



HONGOS

parásitos de insectos ¿héroes o villanos?

JUAN CARLOS PÉREZ-VILLAMARES*,
CRISTINA BURROLA-AGUILAR*, CARMEN ZEPEDA-GÓMEZ*

16

Los hongos son organismos de vital importancia en todos los ecosistemas terrestres debido a que cumplen diversas e importantes funciones ecológicas como el reciclaje de nutrientes al degradar la materia orgánica de los restos vegetales y animales. Algunos hongos establecen relaciones mutualistas con las raíces de las plantas, a dicha asociación se le conoce como micorrizas, en ésta, ambos organismos se benefician intercambiando nutrientes. Por otro lado, se encuentran los hongos parásitos, éstos causan diversas enfermedades en plantas y animales (Kendrick, 2011). Dentro de los hongos parásitos se encuentran los entomopatógenos, que son aquéllos capaces de infectar insectos que utilizan como sus hospederos, es decir, organismos que el hongo utiliza como alimento y refugio, de esta forma cumplen un rol ecológico al reducir el crecimiento de las poblaciones de algunos insectos que podrían convertirse en plaga y dañar los sistemas forestales y agrícolas (García-García *et al*, 2008).

Esta peculiaridad de controlar las poblaciones de insectos ha permitido que algunas especies de hongos entomopatógenos se utilicen en la agricultura como insecticidas naturales, evitando el uso de químicos, los cuales tienen efectos negativos en el ambiente y la salud humana.

* Universidad Autónoma del Estado de México.
Contacto: carlos_5man@hotmail.com

¿QUÉ SON LOS HONGOS ENTOMOPATÓGENOS?

Los hongos entomopatógenos son aquéllos que parasitan diversas especies de insectos como escarabajos, mariposas, hormigas, etc., y causan su muerte. La infección inicia cuando las esporas o conidios de los hongos se adhieren a la superficie externa del insecto (cutícula), gracias a que poseen una capa mucosa con proteínas y glucanos. Posteriormente, dichas esporas o conidios germinan y desarrollan estructuras especiales llamadas apresorios, éstos producen enzimas como lipasas, proteasas y quitinasas que ayudan a destruir la cutícula del insecto y dan al hongo la posibilidad de llegar hasta la cavidad corporal (hemocele) del animal. En el hemocele se forma una serie de células alargadas denominadas hifas que invaden el cuerpo del insecto, absorben los nutrientes y liberan toxinas que conducen a su muerte. Posteriormente, las hifas emergen del cuerpo del insecto y forman células reproductivas asexuales llamadas conidios o sexuales denominadas esporas, con la finalidad de dispersarse e infectar a otros insectos (figura 1). Cabe mencionar que si las condiciones de temperatura (25°C) y humedad (70%) no son las adecuadas, las esporas no germinarán, evitando que el hongo termine su ciclo de vida (Fuxa y Tanada, 1987; Zimmermann, 2007; Augustyniuk-Kram y Kram, 2012).



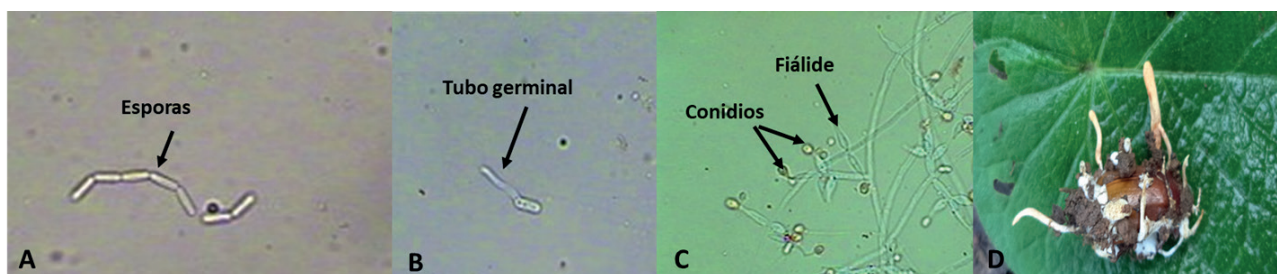


Figura 1. Ciclo de vida de una especie de *Cordyceps* sp. A) esporas, B) espora produciendo tubo germinal, C) hifas con fiálides y conidios, D) hongo emergiendo de un escarabajo adulto (Pérez-Villamares, 2019).

