

Uso actual y potencial de los hongos entomopatógenos para el control biológico de artrópodos plagas*

Current use and potential of entomopathogen fungi for biological control of antropod pests

HARRY C. EVANS¹

RESUMEN

Después de una introducción a la historia, la taxonomía y la biología de los hongos entomopatógenos, se analiza el estado actual de estos como agentes de control de los artrópodos plagas. Siguiendo al optimismo de los años 70 y 80 en los que se vio un gran auge en la comercialización del primer hongo entomopatógeno, el interés en su desarrollo y explotación empezó a decaer, así que se analizan las principales razones de este decaimiento. Todos los hongos evaluados hasta ahora como agentes de control biológico pertenecen a un pequeño grupo de géneros de los Deuteromycetes (*Beauveria*, *Hirsutella*, *Metarhizium*, *Verticillium*) y se concluye que esta estrecha base genética necesita ser ampliada. Esto puede ser logrado por especialistas que se dediquen a coleccionar, particularmente en países tropicales donde el bosque primario ofrece una rica fuente de germoplasma de hongos. Se ha sugerido que en el futuro los hongos entomopatógenos podrían contribuir significativamente en el control de los artrópodos plagas, directamente en forma de micoinsecticidas, o indirectamente a través de la utilización de sus metabolitos secundarios.

SUMMARY

After an introduction to the history, taxonomy and biology of entomopathogen fungi, the current status of these pathogens as control agents against antropod pests is analyzed. Following the optimism of the seventies and eighties, when the marketing of the first entomopathogen fungus boosted, interest in its development and use declined, and the main reasons for such decline are analyzed. To date all fungi evaluated as biological control agents belong to a small group of the Deuteromycetes genus (*Beauveria*, *Hirsutella*, *Metarhizium*, *Verticillium*) and it is concluded that this narrow genetic base must be extended. This may be achieved by specialists devoted to collection, especially in tropical countries where primary forests offer a rich source of fungal germoplasm.

It has been suggested that in the future entomopathogen fungi could significantly contribute directly to antropod pest control, in the form of micoinsecticides, or indirectly through the use of their secondary metabolites.

Palabras claves: Control microbiológico, Micoinsecticidas

Conferencia dictada en el XVIII Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología. Julio 1991. Santafé de Bogotá
1. Tomado de: Miscelánea Sociedad Colombiana de Entomología no. 21. p. 9-14. Julio 1991.
CAB International Institute of Biological Control, Silwood Park. Ascot, Berks. SL7TA, United Kigdom.

HISTORIA

A diferencia de otras enfermedades de los artrópodos, las causadas por hongos son particularmente evidentes y de fácil diagnóstico. Como Petch (1925) lo comenta, éstas se conocen desde el comienzo de la micología como ciencia en Europa en el siglo XIX. La ubicuidad e importancia ecológica de estos hongos llegó a ser más ampliamente apreciada como un avance en micología en las regiones tropicales. Petch (1925) suministra una lista de 100 especies de hongos entomopatógenos, los cuales define como hongos con la habilidad de invadir y matar sus huéspedes artrópodos, y que colectó en Sri Lanka. También incluye en la lista otros hongos asociados con insectos, generalmente descritos dentro del término amplio de entomógenos, los cuales son ectoparásitos (tales como los Laboubenmiales) que viven sobre o dentro de la cutícula de los artrópodos huéspedes, pero no causan una mortalidad directa, o endoparásitos, *sensu lato*, que producen un complejo de estructuras de alimentación dentro del homocelo,

desarrollando una relación simbiótica antes que patogénica con el insecto huésped e.j. Septobasidiales. Petch, posteriormente, enfatiza que estas colecciones fueron hechas en un área de Sri Lanka relativamente poco lluviosa y a una altitud elevada, concluyendo que muchas más especies se podrían encontrar en áreas tropicales bajas y húmedas. Así, desde las épocas tempranas hubo evidencias que indicaron que los trópicos son especialmente favorables para hongos entomopatógenos y esto fue ligado a la ocurrencia de condiciones de alta temperatura y humedad. Sin embargo, su asociación histórica con el hombre es considerablemente más larga que lo que sugieren los reportes científicos. Las enfermedades fungosas del gusano de seda, *Bombyx morí L.*, fueron registradas hace más de 1000 años, y larvas de lepidópteros infectas con *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. y *Cordyceps sinensis* han sido conocidas por los cultivadores de hierbas chinos durante muchos siglos (Steinhaus 1949, 1956; Samson et al. 1988). Hasta mediados del siglo XIX, las estructuras fungales en el huésped fueron interpretadas como parte del ciclo

