



FICHA TÉCNICA **CB-01**

Metarhizium rileyi* COMO AGENTE DE CONTROL MICROBIANO DE *Spodoptera frugiperda

CENTRO NACIONAL DE REFERENCIA FITOSANITARIA
DEPARTAMENTO DE CONTROL BIOLÓGICO

INTRODUCCIÓN

Los hongos entomopatógenos (HE) juegan un papel importante en la naturaleza como reguladores poblacionales de insectos (Goettel *et al.* 2010). Las especies de insectos que albergan HE viven en una gran diversidad de hábitats, esto ha ocasionado que las especies de HE se ajusten a los requisitos para vivir en diversos entornos (Hajek 1997). El uso de agentes microbianos como los HE dentro del manejo integrado de plagas (MIP), reduce el consumo de insecticidas sintéticos que causan resistencia en el insecto y contaminación ambiental (Ambethgar 2009), conduciendo a un sistema agroecológico sostenible y seguro al ambiente. No obstante, el uso de HE propone emplear aislados nativos que están adaptados a las condiciones climáticas locales (Mathulwe *et al.* 2023), por lo que la búsqueda de nuevos agentes de control microbiano debe ser continua.

A nivel mundial, el cultivo de maíz es una actividad agrícola importante que constantemente se ve amenazada por plagas que causan daños severos a la producción. Principalmente por el gusano cogollero, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae), es una plaga polífaga y altamente destructiva para el cultivo de maíz (Kumar *et al.* 2022). En los últimos años, los HE del género *Metarhizium*, han tenido una importante aparición en el control de este insecto, siendo *Metarhizium rileyi* (Farlow) Kepler, SA Rehner y Humber, uno de los principales. *Metarhizium rileyi* es una especie cosmopolita que ha mostrado potencial como agente de control debido a su especificidad para infectar especies de lepidópteros plaga (**Cuadro 1**) (Fronza *et al.* 2017). A continuación, se explican aspectos básicos de la biología - ecología de *M. rileyi* y

con base estudios a nivel mundial que proponen a *M. rileyi* como un agente de control contra *S. frugiperda*.

TAXONOMÍA Y ECOLOGÍA DE *Metarhizium rileyi*

Metarhizium rileyi es un HE dimórfico, ubicuo y posee filamentos miceliales verdaderos (Humber *et al.* 2011, Fronza *et al.* 2017). *M. rileyi* a lo largo de su historia ha sido reclasificado y renombrado en varias ocasiones, como *Botrytis rileyi* (Farlow) y *Spicaria rileyi* (Farlow) Charles (Fronza *et al.* 2017). En 1974, se reclasificó al género *Nomuraea* y cambio a *Nomuraea rileyi* (Kish *et al.* 1974). Después, se determinó que *N. rileyi* estaba estrechamente relacionada con el género *Metarhizium* (Boucias *et al.* 2000, Sosa-Gómez *et al.* 2009). Finalmente, Kepler *et al.* (2014), reclasificaron a *N. rileyi* y cambió a *M. rileyi*, como actualmente se conoce.

La ecología de *M. rileyi* está estrechamente relacionada con su capacidad para infectar insectos en especial a lepidópteros. Cuando las esporas de *M. rileyi* (que en la naturaleza se transportan por el aire o el agua) entran en contacto con un insecto huésped adecuado, y pueden adherirse a su cutícula y germinar. A través de procesos bioquímicos y enzimáticos, el hongo penetra la cutícula y se desarrolla en el interior del insecto, alimentándose de él y eventualmente matará a su huésped (**Figura 1**) (Hajek & St. Leger 1994; Hajek 1997), este proceso se conoce como infección patogénica. La virulencia de *M. rileyi* puede variar según la especie de insecto huésped, las condiciones ambientales y la etapa de desarrollo del huésped (Hajek *et al.* 1990; Tang & Hou 2001; Pang *et al.* 2023).

