

**Artículo Original**

***INTERACCIÓN IN VITRO ENTRE TRICHODERMA HARZIANUM  
RIFAI LBMA 34 Y METARHIZIUM ANISOPLIAE LBMA 11***

***IN VITRO INTERACTION BETWEEN TRICHODERMA HARZIANUM RIFAI  
LBMA 34 AND METARHIZIUM ANISOPLIAE LBMA 11***

Claudia Arias Rodríguez<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0003-1105-8120>  
Siannah María Más Diego<sup>1\*</sup> <https://orcid.org/0000-0002-1464-3985>  
Héctor Elpidio Tejera Cisneros<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0002-9209-1960>  
José Ramón Guerrero Haber<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0003-4896-6317>  
Daniela Justiz Suarens<sup>2</sup> <https://orcid.org/0009-0008-5353-1274>  
Nelly Elena Caminero Galano<sup>2</sup> <https://orcid.org/0009-0007-8918-5353>

<sup>1</sup> Centro Nacional de Electromagnetismo Aplicado (CNEA). Universidad de Oriente.  
Santiago de Cuba, Cuba.

<sup>2</sup> Facultad de Ingeniería Química y Agronomía. Universidad de Oriente. Santiago de Cuba, Cuba.

Recibido: Febrero 5, 2026; Revisado: Febrero 14, 2026; Aceptado: Febrero 23, 2026

**RESUMEN**

**Introducción:**

La agricultura enfrenta desafíos como el uso excesivo de pesticidas y la resistencia de plagas, por lo que es necesario emplear alternativas innovadoras como agentes de control biológico para garantizar su sostenibilidad y productividad.

**Objetivo:**

Evaluar el comportamiento *in vitro* del crecimiento del hongo *Trichoderma harzianum* LBMA 34 frente a *Metarhizium anisopliae* LBMA 11.

**Materiales y Métodos:**

Se midió la distancia a la cual se enfrentaron los hongos. Se emplearon distancias de 2, 4 y 6 cm en una placa de 8,5 cm. Se midió el crecimiento radial entre ellos y por separado y se determinaron los parámetros de calidad correspondientes a la concentración de conidios, viabilidad y pureza.



Este es un artículo de acceso abierto bajo una Licencia *Creative Commons* Atribución-No Comercial 4.0 Internacional, lo que permite copiar, distribuir, exhibir y representar la obra y hacer obras derivadas para fines no comerciales.

\* Autor para la correspondencia: Siannah M. Mas, Email: [siannah@uo.edu.cu](mailto:siannah@uo.edu.cu)



## **Resultados y Discusión:**

*Trichoderma harzianum* crece más rápido que *Metarhizium anisopliae* LBMa 11 por 1,8 mm/día. Ambos mantienen parámetros de calidad similares, y la mayor distancia entre ellos (6 cm) favorece el desarrollo y expansión de *M. anisopliae* al reducir la competencia.

## **Conclusiones:**

*Trichoderma harzianum* LBMa 34 presenta un crecimiento más rápido que *Metarhizium anisopliae* LBMa 11, aunque este último se ve significativamente favorecido por una mayor separación espacial (6 cm vs 2 cm) que reduce la competencia y permite su rápido establecimiento.

**Palabras clave:** interacción *in vitro*; *Metarhizium anisopliae*; *Trichoderma harzianum*.

## **ABSTRACT**

### **Introduction:**

Agriculture faces challenges such as excessive pesticide use and pest resistance, making it necessary to employ innovative alternatives such as biological control agents to ensure its sustainability and productivity.

### **Objective:**

To evaluate the *in vitro* behavior of the growth of the fungus *Trichoderma harzianum* LBMa 34 against *Metarhizium anisopliae* LBMa 11.

### **Materials and Methods:**

The distance at which the fungi faced each other was measured, using distances of 2, 4, and 6 cm on an 8.5 cm plate. Radial growth between them and separately was measured, and the quality parameters corresponding to concentration, viability, and purity were determined.

### **Results and Discussion:**

*Trichoderma harzianum* LBMa 34 grows faster than *Metarhizium anisopliae* LBMa 11 by 1.8 mm/day. Both maintain similar quality parameters, and the greater distance between them (6 cm) favors the development and expansion of *M. anisopliae* by reducing competition.

### **Conclusions:**

*Trichoderma harzianum* LBMa 34 exhibits faster growth than *Metarhizium anisopliae* LBMa 11, although the latter is significantly favored by greater spatial separation (6 cm vs 2 cm), which reduces competition and allows for rapid establishment.

**Keywords:** *in vitro* interaction; *Metarhizium anisopliae*; *Trichoderma harzianum*.

## **1. INTRODUCCIÓN**

La producción agrícola mundial enfrenta el reto de satisfacer la creciente demanda de alimentos, afectada principalmente por la disminución de los rendimientos debido a plagas. El uso intensivo e indiscriminado de plaguicidas sintéticos ha provocado resistencia en las plagas, resurgencia de enfermedades y contaminación ambiental, lo que ha generado un rechazo creciente hacia el control químico y una búsqueda activa de alternativas sostenibles (FAO, 2021).

---

Entre las estrategias emergentes destaca el control biológico, que utiliza organismos vivos como hongos, bacterias y nemátodos para reducir poblaciones de plagas sin dañar el medio ambiente ni la salud humana. En particular, los hongos entomopatógenos como *Metarhizium anisopliae* y los antagonistas como *Trichoderma harzianum* han demostrado eficacia tanto en el control de insectos como en la promoción del crecimiento vegetal y la supresión de patógenos del suelo (Andrade et al., 2023).