ACEITE EXTRAFINO

Topacio

No contiene
ni produce colesterol

ULTRAREFINADO

CALIDAD

Fomar

DIRECCION
APDO. AEREO
TELEFONOS
L.S.F.
R.S.
INGREDIENTES
CONTENIDO

CIENAGA MAGDALENA
057
24 12 20 - 24 00 99
IF 185003-90
IAF18M00191
MEZCLA DE ACEITES VEGETALES
1000 c.c.

natural del artrópodo, siendo usadas por algunos de los primeros científicos como prueba de la transmutación de animal a planta y viceversa, de donde se originaron los términos "avispa vegetal" y "gusanos planta" (Cooke 1892). Fue sólo después de una detallada investigación de Agostino Bassi en Italia, en 1830, sobre la enfermedad muscardina blanca (*B. bassiana*) del gusano de seda, que la verdadera naturaleza de esa asociación fue revelada y la teoría del germen de las enfermedades se postuló, conduciendo directamente al conocimiento actual de la causa y el efecto de la enfermedad tanto en medicina como en patología vegetal.

Louis Pasteur es considerado como el primer científico en proponer el uso de los hongos entomopatógenos para el control de los artrópodos plagas, pero fue E. Metchnikoff, a comienzos de 1870, quien llevó a cabo la primera evaluación práctica. Los registros indican que la muscardina verde (*Metarhizium anisopliae* (Metch.) Sorokin) fue producida masivamente y aplicada en el campo para el control de varios coleópteros plagas en los cultivos anuales como papa, remolacha azucarera y trigo, en Rusia (Steinhaus 1956).

El papel histórico importante jugado por los hongos entomopatógenos en el desarrollo de la medicina es una vez más resaltado aquí, ya que la investigación adelantada por Metchnikoff en la interacción insecto-hongo, subsecuentemente lo llevó a descubrimientos sobre la inmunidad celular humana, por lo cual fue posteriormente galardonado con el premio Nobel de medicina. Hacia el final del siglo XIX y comienzos del presente, los hongos entomopatógenos fueron activamente evaluados como agentes de control biológico de una variedad de artrópodos plagas en diversas partes del mundo: *Aschersonia* spp. contra la mosca blanca de los cítricos en Estados Unidos y el Caribe; *Verticillium lecanii* (Zimm.) Viégas contra escamas del café en el lejano Este; *B. bassiana* contra el barrenador del maíz en los Estados Unidos; *M. anisopliae* contra la salivita de la caña de azúcar en Trinidad; y *Entomophaga grylli* Fress contra la langosta en Sur Africa. Estos estudios pioneros en control de plagas que antecedieron el uso de los insecticidas químicos por un período considerable de tiempo, han

sido bien documentados por Petch (1925), Steinhaus (1949, 1956) y Samsom et al. (1988), quienes también analizaron las razones para la falla. Entre ellas: falla en la correcta identificación del patógeno o un "patotipo" más apropiado, formulación pobre y tiempo incorrecto de aplicación; conocimiento deficiente de la dinámica de población de la plaga; y sobre todo fallas en la interpretación de la crítica dependencia de los hongos entomopatógenos de las condiciones climáticas, especialmente humedad alta. Por lo tanto, con el advenimiento de los insecticidas químicos en los años 30 y 40, la explotación de los hongos entomopatógenos para el control de plagas cesó virtualmente. El interés en el uso de métodos alternos de control de plagas ha revivido durante los últimos 20 años, debido a la preocupación sobre la contaminación ambiental y la creciente evidencia de resistencia de las plagas a los insecticidas. Por primera vez ha habido una inversión comercial en el desarrollo de micoinsecticidas y estos esfuerzos recientes para utilizar hongos entomopatógenos para el control de los artrópodos plagas se discuten adelante.

Pasteur es considerado como el primer científico en proponer el uso de los hongos entomopatógenos.