MODO DE ACCIÓN Y FACTORES QUE DETERMINAN SU EFECTIVIDAD COMO AGENTE DE CONTROL BIOLÓGICO

En *M. rileyi*, como en otras especies de HE, el proceso de infección está influenciado por una variedad de factores bióticos y abióticos, que da como resultado la muerte del insecto huésped (Hajek 1997).

La infección de *M. rileyi* empieza con el reconocimiento del huésped, la unión conidial a la superficie del cuerpo del insecto, la formación de aporosios y germinación, la penetración de los tubos germinativos (hifas) y la colonización en el hemocele del insecto (**Figura 1**) (Hajek & St. Leger 1994). Después de la penetración de las hifas en la pared corporal del huésped, el HE por medio de acciones enzimáticas regula la actividad inmune del insecto (Pang *et al.* 2023).

Recientemente, Wang *et al.* (2023) mencionan que *M. rileyi* puede desplazar bacterias oportunistas a través de la inmunidad humoral antibacteriana del huésped (síntesis de péptidos antimicrobianos AMP) y así evitar la competencia por nutrientes que están presentes en la hemolinfa. Otro punto clave que ocurre durante el proceso de infección es el consumo de nutrientes, principalmente carbohidratos, esta explotación de nutrientes es clave en la interacción huésped - patógeno (Jin *et al.* 2015; Peng *et al.* 2015). Es importante mencionar, que aquellos individuos que logran sobrevivir el proceso de infección de *M. rileyi*, el consumo de nutrientes altera de forma significativa parámetros biológicos como la fecundidad y supervivencia del adulto (Jin *et al.* 2015), lo que comúnmente se conoce como efectos subletales.

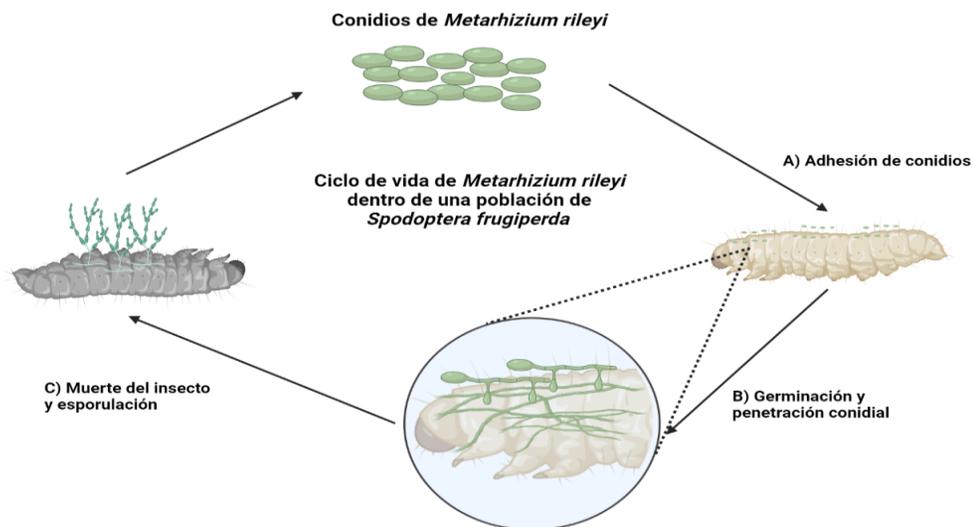


Figura 1. Ciclo de vida del hongo entomopatógeno *Metarhizium rileyi*. La figura es una adaptación de Sharma *et al.* (2023).