Los hongos del género *Trichoderma* se utilizan como agentes de biocontrol contra patógenos de las plantas. Muchas cepas de *Trichoderma* son capaces de producir compuestos como reguladores del crecimiento que causan cambios sostenibles en el metabolismo de las plantas (Dutta et al., 2023).

El empleo combinado de microorganismos benéficos es una tendencia actual para lograr sistemas agrícolas más sanos y productivos (Zhang et al., 2024), pero requiere conocer la compatibilidad entre ellos para evitar efectos antagónicos y optimizar su aplicación. En este sentido, es fundamental estudiar la interacción entre *Trichoderma harzianum* y *Metarhizium anisopliae* bajo condiciones controladas, para fundamentar el desarrollo de formulaciones conjuntas y nuevas estrategias de manejo integrado de plagas. Por lo que el objetivo es evaluar el comportamiento in vitro del crecimiento del hongo *Trichoderma harzianum* LBMa 34 frente a *Metarhizium anisopliae* LBMa 11.

## **2. MATERIALES Y MÉTODOS**

El estudio se desarrolló en el Laboratorio Provincial de Sanidad Vegetal, en el departamento de Entomopatógenos, ubicado en Carretera de Siboney km 6 ½ La Redonda, y en el Laboratorio de Fermentación del Centro Nacional de Electromagnetismo Aplicado, ubicado en Ave Las Américas s/n e/ Calle I y L, Reparto Ampliación de Terraza, Santiago de Cuba.

Se emplearon las cepas *Trichoderma harzianum* Rifai LBMa 34 y *Metarhizium anisopliae* Metschnikoff Sorokin LBMa 11 provenientes del banco de cepas del Instituto Nacional de Sanidad Vegetal (INISAV), La Habana. Los microorganismos se conservaron en el banco de cepas del Laboratorio Provincial de Sanidad Vegetal, Santiago de Cuba. Se utilizó como medio de conservación Agar Papa Dextrosa (PDA, por sus siglas en inglés).

### **2.1. Parámetros medidos**

Pureza microbiológica: Se determinó por el método de placa invertida descrito por Santos et al. (2022). Se observó a las 48 h para determinar la presencia de unidades formadoras de colonia (UFC) de posibles bacterias en cada placa. Para detectar la presencia de hongos contaminantes se observó a los 5 días.

Concentración de conidios: Se realizó el conteo en cámara de Neubauer (Márquez et al., 2010). Se contaron las células por observación al microscopio óptico (Zeiss) con el objetivo de 40x.

Viabilidad por tubo germinativo: Se realizó la observación microscópica de la germinación de conidios en medio sólido PDA (Silva, 2021).

Velocidad de crecimiento radial: Se inocularon 0,05 mL de una solución de agua destilada con una concentración de  $10^5$  conidios/mL en el centro de la placa de Petri, con 15 mL de medio de cultivo PDA. Se incubó a 28 °C y se realizaron mediciones diarias

---

del diámetro de crecimiento de cada microorganismo hasta la interacción. Se evaluó la distancia a la cual se enfrentaron los hongos. Se utilizaron distancias de 2, 4 y 6 cm en una placa de 8,5 cm.

Los datos se obtienen midiendo el diámetro de las colonias en placas de Petri durante un periodo de 4 días, calculando el promedio diario del crecimiento radial. La velocidad de crecimiento radial es el valor que se obtiene de realizar un análisis de regresión lineal para los datos de diámetro de colonia vs. tiempo en cada tratamiento.

La compatibilidad entre los hongos se determinó mediante la observación del crecimiento radial en placas, evaluando el efecto de la cercanía entre cepas sobre la expansión del micelio.

## **2.2. Desarrollo experimental**

### **2.2.1 Desarrollo individual de los microorganismos**

Para el análisis del crecimiento de los hongos por separado se realizaron dos experimentos (crecimiento de *T. harzianum* LBMa 34 y crecimiento de *M. anisopliae* LBMa 11 en placas de Petri) con 3 réplicas cada uno. Se tomaron muestras a los 7 días ya que con ese tiempo *T. harzianum* LBMa 34 termina su crecimiento y *M. anisopliae* LBMa 11 está completamente esporulado. Se determinaron los parámetros de calidad: pureza, concentración, velocidad de crecimiento radial y viabilidad, para realizar una comparación entre ambos microorganismos.

### **2.2.2 Ensayo de compatibilidad entre los microorganismos**

Para el análisis de la compatibilidad de los hongos se realizaron 3 experimentos con 3 réplicas cada uno. Se realizó el diseño exploratorio para observar la compatibilidad de los microorganismos, explorándose un factor a 3 niveles. En el diseño para el análisis de la compatibilidad de los hongos se consideró como factor:

- X<sub>1</sub>: Distancia de separación entre los microorganismos, niveles (cm): 2, 4 y 6.

Las variables fijas fueron:

- X<sub>2</sub>: Temperatura (30 °C) óptima para el crecimiento de ambos microorganismos.
- X<sub>3</sub>: Humedad relativa ( $\pm$  80%) óptima para el crecimiento de ambos microorganismos.

La variable dependiente fue:

- Y<sub>1</sub>: Crecimiento radial (cm).