TAXONOMIA

Puesto que muchos de los hongos entomopatógenos son altamente especializados y están específicamente asociados con sus artrópodos huéspedes, es necesaria una identificación cuidadosa tanto del huésped como del patógeno. Sin embargo, como Cooke (1892) hábilmente observó, los entomólogos tienen un gran interés en los órdenes y especies de los huéspedes, mientras que los micólogos tienden a ignorar la taxonomía de los artrópodos infectados y a concentrarse en los hongos involucrados. De aquí que el cuadro taxonómico completo ha tendido a ser confundido con una pobre e inadecuada identificación de los patógenos en la literatura entomológica y viceversa. Además, mucha de la taxonomía de los hongos esta todavía en el proceso de re-evaluación y es relevante solamente para micólogos especialistas. Sin embargo, ya que esta presentación está dirigida exclusivamente a entomólogos, se considera que es necesaria una corta introducción en la clasificación de los hongos entomopatógenos, para

un mejor entendimiento y para mayor información, se recomienda consultar a Burges (1981) y Samson et al. (1988).

Los principales grupos de agentes de control biológico actuales o potenciales se encuentran en las clases: Zygomycetos, Ascomycetos y Deuteromycetos.

1. Zygomycetos

Casi todos los patógenos de artrópodos pertenecen al orden Entomophthorales (literalmente, destructores de insectos), los cuales contienen más de 100 especies confirmadas. La taxonomía de este grupo está todavía en disputa y, por "conveniencia", recientemente se ha reconocido dentro del género *Entomophthora* un buen número de nuevos géneros *Entomophaga*, *Erynia*, *Neozygites* y *Zoophthora*. Ellos poseen un micelio coenocito (aceptado) y se caracterizan por la presencia de esporas asexuales de descarga vigorosa (ballistosporas) y esporas sexuales de pared gruesa (zygosporas).

2. Ascomycetos

El orden dominante es el Clavicipitales que comprende tres géneros exclusivamente entomopatógenos: *Hypocrella*, *Cordyceps* y *Torrubiella*. Estos representan un grupo evolutivamente avanzado, comparado con el anterior. Presentan un micelio septado bien desarrollado, en cual frecuentemente forma un cojín coloreado brillante (estroma) sobre el huésped afectado. Dentro o sobre estos estromas se desarrollan las esporas sexuales en una estructura como un saco (asci), encerradas dentro de un cuerpo abultado en forma de frasco (peritecio). El género *Cordyceps* es particularmente sobresaliente en términos de tamaño y forma, pues contiene más de 200 especies y produce una serie compleja de clavos, áreas o sobrecrecimientos sobre el artrópodo huésped. La posición del peritecio en la clava es importante para la identificación de las especies.

3. Deuteromycetos

Esta es una agrupación artificial de hongos hecha de

acuerdo con la ausencia de un estado sexual (teleomorfo), frecuentemente referidos como hongos imperfectos. Se clasifican de acuerdo con la morfología del estado asexual (anamorfo), pero es probable que la mayoría de los géneros entomopatógenos estén filogenéticamente ligados a los Clavicipitales. Inclusive, cuando la asociación telemórfica es conocida, el

hongo "completo" u holomórfico es todavía listado bajo su nombre genérico sexual y asexual. Este capricho de la taxonomía frecuentemente deja perplejos a los entomólogos, pero hay algunas razones históricas y morfológicas para mantener esta situación. A diferencia de los artrópodos, los hongos pueden acortar sus ciclos de vida y en el caso de muchos Ascomycetos raramente se forma el estado sexual. Por ello, la identificación de los hongos se basa completamente en el estado asexual. Hay un buen número de géneros entomopatógenos de los cuales los más conocidos son: *Beauveria*, *Nomuraea*, *Metarhizium*, *Paecilomyces*, todos los cuales producen masas de esporas peludas (conidias) sobre el huésped, y *Aschersonia*, *Hirsutella* y *Verticillium* que forman esporas babosas dentro de cuerpos fructíferos o en sobrecrecimientos prominentes (simmemata).

En países con sistemas agrícolas subdesarrollados se utilizan hongos para el control de artrópodos plagas.

BIOLOGIA

Los hongos Entomophthorales atacan un amplio rango de artrópodos, pero cada especie, generalmente, tiene un alto grado de especificidad hacia su huésped. De igual forma, muchas especies de Ascomycetos y Deuteromycetos, aunque atacan a la mayoría del grupo de artrópodos, tienen un rango de huéspedes restringido. Sin embargo, las especies comunes mejor conocidas, como *B. bassiana*, *M. anisopliae* y *V. lecanii*, tienen un rango de huéspedes potencialmente amplio, pero pueden ocurrir razas o patotipos adaptados a un huésped en particular.

