

## Evaluación de cepas de *Metarhizium robertsii* en la producción de plántulas de jitomate

Evaluation of *Metarhizium robertsii* strains in the production of tomato seedlings

Tais Amely Ramírez Torrescano<sup>1</sup>, Areli Durón Castellanos<sup>2</sup>, Juan Mauricio Ibarra Chavira<sup>2</sup>, Israel Enrique Padilla Guerrero<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Escuela de Nivel Medio Superior de Guanajuato, Colegio del Nivel Medio Superior, Universidad de Guanajuato.

<sup>2</sup> Departamento de Biología, División de Ciencias Naturales y Exactas, Campus Guanajuato, Universidad de Guanajuato. [ta.ramireztorrescano@ugto.mx](mailto:ta.ramireztorrescano@ugto.mx), [ie.padillaguerro@ugto.mx](mailto:ie.padillaguerro@ugto.mx)

### Resumen

*Metarhizium* es un hongo entomopatógeno utilizado tradicionalmente en la agricultura para el control biológico de insectos. Investigaciones recientes han revelado su capacidad para establecer relaciones simbóticas con las raíces de las plantas. El jitomate (*Solanum lycopersicum*) es uno de los cultivos más importantes a nivel mundial, y México se destaca como su principal exportador, además de ser un producto esencial en la canasta básica. Esta revisión tiene como objetivo recopilar información sobre la interacción del hongo *Metarhizium* como un microorganismo promotor del crecimiento en el jitomate. La investigación bibliográfica concluye que diversas especies de *Metarhizium*, como *M. anisopliae*, *M. robertsii*, *M. pingshaense* y *M. humberi*, pueden promover el crecimiento de *Solanum lycopersicum*.

**Palabras clave:** promotor de crecimiento vegetal, control biológico, hongo entomopatógeno.

### Introducción

El uso de microorganismos en la agricultura es una herramienta fundamental para el desarrollo de prácticas agrícolas sostenibles. Estos microorganismos benéficos ofrecen múltiples ventajas, como la fijación de nitrógeno atmosférico, la descomposición de materia orgánica, la desintoxicación de suelos contaminados con pesticidas, la supresión de enfermedades y patógenos, el reciclaje de nutrientes y la producción de compuestos bioactivos como vitaminas, hormonas y enzimas que estimulan el crecimiento vegetal. Su aplicación permite mejorar el rendimiento de los cultivos, minimizar el impacto ambiental y reducir la dependencia de fertilizantes y pesticidas químicos (Soria, 2016; Higa & Parr, 2013).

Dentro de este grupo se encuentran los microorganismos fitosanitarios, empleados para el control biológico de plagas y enfermedades. Estos pueden actuar como entomopatógenos, antagonistas de otros microorganismos, inductores de resistencia en las plantas y promotores del crecimiento, representando una alternativa sostenible a los pesticidas sintéticos (Fernández-Larrea Vega, 2001; Pucheta *et al.*, 2006; Cruz-Cárdenas *et al.*, 2021).

Ejemplos notables incluyen bacterias como *Rhizobium*, que fija nitrógeno en las raíces de leguminosas, y *Bacillus*, que produce toxinas y antibióticos para controlar patógenos (Sessitsch *et al.*, 2002; Villarreal-Delgado *et al.*, 2018).

En el reino de los hongos, *Trichoderma* es conocido por su capacidad de controlar hongos patógenos del suelo mediante antagonismo, mientras que forma asociaciones simbóticas con las raíces para mejorar la absorción de nutrientes y la resistencia a estrés biótico y abiótico (Infante *et al.*, 2009).

*Metarhizium* es un hongo abundante en el suelo, es un ejemplo destacado por su versatilidad como entomopatógeno, saprófito y endófito. Como entomopatógeno, infecta insectos penetrando su cutícula y, tras la muerte del huésped, se propaga liberando conidios. Históricamente, diferentes especies se han utilizado para controlar plagas específicas: *M. rileyi* contra lepidópteros, *M. anisopliae* contra coleópteros y *M. acridum* contra ortópteros. Más allá de su rol como agente de control biológico, investigaciones recientes han demostrado que *Metarhizium* también puede colonizar las raíces de las plantas de forma endófita y micorrízica. Específicamente, *M. robertsii* muestra una preferencia por asociarse con la rizosfera, estimulando el crecimiento radicular en cultivos como el pasto varilla y el frijol, donde se observó un desarrollo de raíces más rápido, largo y denso en comparación con plantas no tratadas (St. Leger & Wang, 2020; Sasan & Bidochka, 2012).