Para el procesamiento de las imágenes se empleó la aplicación ImageMeter 3.8.25-4 para sistema operativo Android. Para procesar los datos experimentales se empleó el paquete estadístico STATGRAPHICS Centurión XV v 15.2.14 y *Microsoft Excel* v. 2016.

## **3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

A continuación, se presentan los resultados de los experimentos realizados a los hongos de forma individual y combinada. La pureza microbiológica fue de un 100 % para todos los tratamientos ya que no se observó presencia de contaminantes en el cultivo. Se demostró que se trabajó en condiciones de asepsia, con los medios de protección necesarios que garantizan un bajo nivel de contaminación, por lo que son aceptados por la norma de calidad norma (NC 1016, 2022).

---

### **3.1. Evaluación del comportamiento individual de cada hongo**

#### **3.1.1 Concentración de conidios**

Los valores promedios de la concentración de conidios para cada hongo de manera individual mostraron que *Trichoderma harzianum* LBMa 34 produjo una cantidad notablemente superior de conidios con un promedio de  $7,5 \times 10^8$  conidios/g, superior a la de *Metarhizium anisopliae* LBMa 11 ( $6 \times 10^8$  conidios/g). En la mayoría de las especies de hongos entomopatógenos, los valores más habituales de producción oscilan alrededor de  $10^8$  y  $10^9$  conidios por gramo de sustrato. En los cultivos, una concentración de  $10^8$  conidios/g, puede reducir poblaciones de plagas en un 70 -90 % (Viera et al, 2020).

#### **3.1.2 Viabilidad**

La viabilidad de ambos microorganismos se mantuvo superior al 95 %, indicando un producto confiable y efectivo para la agricultura sostenible. Este parámetro, clave para su eficacia como agentes de biocontrol, cumple con los requisitos establecidos por la norma ISO 9001, (2015) y el anexo técnico del Ministerio de la Agricultura (Instituto de Sanidad Vegetal, Ministerio de la Agricultura, 2016), que exigen valores superiores al 90 %. Estos resultados concuerdan con estudios previos de Gutiérrez et al. (2025), que obtuvo un 96 % de germinación para *Metarhizium* sp. en 24 horas bajo condiciones controladas.

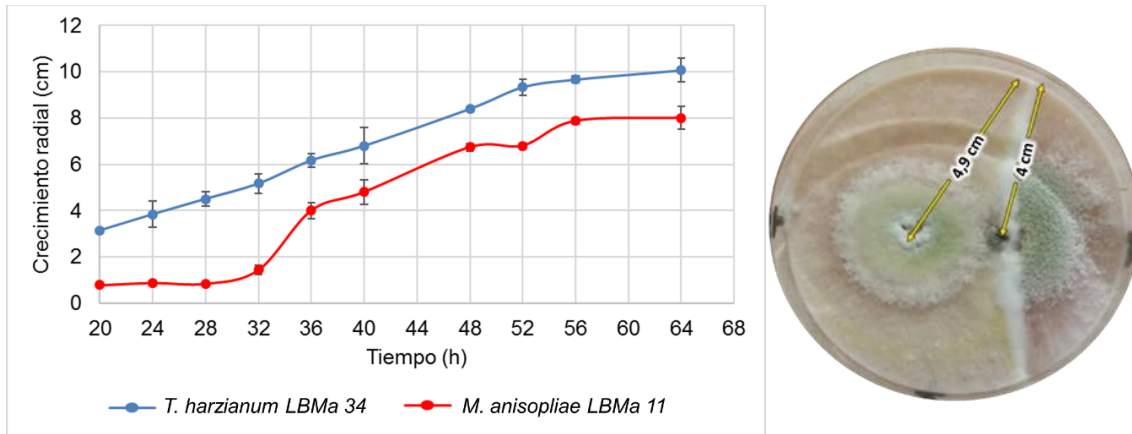
#### **3.1.3 Velocidad de crecimiento radial**

Los valores promedio de crecimiento radial mostraron que *T. harzianum* LBMa 34 presentó una velocidad de crecimiento constante de 5 mm/día, siendo descrito como un hongo de crecimiento rápido y un colonizador agresivo (Miguel et al., 2021). Su capacidad para ocupar el espacio es notablemente superior, aunque su velocidad específica de crecimiento máxima ( $\mu$ ) se reporta en  $0,06 \text{ h}^{-1}$  en condiciones de control (Mas et al., 2019). Por su parte, *M. anisopliae* LBMA-11 presentó un crecimiento promedio de 3,2 mm/día. Su velocidad de crecimiento radial varía según la cepa y las condiciones; por ejemplo, en PDA a 25 °C se han registrado tasas de  $2,24 \pm 0,11$  mm/día, mientras otros aislados alcanzan  $2,63 \pm 0,18$  mm/día (García et al., 2020). Bajo condiciones controladas, una cepa de *Metarhizium robertsii* destacó con una tasa de 3,33 mm/día (Gutiérrez et al., 2025).

### **3.2. Evaluación de la compatibilidad entre los hongos**

En todos los experimentos el análisis de las muestras se inició a las 20 horas debido a que a ese tiempo de siembra fue que comenzó a ser visible el micelio de los hongos para el análisis de las imágenes.