En contraste con todos los otros microorganismos patógenos de artrópodos, los hongos penetran activamente la cutícula del huésped usando una combinación de mecanismos químicos (enzimas extracelulares) y físicos (presión mecánica) para penetrar a través del exoesqueleto. Es esta fase crítica externa, la que determina el éxito o falla del proceso de infección. Una humedad alta es esencial durante el

período de germinación de las esporas del hongo, una vez esta ha aterrizado sobre el huésped. Las esporas de muchos entomopatógenos están cubiertas por una matriz mucilaginosa que facilita su adhesión a la cutícula. Las esporas secas tienen una pared compleja, en la que fuerzas electrostáticas pueden ser envueltas en la adhesión de la cutícula. (Samson et al. 1988). Se considera que la quitina proteica de la cutícula tiene un papel central en la evolución de los artrópodos, y los hongos patógenos para invadir a su huésped han desarrollado un rango de enzimas (quitinasa, lipasa, proteasa), y todas ellas han sido identificadas en cultivos de hongos. Para prevenir la invasión de organismos extraños dentro del hemocelo, los artrópodos han desarrollado respuestas inmunológicas a través de los hemocitos mediante la fagocitosis y encapsulación. Aunque estas defensas son rápidamente desplegadas, los hongos entomopatógenos son capaces de vencerlas,

aparentemente mediante la producción de toxinas que entorpecen la actividad de los hematocitos. Los hongos entomopatógenos han desarrollado sofisticadas estrategias para adherirse y germinar en la cutícula de los artrópodos; detoxificar sustancias antifugales en la epicutícula; degradar los lípidos, proteínas y quitina de un huésped específico y romper la compleja lámina de glicoproteínas en la procutícula, y finalmente desactivar los hemocitos. Esto indica un largo período de coevolución con sus huéspedes artrópodos. Hongos similares a los actualmente conocidos *Beauveria* y *Entomophthora* han sido identificados en depósitos de ámbar de más de 20 millones de años.

Es en esta etapa cuando ocurren diferencias significantes en la patogenicidad de los Zygomycetos, Ascomycetos y Deuteromycetos. La mayoría de las especies de los Zygomycetos colonizan los huéspedes vivos mediante crecimientos miceliales y eventualmente los matan por inanición o asfixia. Sin embargo, en los otros dos grupos hay crecimiento dentro del hemocelo en forma de levadura (fermento) y se producen toxinas que matan rápidamente el huésped. Solamente después de la muerte es que ocurre un verdadero crecimiento micelial acompañado

por una deshidratación y momificación del cuerpo y la producción de antibióticos para preservar el cadáver de la invasión de hongos saprófitos secundarios. Como se verá más adelante, tales diferencias en patogenicidad determinan cual de estos hongos entomopatógenos puedan ser mejor explotados por el hombre en el control biológico.

USO ACTUAL DE LOS HONGOS PARA EL CONTROL BIOLÓGICO DE LOS ARTROPODOS PLAGAS

El control biológico es definido simplemente como el uso de uno o más organismos (agentes de biocontrol) para mantener otro organismo (la plaga) a un nivel donde éste ya no sea más un problema económico. Con los hongos entomopatógenos se pueden emplear tres estrategias diferentes:

Dentro de las condiciones ambientales, el mayor problema para la explotación de mico-insecticidas es la alta humedad.

1. *Control biológico clásico* comprende la introducción de un hongo del centro de origen del artrópodo a un área exótica donde el huésped ha alcanzado el estado de plaga en ausencia del patógeno. Hay relativamente pocos ejemplos de esta estrategia de control en entomología.

2. *Control integrado* o la conservación y mejoramiento de los patógenos nativos - Es difícil dar ejemplos documentados de éxitos en la implementación de control integrado pero hay muchos casos en los que el uso excesivo de los plaguicidas ha dado como resultado que artrópodos que no eran plagas se hayan convertido en problemas de importancia económica: e.j. el incremento del minador de las hojas del café después de las aplicaciones de fungicidas cúpricos. También los herbicidas usados en las plantaciones de caña de azúcar en Australia han demostrado recientemente, ser altamente tóxicos a *M. anisopliae*, que es un factor significativo en el control natural de las plagas de la raíz de la caña de azúcar (Scarabaeidae).

