

USO DE ENTOMOPATOGENOS*

Alex E. Bustillo P.**

INTRODUCCION

Al igual que el hombre, otros animales y las plantas, los insectos son afectados por microorganismos capaces de causar enfermedades y mortalidad en sus poblaciones. Estos microorganismos pertenecen a uno de los siguientes grupos: bacterias, virus, hongos, protozoarios y rickettsias. Aquí también se incluyen los nemátodos, que a pesar de no ser microorganismos, son muy comunes afectando y causando enfermedades en insectos.

Los registros sobre enfermedades de insectos datan de tiempos inmemoriales, pero sólo en las dos últimas décadas se les ha prestado considerable atención. Este renovado interés en el estudio de las enfermedades ha resultado en el desarrollo del control microbial, el cual se refiere al uso inteligente de entomopatógenos para regular o reducir las poblaciones insectiles. El uso de entomopatógenos incluye tanto el manejo adecuado de microorganismos presentes para tomar los más efectivos, como el uso de insecticidas microbiales, que son formulaciones comerciales de los entomopatógenos o sus productos tóxicos usados en el control de insectos.

Con el advenimiento de los programas de manejo integrado que enfatizan el uso armónico de múltiples medidas de control, se considera que los entomopatógenos juegan un papel decisivo en la reducción de los insectos plagas.

* Este material corresponde al capítulo 13 del libro "Manejo integrado de Plagas Insectiles en Centroamérica: Estado Actual y Potencial". Ed. por K. L. Andrews y José Rutilio Quezada (en preparación).

** Entomólogo, Instituto Colombiano Agropecuario. Estación Experimental Tulio Ospina. Apartado Aéreo 51764. Medellín, Colombia.

En este capítulo se discuten por separado los diversos grupos de patógenos que afectan insectos y sus implicaciones en el control de plagas de importancia económica en el trópico. También se enfatiza la implementación de programas de control microbioal en zonas de minifundios donde el uso de patógenos ha sido muy restringido o completamente nulo.

BACTERIAS

Las bacterias constituyen el grupo más numeroso y quizás el más estudiado entre los microorganismos asociados con insectos (Bucher, 1960; Heimpel, 1967; Heimpel y Angus, 1963; Anderson y Rogoff, 1966; Falcon 1971a). Las bacterias más importantes desde el punto de vista del control de insectos son las aeróbicas formadoras de esporas del género Bacillus (familia Bacillaceae). En general los entomopatógenos bacteriales se agrupan en: a) cristalíferas formadoras de esporas; b) patógenos obligados, c) patógenos facultativos y d) patógenos potenciales.

Hasta el momento sólo las cristalíferas formadoras de esporas son promisorias en el control de insectos. Un representante típico de este grupo es Bacillus thuringiensis. Solo se discutirá esta bacteria debido a que es la única actualmente comercializada y de gran utilidad en programas de control integrado.

Bacillus thuringiensis

El B. thuringiensis, también llamado Bt, se ha aislado de muchos insectos en diversos lugares del mundo. Hasta el presente se reconocen 19 variedades correspondientes a 14 serotipos diferentes (De Barjac y Bonnefoi, 1968, 1973; Heimpel, 1967; Hall et al, 1977) y de las cuales son más importantes las thuringiensis e israelensis. En 1969, se aisló la raza HD-1 de cultivos en el laboratorio de Bt var. kurstaki perteneciente al serotipo III, encontrándola 10 a 100 veces más potente que las usadas comercialmente hasta esa época (Dulmage 1970). Existen diversas formulaciones comerciales que han aparecido en el mercado mundial (Falcon, 1971b; Ignoffo, 1975; Burgerjon y Dulmage, 1977; St. Julian et al, 1973), de las que son más conocidas Biotrol, Thuricide y Dipel.

Actualmente todas las formulaciones comerciales se basan en los serotipos I, III, IV o V de los cuales el más importante es el III por su mayor virulencia a lepidópteros.

Modo de acción del Bt

Las células del Bt, al momento de la esporulación, además de las endosporas, producen también un cristal en forma de diamante en el esporangio durante el proceso. Este cristal contiene una toxina, denominada delta-endotoxina, capaz de paralizar el intestino de la mayoría de las larvas de lepidópteros. Las larvas susceptibles, después de consumir cierta dosis de Bt, cesan de alimentarse y mueren, o son debilitadas en tal forma que la bacteria puede fácilmente invadir el hemocelo desde el intestino y producir una septicemia letal. Se ha demostrado que los insectos más susceptibles son aquellos cuyos intestinos tienen un pH alcalino que causa la disolución de los cristales en sus componentes tóxicos.

