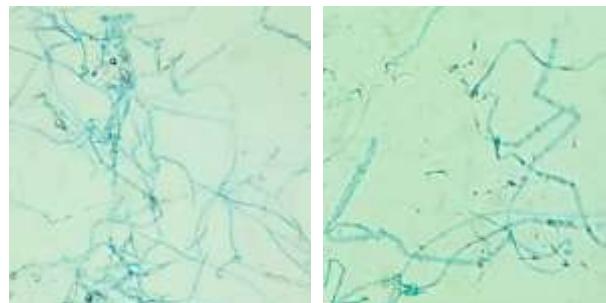


Fig. 7: Micelio visto en el microscopio a 40X

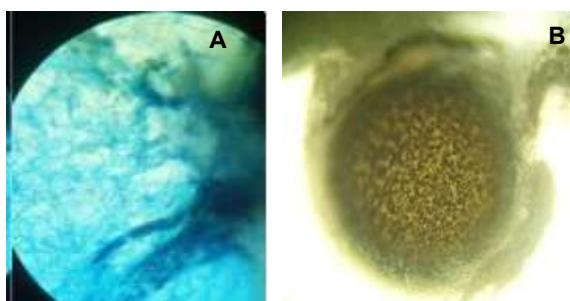


Fig. 8: Esclerocios inmaduros (A) y maduros (B) de *Sclerotium cepivorum* observados a 40× en medio PDA.

Fase 3. Evaluación *in vitro* de *Trichoderma* frente a *Sclerotium*.

Durante el ensayo de antagonismo *in vitro* se evaluó el crecimiento radial de *Sclerotium sp.* frente a *Trichoderma sp.* durante 168 horas. Los valores del radio se calcularon a partir de la medición en milímetros del diámetro de las colonias, y se registró que el radio de crecimiento de *Sclerotium* en el control varió entre 44.5 y 45.5 mm, mientras que en presencia de *Trichoderma* se mantuvo dentro de un rango de 27 a 29.9 mm (Fig. 8). Además, se determinó que el porcentaje de inhibición del crecimiento radial (PICR) tuvo un promedio de 37.9% a las 168 horas [12] (Tabla 2).

Tabla 2. Porcentaje de inhibición y crecimiento radial en milímetros (mm) de *Trichoderma* (T1) y *Sclerotium sp.* vs *Trichoderma sp.* a las 168 horas.

Repetición	T1	T2	PICR (%)
1	44.5	27.0	39.3
2	45.2	27.5	39.2
3	44.8	28.0	37.5
4	45.5	28.0	38.5
5	44.7	29.0	35.1
Promedio	44.9	27.9	37.9

En la Tabla 3 se observa que el tratamiento 2 redujo significativamente el radio ($p < 0.0001$) en comparación con el control. La diferencia de medias fue de 17.04 mm, con un intervalo de confianza del 95% entre 16.17 y 17.91 mm. La homogeneidad de varianzas se cumplió; $pHomVar = 0.2658$ y el valor t fue 45.12 con 8 grados de libertad. Por tanto, el tratamiento 2 tiene un efecto significativo sobre la variable medida.

Tabla 3. Prueba t para muestras independientes entre grupo Control (T1) y confrontación *Sclerotium* vs *Trichoderma* (T2), sobre la variable radio (mm).

Parámetro	Valor
Variable	Radio (mm)
n	5
Grupo 1	T1: Control
Grupo 2	T2: Confrontación
Media (1) \pm DE	44.94 \pm 0,40
Media (2) \pm DE	27.90 \pm 0,73
Diferencia de medias	17.04
LI (95%)	16.17
LS (95%)	17.91
Intervalo de confianza (95 %)	16.17 – 17.91
pHomVar	0.2658
t de Student (gl = 8)	45.12
prueba bilateral	
p-valor	<0.0001

En la Figura 9 se observa por separado el crecimiento micelial de *Trichoderma* (A) y *Sclerotium* (B) a las 168 horas. Posteriormente y de acuerdo con la clasificación propuesta por Bell et al. (1982), se determinó que la interacción entre los hongos evaluados correspondió a la clase 2; donde *Trichoderma* coloniza dos terceras partes de la superficie del medio de cultivo, limitando el crecimiento del fitopatógeno.

