



## Hongos entomopatógenos como alternativa para el control biológico de plagas

(<http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.187>)

Pablo Andrés Motta-Delgado<sup>1,3</sup> y Betselene Murcia-Ordoñez<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>Estudiante de Medicina Veterinaria y Zootecnia Universidad de la Amazonia.  
e-mail: pmotta@uniamazonia.edu.co

<sup>2</sup>Bióloga, M.Sc. Docente Universidad de la Amazonía.  
e-mail: bmurcia@uniamazonia.edu.co

<sup>3</sup>Integrantes grupo de investigación en Biodiversidad y Desarrollo Amazónico “BYDA”, Universidad de la Amazonía, Florencia-Caquetá-Colombia.

### RESUMEN

Los hongos entomopatógenos son un amplio grupo de micro-organismos que proveen múltiples servicios a los sistemas agroecológicos. Entre esos está la capacidad de regular las plagas para mantenerlas en niveles adecuados. El presente artículo describe los hongos entomopatógenos de mayor utilización para el control biológico de plagas, el mecanismo de acción de los mismos sobre su hospedero, así como investigaciones realizadas sobre el comportamiento *in vitro* e *in situ* de los hongos de mayor utilización para el control de ciertos insectos. De igual manera, se describe las formulaciones que se utilizan para el desarrollo de esta biotecnología en campo. En el desarrollo de bioplaguicidas los hongos entomopatógenos son una opción viable para disminuir el detrimento del medio ambiente.

**Palabras clave:** Hongos entomopatógenos; control biológico; biotecnología.

### Entomopathogenic fungi as an alternative for biological pest control

#### ABSTRACT

The entomopathogenic fungi are a diverse group of microorganisms that provide multiple services to agroecological systems. Among those the capacity to regulate the pests to keep them in suitable levels stands out. The present paper shows a description of the entomopathogenic fungi of most extensively used for the biological control of pests, their mechanism of action on their host, and also investigations about the *in vitro* and *in situ* behavior of the mostly used fungi for the control of some insects. Also, the formulations that are used for the development of this biotechnology in the field are described. In the development of bioinsecticides the entomopathogenic fungi are a viable option to minimize environmental damage.

**Keywords:** Entomopathogenic fungi; biological control; biotechnology.

### Fungos entomopatogênicos como alternativa para o controle biológico de pragas

#### RESUMO

Os fungos entomopatogênicos são um grande grupo de microorganismos que oferecem múltiplos serviços aos sistemas agroecológicos. Entre tais serviços, está a capacidade de

regular as pragas para mantê-las em níveis adequados. Este artigo descreve os fungos entomopatogênicos mais utilizados no controle biológico de pragas, o mecanismo de ação sobre seu hospedeiro, além de discutir investigações feitas sobre o comportamento *in vitro* e *in situ* dos fungos mais comumente usados para o controle de alguns insetos. Também, descreve as formulações que são utilizadas para o desenvolvimento da biotecnologia no campo. O desenvolvimento dos fungos entomopatogênicos como biopesticidas é uma opção viável para a diminuição dos danos ambientais.

**Palavras-chave:** fungos entomopatogênicos; controle biológico; biotecnologia.

## 1. INTRODUCCIÓN

Según Pucheta Diaz et al. (2006), los hongos entomopatógenos tienen un gran potencial como agentes controladores, constituyendo un grupo con más de 750 especies, diseminados en el medio ambiente y provocando infecciones fungosas a poblaciones de artrópodos; Para López-Llorca y Hans-Börje (2001), entre los géneros más importantes están: *Metarhizium*, *Beauveria*, *Aschersonia*, *Entomophthora*, *Zoophthora*, *Erynia*, *Eryniopsis*, *Akanthomyces*, *Fusarium*, *Hirsutella*, *Hymenostilbe*, *Paecilomyces* y *Verticillium*, mientras que para la FAO (2003), los géneros de importancia son *Metarhizium*, *Beauveria*, *Paecilomyces*, *Verticillium*, *Rhizopus* y *Fusarium*.

En el desarrollo del control biológico, que para Tellez-Jurado et al. (2009) se define como una práctica agrícola en constante crecimiento que busca la destrucción total o parcial de patógenos e insectos plaga frecuentemente mediante el uso de sus enemigos naturales, los hongos entomopatógenos según Samson et al. (1998), son los primeros agentes biológicos en ser utilizados para el control de plagas, porque según Asaff et al. (2002), son capaces de producir enfermedad y muerte de los insectos. Estos microorganismos infectan a los artrópodos directamente, a través de la penetración de la cutícula y ejercen múltiples mecanismos de acción, confiriéndoles una alta capacidad para evitar que el hospedero desarrolle resistencia. Sin embargo, Meyling y Eilenberg (2007), afirman que para su utilización como control biológico es necesario prácticas agrícolas en donde se manipule el ambiente para beneficiar las poblaciones de entomopatógenos, donde el conocimiento de los aspectos ecológicos del hongo son necesarios, tales como la humedad relativa, temperatura, patogenicidad, virulencia y hospederos a los que infecta activamente. Lacey et al. (2001), afirma que entre los aspectos básicos se encuentran el aislamiento del hongo, cultivo, pruebas biológicas y predicción de los efectos sobre las poblaciones de plagas en el medio ambiente, así como un desempeño predecible sobre cambios de las condiciones medioambientales y una mayor eficiencia de producción. Para Butt et al. (2001), la producción de hongos para el control de plagas implica una amplia investigación donde se involucran disciplinas como la patología, ecología, genética y fisiología, además de técnicas para la producción masiva, formulación y estrategias de aplicación.

La presente revisión describe los mecanismos de acción de los hongos entomopatógenos sobre su hospedero para generar la invasión, enfermedad y muerte del insecto a partir de los estudios y ensayos realizados desde 1981 hasta el año 2010, donde se han evaluado la patogenicidad a diferentes temperaturas y humedades relativas así como las distintas formulaciones que se pueden realizar para preparados comerciales.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

El presente artículo de revisión es concebido a partir de una investigación realizada con los hongos entomopatógenos *Metarhizium anisopliae* y *Paecilomyces* sp. para el control de

garrapatas *Boophilus microplus* en condiciones de laboratorio en la Universidad de la Amazonía Florencia-Caqueta-Colombia.

A partir de las consultas de material bibliográfico para la elaboración de la metodología de trabajo del anterior proyecto, se realizó una exhaustiva revisión de literatura del tipo de hongos más empleados como biocontroladores de plagas, mecanismos de aplicación, replicación-reactivación en laboratorio y en campo, preparados para la aplicación y el grado de patogenicidad que presentan las diferentes especies de hongos entomopatógenos cuando son empleados en condiciones de humedad y temperatura específicas.