Existen otras toxinas aisladas de diferentes razas de Bt que pueden causar toxicidad a los insectos. Un ejemplo es la enzima fosfolipasa C, producida por células bacteriales en crecimiento que pueden descomponer fosfolípidos esenciales en las células de los insectos.

Uso del Bt

El Bt afecta insectos en los órdenes Coleoptera, Diptera, Hymenoptera, Orthoptera, y Lepidoptera. Sin embargo, la delta endotoxina sólo afecta los lepidópteros confinando por lo tanto por razones económicas su uso a éste orden. Alrededor de 200 especies han sido plenamente comprobadas como susceptibles al Bt.

Actualmente las formulaciones comerciales de Bt (Biotrol, Dipel, Thuricide) basadas en la raza HD-1, se usan en diferentes partes del mundo en programas de control integrado contra una variedad de lepidópteros de importancia económica. El Bt está registrado en los Estados Unidos para ser usado en los siguientes cultivos: alfalfa, alcachofa, apio, brócoli, col, coliflor, forestales, lechuga, melones, papa y tomate (Heimpel 1967). En Colombia se lo

ha registrado en 12 cultivos para el control de 16 especies de lepidópteros de las familias: Brassolidae, Noctuidae, Pieridae, Pyralidae y Sphingidae. Su principal uso se confina a programas de control integrado en el cultivo del algodón y en menor escala a hortalizas y forestales (ICA, 1973). Situación similar ocurre en otros países de Centro y Suramérica.

El Bt se puede usar en mezclas con otros insecticidas químicos y biológicos. Un ejemplo de esto son los ensayos efectuados para el control del Trichoplusia ni. Aplicaciones del Bt más clordimeform fueron superiores a tratamientos químicos convencionales y aplicado en combinación con el virus de la poliedrosis nuclear del T. ni se obtuvieron porcentajes de control superiores a los obtenidos cuando estos patógenos se usaron sólo (Creighton y McFadden, 1975; McVay et al, 1977).

Una de las ventajas que ha popularizado el uso del Bt en programas de control integrado, es su inocuidad a la fauna benéfica (Dunbar y Johnson, 1973; Wilkinson et al, 1975) y a vertebrados (Ignoffo, 1973). Sin embargo, su uso se ve restringido cuando el insecto a ser atacado no es altamente susceptible a la bacteria y la dosis debe incrementarse considerablemente para obtener un control satisfactorio, elevando los costos de control.

VIRUS

Los virus que causan enfermedades en insectos juegan un papel muy importante en la regulación de sus poblaciones tanto en condiciones naturales como cuando se los usa en programas de control. Existe un volumen considerable de literatura sobre estos entomopatógenos obligados (Hughes, 1977; Aizawa, 1963; Bergold, 1963; Tanada, 1963; Vaughn, 1974; Martignoni e Iwai, 1977).

Los virus, a diferencia de las bacterias, son generalmente más específicos e infecciosos y no se pueden propagar in vitro en medios artificiales. Virus patogénicos a insectos se han aislado principalmente de los órdenes Lepidoptera e Hymenoptera y en menor número de Diptera, Coleoptera, Orthoptera, Hemiptera, Neuroptera y Trichoptera (David, 1975).

Los virus patogénicos a insectos se clasifican de acuerdo al criterio establecido para otros virus de animales. Estos incluyen el tipo de ácido nucleico dentro del virión o partícula infecciosa del virus, la morfología del virión, la simetría de las subunidades de la capa proteínica, la presencia o ausencia de una envoltura rodeando el virión, su tamaño y grado de resistencia a ciertos químicos. Inicialmente la clasificación se basó en características no muy estables como el insecto huésped del cual se aislaba el virus, tejidos del insecto afectados y signos patológicos resultantes de la infección, los cuales crearon mucha confusión. La clasificación genérica más aceptada actualmente divide los virus en dos grandes grupos de acuerdo a la composición del ácido nucleico (ADN o ARN). Para fines prácticos, los entomovirus se dividen en cinco grupos: a) baculovirus; b) virus citoplasmáticos; c) entomopoxvirus; d) virus denonucleosos; y e) virus iridiscentes.