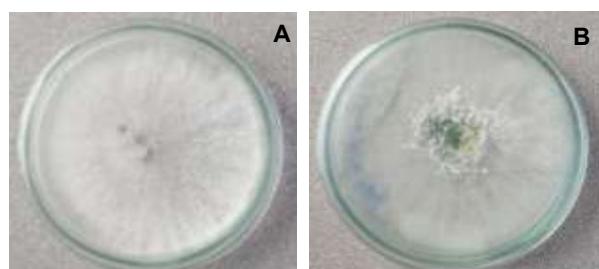


Fig. 9: Crecimiento micelial de *Sclerotium* (A) y *Trichoderma* (B) a las 168 horas de incubación (25 °C).

En la Figura 10 se observa la evolución del efecto antagonístico entre los dos microorganismos a las 24, 48, 72, 96, 120, 144 y 168 horas.

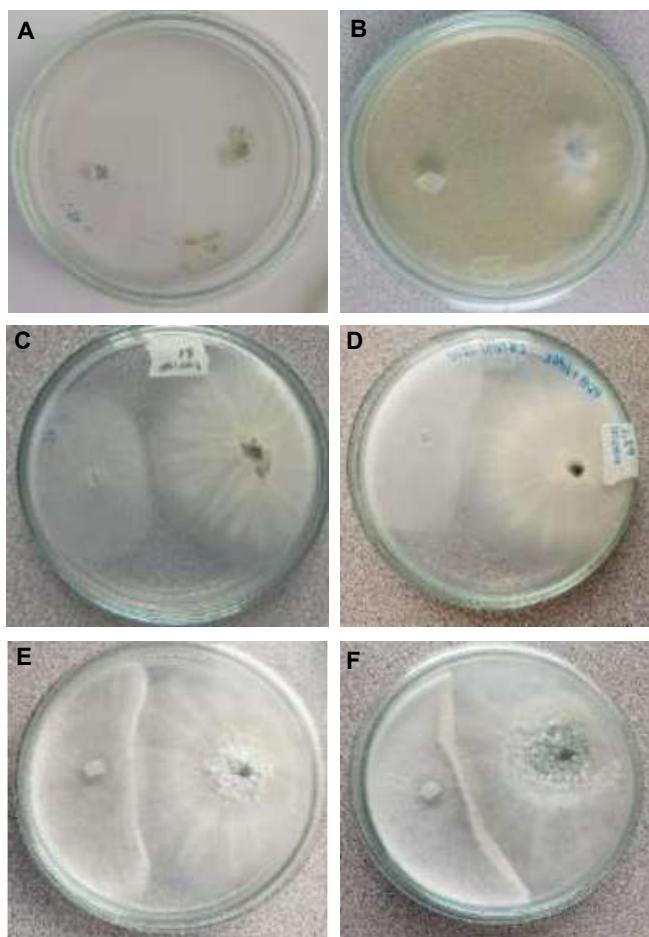


Fig. 10: Evolución del efecto antagónico entre *S. cepivorum* y una cepa nativa de *Trichoderma* en medio PDA a 25 °C, registrada a las 0 h (A), 24 h (B), 48 h (C), 72 h (D), 120 h (E), 144 h (F) y 168 h (G).

En la figura 11 se observa la desaceleración del crecimiento de *Sclerotium* en presencia de *Trichoderma* a partir de las 48 horas, lo que evidencia la acción inhibitoria del antagonista y uso potencial como biofungicida.