DIVERSIDAD DE HONGOS ENTOMOPATÓGENOS

A nivel mundial se han descrito entre 750 y 1000 especies de hongos entomopatógenos, las cuales se incluyen en cinco de los ocho grupos de hongos: Microsporidia, Chytridiomycota, Zygomycota, Basidiomycota y Ascomycota (Araújo y Hughes, 2016). Los dos grupos más diversos de hongos entomopatógenos son los Ascomycota, representados por el orden Hypocreales, el cual incluye especies de los géneros *Cordyceps* s.s. (*C. militaris*), *Beauveria* (*B. bassiana*), *Metarhizium* (*M. anisopliae*), entre otros (Shrestha *et al.*, 2017); y los Entomophthorales, que incluye especies de los géneros *Entomophthora* y *Entomophaga* (Augustyniuk-Kram y Kram, 2012) (figura 2). Los hongos entomopatógenos tienen como hospederos a 20 de los 31 grupos de

insectos que existen, por ejemplo, saltamontes, hormigas, escarabajos, mariposas, cucarachas, cigarras, entre otros. Los insectos pueden ser parasitados en cualquier etapa de desarrollo (huevos, larvas, pupas, ninfas y adultos) (Araújo y Hughes, 2016). Estos hongos se pueden encontrar en casi todos los ecosistemas terrestres del mundo, incluyendo el Círculo Ártico y la Antártica. Los Entomophthorales tienen menor diversidad de hospederos y son más comunes en bosques templados, mientras que las especies de Hypocreales tienen mayor número de hospederos y se encuentran principalmente en bosques tropicales (Augustyniuk-Kram y Kram, 2012).

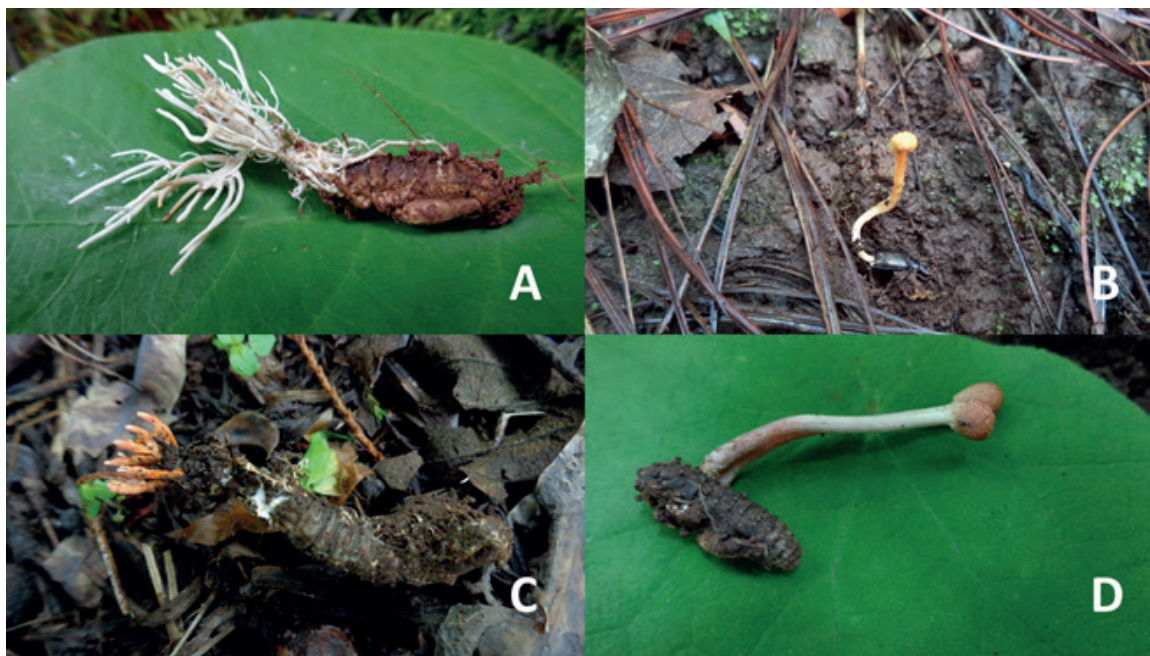


Figura 2. Hongos entomopatógenos parasitando diferentes especies de insectos: A) *Isaria* sp parasitando un saltamontes, B) *Cordyceps* sp emergiendo de la parte trasera de un escarabajo, C) *Metarhizium* sp sobre larva de mariposa y D) *Ophiocordyceps* sp en un saltamontes (Pérez-Villamares, 2014).