Modo de acción de los virus

Los virus, al igual que las bacterias y la mayoría de otros patógenos, deben ser ingeridos para que causen enfermedad y muerte a un huésped susceptible. De acuerdo al grupo, afectan sitios específicos dentro del insecto, destruyendo las células, lo que resulta en enfermedad. Es así como algunos se multiplican de preferencia en tejidos del mesodermo, ectodermo y endodermo, mientras otros afectan el tejido adiposo y la epidermis, o las células epiteliales del intestino medio.

El proceso de infección depende de varios factores internos y externos tales como: a) la susceptibilidad del insecto; b) la edad o tamaño del insecto (como disponibilidad de alimento, competencia por espacio); d) virulencia del virus; y e) temperatura.

Muy poco se sabe sobre infecciones virales latentes. Se cree que los virus pueden sobrevivir en una población de insectos por varias generaciones sin causar síntomas visibles (virus ocultos). Pero cuando los insectos son sometidos a condiciones desfavorables, las infecciones virales surgen causando en muchos casos epizootias de grandes proporciones en las poblaciones insectiles. Las enfermedades virales en insectos se caracterizan por la pérdida del apetito, el cuerpo se torna flácido, presentan movimientos hacia la parte superior de las

plantas, toman posiciones colgantes y el fluido del cuerpo se escapa del integumento.

Uso de los virus

Los entomovirus son los patógenos más populares en los programas de control integrado debido a que en muchos casos se han reportado efectos espectaculares en el control de ciertas plagas. El virus de poliedrosis nuclear (VPN) del I. ni es un típico ejemplo en Colombia, donde fue introducido desde California en 1971 (Cujar y Alcaraz 1973). Su efecto y dispersión fue tan dramático que I. ni dejó de ser un problema serio en el algodón.

Actualmente existen varias formulaciones comerciales de virus que han pasado todas las regulaciones sobre seguridad humana y contaminación ambiental. Sin embargo, como el VPN del Heliothis virescens, no son lo suficientemente virulentas, requieren de dosis muy altas y por lo tanto costosas para alcanzar niveles aceptables de control.

A pesar de que las formulaciones comerciales son relativamente recientes, los entomovirus se han venido utilizando hace mucho en el control de diversas plagas agrícolas. Los agricultores de diversos países en el mundo se han dado cuenta de la bondad de estos patógenos y se han encargado de colectarlos en el campo, almacenarlos y luego dispersarlos en los próximos cultivos y en esta forma asegurar un inóculo uniforme del virus todos los años. Esta práctica se ha llevado a cabo especialmente con los VPN del I. ni, Spodoptera frugiperda y H. virescens en diversos cultivos en el trópico.

En general, el proceso es sencillo. Las larvas infectadas colectadas en el campo se suspenden en agua (pH 6,0-8,0), luego se licúan para homogenizar la suspensión. Para aplicarlo en el campo la suspensión se filtra con el fin de separar las partes grandes del insecto. También es conveniente agregar un agente humectante. A esta solución se agrega suficiente agua para establecer una dosis aproximada de 20 larvas infectadas por hectárea, la suspensión del virus preparada así se puede asperjar en el campo con los equipos convencionales. El virus colectado en el campo también se puede almacenar por períodos largos hasta de dos años bajo refrigeración.

HONGOS

Las infecciones fúngicas son muy comunes en insectos y relativamente fáciles de detectar debido a que generalmente sus cuerpos aparecen cubiertos por micelios o cuerpos fructíferos del hongo. Hasta el momento se han registrado aproximadamente 40 géneros de hongos entomopatógenos. Sin embargo, sólo unos pocos se han investigado intensivamente con el fin de usarlos en programas de control microbial. Los hongos entomopatógenos más estudiados pertenecen a los géneros: Beauveria, Metarrhizium, Entomophthora, Coelomomyces, Cordyceps, Nomuraea, Aschersonia, e Hirsutella (Yendol y Roberts, 1970; Roberts y Yendol, 1971; Roberts, 1973; Ferron, 1978).