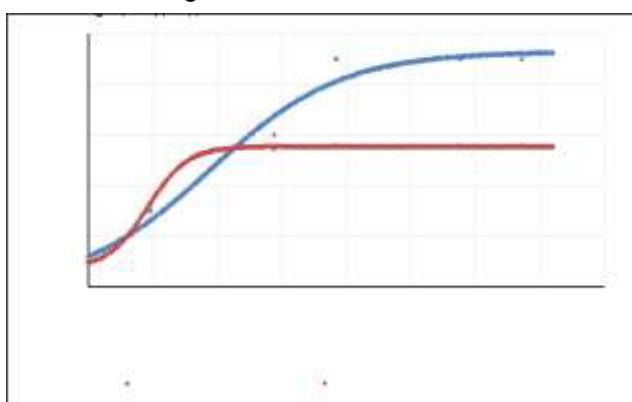


Fig. 11: Crecimiento radial (mm) de *S. cepivorum* con (T2) y sin *Trichoderma* sp. (T1) a las 168 h.

4. DISCUSIÓN (O ANÁLISIS DE RESULTADOS)

A continuación, se indican el análisis de los resultados:

a) Aislamiento de *Trichoderma*

La cepa nativa de *Trichoderma* mostró un crecimiento rápido y la formación de colonias fueron densas y algodonosas en medio PDA, lo que coincide con lo reportado por [15, 16] donde también se menciona que el cambio de color blanco a verde en las colonias observada durante la maduración es un rasgo distintivo del género, asociado a la producción de esporas, y ha sido ampliamente documentado como un indicador de viabilidad y potencial de colonización en diferentes especies de *Trichoderma*.

Por su parte, la presencia de hifas septadas y conidios agrupados en conidióforos, tal como se observó en este trabajo, es fundamental para la identificación y caracterización del género, en concordancia con [16-18]. Otra característica que permite caracterizar a *Trichoderma* es el color de las colonias que varía del verde oscuro al verde claro, con conidios de entre 2,69 y 5,10 µm de longitud [19].

b) Aislamiento de *Sclerotium*

Los resultados de este estudio en relación con el aislamiento de *Sclerotium* sp. coinciden con lo reportado [20], quienes mencionan que la observación de esclerocitos pequeños, globosos y oscuros en la madurez es fundamental para la identificación precisa de *Sclerotium* spp. Por su parte, [21-22] indican, la importancia que tienen los esclerocitos como estructuras de reposo y su papel en la supervivencia del patógeno ante condiciones adversas.

Así también [23] señalan que, *S. sclerotiorum* produce esclerocitos negros, esféricos o irregulares de 2,4 a 8,6 mm. Asimismo, el cambio de colonias

blancas y esponjosas a tonos oscuros en medios como PDA, observada en este trabajo, coincide con las descripciones de [21-23], complementando de esta manera la identificación morfológica realizada en el presente trabajo. Además, la presencia de hifas septadas y la observación de estructuras como conexiones de pinza y ascos cilíndricos con ascosporas ovaladas son típicas del género *Sclerotium* [24].

La caracterización morfológica del patógeno representa el sustento técnico y práctico inicial de la investigación, ya que de esta manera se evita el riesgo de confusiones entre otros patógenos y se asegura que la interacción evaluada corresponde a *S. cepivorum*, de acuerdo con los criterios micro y macroscópicos descritos en [21, 22, 24].

c) Evaluación *in vitro* de *Trichoderma* frente a *Sclerotium*.

El porcentaje de inhibición del crecimiento radial (PICR) obtenido en el presente estudio fue de 37.9% para *Trichoderma* sp. frente a *Sclerotium* sp.; este valor se encuentra por encima de los reportados por Zúñiga y Ceja (2017), donde obtuvieron un PICR de 22.2% contra *S. cepivorum* y 17.4% contra *S. rolfsii* después de 72 y 48 horas, respectivamente [25]. Sin embargo, este nivel de inhibición es menor que el reportado en otros estudios, como el de [26], quienes observaron inhibiciones del 63.6% para *T. harzianum*, y [27], quienes reportaron hasta 77.4% de inhibición con *T. harzianum* y 76.5% con *T. viride* contra *S. rolfsii*. Estas diferencias pueden atribuirse a la especificidad de la cepa utilizada y a las condiciones experimentales, ya que la eficacia antagonista de *Trichoderma* varía considerablemente entre cepas y ambientes, como también lo mencionan [28], quienes observaron que una cepa comercial de *T. harzianum* fue parcialmente superada por *S. rolfsii*, mientras que otra cepa mostró una inhibición mucho mayor.