¿TIENEN LOS INSECTOS ALGÚN MECANISMO DE DEFENSA?

Aunque el sistema de defensa de los insectos es muy sencillo, cuenta con el armamento suficiente para evitar la invasión de patógenos como hongos y bacterias. La primera herramienta de defensa del insecto, y quizá la barrera más importante, es la cutícula, ya que en ella se encuentran algunas sustancias como los ácidos grasos fungistáticos, fenoloxidasas y melanina, las cuales ayudan a detener el crecimiento y desarrollo de hongos. Si el hongo logra penetrar la cutícula del insecto, éste tendrá que combatir contra las defensas celulares y humorales del insecto.

Las células de defensa de los insectos son de dos tipos: las primeras son los fagocitos, células que se encargan de devorar a las células del hongo; las segundas son los hemocitos, los cuales encapsulan (atrapan) estructuras muy grandes que no pudieron consumir los fagocitos. Entre las defensas humorales del insecto se incluye la producción de fenoloxidasa, enzima que produce melanina, la cual se encarga de detener el desarrollo del hongo encapsulándolo en una vaina de melanina (Dubovskiy *et al*, 2013).

Por otro lado, no todos los insectos de la misma población son vulnerables a ser infectados por la misma especie de hongo debido a que la mayoría de los hongos entomopatógenos se especializan en atacar un solo tipo de insecto y sólo algunas especies son capaces de parasitar a diferentes especies de insectos. Además, las diferentes especies de hongos entomopatógenos, e inclusive las variedades de la misma especie, presentan diferentes niveles de virulencia (Augustyniuk-Kram y Kram, 2012). La vulnerabilidad de los insectos a ser parasitados depende de su etapa de desarrollo, siendo las etapas juveniles o inmaduras las más vulnerables (Augustyniuk-Kram y Kram, 2012), esto en parte podría deberse a que el cuerpo de los insectos juveniles es más blando que el de los adultos y a que los juveniles consumen más alimento que los adultos, lo cual aportaría más nutrientes para el hongo (Araújo y Hughes, 2016).





¿CUÁL ES LA IMPORTANCIA ECOLÓGICA DE LOS HONGOS ENTOMOPATÓGENOS?

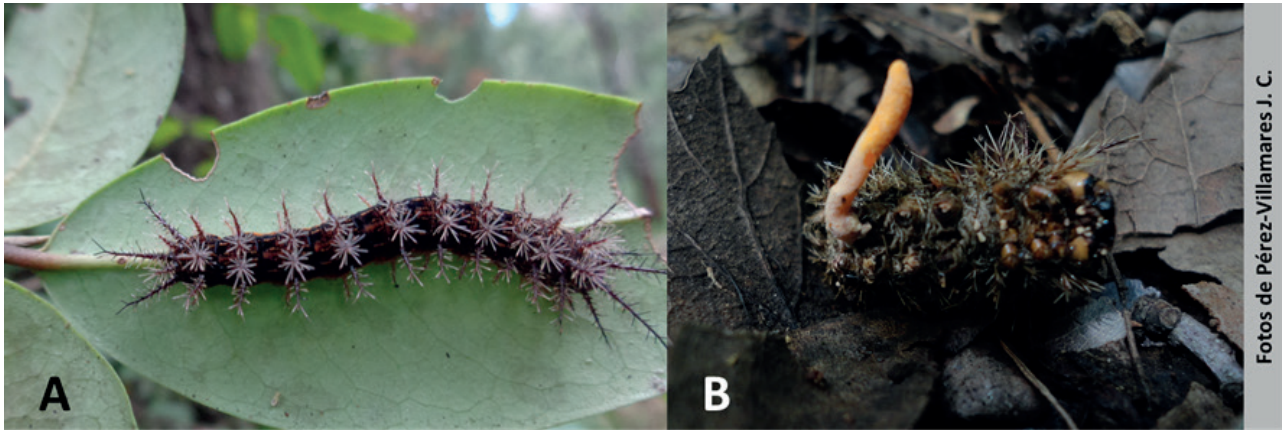
Los insectos son el grupo de seres vivos más numeroso y diverso del planeta, y aunque estos organismos son muy importantes, también son el grupo que causa más daños en ecosistemas naturales y cultivos agrícolas debido a que en ocasiones algunos aumentan drásticamente el número de sus poblaciones provocando serios daños a la vegetación, o incluso pueden acabar con grandes áreas de bosque (Augustyniuk-Kram y Kram, 2012). Afortunadamente, en la naturaleza existen enemigos naturales de los insectos, como los