Beauveria

Las especies del género Beauveria son principalmente parásitos de insectos. Dos especies, B. bassiana y B. tenella, son las más importantes. La última se ha usado en experimentos de control microbial en Europa, especialmente contra larvas de Melolontha. B. bassiana es muy conocido por su amplio rango de huéspedes y distribución geográfica. Su patogenicidad se ha probado contra más especies de insectos que cualquier otro hongo. En el pasado, este patógeno se distribuyó comercialmente con el nombre de "Boverin" para el control del cucarón de la papa, Leptinotarsa decemlineata. En el trópico una especie afín que afecta solanáceas, L. undecemlineata, es comúnmente atacada por este patógeno, sugiriendo la posibilidad de utilizarlo en el control de esta plaga. B. bassiana se ha encontrado atacando a la broca del fruto del café, Hypothenemus hampei, en Guatemala.

Metarrhizium

En el género Metarrhizium existen más de 200 especies atacando siete órdenes de insectos. La especie M. anisopliae es la más difundida geográficamente, por lo cual es la más estudiada. En el Brasil esta especie es objeto de estudio para desarrollar una preparación comercial que contenga conidias de larga vida. Resultados promisorios se han obtenido en pruebas semicomerciales

en el control de las salivitas de los pastos Zulia entreriana y Aeneolomia selecta y en caña de azúcar contra Mahanarva posticata (Guagliumi et al, 1974). Durante los ensayos se observó que otros insectos (Metamasius hemipterus, Diatraea sp., Spodoptera sp.) eran también afectados por el hongo.

Entomophthora

Se han encontrado más de 100 especies de Entomophthora atacando insectos. Entre las especies más conocidas y difundidas están E. muscae afectando la mosca casera y E. planchoniana que normalmente ataca áfidos. En cultivos de cítricos en el trópico es frecuente observar este último patógeno sobre las especies Aphis spiraecola y Toxoptera citricidus.

Coelomomyces

El género Coelomomyces pertenece a un grupo de hongos parásitos obligados de hábitat acuático. Su importancia radica en que pueden constituirse en factores importantes de control contra larvas de mosquitos, especialmente de los géneros Culex y Aedes.

Cordyceps

Generalmente especies de Cordyceps afectan adultos de dípteros y larvas o pupas de lepidópteros. La especie C. cerca sobolifera ataca prepupas y pupas del defoliador del ciprés, Glena bisulca, en Colombia (Drooz y Bustillo, 1972).

Nomuraea

El género Nomuraea (Spicaria) contiene una de las especies más comunes en Centro y Suramérica, N. rileyi. Este patógeno afecta plagas de gran interés agrícola como son Anticarsia gemmatalis en soya H. virescens y I. ni en algodón y S. frugiperda en maíz. Sus ataques son localizados en lugares de alta humedad y puede diezmar rápidamente poblaciones de insectos. Entre los agricultores existe la práctica de coleccionar las larvas enfermas y luego dispersarlas de nuevo en el campo.

Aschersonia

La especie más frecuentemente encontrada en Centro y Suramérica es A. aleyrodis. Este hongo se registra comúnmente infestando la mosca prieta de los cítricos, Aleurocanthus woglumi (Bustillo, 1970; Quezada, et al, 1973; Gracias, 1980). Altos niveles de infección se han observado en lugares donde las condiciones de temperaturas y humedad la favorecen. También afecta a la escama de nieve de los cítricos, Unaspis citri, y la escama articulada, Selenaspidus articulatus, plagas de importancia económica en cítricos. Este hongo es cultivado en medios artificiales y utilizando en forma experimental en la Florida en el control de cóccidos plagas de cítricos.

Hirsutella

El género Hirsutella tiene como principal representante la especie H. thomposnii que afecta en la Florida al ácaro tostador de los cítricos, Phyllocoptruta oleivora, plaga ampliamente distribuida en las zonas tropicales donde se cultivan cítricos. Ensayos recientes en Colombia han mostrado que H. thomposnii es también patogénico a una plaga importante de la palma africana, el ácaro Retracrus elaeis (Urueta, 1980).

Modo de acción de los hongos

Los hongos entomopatógenos pueden causar infección en cualquier estado de desarrollo del insecto. A diferencia de las bacterias y virus, que deben ser ingeridos con el alimento por los insectos, los hongos atacan a través del integumento. Al entrar en contacto con la cutícula del insecto, las esporas inician el proceso de germinación, el cual requiere de condiciones específicas de temperatura y humedad. Durante la germinación producen enzimas que destruyen la pared celular y permiten que el hongo penetre y llegue a la cavidad hemocélica, donde se reproducen vegetativamente hasta llenar todo el interior del insecto y matarlo, ya sea por el daño mecánico inflingido a los diversos órganos, o por la liberación de toxinas resultantes de su metabolismo. Cuando las condiciones ambientales son favorables ocurre la esporulación que normalmente se manifiesta exteriormente en el insecto por los diversos cuerpos fructíferos formados.