Es así, como se describe en los dos párrafos anteriores que surge la idea de redactar un artículo de revisión sobre el empleo de los hongos entomopatógenos como una alternativa viable y sustentable para el biocontrol de plagas y enfermedades tanto de plantas como animales. De esta manera y con las fuentes bibliográficas de textos de carácter científico, en los cuáles los autores hacían referencia a temas como la epidemiología de los hongos entomopatógenos teniendo en cuenta principalmente la patogenicidad a diferentes temperaturas y humedades relativas, diferentes preparados comerciales o experimentales para la aplicación en campo, trabajos que fueron publicados desde el año 1981 al 2010, de los cuáles se inició la redacción y estructuración del presente artículo de revisión.

## **2.1. Mecanismo de acción de los hongos entomopatógenos**

Según Carruthers y Hural (1990); Haraprasad et al. (2001); Chamley y Collins (2007), los hongos entomopatógenos, a diferencia de otros agentes entomopatógenos, tienen mecanismos de invasión únicos, hecho reafirmado por Charnley (1997); Jeffs et al. (1997) y Kershaw y Talbot (1998), referenciando que no necesitan ser ingeridos por el insecto para controlarlo sino que lo infectan por contacto y adhesión de las esporas a partes de su cuerpo (partes bucales, membranas intersegmentales o espiráculos, entre otros). Es así como lo enuncia Hajek (1997); Deshpande (1999); Milner (2000); Asaff et al. (2002) y Barranco Florido et al. (2002), que inician su proceso infectivo y asociación patógeno-hospedero formando los túbulos germinales y a veces el apresorio (que sirve para el anclaje de la spora) con los cuales ejerce una presión hacia el interior del insecto facilitando la invasión del hongo. En síntesis según Alean Carreño (2003), el mecanismo de acción se divide en tres fases: (1) adhesión y germinación de la spora a la cutícula del insecto, (2) penetración en el hemocele y (3) desarrollo del hongo. Lo cual generalmente resulta en la muerte del insecto.

Esta facilidad de infestación se debe a las características tanto físicas y químicas que tienen los insectos como lo referencian Hegedus y Khachatourians (1995) y Khachatourians (1996), que son los carbohidratos presentes en las proteínas cuticulares que permiten que la germinación mediada por mensajeros se acelere, así como la cubierta mucilaginosa que contribuye a la hidratación de la spora y que además funciona como protector ante la presencia de polifenoles tóxicos y enzimas secretadas por el sistema inmune del insecto.

Cabe destacar que durante la penetración del hongo desde la cutícula del insecto hasta el hemocele, la hifa queda inmersa en proteínas, quitina, lípidos, melanina, difenoles y carbohidratos; algunos de ellos son nutrimentos pero otros pueden inhibir su crecimiento, ya que el insecto activa su sistema inmune a través de procesos como la melanización, fagocitosis, nodulación y encapsulamiento (St. Leger y Roberts, 1997). Sin embargo, los hongos desarrollan una serie de actividades que les permiten evitar este tipo de defensas, tales como cambios en la pared celular y producción de sustancias inmunomodulatorias o toxinas fúngicas (Khachatourians, 1991).

A partir de la penetración cuticular, se proliferan dentro del insecto e inician el crecimiento micelial a través de sus cuerpos hifales que invaden diversas estructuras como tejidos musculares, cuerpos grasos, tubos de Malpighi, mitocondrias, hemocitos, retículo endoplásmico y membrana nuclear (Pucheta Diaz et al., 2006). Finalmente, las hifas penetran la cutícula desde el interior del insecto y emergen a la superficie iniciando la formación de

esporas cuando presenta las condiciones adecuadas como es la humedad relativa y temperatura (Gillespie y Claydon, 1989).

Por tal razón, conocer la ecología entre insecto-entomopatógeno, que para Téllez-Jurado et al. (2009), son los diferentes mecanismos que los hongos entomopatógenos tienen para infectar a los insectos y los mecanismos que los insectos tienen para defenderse, puede ayudar en el aislamiento, selección y mejora de cepas fúngicas Tabla 1, que según Van Driesche (2008), se ha enfocado en la utilización de 20 especies de 12 géneros, de las más de 400 especies reconocidas como infectantes de insectos, para su utilización como agentes de control biológico y/o en el cuidado de especies benéficas de insectos.

**Tabla 1.** Hongos entomopatógenos empleados en el control biológico.

GENERO	ESPECIE
<i>Metarhizium</i>	<i>M. anisopliae</i> <sup>1</sup> <i>M. flavoviridae</i>
<i>Beauveria</i>	<i>B. bassiana</i> <sup>1</sup> <i>B. brongniartii</i> <sup>1</sup> <i>B. tenella</i>
<i>Aschersonia</i> <i>Entomophthora</i> <i>Zoophthora</i> <i>Erynia</i> <i>Eryniopsis</i> <i>Akanthomyces</i> <i>Fusarium</i> <i>Hirsutella</i> <i>Hymenostilbe</i>	<i>A. aleyrodis</i> <i>Entomophthora</i> spp. <i>Zoophthora</i> spp. <i>Erynia</i> spp. <i>Eryniopsis</i> spp. <i>Akanthomyces</i> spp. <i>Fusarium</i> spp. <i>H. thompsonii</i> <i>Hymenostilbe</i> spp
<i>Paecilomyces</i>	<i>P. farinosus</i> <i>P. fumosoroseus</i> <sup>1</sup> ( <i>Isaria fumosoroseus</i> ) <sup>3</sup> <i>P. tenuipes</i> <i>P. lilacinus</i>
<i>Lecanicillium</i> <sup>2</sup> ( <i>Verticillium</i> )	<i>L. lecanii</i> <i>L. longispoum</i> <i>L. muscarium</i> ( <i>Verticillium lecanii</i> )
<i>Rhizopus</i> <i>Cordyceps</i> <i>Culicinomyces</i> <i>Lagenidium</i> <i>Nomuraea</i> <i>Gliocladium</i> <i>Pochonia</i>	<i>Rhizopus</i> spp. <i>Cordyceps</i> spp. <i>Culicinomyces</i> spp. <i>Lagenidium giganteum</i> <i>N. rileyi</i> <i>Gliocladium</i> spp. <i>P. chlamidiospora</i> <sup>4</sup> ( <i>Verticillium chlamidiosporium</i> ).