hongos entomopatógenos y los depredadores, sin embargo, las infecciones causadas por hongos entomopatógenos son la primera causa de la disminución de las poblaciones de insectos (figura 3) (Fuxa y Tanada, 1987).

Las infecciones dependen de la transmisión efectiva del hongo sobre la población del insecto y de la susceptibilidad de éste a la infección, además de la temperatura (25°C), humedad (70%) y la competencia con otros patógenos y depredadores. Estos factores

modifican el desarrollo tanto de la población del parásito como del insecto. La transmisión puede ocurrir de tres maneras: horizontalmente (de individuos infectados a individuos sanos de una misma generación), verticalmente (de una generación a otra de insectos) y por vectores. Esta última, junto con la lluvia y el viento, ayuda a los hongos entomopatógenos a distribuirse en el ambiente y colonizar otros hábitats (Meyling y Eilenberg, 2007; Augustyniuk-Kram y Kram, 2012).





Fotos de Pérez-Villameres J. C.

Figura 3. A) Larva de mariposa alimentándose del follaje de encinos y B) larva de mariposa muerta por una especie de *Cordyceps* (Pérez-Villameres, 2013).

USO DE HONGOS ENTOMOPATÓGENOS EN EL CONTROL BIOLÓGICO DE PLAGAS AGRÍCOLAS: VENTAJAS Y DESVENTAJAS

Aunque los insectos son el grupo de seres vivos con mayor número de especies, sólo un pequeño porcentaje de éstas son consideradas plagas, las cuales son responsables de la destrucción de 18% de la producción agrícola a nivel mundial, causando daños económicos por alrededor de 100 billones de dólares cada año (Saranraj y Jayaprakash, 2017). Por otro lado, el uso indiscriminado de insecticidas químicos para el control de plagas ha tenido graves consecuencias, por ejemplo, ha provocado que los insectos se vuelvan resistentes a los componentes químicos, efectos tóxicos contra otros enemigos naturales de las plagas, contaminación ambiental y enfermedades al hombre (Saranraj y Jayaprakash, 2017).

El control biológico se refiere al empleo de enemigos naturales como agentes para el control de insectos pla-

ga (Barrera, 2007). Entre los enemigos se encuentran los hongos entomopatógenos, los cuales son una alternativa ambientalmente amigable para el control biológico de insectos plaga agrícolas y forestales. *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* son las dos especies más frecuentes en el control biológico de algunos insectos plaga en cultivos agrícolas y forestales (Meyling y Eilenberg, 2007). Además, estas especies pueden emplearse para el control de insectos causantes de enfermedades o que sirven de vectores de otros microorganismos que causan daños a plantas, animales e inclusive al humano, como la malaria o el dengue (Scholte *et al.*, 2004).

Entre las ventajas de emplear hongos entomopatógenos en el control biológico de insectos se encuentran: no afectan a otros insectos benéficos, presentan alto grado de especificidad,

la cual puede variar de una especie a otra, ya que algunas especies de hongos infectan a diversas especies de insectos y otras infectan a un reducido número o a una sola especie; no contaminan el ambiente, no dejan residuos tóxicos en los alimentos y no son peligrosos para los humanos; no desarrollan resistencia en los insectos y su empleo es relativamente barato. En cuanto a las desventajas, se puede mencionar que, por su especificidad, sólo atacan a un número restringido de insectos, su efectividad se ve afectada por condiciones ambientales como la radiación ultravioleta, la desecación por las altas temperaturas, su efecto depende del contacto directo con el insecto y su empleo debe realizarse en conjunto con otras acciones, además de realizar programas de manejo integrado de plagas por personal capacitado (García *et al.*, 2008).