La reducción de los parámetros reproductivos es uno de los beneficios de los HE como compensación de que la mortalidad no es inmediata en el huésped (Dimbi *et al.* 2013). *M. rileyi* puede ser aislado de insectos infectados de manera natural en campo, posteriormente, cada cepa identificada es evaluada para determinar su virulencia (Souza *et al.* 2019; Visalakshi *et al.* 2020; Acharya *et al.* 2022; Yan-Li *et al.* 2022). Del mismo modo, es importante determinar las condiciones adecuadas para su óptimo desempeño. Temperaturas de entre 20-25°C, favorecen la germinación y penetración de *M. rileyi* sobre su insecto huésped (Gardner 1985; Tang & Hou 2001). Otro factor que favorece la acción patogénica de *M. rileyi* es una alta humedad relativa (Hajek *et al.* 1990). La virulencia de *M. rileyi* es alta, causando mortalidad >80% cuando se alcanzan el 100% humedad, por lo contrario, bajos porcentajes de humedad han mostrado niveles bajos de mortalidad en el insecto huésped (Tang & Hou 2001). La radiación UV también influye directamente sobre la eficacia de *M. rileyi*, este factor abiótico impacta negativamente la viabilidad de los HE en general (Rangel *et al.* 2004; Licona-Juarez *et al.* 2023). Licona-Juarez *et al.* (2023), mencionan que después de 3h de

exposición a radiación UV la germinación de *M. rileyi* se reduce hasta un 60%.

Por último, otro de los aspectos importantes que influye en la actividad de *M. rileyi* es la etapa de desarrollo del huésped. Pang *et al.* (2023), mencionan que es debido a las diferencias en la estructura de la superficie corporal (cutícula) y los mecanismos de defensa internos entre las diferentes etapas de desarrollo de los insectos. Además, concluyen que la concentración de conidios de *M. rileyi* y la etapa de desarrollo tienen una asociación directa en la virulencia del hongo, sin embargo, esto puede diferir entre cepas de *M. rileyi*.

PRODUCCIÓN Y FORMULACIONES

M. rileyi es altamente sensible a las condiciones nutricionales y cambios ambientales, lo que dificulta su producción estable (Edelstein *et al.* 2004, Caro *et al.* 2005, Grijalba *et al.* 2018). El estrés térmico e hídrico sobre los conidios puede disminuir significativamente su viabilidad y actividad insecticida, reduciendo el potencial como ingrediente activo en los insecticidas biológicos (Sánchez *et al.* 2022).

Cuadro 1. Estudios en campo realizados con *Metarhizium rileyi* para el control de *Spodoptera frugiperda*.

País	Objetivo del estudio	Formulado	Mortalidad (%)	Referencia
Brasil	Evaluar la eficacia de la aplicación de <i>M. rileyi</i> para el control de <i>S. frugiperda</i>	Producción de conidios por sistema bifásico : 1 ^a) cultivo líquido en medio SMY, 2 ^a) 75 g de arroz con 5 mL de caldo SMY. Posterior secado y pulverización. Preparación de suspensiones con Tween 80	80	Barros <i>et al.</i> 2021
Colombia	Evaluar la aplicación de dos agentes de control biológico contra <i>S. frugiperda</i>	NPV (Nucleopolyhedrovirus) con <i>M. rileyi</i> desarrollado en arroz con proteína hidrolizada 8% y 10 mL de 1x10 ⁸ conidios/mL	91	Gómez-Valderrama <i>et al.</i> 2022
Brasil	Evaluar la aplicación de dos agentes de control biológico contra <i>S. frugiperda</i>	Aplicaciones de <i>M. rileyi</i> a 1.5x10 ¹² conidios/ha y NPV A 0.75x10 ¹² OBs/ha	38	Faria <i>et al.</i> 2021

Los estudios realizados, principalmente en América Latina y el continente asiático, sobre la producción y formulación de insecticidas biológicos con *M. rileyi* como ingrediente activo, han explorado tanto sustratos sólidos como fermentación líquida. Se ha identificado al arroz precocido, sorgo y maíz como buenos sustratos para la obtención de conidios de *M. rileyi*.

También se han realizado estudios en sistemas bifásicos, que involucran la producción de conidios en medio de cultivo líquido para posteriormente inocular en sustratos sólidos. En dichos estudios se ha evaluado la aplicación de los insecticidas biológicos formulados, ya sea en condiciones de laboratorio o campo, obteniendo resultados favorables en el control del lepidóptero plaga. En el **Cuadro 1**, se muestran algunos estudios realizados con producción de insecticidas biológicos formulados con *M. rileyi* para el control del *S. frugiperda*. Aunque la literatura es extensa en el estudio de este HE, aún existe un amplio campo de investigación en cuanto a la optimización de la producción de este promisorio agente de control biológico.