3. *Control biológico inundativo* o la aplicación de propagulos fungales producidos masivamente - Como se mencionó anteriormente, la experiencia del control biológico inundativo con hongos entomopatógenos data de mucho más de 100 años, pero es solamente durante los últimos 20 años que tales productos han tenido un desarrollo comercial.

Zygomycetos

Muchas especies de Entomophthorales son muy difíciles, si no imposibles, de cultivar *in vitro*. Los medios empleados son complejos y caros, haciendo el uso de la estrategia inundativa poco realizable. Recientemente, se han obtenido algunos éxitos en el cultivo de varias especies, particularmente las activas contra áfidos plagas en cultivos de climas templados, y por primera vez formulaciones de tipo industrial han sido probadas en el campo (Samson et al. 1988). Los resultados han sido desalentadores probablemente debido a una combinación de factores como: inóculo insuficiente o bajo; germinación errática y lenta de los propalugos (en el caso de esporas de descanso); condiciones abióticas y bióticas desfavorables; propiedades de dispersión pobres de la raza seleccionada. Los Entomophthorales continúan siendo evaluados contra áfidos y otras plagas, tales como la cigarrita del arroz, *Nilaparvata lugens*, con formulaciones a base de micelio mejor que con esporas, pero hasta el momento hay pocas razones para ser optimistas. Sin embargo, una especie, *Erynia radicans*, ha sido empleada exitosamente como control biológico clásico contra el áfido manchado de la alfalfa *Therioaphis trifolii* (Monell), en Australia. Una raza de este patógeno fue introducida de Israel en 1979, y con ella se indujo una epizootia en New South Wales y Queensland y desde entonces ha mantenido esta devastadora plaga bajo control. Una demostración, inclusive más impresionante, de la efectividad del control biológico clásico es la del uso de *Entomophaga mimaiga*, introducida del Japón a los Estados Unidos en 1910, contra la polilla gitana, *Lymantria dispar* L. No se tenía registro documentado de este hongo hasta recientemente cuando se encontró causando epizootias en esta plaga. Inicialmente se pensó que era una nueva especie pero posteriormente fue rastreada a un taxón previamente descrito del Japón y sólo entonces se estableció la conexión con la temprana introducción. Indudablemente, este patógeno ha contribuido significativamente en el control de un insecto importante a través de los últimos 80 años.

Uno de los pocos registros de la conservación deliberada y el mejoramiento de un hongo entomopatógeno para reducir la población de una plaga es el de *Zoophthora phytonomi*, que infecta el

picudo de la alfalfa, *Hypera postica* Gyllenbal, en los Estados Unidos. El cultivo es cosechado temprano y dejado en el campo por varios días, y los picudos se concentran en la humedad del follaje fomentando las epizootias fungales. Este sistema fue desarrollado después de un trabajo intensivo de modelos computarizados de la interacción patógeno-plaga y es actualmene una estrategia recomendada para el control del picudo de la alfalfa.

Ascomycetos

La fase sexual de los Ascomycetos es una adaptación para la supervivencia a largo término antes que para una propagación a corto plazo y rápida diseminación, las cuales son características de las esporas asexuales. Además, unos pocos Ascomycetos producen esporas sexuales en cultivos y no hay ejemplos de uso de estos hongos en control biológico clásico o inundativo. Indudablemente estos hongos ejercen un control natural considerable de los artrópodos en sistemas de cultivos perennes y, por lo tanto deben ser conservados.

Deuteromycetos

Epizootias naturales de estos hongos son comunes en cultivos anuales, especialmente hacia el final de la estación cuando las poblaciones de plagas alcanza un pico y explotan. No es sorprendente entonces que frente a tal evidencia de la efectividad de estos patógenos, el hombre ha intentado acudir al potencial de los hongos entomopatógenos para el control biológico inundativo. La mayoría de las especies crecen y esporulan bien en medios simples y por lo tanto son económicos de producir masivamente.