<sup>1</sup>Hongos de mayor utilización en el mundo según Tellez-Jurado et al. (2009).

<sup>2</sup>Actual clasificación taxonómica según Cortez-Madrigal (2006); Elósegui (2006); Elosegui y Elizondo (2010).

<sup>3</sup>Nueva denominación de *P. fumosoroseus* según Luangsa-Ard et al. (2005); Hoy et al. (2010).

<sup>4</sup>Según Elosegui (2006).

## 2.2. Hongos entomopatógenos en el control biológico

Meyling y Eilenberg (2007), afirman que los hongos entomopatógenos presentan un reconocimiento cada vez mayor en la biodiversidad de los ecosistemas donde prestan importantes servicios ecosistémicos tanto en la producción agrícola porque según Azevedo y Melo (1998) “pueden eliminar o mantener las plagas en niveles que no ocasionan daños a los

cultivos”, como en el control biológico, por su capacidad natural para regular las poblaciones de insectos, reiterado por Batista Filho (1989); Alves (1998) y Robbs y Bittencourt (1998), quienes afirman que el 80% de las enfermedades naturales de los insectos en los agroecosistemas son producidos por estos microorganismos, la cual depende de la susceptibilidad del hospedero o de la asociación patógeno-hospedero. En este último caso, el insecto hospedero puede ejercer una presión de selección que favorezca a pocos genotipos del patógeno; es decir, hay una selección natural de estos microorganismos en términos de especialización con respecto al hospedero (Maurer et al., 1997; St. Leger y Roberts, 1997), que pueden ser producidos y utilizados como agentes de control de plagas agrícolas (Alves, 1998). El empleo de hongos entomopatógenos de manera integrada con insectos predadores puede ser una alternativa viable, pues la compatibilidad de los hongos entomopatógenos con predadores y parásitos fue demostrada por Goettel et al. (1990), así como por França et al. (2006), en un estudio realizado con *Metarhizium anisopliae* y *Beauveria bassiana* en el control de *Podisus nigrispinus* cuya infestación se dio por diversos medios de contacto como la diseminación del hongo o pulverización, al caminar sobre las superficies de las plantas y la ingestión de presas contaminadas. No obstante, la incompatibilidad también es relatada por Cook et al. (1996), incluyendo a *Perillus bioculatus* (F.) (Hemiptera: Pentatomidae) (Magalhães et al., 1988; James y Lighthart, 1994; Todorova et al., 2002).

Para que la manifestación epizootica de los hongos entomopatógenos tenga lugar, los factores bióticos y abióticos tienen una enorme influencia. Entre los factores abióticos que afectan la viabilidad y la persistencia de los hongos entomopatógenos en el campo se encuentran los rayos ultravioleta, la temperatura, la humedad relativa y los fungicidas. La susceptibilidad y la relación con los hospederos se relacionan con los nutrimentos presentes en los insectos, que son el medio para la propagación, dispersión y persistencia de los hongos. Las esporas de los entomopatógenos tienen requerimientos específicos de agua y temperatura, así como de otros factores ambientales que en conjunto funcionan como inductores para la activación de receptores presentes en el patógeno y que les permiten llevar a cabo el proceso infectivo sobre el hospedero (Hajek, 1997).

Doberski (1981a), realizó ensayos para determinar el efecto de la humedad y temperatura de hongos entomopatógenos, encontrando que *Paecilomyces farinosus* y *Beauveria bassiana* infestaron a temperatura de 2 °C contrario a *Metarhizium anisopliae* que no tiene efectividad por debajo de los 10 °C, concluyendo que los hongos actúan de manera significativa a temperaturas de 15 a 20 °C pero la óptima es de 25 °C, hallando similitud con los resultados de Hallsworth y Magan (1999), quienes afirman que los rangos de temperatura para el crecimiento óptimo de *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* y *Paecilomyces farinosus* son de 25, 30 y 20 °C, respectivamente. De igual manera Doberski (1981a), evaluó humedades relativas que variaron desde el 51 al 100%, hallando que *Paecilomyces farinosus* no tiene efecto en bajas humedades contrario con los otros dos hongos. Los rangos de mayor mortalidad para todos los hongos fueron observados con las humedades relativas más altas.

Doberski (1981b), evaluó diferentes aislamientos de los hongos *B. bassiana*, *M. anisopliae* y *P. farinosus*, para evaluar la patogenicidad en larvas de *Scolytus scolytus*, evidenciando que los hongos a una concentración de  $10^3$  esporas  $\times$   $\text{ml}^{-1}$  poseen mortalidad limitada; de igual manera, hallaron que las cepas más virulentas fueron las de *B. bassiana* y las menos virulentas *M. anisopliae* y virulencia intermedia fue mostrada por *P. farinosus*.

Angel-Sahagún et al. (2005), evaluaron la sensibilidad de huevos, pupas y adultos de *Haematobia irritans* en tres aislados de los hongos entomopatógenos *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* y *Paecilomyces fumososerus* utilizados a una concentración (conidias/ml) de  $1 \times 10^6$  para huevos,  $1 \times 10^8$  para pupas y las dos para adultos, hallando que todos los estadios son susceptibles a la acción de los hongos entomopatógenos con una reducción en la eclosión de 3,8 a 6,3% respecto a un 72% de eclosión del tratamiento testigo, mortalidad entre 50 y 71,3% en pupas y 90% en adultos.



Rodriguez et al. (2006), realizaron ensayos para evaluar la patogenicidad de *M. anisopliae* y *B. bassiana* en el control de los huevos de la polilla del tomate (*Tutta absoluta*), hallando que los aislados con mayor efectividad fueron *M. anisopliae* Qu-M558 y *B. bassiana* Qu-B912 con 80 y 60% de mortalidad respectivamente.

Kaaya (1989), evaluó la efectividad de cuatro hongos entomopatógenos, *B. bassiana*, *M. anisopliae*, *Paecilomyces fimosoroseus* y *P. farinosus*, hallando que la patogenicidad de los hongos *M. anisopliae* y *B. bassiana* generó mortalidad en adultos de *Glossina morsitans morsitans* del 100%, de igual manera halló que los machos son más susceptibles que las hembras a la infestación de los hongos.

De igual manera Kaaya y Munyinyi (1995), evaluaron la efectividad de *B. bassiana* y *M. anisopliae*, en el control de larvas de *Glossina morsitans morsitans* en campo y hallaron que mezclas del hongo en elevadas concentraciones de esporas generan mayor mortalidad larval entre los días 2 a 10 posinfección; *B. bassiana* a una concentración de  $1,4 \times 10^6$  generó el 97% de mortalidad, mientras que *M. anisopliae* a una concentración de  $2,3 \times 10^6$  ocasionó el 80% de mortalidad.