En conclusión *M. rileyi* es una especie con potencial como agente de control *S. frugiperda*, debido a su especificidad y por causar altas tasas de mortalidad (>90%) en dicha especie plaga. Además, su aplicación no genera contaminación ambiental. Aunque en México, su producción masiva y aplicación no está completamente desarrollada, es importante mencionar que puede complementar el manejo de plagas en los cultivos de maíz.

LITERATURA CITADA

Acharya R., J. Lee, H. Hwang, M. Kim, S. Lee, H. Jung, I. Park & K. Lee. 2022. Identification of entomopathogenic fungus *Metarhizium rileyi* infested in fall armyworm in the cornfield of Korea, and evaluation of its virulence. Archives of Insect Biochemistry and

- Physiology 111:21965.
<https://doi.org/10.1002/arch.21965>
- Ambethgar, V. 2009. Potential of entomopathogenic fungi in insecticide resistance management (IRM): A review. Journal of Biopesticides 2(2): 177-193.
- Barros, S.K.A, E. Gonzaga de Almeida, F.T. Rampelotti Ferreira, M. Rocha Barreto, R. Biaggioni Lopes & R. Major Pitta. 2021. Field Efficacy of *Metarhizium rileyi* Applications Against *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in Maize. Neotropical Entomology 50: 976-988.
- Boucias, D. G., M.S. Tigano, D.R. Sosa-Gomez, T.R. Glare & P.W. Inglis. 2000. Genotypic properties of the entomopathogenic fungus *Nomuraea rileyi*. Biological Control 19(2), 124-138.
- Caro, L., L. Villamizar, C. Espinel & A.M. Cotes. 2005. Efecto del medio de cultivo en la virulencia de *Nomuraea rileyi* sobre *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). Revista Colombiana de Entomología 31: 79-88.
- Dimbi, S., N.K. Maniania & S. Ekesi. 2013. Horizontal transmission of *Metarhizium anisopliae* in fruit flies and effect of fungal infection on egg laying and fertility. Insects 4: 206-216.
- Edelstein, J.D., R.E. Lecuona & E.V. Trumper. 2004. Selection of culture media and in vitro assessment of temperature-dependent development of *Nomuraea rileyi*. Neotropical Entomology 33: 737-742.
- Faria, M., D.A. Souza, M.M. Sanches, F.G. Vergolino-Schmidt, C.M. Oliveira, N.P. Benito & R.B. Lopes. 2021. Evaluation of key parameters for developing a *Metarhizium rileyi*-based biopesticide against *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in maize: laboratory, greenhouse, and field trials. Pest Management Science 78: 1146-1154.
- Fronza, E., A. Specht, H. Heinzen, & N. Moteiro de Barros. 2017. *Metarhizium (Nomuraea) rileyi* as biological control agent. Biocontrol Science and Technology 27: 1243-1264.
- Gardner, W.A. 1985. Effect of temperature on the susceptibility of *Heliothis zea* larvae to *Nomuraea rileyi*. Journal of Invertebrate Pathology 46: 348-349.
- Goettel, M.S., J. Eilenberg & T.R. Glare. 2010. Entomopathogenic fungi and their role in regulation of insect populations. p 387-431. In: Gilbert, L.I. & D.S. Gill (eds) Insect control: Biological and synthetic agents. Academic Press, San Diego, CA.
- Gómez-Valderrama, J., P. Cuartas-Otálora, C. Espinel-Correal, G. Barrera-Cubillos & L. Villamizar-Rivero. 2022. Fungal and viral entomopathogens as a combined strategy for the biological control of fall armyworm larvae in maize. CAB/ Agriculture and Bioscience 3:24
<https://doi.org/10.1186/s43170-022-00094-7>.