CORDYCEPS, UN HONGO PARTICULAR

Cordyceps es un amplio grupo de hongos que parasitan insectos, arañas e inclusive a otros hongos y semillas de plantas (Sung *et al.*, 2007). Se estima que existen más de 400 especies, las más comunes son las de los géneros *Cordyceps*, dicho propiamente, *Beauveria*, *Metarhizium*, *Ophiocordyceps* y *Tolyocladium* (Shrestha *et al.*, 2017). A diferencia de otros hongos que parasitan insectos, las especies de *Cordyceps* desarrollan cuerpos fructíferos llamados estromas con gran variedad de formas y colores, los cuales emergen del cuerpo del insecto (figura 4) (Shrestha *et al.*, 2016). Un caso muy singular y aterrador, por la forma en que infectan a sus víctimas, son algunas especies del género *Ophiocordyceps*, que atacan hormigas, una vez que el hongo logra infectarlas, éste modifica

su comportamiento, haciendo que las víctimas dejen la colonia y trepen a lo alto de ramas en donde mueren aferradas con su mandíbula, esto para que el hongo pueda dispersarse y así poder infectar a más hormigas. Por esta peculiaridad, a estas especies se les conoce como los hongos de las hormigas zombis (Araújo y Hughes, 2015). Además de parasitar insectos, algunas especies tienen muchas propiedades medicinales anticancerígenas, antitumorales, mejoran el sistema inmunológico, entre otros, debido a la presencia de compuestos bioactivos como la cordicepina. Las especies más empleadas por sus propiedades medicinales son *Cordyceps militaris* y *Ophiocordyceps sinensis*, especies muy valoradas especialmente en Asia (Corea, China, Japón) (Shrestha *et al.*, 2012).

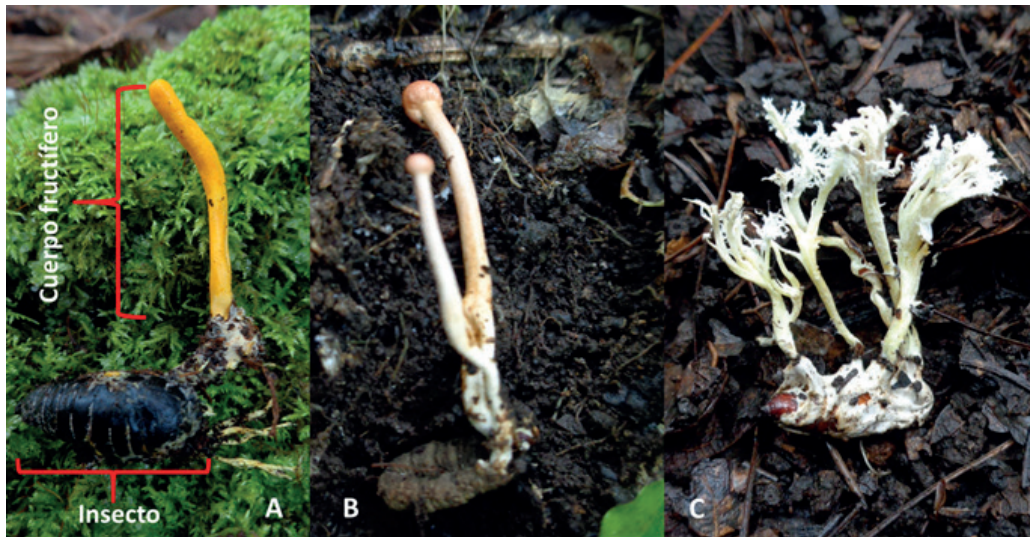


Figura 4. Especies de *Cordyceps*: A) *Cordyceps* sp sobre pupa de mariposa, B) *Ophiocordyceps* sp sobre larva de mariposa, especie de *Cordyceps* sp en estado inmaduro (asexual) sobre pupa de mariposa (Pérez-Villamares, 2014).

CONCLUSIÓN

Como nos pudimos dar cuenta, los hongos entomopatógenos son más héroes que villanos, ya que, al cumplir su función ecológica, evitan que los insectos dañen la estructura y el equilibrio de los ecosistemas naturales. Gracias a esto, pueden emplearse como agentes de control biológico de plagas que dañan cultivos agrícolas y ocasionan grandes pérdidas económicas. Estos hongos también se pueden utilizar en el control de poblaciones de insectos que sirven como vectores de microorganismos que dañan la salud de los humanos.