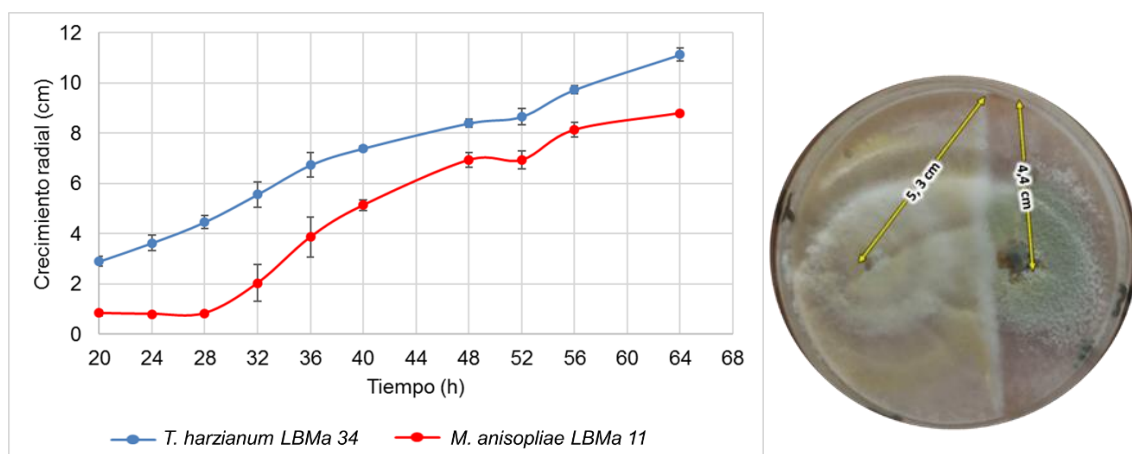
El comportamiento del crecimiento radial promedio del hongo antagonista *Trichoderma harzianum* LBMa 34 frente al hongo entomopatógeno *Metarhizium anisopliae* LBMa 11 a 2 cm de distancia mostró que luego de las 32 horas *M. anisopliae* logra establecerse en el medio y presenta un crecimiento constante hasta las 56 horas. A medida que ambos hongos colonizan la placa, alrededor de las 56 horas se alcanza una fase estacionaria en el crecimiento, ya que el espacio físico y los recursos disponibles se agotan, impidiendo una mayor expansión micelial (figura 1).



**Figura 1.** Crecimiento radial de los hongos *Trichoderma harzianum* LBMa 34 y *Metarhizium anisopliae* LBMa 11 a 2 cm de distancia de separación (Elaboración propia)

Cuando la separación entre ambos microorganismos es de 2 cm, *M. anisopliae* LBMa 11 presenta un retraso significativo, iniciando su crecimiento hasta las 32 horas, lo que evidencia que la proximidad con *T. harzianum* LBMa-11 genera una fuerte inhibición sobre su desarrollo. En cambio, *T. harzianum* LBMa 11 muestra un crecimiento constante y vigoroso. Esta inhibición puede explicarse por varios mecanismos, entre ellos la competencia directa por nutrientes y espacio, así como la posible producción de compuestos antibióticos o enzimas antagonistas (Mónaco & Larran, 2024) por parte de *T. harzianum*, que limitan la expansión de *M. anisopliae*.

Al aumentar la distancia a 4 cm, la interacción competitiva se reduce, permitiendo que *M. anisopliae* LBMa 11 inicie su crecimiento antes de las 32 horas, con un ritmo más acelerado y un desarrollo más amplio que en la distancia de 2 cm. Esto indica que la mayor separación disminuye la presión competitiva ejercida por *T. harzianum* LBMa 34, favoreciendo un ambiente más propicio para el establecimiento de *M. anisopliae* LBMa 11. El crecimiento de *T. harzianum* LBMa 34 se mantiene constante lo que ratifica su alta capacidad para colonizar espacios (figura 2).

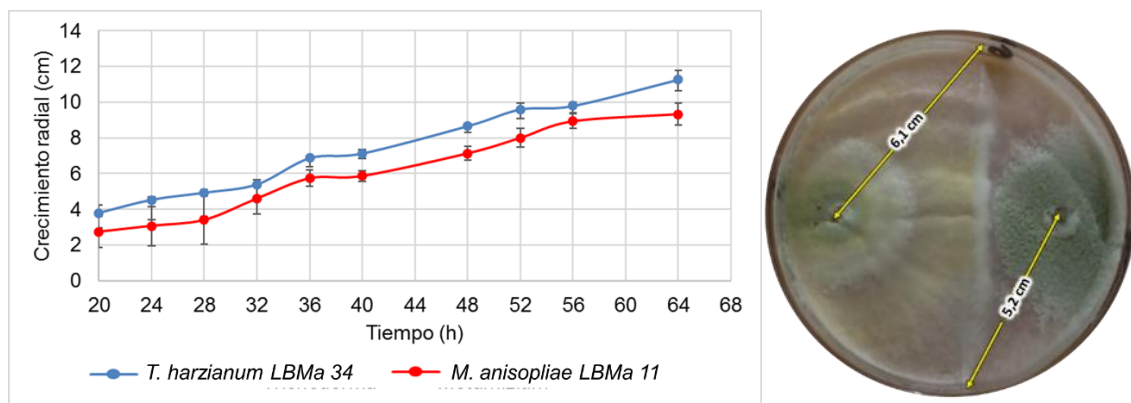


**Figura 2.** Crecimiento radial de los hongos *Trichoderma harzianum* LBMa 34 y *Metarhizium anisopliae* LBMa 11 a 4 cm de distancia de separación (Elaboración propia)

Cuando la distancia entre los hongos es de 6 cm (figura 3), *M. anisopliae* LBMa 11 comienza su crecimiento a las 20 horas, igualando el inicio del crecimiento de *T.*

*harzianum* LBMa 34. La colonia de *M. anisopliae* alcanza un radio de 5,2 cm, mayor que las distancias anteriores. Entre las 36 y las 40 horas en ambos microorganismos se observa una fase estacionaria debido que en este tiempo fue que los microorganismos se encontraron en la placa y estaban realizando un reconocimiento. Luego de las 40 horas, ambos microorganismos continuaron su crecimiento de manera constante hasta las 56 horas, donde ya habían colonizado toda la placa.