Debido a que la producción de Deuteromycetos es relativamente poco sofisticada y barata, países tales como la USSR y la China, con un nivel tecnológico bajo y sistemas agrícolas subdesarrollados, han estado usando estos hongos durante los últimos 25 años para controlar un buen número de artrópodos plagas. En la USSR, el producto Boverin es todavía usado en programas de control integrado, en combinación típicamente con bajas dosis de insecticidas químicos contra el cucarrón colorado de la papa, *Leptinotarsa decemlineata* (Say), y la polilla de invierno, *Cydia*

***Históricamente,
Colombia poco
se ha
comprometido
en el uso y
explotación de
hongos
entomopatógenos.***

pomonella (L.). En China, *B. bassiana* es ampliamente utilizado para el control del barrenador europeo de maíz, *Ostrinia nubilalis* (Hubner), y en una campaña de 5 años en mil unidades de producción, el daño del barrenador fue reducido de un 60% a un 2% (Burges 1981). Exito similar ha sido reclamado para el control de la oruga de pino, *Dendrolimus punctatus*. La especie *B. brongniartii* (Sacc.) Petch, ha demostrado también ser promisorio para el control de la plaga *Melolontha* sp., en Europa (Ferreiro 1978). Esporas inyectadas dentro del suelo de pastizales causaron una crónica y rápida infección de larvas durante un período de 12 meses. Los adultos sobrevivientes probaron ser vectores del hongo, ya que la enfermedad reapareció en la siguiente generación. Esta investigación ha sido adaptada en Suiza, donde las formulaciones comerciales son producidas en materiales de desecho de la leche y aplicadas desde el aire en los enjambres de cucarrones adultos. El movimiento siguiente de los adultos infectados al suelo establece un foco de la enfermedad para la infección de larvas.

Aunque *M. anisopliae* fue usado con aparente éxito el siglo pasado, se han hecho relativamente pocos avances en la comercialización de este hongo. En Brasil es donde se han hecho los mayores progresos y un buen número de preparaciones semicomerciales son actualmente usadas en algunas plantaciones, particularmente para el control de la salivita de la caña de azúcar, *Mahanarva posticata*. Se ha estimado una mortalidad del 30 al 40% en parcelas asperjadas y la dependencia en insecticidas químicos se ha reducido significativamente. Más recientemente, los científicos y las compañías de agroquímicos en Europa han apuntado hacia plagas tales como el picudo negro de la vid, *Otiorynchus sulcatus* (F.), y unas nuevas formulaciones granulares de *M. anisopliae* han sido introducidas en el mercado para el control de esta plaga de los invernaderos. Sin embargo, el primer producto registrado comercialmente fue basado en *V. lecanii* y fue comercializado durante 10 años para el control de plagas del invernadero en Europa. Dos

...comparados con los insecticidas químicos, la cantidad invertida en el desarrollo de micoinsecticidas ha sido insignificante y, por consiguiente todavía hay grandes vacíos en el conocimiento básico.

productos, uno activo contra áfidos (Vertalec) y otro contra moscas blancas (Mycotal) fueron desarrollados de razas seleccionadas después de una extensiva investigación en el Reino Unido (Hussey y Scopes 1985). El éxito comercial de estos productos ha sido incierto. Dadas las óptimas condiciones para la infección, una humedad relativa cerca del 100% y una temperatura nocturna de 14-15 °C, asegura un control, entonces los completo de áfidos y moscas blancas. Sin embargo, los agricultores no siempre están de acuerdo en usar productos "vivos", los cuales necesitan ser aplicados en las tardes y dentro de un complejo sistema de invernaderos. Si las condiciones óptimas no son logradas y por ende no se obtiene control, entonces los agricultores pierden

rápidamente la confianza en tales productos y vuelven a los métodos de control convencional, a pesar de que aplicaciones diarias de insecticidas químicos pueden ser necesarias para el control de las infestaciones de mosca blanca. Después de varias transferencias de propiedad, la patente del Mycotal es ahora de una compañía holandesa (Koopper), quienes han mejorado la formulación y recomercializado el producto. La misma compañía está también evaluando el género *Aschersonia* para el control de mosca blanca (Hussey y Scopes 1985).

Otro producto comercial con una variada historia es Mycar, basado en el deuteromyceto *Hirsutella thomposinii* Fisher y originalmente comercializada en Florida para el control del ácaro tostador de los cítricos, *Phyllocoptruta oleivora* (Ashmead). El hongo es responsable de epizootias naturales en poblaciones del ácaro pero demasiado tarde para prevenir el daño al cultivo. En un intento por mejorar el control, una formulación comercial basada en un polvo mojable fue desarrollada y registrada para el control de acaros eriódidos en cítricos y prados. El producto fue retirado en 1985 después de varios años de resultados decepcionantes, principalmente debido a la sensibilidad del hongo a la baja humedad, así como también a la pobre sobrevivencia en el campo, lo cual reduce su confiabilidad como una práctica de control aceptable

comercialmente. Esta dependencia de las condiciones ambientales, especialmente la alta humedad, ha sido el mayor problema para la explotación de micoinsecticidas en el control de las plagas en cultivos de campo. Sin embargo los cítricultores han sido alentados de tal manera por el control natural ejercido por *H. thompsonii* que la conservación de este patógeno se practica activamente como lo muestra el uso de fungicidas selectivos, no tóxicos ha *H. thompsonii*, para el control de enfermedades en cítricos.