## Utilización de *Metarhizium* en Cultivos de Jitomate

Se han realizado diversos estudios para evaluar los efectos de la interacción de *Metarhizium* con plantas de jitomate, analizando sus procesos endofíticos y su impacto en el crecimiento. A continuación, se resumen tres investigaciones donde analizaron parámetros como la altura de la planta, la longitud de la raíz, el peso seco de brotes y raíces, el número de flores, el peso de los frutos y la tolerancia al estrés salino (Elena *et al.*, 2011; Siqueira *et al.*, 2020; Chaudhary *et al.*, 2023).

Elena y colaboradores en el 2011, evaluaron el efecto de la inoculación con tres aislados de *M. anisopliae* (Ma 8, Ma 10 y Ma 20) en el crecimiento de plantas de jitomate y se determinó su actividad endofítica. Se aplicaron tres dosis de conidios por planta ( $8 \times 10^4$ ,  $5 \times 10^8$  y  $1 \times 10^9$ ) en un diseño de bloques completos al azar con nueve réplicas. Tras 28 días, se midieron la altura de la planta, la longitud de la raíz y el peso seco de brotes y raíces. Los resultados mostraron efectos estadísticamente significativos en todos los parámetros evaluados: altura de la planta, longitud de la raíz, así como peso seco del brote y la raíz. Aunque los tres aislamientos incrementaron los parámetros aéreos, la respuesta dependió de la cepa y la dosis. Los mejores resultados se lograron con las cepas Ma 8 y Ma 10 a la dosis más alta ( $1 \times 10^9$  conidios/planta). Las dosis más bajas no generaron un aumento significativo en los parámetros de crecimiento (Elena *et al.*, 2011).

Siqueira y colaboradores en el 2020, se centraron en caracterizar bioquímicamente aislados brasileños de *Metarhizium* y evaluar los efectos de *M. robertsii* y *M. humberi* en el crecimiento, producción de frutos y acumulación de auxinas en el cultivar de jitomate "Micro-Tom" (MT). Se utilizó una línea transgénica (DR5::GUS) sensible a la auxina para visualizar su acumulación. Las plántulas fueron inoculadas con una suspensión de  $10^8$  conidios/mL de cada especie de hongo. Se evaluaron la longitud y el peso seco de brotes y raíces a los 10, 15 y 30 días después de la inoculación. La inoculación con *M. robertsii* y *M. humberi* influyó positivamente en la altura de la planta, la longitud de las raíces, la biomasa aérea y radicular, el número de flores y el peso de los frutos en comparación con las plantas control. En la mayoría de los casos, las plantas inoculadas con *M. robertsii* mostraron resultados superiores a las tratadas con *M. humberi*. Sin embargo, el número de frutos por planta no se vio afectado significativamente por los tratamientos (Siqueira *et al.*, 2020).

Chaudhary y colaboradores en el 2023, evaluaron el potencial de *Metarhizium* como bioinoculante para mitigar el estrés salino y promover el crecimiento en plantas de tomate. Los aislados de *Metarhizium* mostraron alta tolerancia a diversas concentraciones de NaCl *in vitro*, destacando *M. anisopliae* (AAUBC-M15) y *M. pinghaense* (AAUBC-M26) por su efectividad hasta 200 mM de NaCl. En experimentos con semillas y plántulas de tomate, la inoculación con *Metarhizium* (especialmente *M. pinghaense*) resultó en una mayor tasa de germinación y mejora de parámetros de crecimiento como la altura, el vigor y el peso de las plántulas bajo condiciones de salinidad. Estos hallazgos sugieren que *Metarhizium* actúa no solo reduciendo el estrés abiótico, sino también activando procesos biológicos beneficiosos en las plantas. Experimentos en maceta confirmaron la eficacia de *M. pinghaense* (AAUBC-M26) para mejorar significativamente el crecimiento de las plantas de tomate en ambientes salinos, manifestándose en el aumento de la altura, la longitud de raíces y brotes, y su peso. Además, la inoculación con *Metarhizium* incrementó la producción de compuestos bioquímicos clave como fenólicos y flavonoides, esenciales para la tolerancia al estrés salino, y modificó positivamente la anatomía radicular, como el engrosamiento de la endodermis y el aumento de células del xilema. Estos resultados posicionan a *M. pinghaense* como un prometedor bioinoculante para la agricultura en suelos salinos, ofreciendo una solución sostenible para potenciar el desarrollo vegetal en condiciones adversas (Chaudhary *et al.*, 2023).