Samuels et al. (2002), determinaron la patogenicidad y virulencia de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* a huevos de *Blissus antillus*, inoculadas por inmersión en concentraciones de  $1 \times 10^4$  y  $5 \times 10^6$  conidias  $\times \text{ml}^{-1}$ . Los aislados de *M. anisopliae* fueron altamente virulentos incluso a concentraciones de  $1 \times 10^4$  conidias  $\times \text{ml}^{-1}$ , llegando a generar infección de 96,7% mientras los aislados de *B. bassiana* fueron considerados de baja virulencia o avirulentos.

Frazzon et al. (2000), evaluaron 12 aislamientos del hongo *M. anisopliae*, donde el aislamiento más patógeno generó 100% de mortalidad a una concentración de  $10^7$  conidiosporas  $\times \text{ml}^{-1}$ ; los aislamientos reactivados a partir de garrapatas fueron más patógenos que los cultivados en medio sintético. Igualmente, Moreno et al. (2001), evaluaron a *M. anisopliae*, *B. bassiana* y *Verticillium lecanii* sobre teleoginas de *Boophilus microplus*, donde *M. anisopliae* generó inhibición del 87% a concentración de  $10^9$  conidiosporas  $\times \text{ml}^{-1}$ . Posada y Lecuona (2009), evaluaron la efectividad de 259 aislados de *B. bassiana* obtenidos del suelo, de garrapatas muertas y de colección fúngica para el control de *B. microplus* hallando que la  $CL_{50}$  para 98 de los aislados más virulentos fue de  $1 \times 10^7$  y  $1,15 \times 10^7$  conidias  $\times \text{ml}^{-1}$ . Fernández-Ruvalcaba et al. (2005), evaluaron la efectividad *in vitro* de *M. anisopliae* a diferentes concentraciones en cepas de *B. microplus* resistente y sensible a organofosforados, hallando que a una concentración de  $10^8$  esporas  $\times \text{ml}^{-1}$  genera el 100% de mortalidad a los 20 días postinfección en las dos cepas de garrapatas. De igual manera, hubo reducción de los parámetros reproductivos con variación en las diferentes concentraciones.

Sánchez et al. (2002), detectaron hongos del género *Cordyceps* infestando naturalmente a hormigas del género *Camponotus* e insectos de los órdenes Diptera, Lepidoptera e Hymenoptera en plantaciones de cacao.

Merino et al. (2007), evaluaron la efectividad de 29 aislados de *M. anisopliae* y 30 de *B. bassiana*, sobre obreras y machos de *Vespula germanica* a una concentración de 0 a  $1 \times 10^8$  conidias  $\times \text{ml}^{-1}$  en medio acuoso azucarado. *B. bassiana* obtuvo mejor desempeño generando mortalidad que osciló entre 70 a 97%, concluyendo que a concentración mayor de  $10^7$  conidios  $\times \text{ml}^{-1}$  la mortalidad de la población es superior a 90%.

### 2.3. Formulación de hongos entomopatógenos en el control biológico

Según Alean Carreño (2003), la formulación del hongo es el proceso mediante el cual el ingrediente activo, es decir las conidias del hongo, se mezclan con materiales inertes, tales como vehículos, solventes, emulsificantes y otros aditivos. Estos materiales inertes ayudan a que el hongo se encuentre protegido al momento de la aplicación, evitar la sedimentación y la formación de grumos que tapen las boquillas.

Para Tanzini et al. (2001), el éxito de un bioplaguicida de origen microbiano radica en una buena formulación, que depende de las características del microorganismo, su relación con los componentes de la formulación y el ambiente de almacenamiento. Pero, para Boyetchko et al. (1999); Wraight et al. (2001), el lento progreso para realizar formulaciones adecuadas es una de las mayores barreras para la producción de bioplaguicidas.

“La estabilidad, viabilidad y persistencia en campo de los entomopatógenos es en gran medida determinada por el tipo de formulación” (Cortez-Madriral, 2006). Para Carballo (1998), se debe tener en cuenta diferentes aspectos para la producción de productos biológicos tales como un medio de cultivo óptimo, un sistema de obtención masiva del inóculo, garantizar la estabilidad del producto y determinar las condiciones de almacenamiento, así como bioensayos de laboratorio, invernadero y campo que confirmen la efectividad del producto formulado.

Así mismo, para Carballo (1998), los materiales utilizados para la formulación no deben tener actividad biológica ni afectar la actividad del hongo, deben ser inocuos al ambiente, presentar características físicas que permita la mezcla de los conidios, facilitar la aplicación del producto y que sean económicamente rentables. Entre los sustratos descritos por Vélez et al. (1997), están el arroz, trigo y medios líquidos.

Según Vélez et al. (1997), utilizar hongos entomopatógenos como bioplaguicidas requiere de producción masiva del hongo, el cual debe mantener su capacidad infectiva por un periodo de tiempo considerable.

Para Medugno et al. (2007); Teera-Arunsiri et al. (2003), se han desarrollado los polvos humedecibles como formulación seca, debido a su larga vida de conservación, buena miscibilidad en agua que permite formar una suspensión homogénea de fácil aplicación con un equipo atomizador; sin embargo es necesario realizar pruebas de suspendibilidad, humectabilidad, contenido de humedad y tamaño de la partícula. Según Monzón (2001), la viabilidad del hongo no debe ser menor de 95% y el contenido de humedad entre cuatro a seis por ciento.

Para Fernández y Juncosa (2002), la temperatura y la humedad son las principales limitantes para la eficacia de los hongos que se han contrarrestado con la adición de coadyuvantes que mejoran la germinación de esporas, tales como el aceite de maíz sin refinar que reduce los requerimientos de humedad, así como los surfactantes como Tween 20 que mejora la dispersión de las esporas en gotas, en la germinación, infección y desarrollo. Según Elósegui y Elizondo (2010), mezclas de aislados fúngicos pueden usarse para aumentar el rango de tolerancia a la temperatura, comparado con la tolerancia a la temperatura de una sola especie fúngica.

García Gutiérrez y González Maldonado (2010), evaluaron la efectividad de tres hongos entomopatógenos (*Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* y *Paecilomyces fumosoroseus*) para el control de plagas en cultivos de hortalizas, emulsionados en tierra de diatomeas en proporción 1:10 los cuáles fueron aplicados en una concentración de  $1,2 \times 10^{12}$  esporas x Ha<sup>-1</sup> generando mortalidad superior al 80% a las 72 horas de aplicación.