Uso de los hongos

A pesar de que las infecciones fungosas en insectos son tan comunes, no se ha logrado un manejo consistentemente exitoso, debido a que la mayoría requieren condiciones precisas de humedad y temperatura para su desarrollo. Hasta el momento no existe ninguna formulación comercial en uso debido especialmente a la dificultad y los altos costos en la producción masiva de formulaciones que contengan conidias que resistan largos períodos de almacenamiento. El uso de hongos es promisorio, especialmente cuando se integre con otras medidas de control, ya que se preve que solos no podrán jugar un papel dominante en la supresión de plagas.

NEMATODOS

Los nemátodos parásitos de insectos pertenecen a las familias Mermithidae, Neoaplectanidae y Sphaerulariidae. Los miembros de las dos primeras parecen ser los más promisorios en el control biológico de insectos (Nickle 1972, 1973; Poinar, 1971; Welch, 1963, 1965).

La identificación de los nemátodos entomófagos se debe dejar a los especialistas, pero como norma general se puede obtener una idea del grupo al que pertenecen si se siguen éstas indicaciones. Cuando en el interior de un insecto se encuentran uno o dos gusanos largos probablemente se trate de mermitidos. Si hay uno o unos pocos nemátodos de tamaño medio y aproximadamente 500 larvas, probablemente pertenecen al grupo sphaerulariidos. Si se encuentran muchas hembras y machos de tamaño medio en insectos muertos o moribundos junto con 100.000 a 200.000 larvas pequeñas de nemátodos y bacterias, probablemente se trate de una especie de Neoaplectana (Nickle, 1972).

Mermithidae

Los nemátodos mermitidos son considerados muy promisorios en el control biológico de insectos plagas. Sus principales características son su inocuidad a otros animales diferentes a insectos, la facilidad de producción masiva y de

almacenamiento, y perpetuación en el nuevo sitio, donde pueden ocasionar altos niveles de infección a la plaga objeto de control.

La especie Romanermis culicivorax (Reesimermis nielsenii) es el primer nemátodo desarrollado para su distribución comercial en el control de mosquitos (Nickel, 1977). Bajo el nombre comercial de "Skeeter Doom" se distribuye en los Estados Unidos con el fin de dispersarse en lagos, lagunas u otros lugares que sirven de multiplicación a los mosquitos. El nemátodo ataca más de 60 especies de larvas de mosquitos.

En el género Hexameris se encuentran muchas especies de interés en el control de plagas agrícolas. H. albicans tiene un amplio rango de huéspedes lepidópteros y se encuentra en muchas partes del mundo. Entre los insectos que afecta están Diatraea saccharalis en caña de azúcar, S. frugiperda en maíz y el barrenador de las meliáceas, Hypsipyla grandella (Nickle y Grijpma, 1974).

Neoaplectanidae

La familia Neoaplectanidae contiene el género Neoaplectana del cual existen alrededor de 10 especies. La especie N. carpocapsae (= N. dutkyi), es objeto de intensa investigación en muchas partes del mundo debido a la facilidad de cría del nemátodo (Bustillo, 1976) y a que tiene un amplio rango de huéspedes.

En Colombia se han llevado a cabo experimentos de campo aplicando suspensiones de N. carpocapsae en el cogollo del maíz para el control de S. frugiperda, obteniéndose niveles de control del 70%. El cogollo del maíz mantiene una alta humedad lo cual facilita la supervivencia del nemátodo en este nicho (Landazabal et al, 1973).

Modo de acción de los nemátodos

Los nemátodos de insectos son parásitos obligados. Buscan activamente y penetran el cuerpo de larvas, pupas o adultos de insectos. Presentan estiletes que, con la ayuda de secreciones enzimáticas de las glándulas esofágicas, son capaces de entrar al cuerpo de insectos en unos pocos minutos. Una vez dentro de la cavidad hemocélica de la larva, el nemátodo obtiene alimento de la

hemolinfa por difusión a través de su cutícula. Estos nemátodos utilizan algunos de los aminoácidos y ésteres que el insecto produce para su nutrición y producción de huevos. Por lo tanto, en insectos parasitados por nemátodos es común la esterilidad o la reducción en la producción de huevos.