Este patrón demuestra claramente que la distancia física entre microorganismos es un factor determinante para su coexistencia y desarrollo, ya que a mayor separación se reduce la interferencia competitiva y se facilita el crecimiento independiente de cada especie. Se observó que mientras más cerca estaba el *M. anisopliae* más se le dificultaba su crecimiento.



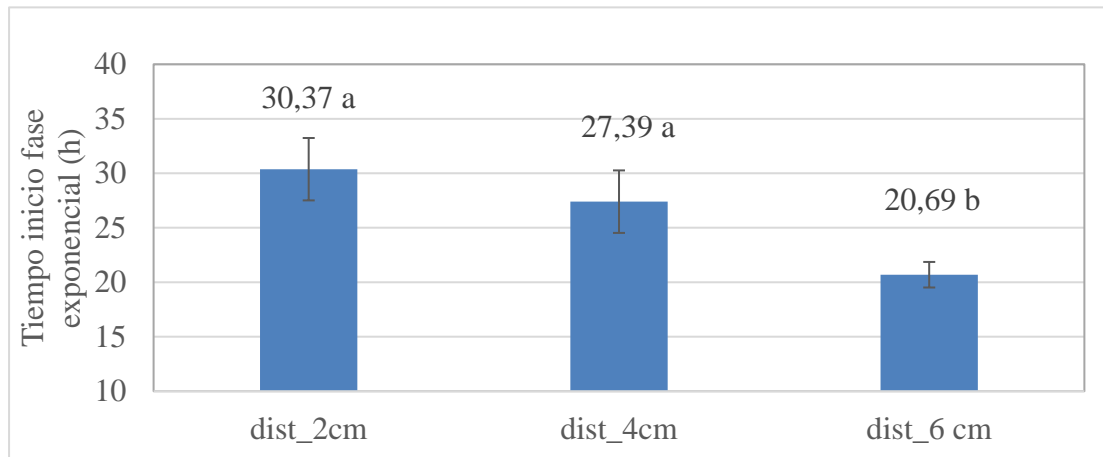
**Figura 3.** Crecimiento radial de los hongos *Trichoderma harzianum* LBMa 34 y *Metarhizium anisopliae* LBMa 11 a 6 cm de distancia de separación (Elaboración propia)

La interacción entre *T. harzianum* LBMa 34 y *M. anisopliae* LBMa 11 constituye un modelo complejo de competencia microbiana, mediada por la producción de metabolitos secundarios y enzimas hidrolíticas. *T. harzianum* posee una clara ventaja competitiva debido a su síntesis de una amplia gama de metabolitos antifúngicos (como trichodermina y peptaiboles) y enzimas líticas que degradan la pared celular de hongos competidores, inhibiendo su desarrollo (Morejón et al., 2024). Por su parte, *Metarhizium anisopliae* secreta destruxinas (variantes A, B, C, E y A2), hexadepsipéptidos cíclicos con una estabilidad térmica excepcional que resisten hasta 120 °C; estas toxinas eliminan plagas al inducir inmunosupresión mediante su unión a las proteínas BmTEME214 y BmSEC23 (Sowmya et al., 2024). Esta dinámica antagónica no solo es bioquímica, sino que también está influenciada por la competencia por espacio y nutrientes, donde la distancia de siembra modula la colonización (Pincay et al., 2021). El resultado es un equilibrio dinámico, donde la producción de destruxinas por *M. anisopliae* contrarresta parcialmente la dominancia de *T. harzianum*, variando según las condiciones ambientales y las cepas específicas.

### 3.3. Influencia de la distancia de siembra en el tiempo de inicio de la fase exponencial de crecimiento

La distancia de siembra influyó significativamente en el inicio de la fase exponencial de crecimiento de *Metarhizium anisopliae* LBMa 11 ( $p < 0,05$ ). A distancias cortas, este

hongo inició su crecimiento tardíamente, alrededor de las 30 horas, sin diferencias significativas entre los experimentos donde se separan a 2 y 4 cm. En contraste, a 6 cm de separación, el inicio se adelantó hasta aproximadamente las 20 horas (figura 4).



**Figura 4.** Influencia de la distancia de siembra en el tiempo de inicio de la fase exponencial de crecimiento

Como se observa de la figura 4, existen diferencias estadísticamente significativas para la distancia de 6 cm con respecto a los otros tratamientos. Estos resultados evidencian que la proximidad con *T. harzianum* LBMa 34 genera una presión competitiva que retrasa el establecimiento de *M. anisopliae* LBMa 11, mientras que una mayor separación reduce la interferencia y favorece su desarrollo.