Cortez-Madriral (2006), evaluó el efecto del aceite de girasol y la glicerina sobre la germinación de *Lecanicillium (Verticillium) lecanii*, en diferentes concentraciones, hallando que la glicerina posee un efecto adverso sobre la germinación del hongo, mientras el aceite al 15% a una humedad relativa del 80% fue el más favorable.

Samuels et al. (2002), determinaron la patogenicidad y virulencia de *Metarhizium anisopliae* a huevos de *Blissus antillus* en condiciones de campo, y verificaron que los formulados en aceite mineral y en Tween 80 generaron el 63,5% y 27,1% de mortalidad respectivamente.

Abolins et al. (2007), realizaron control *in vitro* e *in vivo* del ácaro *Psoroptes ovis* con *M. anisopliae*, en preparados con tierra de diatomeas y seco, este último genera infección superior al 90% por lo que se recomienda para el control de éste ectoparásito.

Mata y Barquero (2010), evaluaron la factibilidad de producción de *B. bassiana* en medio líquido para el control de la broca del café (*Hypothenemus hampei*), hallando que el medio de cultivo consistente en azúcar, extracto de levadura y peptona es en donde ocurre el mejor crecimiento del hongo al cuarto día, sin ser afectado por el pH inicial, ni la temperatura de 28 °C, además genera mortalidad del 86,7%.

Es así que a partir de ensayos de producción tanto artesanal como tecnificada se ha producido masivamente hongos entomopatógenos para el control de las plagas de cultivos de interés comercial. Como lo describe Alean Carreño (2003), hay dos tipos de formulaciones, la primera, seca o polvo humedecibles y la segunda, Líquida o emulsificable, de los cuales se han obtenido productos comerciales que se describen en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Productos de hongos entomopatógenos utilizados para control biológico.

PRODUCTO	HONGO	PAIS
Botanigard®	<i>B. bassiana</i>	Chile
Aseronjia®	<i>A. aleyrodis</i>	Rusia
Biotrol® FBB	<i>B. bassiana</i>	USA
Boverin®	<i>B. bassiana</i>	Rusia
ABG-6178®	<i>B. bassiana</i>	USA
Mycar®	<i>H. thompsoni</i>	USA
Biotrol® FMA	<i>M. anisopliae</i>	USA
Green guard®	<i>M. anisopliae</i>	Australia
Metaquino®	<i>M. anisopliae</i>	Brasil
Vertalec®	<i>V. lecanii</i>	Inglaterra
Mycotol®	<i>V. lecanii</i>	Inglaterra
Mycotal®	<i>V. lecanii</i>	Holanda
Mycotrol® WP	<i>B. bassiana</i>	USA
Preferal®	<i>P. fumosoroseus</i>	Bélgica
Bea-SIN®	<i>B. bassiana</i>	México
Pae-SIN®	<i>P. fumosoroseus</i>	México
Micobiol® HE	<i>B. bassiana</i> <i>M. anisopliae</i> <i>L. lecanii</i> <i>H. thompsonii</i>	Colombia
Vertisol®	<i>Verticillium</i> spp.	Colombia
Couch®	<i>L. giganteum</i>	USA

### 3. CONCLUSIONES

Los hongos entomopatógenos son organismos de importante valor ecológico al desempeñar funciones de regulación sobre insectos, quienes debido al mal manejo de pesticidas realizado por el humano para su control se han convertido en plagas incontrolables y resistentes, convirtiendo a los hongos entomopatógenos en una opción viable para la elaboración de bioplaguicidas que permitan el control de los mismos sin contaminación y deterioro del medio ambiente; no obstante, se debe tener en cuenta que el impacto en el ambiente puede ser negativo al controlar especies de insectos benéficas como es el caso de las abejas (*Api mellifera*), polinizadoras por excelencia en el ecosistema.

El desarrollo de productos a base de hongos entomopatógenos debe involucrar investigación para determinar el nivel de interacción del hongo con su hospedero y con el medio ambiente, la concentración del producto y el método de formulación adecuado que permita llevar estos microorganismos a condiciones de campo para que desempeñen una función de buena capacidad reguladora de las plagas dentro del agroecosistema.



#### 4. REFERENCIAS

- ABOLINS, S.; THIND, B.; JACKSON, V.; LUKE, B.; MOORE, D.; WALL, R. et al. Control of the sheep scab mite *Psoroptes ovis* in vivo and in vitro using fungal pathogens. **Veterinary Parasitology**, v. 148, n. 3/4, p. 310-317, 2007.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.vetpar.2007.06.008>
- ALEAN CARREÑO, I. **Evaluación de la patogenicidad de diferentes hongos entomopatógenos para el control de la mosca blanca de la yuca *Aleurotrachelus sociales* Bondar (Homoptera: Aleyrodidae) bajo condiciones de invernadero.** 2003. 107f. Trabajo de grado (Microbióloga Agrícola y Veterinaria) - Facultad de Ciencias Basicas, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, 2003.
- ALVES, S. B. Fungos entomopatogénicos. In: ALVES, S. B. (Ed.). **Controle microbiano de insetos.** Piracicaba: FEALQ, 1998. p. 289-381.
- ANGEL-SAHAGÚN, C. A.; LEZAMA-GUTIÉRREZ, R.; MOLINA-OCHOA, J.; GALINDO-VELASCO, E.; LÓPEZ-EDWARDS, M.; REBOLLEDO-DOMÍNGUEZ, O. et al. Susceptibility of biological stages of the horn fly, *Haematobia irritans*, to entomopathogenic fungi (Hyphomycetes). **Journal of Insect Science**, v. 5, n. 50, 8p., 2005. Disponible en: <<http://www.insectscience.org/5.50>>. Acceso: junio 2011.
- ASAFF, T. A.; REYES, V. Y.; LOPEZ, L. V. E.; DE LA TORRE, M. M. Guerra entre insectos y microorganismos: una estrategia natural para el control de plagas. **Avance y Perspectiva**, v. 21, p. 291-295, 2002.
- AZEVEDO, J. L.; MELO, I. S. Controle microbiano de insectos - pragas e seu melhoramento genético. In: \_\_\_\_\_. **Controle Biológico.** Jaguariúna: Embrapa, 1998. vol. 1, p. 69-93.
- BARRANCO FLORIDO, J. E.; ALATORRE ROSAS, R.; GUTIERREZ ROJAS, M.; VINIEGRA GONZALÉZ, G.; SAUCEDO CASTANEDA, G. Criteria for the selection of strains of entomopathogenic fungi *Verticillium lecanii* for solid state cultivation. **Enz. Microb. Technol**, v. 30, p. 910-915, 2002. [http://dx.doi.org/10.1016/S0141-0229\(02\)00032-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0141-0229(02)00032-7)
- BATISTA FILHO, A. Controle biológico e o manejo integrado de pragas. **Biológico**, v. 55, p. 36-39, 1989.
- BOYETCHKO, S. M.; PEDERSEN, E.; PUNJA, Z. K.; REDY, M. S. Formulations of biopesticides. In: HALL, F. R.; MENN, J. J. (Eds.). **Biopesticides.** Totowa: Human Press, 1999. p. 487-508.
- BUTT, T. M.; JACKSON, C.; MAGAN, N. Fungi as biological control agent: progress, problems and potencial. In: BUTT, T. M.; JACKSON, C.; MAGAN, N. (Eds.). **Fungi as biocontrol agents.** Wallingford: CABI International, 2001. p. 1-8.  
<http://dx.doi.org/10.1079/9780851993560.0001>
- CARBALLO, M. Formulación de hongos entomopatógenos. **Rev. Manejo Integrado de Plagas**, v. 47, p. 1-4, 1998.
- CARRUTHERS, I. R.; HURAL, K. Fungi as natural occurring entomopathogens. In: BAKER, R. R.; DUNN, P. E. (Eds.). **New directions in biological control: alternatives for suppressing agricultural pests and diseases.** Nueva York: Liss, 1990. p. 115-138.