En cuanto a la clasificación de la interacción según la escala de Bell et al. (1982), en este estudio se determinó una clase 2, lo que indica que *Trichoderma* colonizó dos terceras partes del medio

y limitó el crecimiento del fitopatógeno, resultado que supera lo reportado por [28], quienes clasificaron la interacción con *S. rolfsii* como grado 3. En comparación, con un cepa aislada del suelo de La Ciénega de Chapala, Michoacán - México, alcanzó un grado de antagonismo de 1 sobre *S. cepivorum* y 2 sobre *S. rolfsii*, mostrando un control aún más efectivo en el primer caso. Además, se destaca que *T. harzianum* redujo significativamente la producción de esclerocios de *S. cepivorum* (95%) y *S. rolfsii* (78%).

En la prueba t para muestras independientes se obtuvo un $p < 0.0001$, lo que evidencia un efecto altamente significativo de la confrontación sobre el crecimiento radial de *S. cepivorum*. Este resultado confirma la hipótesis planteada y demuestra que la cepa nativa posee una capacidad inhibitoria. El patrón de inhibición observado puede atribuirse a mecanismos combinados de competencia por espacio y nutrientes, micoparasitismo y producción de metabolitos antifúngicos, descritos por varios autores en estudios similares [6, 7, 11].

Los resultados obtenidos confirman el potencial antagonístico de la cepa nativa de *Trichoderma* para utilizarla en programas de manejo biológico de la pudrición blanca de la cebolla, en beneficio de los productores. La utilización de esta alternativa biológica podría favorecer el manejo y efectividad en campo, así también, reduciendo la dependencia de fungicidas sintéticos. Se recomienda continuar con investigaciones posteriores utilizando y validando los resultados obtenidos; mediante ensayos en invernadero y campo, incorporando pruebas de antagonismo con otros agentes biocontroladores [6-9, 22].

5. CONCLUSIÓN

Se aisló una cepa nativa de *Trichoderma* la cual; en medio PDA, presentó un crecimiento rápido, micelio algodonoso y conidios agrupados en conidióforos .

Se aisló *Sclerotium* sp. a partir de bulbos de cebolla con pudrición blanca, en medio PDA presentó micelio blanco algodonoso y la formación de



esclerocios que evolucionaron a estructuras oscuras y endurecidas.

La cepa nativa de *Trichoderma* redujo significativamente el crecimiento radial de *S. cepivorum*; en la evaluación *in vitro*, alcanzando un porcentaje de inhibición del 37,9% a las 168 horas de incubación. La interacción correspondió al grado 2 en la escala de Bell, en el que *Trichoderma* colonizó dos terceras partes del medio y limitó el crecimiento del patógeno.

Como proyección del estudio, se contempla efectuar la caracterización molecular de la cepa nativa de *Trichoderma* utilizando marcadores ITS, con el propósito de corroborar su identidad genética a nivel de especie y sustentar futuras investigaciones en otras condiciones.

6. AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Instituto Superior Tecnológico Alfonso Herrera por facilitar sus instalaciones y el apoyo brindado durante la ejecución de la presente investigación.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] A. Leta and T. Selvaraj, "Evaluation of Arbuscular Mycorrhizal Fungi and *Trichoderma* species for the control of onion white rot (*Sclerotium cepivorum* Berk)," *J. Plant Pathol. Microbiol.*, vol. 4, no. 1, p. 159, 2013, <https://doi:10.4172/2157-7471.1000159>.
- [2] E. Marques et al., "New isolates of *Trichoderma* antagonistic to *Sclerotinia sclerotiorum*," *Biota Neotrop.*, vol. 16, no. 3, e20160218, 2016, <https://doi:10.1590/1676-0611-BN-2016-0218>.
- [3] C. Ríos-Velasco, J. M. Caro-Cisneros, D. I. Berlanga-Reyes et al., "Identification and antagonistic activity *in vitro* of *Bacillus* spp. and *Trichoderma* isolates against common phytopathogenic fungi," *Rev. Mex. Fitopatol.*, vol. 34, no. 1, pp. 84–99, 2016, <https://doi:10.18781/R.MEX.FIT.1507-1>.
- [4] J. López-López et al., "Antagonismo de cepas de *Trichoderma* spp. aisladas en Tanaxuri, Michoacán, México contra patógenos del aguacate (*Persea americana* Mill)," *Biotecnia*, vol. 25, no. 1, pp. 24–33, 2023, <https://doi:10.18633/biotecnia.v25i1.1726>.
- [5] C. Guigón-López et al., "Identificación molecular de cepas nativas de *Trichoderma* spp., su tasa de crecimiento *in vitro* y antagonismo contra hongos fitopatógenos," *Rev. Mex. Fitopatol.*, vol. 28, no. 2, pp. 87–96, 2010.
- [6] R. F. Troian et al., "Mycoparasitism studies of *Trichoderma harzianum* against *Sclerotinia sclerotiorum*," *Biotechnol. Lett.*, vol. 36, pp. 2095–2101, 2014, <https://doi:10.1007/s10529-014-1583-5>.
- [7] M. T. Abdullah, N. Y. Ali, and P. Suleman, "Biological control of *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary with *Trichoderma harzianum* and *Bacillus amyloliquefaciens*," *Crop Prot.*, vol. 27, no. 10, pp. 1354–1359, 2008, <https://doi:10.1016/j.cropro.2008.05.007>.
- [8] D. Sabaté et al., "Biocontrol of *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary on common bean by native lipopeptide-producer *Bacillus* strains," *Microbiol. Res.*, vol. 211, pp. 21–30, 2018, <https://doi:10.1016/j.mires.2018.04.003>.
- [9] G. Sun et al., "Identification and biocontrol potential of antagonistic bacteria strains against *Sclerotinia sclerotiorum* and their growth-promoting effects on *Brassica napus*," *Biol. Control*, vol. 104, pp. 35–43, 2017, <https://doi:10.1016/j.bioc.2016.10.008>.
- [10] R. H. Sammour, "Effective and cheap methods to control *Sclerotium cepivorum* through using Clorox or sulfur powder and/or calcium oxide," *Res. J. Microbiol.*, vol. 6, no. 12, pp. 904–911, 2011, <https://doi:10.3923/jm.2011.904.911>.
- [11] F. D. Hernández-Castillo et al., "In vitro antagonist action of *Trichoderma* strains against *Sclerotinia sclerotiorum* and *Sclerotium cepivorum*," *Am. J. Agric. Biol. Sci.*, vol. 6, no. 3, pp. 410–417, 2011, <https://doi:10.3844/AJABSSP.2011.410.417>.
- [12] S. Hlaiem et al., "In vitro evaluation of antagonistic potentiality of *Trichoderma harzianum* against *Diplodia* spp. phytopathogenic fungi," *Egypt. J. Biol. Pest Control*, vol. 33, 2023, <https://doi:10.1186/s41938-023-00719-7>.
- [13] D. K. Bell, "In vitro antagonism of *Trichoderma* species against six fungal plant pathogens," *Phytopathology*, vol. 72, no. 4, pp. 379–382, 1982, <https://doi:10.1094/Phyto-72-379>.