Las diferencias observadas pueden explicarse por las características morfológicas y fisiológicas de cada especie. *T. harzianum* se caracteriza por un crecimiento radial rápido, con colonias de aspecto algodonoso y abundante producción de conidios, lo que le permite ocupar rápidamente el espacio disponible y ejercer un efecto de exclusión competitiva. En cambio, *M. anisopliae* presenta un crecimiento más lento y colonias inicialmente compactas, con una fase de adaptación prolongada antes de alcanzar su máxima tasa de expansión (Razak et al., 2023). Esta diferencia en la velocidad de colonización explica por qué, en distancias cortas, *M. anisopliae* queda rezagado frente al avance vigoroso de *T. harzianum*.

Además, la morfología de los conidios y la estructura del micelio contribuyen a estas dinámicas. *T. harzianum* produce conidios pequeños y abundantes, fácilmente dispersables, mientras que *M. anisopliae* genera conidios más grandes y menos numerosos, lo que condiciona su capacidad de colonización inicial. A nivel fisiológico, *T. harzianum* secreta enzimas hidrolíticas (quitinasas, glucanasas) y metabolitos antifúngicos que degradan la pared celular de hongos competidores, inhibiendo su crecimiento (Morejón et al. 2024). Por su parte, *M. anisopliae* produce destruxinas, metabolitos con actividad insecticida (López, 2017) y efectos antifúngicos más limitados, lo que le confiere desventaja en interacciones directas con antagonistas.

La distancia de siembra modula no solo la competencia espacial, sino también la expresión de las características morfológicas y fisiológicas de cada hongo. A 6 cm de separación, *M. anisopliae* expresa su máximo potencial de crecimiento radial, mientras que *T. harzianum* mantiene un ritmo constante de colonización. Dado que este

tratamiento mostró diferencias estadísticamente significativas respecto a los demás, se analizó el comportamiento de los microorganismos y se obtuvieron las ecuaciones que describen su crecimiento.

### 3.3.1 Ecuaciones de crecimiento individual de los microorganismos

Las ecuaciones obtenidas para ambos microorganismos representan modelos de regresión lineal que describen su comportamiento de crecimiento en cultivo dual. Estas ecuaciones permiten analizar las dinámicas de crecimiento y las interacciones competitivas entre ambas especies fúngicas.

- Para *T. harzianum* LBMa 34:

$$Dc = 0,1736 * t + 0,2556 \quad (1)$$

$$R^2 = 0,9914$$

Donde:  $Dc$  es diámetro de la colonia (cm) y  $t$  es tiempo (h)

La ecuación de *T. harzianum* LBMa 34 muestra una pendiente positiva de 0,1736, lo que indica una tasa de crecimiento constante y favorable a lo largo del tiempo. La ordenada al origen positiva (0,2556) sugiere que este microorganismo presenta un crecimiento inicial inmediato sin una fase de adaptación prolongada, esto se debe a que en el modelo se tomaron los valores a partir de las 20 horas.

- Para *M. anisopliae* LBMa 11:

$$Dc = 0,1644 * t - 0,6978 \quad (2)$$

$$R^2 = 0,9807$$

Donde:  $Dc$  es diámetro de la colonia (cm) y  $t$  es tiempo (h)

En contraste, *M. anisopliae* LBMa 11 presenta una pendiente ligeramente menor (0,1644) y una ordenada al origen negativa (-0,6978). Esta ordenada negativa es particularmente significativa, ya que indica que el microorganismo experimenta una fase de adaptación más prolongada antes de establecer un crecimiento positivo.

### 3.4. Propuesta de aplicación combinada

Se recomienda mantener una separación física, al menos 6 cm, entre los sitios de aplicación de ambos hongos, ya que a mayor distancia se reduce la competencia y ambos pueden establecerse y desarrollarse mejor.

Se recomienda aplicar *Metarhizium anisopliae* LBMa 11 y *Trichoderma harzianum* LBMa 34 de manera conjunta en el campo, aprovechando su compatibilidad demostrada *in vitro*. Para maximizar la eficacia de ambos microorganismos y reducir la competencia directa, se sugiere que *Metarhizium anisopliae* debe aplicarse principalmente en follaje o tronco, orientado al control de insectos plaga, mientras que *Trichoderma harzianum* debe aplicarse en la rizosfera (suelo). En este sentido, en la investigación de González (2020) se obtuvo que *Metarhizium anisopliae* promovió un incremento notable del contenido de clorofila a en las plantas con las que se evaluó la interacción. En este propio trabajo investigativo se plantea que muchas especies de *Trichoderma* son capaces de colonizar externa e internamente las raíces de diferentes especies de plantas logrando establecer simbiosis. Además, es sabido que la mayoría de los insectos hospedadores de *Metarhizium anisopliae* pertenecen a los Coleópteros, muchos de los cuales se encuentran en las hojas de las plantas (Negrete, 2021) y otros actúan como insectos descortezadores (Maca et al., 2023).

---

En cuanto a los cultivos, preferentemente usando formulaciones sólidas secas (polvo mojable o granulado), para el control de patógenos del suelo y estimulación del crecimiento vegetal. Estas formulaciones han sido evaluadas y se ha visto su eficacia en varias investigaciones (Bermeo, 2017; Pillpe, 2025)

#### 4. CONCLUSIONES

1. En cuanto al crecimiento individual de cada hongo, *Trichoderma harzianum* LBMa 34 presenta una velocidad de crecimiento superior que *Metarhizium anisopliae* LBMa 11 con una diferencia de 1,8 mm/día. Los parámetros de viabilidad, concentración de conidios y pureza se mantuvieron semejantes en ambos microorganismos cumpliendo con las normas de calidad vigentes.
2. La distancia de siembra entre *T. harzianum* LBMa 34 y *M. anisopliae* LBMa 11 afecta significativamente el crecimiento de *M. anisopliae*. A 6 cm de separación, el inicio de la fase exponencial de crecimiento se adelantó en aproximadamente 7 horas con respecto a la distancia de siembra de 4 cm y en 10 horas con respecto a la de 2 cm.