- CHARNLEY, A. K. Entomopathogenic fungi and their role in pest control. In: WICKLOW, D.; SODERSTROM, M. (Eds.). **The Mycota**. Heidelberg: Springer-Verlag, 1997. p. 185-201. vol. IV: Environmental and microbial relationships.
- CHARNLEY, A. K.; COLLINS, S. A. Entomopathogenic fungi and their role in pest control. In: KUBICEK, C. P.; DRUZHININA, I. S. (Eds.). 2. ed. **The Mycota**. Heidelberg: Springer-Verlag, 2007. vol. IV: environmental and microbial relationships.
- COOK, R. J.; BRUCKART, W. L.; COULSON, J. R.; GOETTEL, M. S.; HUMBER, R. A.; LUMSDEN, R. D. et al. Safety of microorganisms intended for pest and plant disease control: a framework for scientific evaluation. **Biological Control**, v. 7, n. 3, p. 333-351, 1996. <http://dx.doi.org/10.1006/bcon.1996.0102>
- CORTEZ-MADRIGAL, H. Efecto de coadyuvantes en *Lecanicillium lecanii* (Zimm.) Zare y Gams y su virulencia hacia *Toxoptera aurantii* Boyer. **Revista Mexicana de Fitopatología**, v. 24, p. 59-64, 2006.
- DESHPANDE, M. V. Mycopesticide production by fermentation: potential and challenges. **Crit. Rev. Microbiol**, v. 25, n. 3, p. 229-243, 1999. <http://dx.doi.org/10.1080/10408419991299220>
- DOBERSKI, J. W. Comparative laboratory studies on three fungal pathogens of the elm bark beetle *Scolytus scolytus*: effect of temperature and humidity on infection by *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* and *Paecilomyces farinosus*. **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 37, n. 2, p. 195-200, 1981a. [http://dx.doi.org/10.1016/0022-2011\(81\)90075-6](http://dx.doi.org/10.1016/0022-2011(81)90075-6)
- DOBERSKI, J. W. Comparative laboratory studies on three fungal pathogens of the elm bark beetle *Scolytus scolytus*: pathogenicity of *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* and *Paecilomyces farinosus* to larvae and adults of *S. scolytus*. **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 37, n. 2, p. 188-194, 1981b. [http://dx.doi.org/10.1016/0022-2011\(81\)90074-4](http://dx.doi.org/10.1016/0022-2011(81)90074-4)
- ELOSEGUI, C. O. Métodos artesanales de producción de bioplaguicidas a partir de hongos entomopatógenos antagonistas. La Habana-Cuba: Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal (INISAV), 2006. p. 6-8.
- ELÓSEGUI, C. O.; ELIZONDO, S. A. I. Evaluación microbiológica *in vitro* de mezclas de especies de hongos entomopatógenos ingredientes activos de bioplaguicidas cubanos. **FITOSANIDAD**, v. 14, n. 2, p. 102-109, 2010.
- FERNÁNDEZ, C.; JUNCOSA, R. Biopesticidas: ¿la agricultura del futuro? **Phytoma**, v. 141, p. 14 – 19, 2002.
- FERNÁNDEZ-RUVALCABA, M.; ZHIOUA, E.; GARCÍA-VÁZQUEZ, Z. Infectividad de *Metarhizium anisopliae* en contra de cepas de garrapata *Boophilus microplus* sensible y resistente a los organofosforados. **Téc. Pecu. Méx**, v. 43, n. 3, p. 433-440, 2005.
- FAO. **Resistencia a los antiparasitarios: estado actual con énfasis en América Latina**. Roma: Dirección de producción y sanidad animal de la FAO, 2003. p. 33-35.