Epizootias de otro deuteromyceto, *Nomuraea rileyi* (Farlow) Samson, ocurren regularmente en orugas de noctúidos en Norte y Centroamérica. Se han establecido modelos para explosiones de enfermedades naturales de la oruga de terciopelo del frijol, *Anticarsia gemmatalis* Hubner, en soya y se han investigado estrategias de conservación tales como mayores densidades de siembra para incrementar los niveles de humedad. Las epizootias puede ser favorecidas pero generalmente demasiado tarde en la estación para prevenir las pérdidas económicas en el cultivo. Ahora la investigación se ha concentrado en la introducción del inóculo del hongo en el ecosistema temprano en la estación para inducir epizootias prematuras. Los estudios indican que la aplicación profiláctica de una formulación de polvo conidal, 2 4 semanas antes del daño económico, puede suministrar un control efectivo. A pesar de estos alentadores resultados, todavía no ha aparecido una formulación comercial de *N. rileyi* en el mercado.

USO POTENCIAL DE LOS HONGOS PARA EL CONTROL BIOLÓGICO DE ARTROPODOS PLAGAS

En Colombia

Históricamente, Colombia ha estado poco comprometida en el uso y explotación de los hongos entomopatógenos para el control biológico. Existen colecciones de *Cordyceps* infectando cucarrones de Bogotá, en el herbario de Kew, fechadas en 1840, pero los registros de Colombia son pocos y muy espaciados. Sin embargo, con base en los amplios rangos de habitats que ocurren en Colombia y

colecciones hechas en los países vecinos de Ecuador y Brasil (Evans 1982; Samson et al. 1988) se concluye que Colombia puede poseer una rica y variada microflora entomopatógena. El gran bosque de Chocó y la Amazonia que cubre los departamentos de Putumayo, Caquetá y Amazonas, son tesoros potenciales escondidos de nuevas razas y especies únicas de hongos entomopatógenos, ya que en ambos el clima y la diversidad de artrópodos favorecen su evolución. La colección intensiva de estos hongos es esencial para juntar la mayor cantidad posible de germoplasma con potencial en el biocontrol, mientras el habitat del bosque exista. No son sólo los animales y las plantas

las que están amenazadas de extinción; Tal inventario de hongos entomopatógenos puede ser el punto inicial para una futura selección y prueba de hongos nativos biocontroladores. Sin embargo, no es solamente por su potencial como micoinsecticidas que los hongos entomopatógenos pueden ser importantes para el desarrollo del hombre, sino también como una fuente alternativa de nuevos químicos. Como se discutió anteriormente, los Ascomycetos y Deuteromycetos producen un rango de metabolitos para romper las defensas de los artrópodos, matar el huésped y preservarlo de la invasión secundaria por bacterias, hongos e invertebrados. Estos hongos pueden entonces ser usados como generadores de insecticidas, fungicidas y bactericidas para el beneficio de la agricultura y la medicina antes que como agentes de control biológico *sensu stricto*.

La relevancia más inmediata en el tema del control biológico es como hacer uso de estos hongos en la agricultura colombiana. Ciertamente, Colombia está en una posición para seguir a Brasil, ya que este tiene el liderazgo y la destreza técnica para producir masivamente micoinsecticidas. El desarrollo de la industria del *Trichogramma* en el Valle es un ejemplo excelente de la empresa privada colombiana. ¿Cuáles son los objetivos? La próspera industria colombiana de flores tiene un complejo de problemas de plagas. La mayoría se puede controlar con plaguicidas químicos pero al costo del daño a largo plazo tanto al ambiente como a los trabajadores. Hay una necesidad urgente de una menor dependencia en los insecticidas y de programas de manejo integrado mejor balanceados.

El uso de sustancias que retengan la humedad y filtren la luz solar pueden asegurar una mayor estabilidad del producto...