#### AGRADECIMIENTOS

La investigación se vincula con las tareas del proyecto de I+D+i PT223SC001-012 "BIOMAG: tecnología de producción de biocontroladores de plagas con campo magnético", perteneciente al Programa Territorial de CITMA "Producción Sostenible de Alimentos".

#### REFERENCIAS

- Andrade, P., Rivera, M. N., Landero, N., Silva, H. V., Martínez, S. J., & Romero, O. (2023). Beneficios ecológicos y biológicos del hongo cosmopolita *Trichoderma* spp. en la agricultura: una perspectiva en el campo mexicano. *Revista Argentina de Microbiología*, 55(4), 366-377. <https://doi.org/10.1016/j.ram.2023.06.005>
- Bermeo, B. J. E. (2017). Evaluación de la estabilidad y sobrevivencia de esporas de *Trichoderma asperellum* y *Purpureocillium lilacinum* en cuatro tipos de bioformulaciones. [Trabajo de titulación previo a la obtención del Título de Ingeniera Ambiental, Universidad Politécnica Salesiana]. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/14551>
- Dutta, P., Mahanta, M., Singh, S. B., Thakuria, D., Deb, L., Kumari, A., Gunadhya, K. U., Boruah, S. S., Dey, U., Mishra, A. K., Vanlaltani, L., VijayReddy, D., Heisnam, P. H., & Pandey, A. K. (2023). Molecular interaction between plants and *Trichoderma* species against soil-borne plant pathogens. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1145715. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1145715>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2021). El estado mundial de la agricultura y la alimentación 2021: Lograr que los sistemas agroalimentarios sean más resilientes a las perturbaciones y tensiones. <https://www.fao.org/documents/card/es/c/cb4476es>
- García, C., García, M. I., Vejar, G., & Meza, L. (2020). Macromorfología y crecimiento radial de cepas de hongos entomopatógenos suplementado con polvo de
-

- lepidópteros. *Revista Colombiana de Entomología*, 46(1), e10164. <https://doi.org/10.25100/socolen.v46i1.10164>
- González, P. E. (2020). *Efecto de la inducción del crecimiento de plantas durante la interacción en contacto y a distancia con los hongos benéficos Trichoderma spp. y Metarhizium anisopliae*. [Tesis para obtener el grado de Doctor(a) en Ciencias en Biología Molecular, Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, A.C. San Luis Potosí]. <https://repositorio.ipicyt.edu.mx/handle/11627/5477>
- Gutiérrez, C. G., Jiménez, L. A. M., García, N. M. R., & González, A. L. (2025). Evaluación de la patogenicidad de *Metarhizium robertsii* y *Beauveria bassiana* contra *Chloridea virescens* (Lepidoptera: Noctuidae). *Revista Colombiana de Entomología*, 51(1), e13038. <https://doi.org/10.25100/socolen.v51i1.13038>
- Instituto de Sanidad Vegetal, Ministerio de la Agricultura. (2016). Sistema de Gestión de la Calidad para los Centros de Reproducción de Entomófagos y Entomopatógenos (CREE): basado en la NC-ISO 9001:2015 y anexo técnico. La Habana, Cuba, Ministerio de la Agricultura.
- ISO 9001, (2015). Sistemas de gestión de la calidad — Requisitos (5ª ed.) International Organization for Standardization. ISO. <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9001:ed-5:v1:es>
- López, M. J. (2017). *Actividad Nematostática de extractos liofilizados de cultivo de Metarhizium anisopliae sobre Nacobus aberrans*. [Tesis para obtener el grado de Maestra en Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma Metropolitana]. <https://repositorio.xoc.uam.mx/jspui/bitstream/123456789/2064/1/181307.pdf>
- Maca, Y. G., Rodríguez, S., Vela, G., & Castellanos, J. (2023). *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) Sorokin para el control biológico de *Dendroctonus* sp. (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae), en México. *Latin American Journal of Development*, 5(2), 475-487. <https://ojs.latinamericanpublicacoes.com.br/ojs/index.php/jdev/article/view/1355/1187>
- Márquez, M. E., Fernández-Larrea, O., Jiménez, J., Elósegui, O., Gómez, R., Carreras, B., & Baró, Y. (Eds.). (2010). Formas de obtención de controladores biológicos microbianos para su uso en el sistema de producción agrícola del MINAG. Instituto Nacional de Investigaciones de Sanidad Vegetal (INISAV). <https://isbn.cloud/9789597194378/formas-de-obtencion-de-controladores-biologicos-microbianos-para-su-uso-en-el-sistema-de-produccion/>
- Mas, S. M., Lobaina, E., Rodríguez, I. L., Tejera, H. E., & Núñez, E. (2019). Modelación de la formación de biomasa de *Trichoderma harzianum* Rifai (A-34) en fase sólida. *Tecnología Química*, 39(2), 444-456. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2224-61852019000200444](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-61852019000200444)
- Miguel, L., Romero, O., Andrade, P., Sánchez, P., Rivera, J. A., & Fernández, S. P. (2021). Actividad antifúngica de *Trichoderma harzianum* y *T. koningiopsis* contra *Fusarium solani* asociado en la germinación y vigor de plántulas de chile Miahuateco. *Revista mexicana de fitopatología*, 39(2), 228-247. <https://doi.org/10.18781/R.MEX.FIT.2101-5>
- Mónaco, C. I., & Larran, S. (2024). Antagonistas microbianos como agentes de
-