- FRANÇA, I.; MARQUES, E.; TORRES, J.; OLIVEIRA, J. Efeitos de *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorok. e *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. sobre o Percevejo Predador *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Hemiptera: Pentatomidae). **Neotropical Entomology**, v. 35, n. 3, p. 349-356, 2006.  
<http://dx.doi.org/10.1590/S1519-566X2006000300009>
- GARCIA GUTIÉRREZ, C.; GONZÁLEZ MALDONADO, M. B. Uso de bioinsecticidas para el control de plagas de hortalizas en comunidades rurales. **Ra Ximhai**, v. 6, n. 1, p. 17-22, 2010.
- GILLESPIE, A. T.; CLAYDON, N. The use of entomogenous fungi for pest control and the role of toxins in pathogenesis. **Pesticide Sci**, v. 27, p. 203-215, 1989.  
<http://dx.doi.org/10.1002/ps.2780270210>
- GOETTEL, M. S.; POPRAWski, T. J.; VANDENBERG, J. D.; LI, Z.; ROBERTS, D. W. Safety to nontarget invertebrates of fungal biocontrol agents. In: LAIRD, M.; LACEY, L. A.; DAWISON, E. W. (Eds.). **Safety of microbial insecticides safety to nontarget invertebrates of fungal biocontrol agents**. Boca Raton: CRC Press, 1990. 259p.
- FRAZZON, A. P. G.; VAZ JUNIOR, I. D. S.; MASUDA, A.; SCHRANK, A.; VAINSTEIN, M. H. In vitro assessment of *Metarhizium anisopliae* isolates to control the cattle tick *Boophilus microplus*. **Veterinary Parasitology**, v. 94, n. 1/2, p. 117-125, 2000.  
[http://dx.doi.org/10.1016/S0304-4017\(00\)00368-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0304-4017(00)00368-X)
- HAJEK, A. E. Ecology of terrestrial fungal entomopathogens. **Adv. Microb. Ecol.**, v. 15, p. 193-249, 1997.
- HALLSWORTH, J. E.; MAGAN, N. Water and temperature relations of grown of entomopatogenous fungi *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* and *Paecilomyces farinosus*. **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 74, n. 3, p. 261-266, 1999.  
<http://dx.doi.org/10.1006/jipa.1999.4883>
- HARAPRASAD, N.; NIRANJANA, S.; PRAKASH, H.; SHETTY, H.; WAHAB, S. *Beauveria bassiana* – a potencial mycopesticide for the efficient control of coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) in India. **Biocontrol Science and Technology**, v. 11, p. 251-260, 2001. <http://dx.doi.org/10.1080/09583150120035675>
- HEGEDUS, D.; KHACHATOURIANS, G. The impact of biotechnology on hyphomycetous fungal insect biocontrol agents. **Biotechnol. Adv.**, v. 13, p. 455-490, 1995.  
[http://dx.doi.org/10.1016/0734-9750\(95\)02006-O](http://dx.doi.org/10.1016/0734-9750(95)02006-O)
- HOY, M. A.; RAGHUWINDER, S.; ROGERS, M. E. Evaluations of a novel isolate of *Isaria fumosorosea* for control of the asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* (Hemiptera:Psyllidae). **Florida Entomologist**, v. 93, n. 1, p. 24-32, 2010.  
<http://dx.doi.org/10.1653/024.093.0103>
- JAMES, R. R.; LIGHTHART, B. susceptibility of the convergent lady beetle (Coleoptera: Coccinellidae) to four entomopatogenous fungi. **Environmental Entomology**, v. 23, p. 190-192, 1994.
- JEFFS, L. B.; XAVIER, I. J.; MATAI, R. E.; KHACHATOURIANS, G. G. Relationships between fungal spore morphologies and surface properties for entomopathogenic members of the genera *Beauveria*, *Metarhizium*, *Paecilomyces*, *Tolypocladium*, and *Verticillium*. **Can. J. Microbiol.**, v. 45, p. 936-948, 1997.

- KAAYA, G. P. *Glossina morsitans morsitans*: mortalities caused in adults by experimental infection with entomopathogenic fungi. **Acta Tropica**, v. 46, n. 2, p. 107-114, 1989. [http://dx.doi.org/10.1016/0001-706X\(89\)90004-1](http://dx.doi.org/10.1016/0001-706X(89)90004-1)
- KAAYA, G. P.; MUNYINYI, D. M. Biocontrol potential of the entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* for tsetse flies (*Glossina* spp.) at developmental sites. **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 66, n. 3, p. 237-241, 1995. <http://dx.doi.org/10.1006/jipa.1995.1095>
- KERSHAW, M. J.; TALBOT, N. J. Hydrophobins and repellents: proteins with fundamental roles in fungal morphogenesis. **Fungal Genet. Biol.**, v. 23, p. 18-33, 1998. <http://dx.doi.org/10.1006/fgbi.1997.1022>
- KHACHATOURIANS, G. G. Physiology and genetics of entomopathogenic fungi. In: ARORA, D. K.; AJELLO, L.; MUKERJI, K. G. (Eds.). **Handbook of applied mycology**. Nueva York: Dakker, 1991. p. 613-661. vol. II: humans, animals and insects.
- KHACHATOURIANS, G. G. Biochemistry and molecular biology of entomopathogenic fungi. In: HOWARD, D. H.; MILLER, J. D. (Eds.). **The Mycota**. Berlin: Springer, 1996. p. 331-364. vol. VI: human and animal relationship.
- LACEY, L. A.; FRUTOS, R.; KAYA, H. K.; VAIL, P. Insect pathogens as biological control agents: do they have a future? **Biol. Control**, v. 21, p. 230-248, 2001. <http://dx.doi.org/10.1006/bcon.2001.0938>
- LÓPEZ-LLORCA, L. V.; HANS-BÖRJE, J. Biodiversidad del suelo: control biológico de nematodos fitopatógenos por hongos nematófagos. **Cuaderno de Biodiversidad**, v. 3, n. 6, p. 12 – 15, 2001. Disponible en: <<http://www.ua.es/es/informacion/biodiversidad/cuadbiod06.pdf>>. Acceso en: junio 2011.
- LUANGSA-ARD, J. J.; HYWEL-JONES, N. L.; MANOCH, L.; SAMSON, R. A. On the relationship of *Paecilomyces* sect. *Isarioidea* species. **Mycol. Res.**, v. 109, n. 5, p. 581-589, 2005. <http://dx.doi.org/10.1017/S0953756205002741>
- MAGALHÃES, B. P.; LORD, J. C.; WRAIGHT, S. P.; DAOUST, R. A.; ROBERTS, D. W. Pathogenicity of *Beauveria bassiana* and *Zoophthora radicans* to the coccinellid predators *Coleomegilla maculata* and *Eriopsis connexa*. **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 52, p. 471-473, 1988.
- MATA, M.; BARQUERO, M. Evaluación de la fermentación sumergida del hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* como parte de un proceso de escalamiento y producción de bioplaguicidas. **PROMECAFE**, v. 122, p. 8-19, 2010.
- MAURER, P.; COUTEAUDIER, Y.; GIRARD, P. A.; BRIDGE, P. D.; RIBA, G. Genetic diversity of *Beauveria bassiana* and relatedness to host insect range. **Mycol. Res.**, v. 101, p. 159-164, 1997. <http://dx.doi.org/10.1017/S0953756296002213>
- MEDUGNO, C.; FERRAZ, A.; FREITAS, C. Evaluation of a wettable powder formulation for the nuclear polyhedrosis virus of *Anticarsia gemmatalis* (Lep.:Noctuidae). **Pestic. Sci.**, v. 51, p. 153 -156, 1997. [http://dx.doi.org/10.1002/\(SICI\)1096-9063\(199710\)51:2<153::AID-PS615>3.0.CO;2-2](http://dx.doi.org/10.1002/(SICI)1096-9063(199710)51:2<153::AID-PS615>3.0.CO;2-2)