Por otro lado, al funcionar como insecticidas naturales que no dañan al

ambiente, no afectan a otros insectos y tampoco ponen en riesgo la salud humana, son una gran alternativa ante el empleo desmedido de pesticidas químicos que contaminan el ambiente y afectan la salud humana. Por si fuera poco, algunas especies de hongos entomopatógenos como *Cordyceps militaris* y *Ophiocordyceps sinensis* tienen grandes e importantes propiedades medicinales, ya que producen compuestos que benefician la salud humana. Como villanos, los únicos que deben temer a su presencia son los insectos... o ¿tú que piensas?, ¿los hongos entomopatógenos son héroes o villanos?

REFERENCIAS

- Araújo J.P.M., y Hughes, D.P. (2015). Multiple new species of *Ophiocordyceps* fungus on ants. *bioRxiv*. Doi: <http://dx.doi.org/10.1101/017723>
- Araújo J.P.M., y Hughes D.P. (2016). Diversity of entomopathogenic fungi: which groups conquered the insect body? *Advances in Genetics*. 94: 1-39.
- Augustyniuk-Kram, A., y Kram, K.J. (2012). Entomopathogenic Fungi as an Important Natural Regulators of Insect Outbreaks in Forests (Review) [pp. 265-295]. En: Blanco, J.A. (Ed.) *Forest Ecosystems-More Than Just Trees*. Croacia: In Tech.
- Dubovskiy, I.M., Whitten, M.M.A., Yaroslavtseva, O.N., *et al.* (2013). Can Insects Develop Resistance to Insect Pathogenic Fungi? *PLoS ONE*. 8(4): e60248.
- Barrera, J.F. (2007). Introducción, filosofía y alcance del control biológico. En: L.A. Arredondo-Bernal, y H.C. Rodríguez-del-Bosque (Eds). *Teoría y aplicación del control biológico*. México: Sociedad Mexicana de Control Biológico (pp. 2-13).
- Fuxa, J.R., y Tanada Y. (1987). *Epizootiology of insect diseases*. New York: Wiley-Interscience.
- García-García, M.A., Cappello-García, S., Leshner-Gordillo, J.M., *et al.* (2008). Hongos entomopatógenos como una alternativa en el control biológico. *Kuxulkab*. 25-28.
- Kendrick, B. (2011). Fungi: Ecological Importance and Impact on Humans. In *eLS*, (Ed.). Doi:10.1002/9780470015902.a0000369.pub2
- Meyling, N.V., y Eilenberg, J. (2007). Ecology of the entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* in temperate agroecosystems: Potential for conservation biological control. *Biological Control*. 43: 145-155.
- Saranraj, P., y Jayaprakash, A. (2017). Agrobeneficial entomopathogenic fungi-*Beauveria bassiana*: a review. *Indo-Asian Journal of Multidisciplinary Research*. 3(2): 1051-1087.
- Scholte, E.J., Knols, B.G.J., Samson, R.A., *et al.* (2004). Entomopathogenic fungi from mosquito control: A review. *Journal on Insect Science*. 4: 19-24.
- Shrestha, B., Zhang, W., Zhang, Y., *et al.* (2012). The medicinal fungus *Cordyceps militaris*: research and development. *Mycological Progress*. 11: 599-614.
- Shrestha, B., Tanaka, E., Hyun, M., *et al.* (2016). Coleopteran and Lepidopteran Hosts of the Entomopathogenic Genus *Cordyceps sensu lato*. *Journal of Micology*. 2016: 1-14.
- Shrestha, B., Sung, G.H., y Sung, J.M. (2017). Current nomenclatural changes in *Cordyceps sensu lato* and its multidisciplinary impacts. *Mycology*. 8: 293-302.
- Sung, G.H., Hywel-Jones, N.L., Sung, J.M., *et al.* (2007). Phylogenetic classification of *Cordyceps* and the clavicipitaceous fungi. *Studies in Mycology*. 57: 5-59.
- Zimmerman G. (2007). Review on safety of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* and *Beauveria brongniartii*. *Biocontrol Science and Technology*. Tylor and Francis Group. Pp. 553-596.