- Grijalba, E.P., C. Espinel, P.E. Cuartas, M.L. Chaparro & L.F. Villamizar. 2018. *Metarhizium rileyi* biopesticide to control *Spodoptera frugiperda*: Stability and insecticidal activity under glasshouse conditions. Fungal Biology. doi: <https://doi.org/10.1016/j.funbio.2018.08.010>.
- Hajek, A. E. & R. St. Leger. 1994. Interactions between fungal pathogens and insect hosts. Annual Review of Entomology 39: 293-322.
- Hajek, A.E. 1997. Ecology of terrestrial fungal entomopathogens. Advances in Microbiology Ecology 15: 193-249.
- Hajek, A.E., R.I. Carruthers & R.S. Soper. 1990. Temperature and moisture relations of sporulation and germination by *Entomophaga mainaiga* (Zygomycetes: Entomophthoraceae), a fungal pathogen of *Lymantria dispar* (Lepidoptera: Lymantriidae). Environmental Entomology 19: 85-90.
- Humber, R. A., K.S. Hansen & M.M. Wheeler. 2011. Catalog of species. Ithaca, NY: ARSef ARS Collection of Entomopathogenic Fungal Cultures 517 p.
- Jin, K., G. Peng, Y. Liu & Y. Xia. 2015. The acid trehalase, ATM1, contributes to the *in vivo* growth and virulence of the entomopathogenic fungus, *Metarhizium acridum*. Fungal Genetics and Biology 77: 61-67.
- Kepler, R.M., R.A. Humber, J.F. Bischoff & S.A. Rehner. 2014. Clarification of generic and species boundaries for *Metarhizium* and related fungi through multigene phylogenetics. Mycologia 106: 811-829.
- Kish, L. P., R.A. Samson & G.E. Allen. 1974. The genus *Nomuraea* Maublanc. Journal of Invertebrate Pathology 24(2): 154-158.
- Kumar, R.M., B.G. Gadratagi, V. Paramesh, P. Kumar, Y. Madivalar, N. Narayanappa & F. Ullah. 2022. Sustainable Management of Invasive Fall Armyworm, *Spodoptera frugiperda*. Agronomy 12: 2150. <https://doi.org/10.3390/agronomy12092150>
- Licona-Juárez, K.C., E.P. Andrade, H.R. Medina, J.N.S. Oliveira, D.R. Sosa-Gómez & D.E.N. Rangel. 2023. Tolerance to UV-B radiation of the entomopathogenic fungus *Metarhizium rileyi*. Fungal Biology, In Press <https://doi.org/10.1016/j.funbio.2023.04.004>
- Mathulwe, L.L., A.P. Malan & N.F. Stokwe. 2023. Infection of insects and persistence of *Metarhizium* (Hypocreales: Clavicipitaceae) species on apple bark. African Entomology 31: e13944. <https://doi.org/10.17159/2254-8854/2023/a13944>
- Pang, J., Y. Peng, T. Di, G. Du & B. Chen. 2023. Virulence of *Metarhizium rileyi* is Determined by its Growth and Antioxidant Stress and the Protective and Detoxifying Enzymes of *Spodoptera frugiperda*. Insects 14: 260. <https://doi.org/10.3390/insects14030260>
- Peng, G., K. Jin, Y. Liu & Y. Xia. 2015. Enhancing the utilization of host trehalose by fungal trehalase improves the virulence of fungal insecticide. Applied Microbiology and Biotechnology 99: 8611-8618. <https://doi.org/10.1007/s00253-015-6767-y>
- Rangel, D.E.N., U.L.G. Braga, D.F., S.D. Flint, A.J. Anderson & D.W. Roberts. 2004. Variations in UV-B tolerance and germination speed of *Metarhizium anisopliae* conidia produced on insects and artificial substrates. Journal of Invertebrate Pathology 87: 77-83.
- Sánchez, L., D. León, E. Grijalba, N. Moreno, P. Cuartas-Otálora & G. Quiroga-Cubides. 2022. Selection of inductors for thermotolerant conidia production of the entomopathogenic fungus *Metarhizium rileyi* Nm017. Biocontrol Science and Technology 32: 891-898.
- Sharma, A., S. Sharma & P.K. Yadav. 2023. Entomopathogenic fungi and their relevance in sustainable agriculture: A review. Cogent Food and Agriculture 9:1, 2180857. <https://doi.org/10.1080/23311932.2023.2180857>
- Sosa-Gómez, D.R., R.A. Humber, K.T. Hodge, E. Binneck & K.L. Silva-Brandão. 2009. Variability of the mitochondrial SSU rDNA of *Nomuraea* species and other entomopathogenic fungi from Hypocreales. Mycopathologia 167(3): 145-154. doi:10.1007/s11046008-9157-5
- Souza, M.L., M.M. Sanches, D.A. Souza, M. Faria, C. Espinel-Correal, W. Sihler & R.B. Lopes. 2019. Within-host interactions of *Metarhizium rileyi* strains and nucleopolyhedroviruses in *Spodoptera frugiperda* and *Anticarsia gemmatilis* (Lepidoptera: Noctuidae). Journal of Invertebrate Pathology 162:10-18.
- Tang, L.C. & R.F. Hou. 2001. Effects of environmental factors on virulence of the entomopathogenic fungus, *Nomuraea rileyi*, against the corn earworm, *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae). Journal of Applied Entomology 125 (5): 243-248.
- Visalakshi, M., P.K. Varma, V.C. Sekhar, M. Bharathallaxmi, B.L. Manisha & S. Upendhar. 2020. Studies on mycosis of *Metarhizium (Nomuraea) rileyi* on *Spodoptera frugiperda* infesting maize in Andhra Pradesh, India. Egyptian Journal of Biological Pest Control 30: 135. <https://doi.org/10.1186/s41938-020-00335-9>
- Wang, J.L., J. Sun, Y.J. Song, H.H. Zheng, G.J. Wang, W.X. Lou, L. Li & X.S. Liu. 2023. An entomopathogenic fungus exploits its host humoral antibacterial immunity to minimize bacterial competition in the hemolymph. Microbiome 11: 116. <https://doi.org/10.1186/s40168-023-01538-6>
- Yan-Li, Z., D. Hui, Z. Li-Sheng, G. Zu-Min & Z. Jin-Cheng. 2022. High virulence of a naturally occurring entomopathogenic fungal isolate, *Metarhizium (Nomuraea) rileyi*, against *Spodoptera frugiperda*. Journal of Applied Entomology 146 (6): 659-665.