## Conclusión

La evidencia científica revisada confirma que el hongo *Metarhizium* puede establecer relaciones endofíticas con las raíces del jitomate, extendiéndose por toda la planta. Los estudios analizados demuestran de manera consistente que ciertas especies, como *M. anisopliae*, *M. robertsii*, *M. humeri* y *M. pinghaense*, promueven eficazmente el crecimiento de *Solanum lycopersicum*. Los beneficios observados incluyen un aumento en la altura de la planta, longitud y biomasa de la raíz, número de flores, peso de los frutos y una notable mejora en la tolerancia al estrés por salinidad. Estos hallazgos posicionan a *Metarhizium* como un bioinoculante prometedor con un modo de acción diverso. Su doble capacidad para promover el crecimiento vegetal y actuar como agente de control biológico de plagas lo convierte en un candidato ideal para su integración en sistemas de agricultura sostenible. No obstante, es crucial continuar investigando la interacción entre *Metarhizium* y otras especies vegetales para comprender a fondo los mecanismos subyacentes y optimizar su aplicación en el campo.

## Bibliografía

- Chaudhary, P. J., B. L., R., Patel, H. K., Mehta, P. V., Patel, N. B., Sonth, B., Dave, A., Bagul, S. Y., M., D., Jain, D., Alsahli, A. A., & Kaushik, P. (2023). Plant Growth-Promoting Potential of Entomopathogenic Fungus *Metarhizium pinghaense* AAUBC-M26 under Elevated Salt Stress in Tomato. *Agronomy*, 13(6), 1577.
- Cruz-Cárdenas, C. I., Zelaya Molina, L. X., Sandoval Cancino, G., de los Santos Villalobos, S., Rojas Anaya, E., Chávez Díaz, I. F., & Ruiz Ramírez, S. (2021). Utilización de microorganismos para una agricultura sostenible en México: consideraciones y retos. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 12(5), 899-913.
- Elena, G. J., Beatriz, P. J., Alejandro, P., & Lecuona, R. E. (2011). *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) Sorokin promotes growth and has endophytic activity in tomato plants. *Adv Biol Res*, 5(1), 22-27.
- Fernández-Larrea Vega, O. (2001). Microorganismos antagonistas para el control fitosanitario.
- Higa, T., & Parr, J. F. (2013). Microorganismos Benéficos y efectivos para una agricultura y medio ambiente sostenibles. *Maryland (USA): Centro internacional de Investigación de Agricultura Natural, Departamento de Agricultura de los Estados Unidos*, 13(2), 128-135.
- Infante, D., Martínez, B., González, N., & Reyes, Y. (2009). Mecanismos de acción de *Trichoderma* frente a hongos fitopatógenos. *Revista de protección vegetal*, 24(1), 14-21.
- Sessitsch, A., Howieson, J. G., Perret, X., Antoun, H., & Martínez-Romero, E. (2002). Advances in *Rhizobium* Research. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 21(4), 323-378.
- Pucheta Díaz, M., Flores Macías, A., Rodríguez Navarro, S., & De la Torre, M. (2006). Mecanismo de acción de los hongos entomopatógenos. *Interciencia*, 31(12), 856-860.
- Sasan, R. K., & Bidochka, M. J. (2012). The insect-pathogenic fungus *Metarhizium robertsii* (Clavicipitaceae) is also an endophyte that stimulates plant root development. *American Journal of Botany*, 99(1), 101-107.
- Siqueira, A. C. O., Mascarin, G. M., Gonçalves, C. R., Marcon, J., Quecine, M. C., Figueira, A., & Delalibera Jr, I. (2020). Multi-trait biochemical features of *Metarhizium* species and their activities that stimulate the growth of tomato plants. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 4, 137.
- Soria, M. A. (2016). ¿Por qué son importantes los microorganismos del suelo para la agricultura? *Química Viva*, 15(2), 3-10.
- St. Leger, R. J., & Wang, J. B. (2020). *Metarhizium*: jack of all trades, master of many. *Open Biology*, 10(12), 200307.
- Villarreal-Delgado, M. F., Villa-Rodríguez, E. D., Cira-Chávez, L. A., Estrada-Alvarado, M. I., Parra-Cota, F. I., & de los Santos-Villalobos, S. (2018). El género *Bacillus* como agente de control biológico y sus implicaciones en la bioseguridad agrícola. *Revista mexicana de fitopatología*, 36(1), 95-130.