- MERINO, L.; FRANCE, A.; GERDING, M. Selection of native fungi strains pathogenic to *Vespa germanica* (Hymenoptera: Vespidae). **Agric. Téc.**, v. 67, n. 4, p. 335-342, 2007.
- MEYLING, N. V.; EILENBERG, J. Ecology of the entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* in temperate agroecosystems: potential for conservation biological control. **Biological Control**, v. 43, n. 2, p. 145-155, 2007. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocontrol.2007.07.007>
- MILNER, J. R. Current status of *Metarhizium* as a mycoinsecticide in Australia. **Biocontrol News Inf.**, v. 20, p. 47-50, 2000.
- MONZÓN, A. Producción, uso y control de calidad de hongos entomopatógenos en Nicaragua. Avances en el fomento de productos fitosanitarios no-sintéticos. **Manejo Integrado de Plagas**, v. 63, p. 95-103, 2001.
- MORENO, R.; HERNÁNDEZ, F.; BENAVIDES, E.; COTES, A. M.; ROMERO, A.; GÓMEZ, M. I.; GARCÍA, L. P. Evaluación in vitro de *Metarhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana* y *Verticillium lecanii* para el control de la garrapata *Boophilus microplus* (Canestrini) (Mestastigmata: Ixodidae). In: CONGRESO SOCIEDAD COLOMBIANA DE ENTOMOLOGÍA, 28., 8-10 de agosto 2001, Pereira. **Resúmenes...** Bogotá: SOCOLEN, 2001.
- POSADA, J. B.; LECUONA, R. E. Selection of native isolates of *Beauveria bassiana* (Ascomycetes: Clavicipitaceae) for the microbial control of *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (Acari: Ixodidae). **Journal of Medical Entomology**, v. 46, n. 2, p. 284-291, 2009. <http://dx.doi.org/10.1603/033.046.0213>
- PUCHETA DIAZ, M.; FLORES MACIAS, A.; RODRIGUEZ NAVARRO, S.; DE LA TORRE, M. Mecanismo de acción de los hongos entomopatógenos. **INCI**, v. 31, n. 12, p. 856-860, 2006.
- ROBBS, C. F.; BITTENCOURT, A. M. Controle biológico de insetos. **Biotecnologia, Ciência e Desenvolvimento**, v. 6, p. 71, 1998.
- RODRIGUEZ, S. M.; GERDING, P. M.; FRANCE, I. A. Selección de aislamientos de hongos entomopatógenos para el control de huevos de La polilla del tomate, *Tutta absoluta* Meyrick (LEPIDOPTERA:GELECHIIDAE). **Chilean Journal of Agricultural Research**, v. 66, n. 2, p. 151-158, 2006.
- SAMUELS, R. I.; CORACINI, D. L. A.; MARTINS DOS SANTOS, C. A.; GAVA, C. A. T. Infection of *Blissus antillus* (Hemiptera:Lygaeidae) eggs by the entomopathogenic fungi *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana*. **Biological control**, v. 23, n. 3, p. 269-273, 2002. <http://dx.doi.org/10.1006/bcon.2001.1009>
- SAMSON, R. A.; EVANS, H. C.; LATGÉ, J. P. **Atlas of entomopathogenic fungi**. New York: Springer-Verlag, 1988. p. 187.
- SANCHEZ, P.; MORILLO, F.; CAETANO, F.; ITURRIAGA, T.; GUERRA, J.; MUÑOZ, W. Detección de hongos entomopatógenos del género *Cordyceps* ((Fr.) Link), 1833 (Ascomycotina: Pyrenomycetes) sobre hormigas del género *Camponotus* Mayr, 1861 (Hymenoptera: Formicidae) en plantaciones de cacao de Barlovento, estado Miranda, Venezuela. **Entomotropica**, v. 17, n. 2, p. 191-195, 2002.
- ST. LEGER, R. J.; ROBERTS, D. W. Engineering improved mycoinsecticides. **Trends Biotechnol.**, v. 15, p. 83-87, 1997. [http://dx.doi.org/10.1016/S0167-7799\(96\)10071-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0167-7799(96)10071-8)



- TANZINI, M. R.; BATISTA, S.; SETTEN, A.; TOSCHI, N. Compatibilidad de agentes tensoactivos con *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae*. **Manejo Integrado de Plagas**, Costa Rica, n. 59, p. 15 - 18, 2001.
- TEERA-ARUNSIRI, A.; SUPHANTHARIKA, M.; KETUNUTI, U. Preparation of spray – dried wettable powder formulations of *Bacillies thuringiensis*-based Biopesticides. **J. Econ. Entomol.**, v. 96, n. 2, p. 292-299, 2003. <http://dx.doi.org/10.1603/0022-0493-96.2.292>
- TÉLLEZ-JURADO, A.; CRUZ, R. M. G.; FLORES, M. Y.; ASAFF, T. A.; ARANA-CUENCA, A. Mecanismos de acción y respuesta en la relación de hongos entomopatógenos e insectos. **Revista mexicana de micología**, v. 30, p. 73-80, 2009.
- TODOROVA, S. I.; CLOUTIER, C.; CÔTÉ, J. C.; CODERRE, D. Pathogenicity of six isolates of *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin (Deuteromycotina, Hyphomycetes) to *Perillus bioculatus* (F) (Hem., Pentatomidae). **Journal of Applied Entomology**, v. 126, n. 4, p. 182-185, 2002. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1439-0418.2002.00632.x>
- VAN DRIESCHE, R.; HODDLE, M.; CENTER, T. D. **Control of pests and weeds by natural enemies**: an introduction to biological control. Oxford: Blackwell Publishing, 2008. 473 p. ISBN 978-14051-4571.
- VÉLEZ, P. A.; POSADA, F. J.; MARIN, P.; GONZALEZ, M. T.; OSORIO, E.; BUSTILLO, A. **Técnicas para el control de calidad de formulaciones de hongos entomopatógenos**. Chinchiná: Centro Nacional de Investigaciones de café, 1997. p. 37. (Boletín Técnico, 17)
- WRAIGHT, S. P.; JACKSON, M. A.; KOCK, S. L. Production, stabilization and formulation of fungal biocontrol agents. In: BUTT, T. M.; JACKSON, C.; MAGAN, N. (Eds.). **Fungi as biocontrol agents progress, problems and potential**. Wallingford: CABI Publishing, 2001. p. 253-288. <http://dx.doi.org/10.1079/9780851993560.0253>