- biocontrol. Capítulo del libro *Introducción a la Fitopatología Vegetal*. Editorial de la Universidad Nacional de La Plata (EDULP). Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. ISBN: 978-950-34-2447-6. 191-208.  
<https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/181262>
- Morejón, K. R. M., Hidalgo, Z. K. S., Yopez, P. I. T., & Montesdeoca, M. Á. H. (2024). Interacciones antagónicas entre *Trichoderma* spp. y *Fusarium oxysporum* f. sp. cubense R1: un estudio in vitro sobre competencia y antibiosis. *Pro Sciences: Revista de Producción, Ciencias e Investigación*, 8(54), 12-23.  
<https://journalprosciences.com/index.php/ps/article/view/748>
- NC 1016:2022., (2022). *Biotecnología Agrícola - Biopreparados de Entomopatógenos - Métodos de Ensayo*. Oficina Nacional de Normalización (NC). Cuba.
- Negrete, C. D. N. (2021). *Revisión bibliográfica de protocolos de manejo de biocontroladores (Metarhizium anisopliae) en su captura, aislamiento y propagación salache-ceypsa 2021*. [Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniera Agrónoma, Universidad Técnica de Cotopaxi].  
<https://repositorio.utc.edu.ec/items/57f31a20-870d-4b83-b583-105b47b1d46f>
- Pillpe, C. A. (2025). *Eficacia de tres formulaciones de Trichoderma sp. en el control de Phytophthora cinnamomi en el cultivo del palto en Ica-Perú, 2021*. [Tesis de Maestría en Ingeniería Agrónoma con Mención en Producción Agrícola, Universidad Nacional San Luis Gonzaga].  
<https://repositorio.unica.edu.pe/items/b5f2b96a-64c3-4891-9304-150b10f757eb>
- Pincay, A., Noboa, M., Viera, W., Herrera, K., León, A., & Jackson, T. (2021). Evaluación in vitro del potencial antagonista de *Trichoderma* sp. y hongos endófitos de mora (*Rubus glaucus* Benth) para el control de *Botrytis cinerea*. *Journal of Science and Research*, 6(1), 109-124.  
<https://revistas.utb.edu.ec/index.php/sr/article/view/895>
- Razak, A. N., Syed, H., & Ambikapathy, V. (2023). Morphological characteristics of *Metarhizium anisopliae* and its bioactive compounds. *Research Journal of Agricultural Sciences*, 14(1), 24-27. <http://rjas.org/Article/DownloadFile/4389>
- Santos, A. M., Grijalba, E. P., Torres, L., & Uribe, L. A. (2022). Plaguicidas microbianos: control y aseguramiento de calidad. AGROSAVIA.  
<https://editorial.agrosavia.co/index.php/publicaciones/catalog/book/244>
- Silva, M. de la L. (2021). *Identificación de hongos oportunistas de interés clínico* [Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma de San Luis Potosí].  
<https://repositorioinstitucional.uaslp.mx/xmlui/handle/i/7472>
- Sowmya, R., Namasivayam, S. K. R., Sowmya, D., & Sivasuriyan, K. S. (2024). Pesticidal activity of extra cellular metabolites extracted from the green muscardian fungi *Metarhizium anisopliae*. *Environmental Quality Management*, 34(1), e22235.  
<https://doi.org/10.1002/tqem.22235>
- Viera, W. F., Tello, C. M., Martínez, A. A., Navia, D. F., Medina, L. A., Delgado, A. G., Perdomo, C. E., Pincay, A. K., Báez, F. J., Vázquez, W. A., & Jackson, T. (2020). Control Biológico: Una herramienta para una agricultura sustentable, un punto de vista de sus beneficios en Ecuador. *Journal of the Selva Andina Biosphere*, 8(2), 128-149. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7891239>
- Zhang, W., Wan, Y., Xu, W., Wang, Z., Chen, W., & Hu, Y. (2024). Combination of
-

microbial strains and the promotion effect on beneficial soil microbial genes and maize growth. *Journal of Plant Nutrition and Fertilizers*, 30(2), 394–405. <https://doi.org/10.11674/zwyf.2023385>

## **CONFLICTO DE INTERÉS**

Los autores declaran que no existe conflicto de interés.

## **CONTRIBUCIONES DE LOS AUTORES**

- M.Sc. Claudia Arias Rodríguez. Redacción – primera redacción, Redacción – revisión y edición, Investigación, Metodología.
  - Dr.C. Siannah María Más Diego. Redacción – revisión y edición, Investigación, Metodología, Supervisión.
  - M.Sc. Héctor Elpidio Tejera Cisneros. Redacción – revisión y edición, Investigación, Metodología, Supervisión.
  - M.Sc. José Ramón Guerrero Haber. Redacción – revisión y edición, Investigación, Metodología, Supervisión.
  - Ing. Daniela Justiz Suarens. Redacción – primera redacción, Investigación, Metodología.
  - Ing. Nelly Elena Caminero Galano. Redacción – primera redacción, Investigación, Metodología.
-