AGRADECIMIENTOS

A la M.C. Angelica María Berlanga Padilla y al Dr. Miguel Ángel Ayala Zermeno por la revisión previa a esta publicación.

Dr. Víctor Manuel Villalobos Arámbula
SECRETARIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL
Ing. Francisco Javier Calderón Elizalde
**DIRECTOR EN JEFE DEL SERVICIO NACIONAL DE SANIDAD,
INOCUIDAD Y CALIDAD AGROALIMENTARIA**
M. en B. Francisco Ramírez y Ramírez
DIRECTOR GENERAL DE SANIDAD VEGETAL
M. en C. Guillermo Santiago Martínez
DIRECTOR DEL CENTRO NACIONAL DE REFERENCIA FITOSANITARIA
M. en C. Jorge Antonio Sánchez González
JEFE DEL DEPARTAMENTO DE CONTROL BIOLÓGICO

Elaboraron:

M. en B. César Eduardo Gálvez Morales
IBT. Olivia Janeth Rincón Betancurt

DEPARTAMENTO DE CONTROL BIOLÓGICO

KM 1.5 CARRETERA TECOMÁN-ESTACIÓN FFCC. C.P.
28110 TECOMÁN, COLIMA.

TEL. (313) 32 4 07 41 y 45

<https://www.gob.mx/senasica/acciones-y-programas/centro-nacional-de-referencia-de-control-biologico-103097>

Sugerencia de como citar esta ficha:

Gálvez, C. & O. Rincón-Betancurt . 2023. *Metarhizium rileyi* como agente de control microbiano de *Spodoptera frugiperda*. Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria, Dirección General de Sanidad Vegetal, SENASICA. Ficha Técnica CB-01, 6p.