- [14] W. Ulloa et al., "Identificación y caracterización molecular del hongo causante de la pudrición blanca en *Allium cepa* en Costa Rica," *Rev. Tecnol. Marcha*, vol. 29, sup. 3, p. 516, 2016, <https://doi:10.18845/tm.v29i7.2705>.
- [15] V. Kumar et al., *Trichoderma* spp.: Identification and characterization for pathogenic control and its potential application, Apple Academic Press, 2019, <https://doi:10.1201/9781351247061-5>.
- [16] K. K. Sharma and U. S. Singh, "Cultural and morphological characterization of rhizospheric isolates of fungal antagonist *Trichoderma*," *J. Appl. Nat. Sci.*, vol. 6, no. 2, pp. 451–456, 2014, <https://doi:10.31018/JANS.V6I2.481>.
- [17] M. E. López-López et al., "Isolation and characterization of *Trichoderma* spp. for antagonistic activity against avocado fruit pathogens," *Horticulturae*, vol. 8, no. 8, p. 714, 2022, <https://doi:10.3390/horticulturae8080714>.
- [18] J. S. Muljowati et al., "Exploration and morphological characterization of *Trichoderma* spp. from organic waste at TPST Rempoah-Baturraden, Banyumas Regency," *E3S Web Conf.*, vol. 609, p. 01003, 2025, <https://doi:10.1051/e3sconf/202560901003>.
- [19] P. Vashisht et al., "Morpho cultural and biochemical characterization of different isolates of *Trichoderma* species isolated from rhizospheric soil of cotton in Haryana," *preprint, Research Square*, 2024, <https://doi:10.21203/rs.3.rs-4353981/v1>.
- [20] B. Chethana and M. K. P. Kumar, "Rice stem rot *Sclerotium hydrophilum* Sace isolated and characterized in Southern Karnataka," *Oryza Int. J. Rice*, vol. 56, no. 2 pp. 242–245, 2019, <https://doi:10.35709/ORY.2019.56.2.10>.
- [21] C. Ordóñez-Valencia et al., "Morphological development of sclerotia by *Sclerotinia sclerotiorum*: a view from light and scanning electron microscopy," *Ann. Microbiol.*, vol. 65, no. 2, pp. 765–770, 2015, <https://doi:10.1007/s13213-014-0916-x>.
- [22] L. Valdés-Santiago et al., "Application of two-photon microscopy to study *Sclerotium cepivorum* Berk. sclerotia isolated from naturally infested soil and produced in vitro," *Curr. Microbiol.*, vol. 78, pp. 749–755, 2021, <https://doi:10.1007/s00284-020-02341-4>.
- [23] J.-H. Kwon, H.-K. Lee, and H.-D. Lee, "Sclerotium rot of onion caused by *Sclerotium rolfsii*," *Research in Plant Disease*, vol. 17, no. 2, pp. 222–224, 2011, <https://doi:10.5423/RPD.2011.17.2.222>
- [24] F. Yin et al., "Sclerotinia rot of *Zephyranthes candida* caused by *Sclerotinia sclerotiorum* and *Sclerotinia minor*," *Front. Microbiol.*, vol. 15, 2024, <https://doi:10.3389/fmicb.2024.1414141>.
- [25] E. Zúñiga-Mendoza and L. F. Ceja-Torres, "In vitro antagonism of *Trichoderma harzianum* on *Sclerotium cepivorum* Berk. and *S. rolfsii* Sacc. causal agents of onion rot," *Phyton-Int. J. Exp. Bot.*, vol. 86, no. 1, pp. 7–13, 2017, <https://doi:10.32604/PHYTON.2017.86.007>.
- [26] S. K. Kushwaha et al., "Eficacia de *Trichoderma* contra *Sclerotium rolfsii*, causante de la podredumbre del collar de la lenteja en condiciones *in vitro*," *Rev. Cienc. Appl. Nat.*, vol. 10, no. 1, pp. 307–312, 2018.
- [27] M. Basumatary et al., "Some *in vitro* observations on the biological control of *Sclerotium rolfsii*, a serious pathogen of various agricultural crop plants," *J. Agric. Vet. Sci.*, vol. 8, no. 2, pp. 87–94, 2015.
- [28] M. Garrido-Rondoy and N. Vilela-Severino, "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," *Sci. Agropec.*, vol. 10, no. 2, pp. 199–206, 2019, <https://doi:10.17268/sci.agropec.2019.02.05>.