Es posible que los hongos entomopatógenos puedan ser usados contra las moscas blancas, los áfidos y los trips. La tecnología de formulación para *V. lecanii* ha sido bien investigada y existen algunas razas específicas activas contra estas plagas. Los nematodos y moluscos también causan problemas en las flores en Colombia y algunas especies relacionadas del género *Verticillium* han mostrado ser altamente patogénicas a estos grupos de invertebrados. Obviamente, los invernaderos proveen un medio ambiente adecuado para el éxito de los hongos entomopatógenos, ya que las condiciones pueden ser modificadas y manipuladas para inducir epizootias. Como se ha demostrado en algunos trabajos, la investigación en Colombia ya está en camino para evaluar el potencial de *Beauveria* para el control de plagas en varios cultivos: e.j. la broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari); y el gusano blanco de la papa. Se están colocando las bases para el futuro y si Colombia desea cosechar los beneficios debe invertir más en trabajo e investigación en la evaluación del potencial de los hongos para el control biológico de los artrópodos plagas.

En General

Los hongos entomopatógenos ejercen un control natural sobre un amplio rango de artrópodos plagas en diversos cultivos y en muchas partes del mundo. También están involucrados en la regulación de las poblaciones en ecosistemas no agrícolas y pueden ayudar a mantener el balance ecológico, particularmente en los bosques tropicales. (Evans 1982; Samson et al. 1988). En realidad, los esfuerzos del hombre para explotar este potencial han sido decepcionantes. Sin embargo, comparados con los insecticidas químicos, la cantidad invertida en el desarrollo de micoinsecticidas ha sido insignificante y, como una consecuencia todavía hay grandes vacíos en el conocimiento básico. En particular, es esencial una mejor selección de razas para mejorar la virulencia de los hongos y reducir su dependencia de los factores ambientales, quizás a través de la ingeniería genética. Además, el desarrollo de modelos de epizootias fungales puede ayudar a maximizar y predecir la efectividad de los micoinsecticidas, los cuales pueden ser posteriormente mejorados, perfeccionando la

formulación química. Por ejemplo, el uso de sustancias que retengan la humedad y filtren la luz solar pueden asegurar una mayor estabilidad del producto en el campo y en almacén. Con base en evidencia reciente, hay razón para el optimismo ya que tanto las compañías de agroquímicos como las de control biológico están reexaminando el potencial de algunos de los hongos entomopatógenos más comunes. Nuevas razas y formulaciones están siendo probadas contra complejos específicos de plagas. El ecosistema del suelo, por ejemplo, es un ambiente más promisorio para los hongos entomopatógenos, ya que los niveles de humedad pueden ser fácilmente manipulados e indudablemente géneros tales como *Beauveria* y *Metarhizium* están mucho mejor adaptados a los artrópodos hipógeos que a los epígeos. Combinaciones de hongos entomopatógenos y bajas dosis de insecticidas químicos son quizás una medida intermedia que puede ser adoptada para reducir la contaminación ambiental y al mismo tiempo alentar a las compañías de agroquímicos a invertir más en el desarrollo a largo plazo de plaguicidas, en los cuales los hongos entomopatógenos tengan que jugar una parte importante

BIBLIOGRAFIA

- BURGUES, H.D. (Ed.) 1981. Microbial Control of Pests and Plant Diseases, 1970-1980. Academic Press, London & New York.
- COOKE, M.C. 1922. Vegetable wasps and plant worms. Society for Promoting Christian Knowledge, London. 364 p.
- EVANS, H.C. 1982. Entomogenous fungi in tropical forest ecosystems: an appraisal. *Economic Entomology* v. 7, p.47-60.
- FERRON, P. 1978. Biological control of insect pests by entomogenous fungi. *Annual Review of Entomology* (Estados Unidos) v. 23, p. 409-442.
- HUSSEY, N.W.; SCOPES, N. 1985. Biological Pests Control: The Greenhouse Experience. Blandford Press, Poole, Dorset.
- PETCH, T. 1925. Entomogenous fungi and their use in controlling insects pests. Ceylan Department of Agriculture, Bulletin no. 71. p. 1-40.
- SAMSON, R.A.; EVANS, H.C; LATGE, J.P. 1988. Atlas of Entomopathogenic Fungi. Springer Verlag, Berlín.
- STEINHAUS, E.A. 1949. Principles of Insect Pathology. McGraw Hill Book Co., New York. 757 p.
- STEINHAUS, E.A. 1956. Microbial control: the emergence of an idea. *Hilgardia* (Estados Unidos) v. 26, p.107-157.