PROTOZOARIOS

Los protozoarios entomopatógenos juegan un papel importante en la regulación de las poblaciones de algunos insectos. Sin embargo, se les ha prestado poca atención como agentes de control microbial debido a que requieren mucho tiempo para matar al huésped y por consiguiente no ocasionan un efecto inmediato en las poblaciones de las plagas como lo hacen las bacterias y los virus. A pesar de esto, se les considera útiles en programas de manejo de plagas que enfatizan la conservación y aumento de los enemigos naturales existentes (Henry, 1981; McLaughlin, 1971; Pramer y Rabiaí, 1973; Wisler, 1963).

A continuación se discutirán dos de los siete grupos que afectan a los insectos, las neogregarinas y las microsporidias, que están representadas por especies de interés en el trópico.

Neogregarinas

Las neogregarinas se han aislado de Lepidoptera, Coleoptera y Orthoptera. Sólo dos especies en este grupo ha recibido considerable atención: Mattesia grandis y M. trogodermæ. En el campo se han efectuado ensayos usando M. grandis contra el picudo del algodón, Anthonomus grandis.

Microsporidias

Las microsporidias comúnmente se encuentran atacando insectos bajo condiciones naturales. Uno de los géneros encontrados es Nosema, cuyas especies, N. heliothidis y N. trichoplusiae, que afectan respectivamente H. virescens y T. ni, han recibido considerable atención en los últimos años. La infección de N. heliothidis en los adultos interfiere con el proceso reproductivo del insecto.

Vairimorpha necatrix se ha aislado de, como mínimo, 14 especies de larvas de lepidópteros y ha mostrado ser patogénica a otros 35 lepidópteros entre ellos especies de importancia económica como H. zea, H. virescens, T. ni y Agrotis ipsilon.

Modo de acción de los protozoarios

La ruta primaria de infección de los protozoarios es el tracto alimenticio; para alcanzar esta ruta la mayoría de los protozoarios deben ser ingeridos. Una vez en el intestino penetran hacia la cavidad hemocélica en donde se multiplican y causan enfermedad en los insectos. Su acción es muy lenta, tomando en muchos casos varios meses para desarrollar la enfermedad y posterior muerte del insecto. Rara vez alteran rápidamente las funciones vitales del huésped.

Uso de los protozoarios

Hasta el momento no existe ninguna formulación comercial basada en protozoarios. Existe mucho interés en desarrollar varias especies que atacan plagas de granos almacenados, en donde se piensa que pueden jugar un papel decisivo en la regulación de las poblaciones plagas.

RICKETTSIAS

Las rickettsias entomopatógenas no ofrecen ningún uso potencial en el control microbial de insectos debido a que se ha demostrado que algunos grupos son patogénicos a vertebrados, especialmente animales de sangre caliente. Las rickettsias son patógenos obligados y tienen algunas características similares a virus y bacterias. (St. Julian et al, 1973; Vaughn et al, 1974).

CONCLUSIONES

Es muy poco lo que se ha estudiado y se conoce sobre enfermedades de insectos en Latinoamérica. La mayoría de los estudios comprenden labores de reconocimiento de patógenos en el campo y la subsecuente identificación mediante

el envío de muestras a fitopatólogos locales o a especialistas en el exterior (Rodríguez y Fargues, 1974; Fassiatiova et al, 1978; Bustillo, 1979a, 1979b; Gottwald, 1981). Esta situación refleja la falta de apoyo gubernamental a programas de esta naturaleza. Las zonas tropicales, debido a sus características climáticas, ofrecen un gran potencial para encontrar nuevos entomopatógenos o nuevas razas más virulentas de las ya conocidas. Con excepción de México, no existe en ningún otro país latinoamericano una infraestructura que garantice el desarrollo y continuidad de investigaciones entomopatológicas. La investigación realizada hasta el momento obedece al interés particular de algunos entomólogos y es así como unos pocos patógenos se han estudiado en aspectos sobre su morfología, patogenicidad, sistemas de producción en laboratorio y su uso a escala semicomercial (Revelo, 1973; Guagliumi et al, 1974; Bustillo, 1976; Ureta, 1980; Gracias, 1980; Jiménez y Bustillo, 1981).

La idea de desarrollar entomopatógenos en insecticidas microbiales es una realidad como lo demuestran las formulaciones comerciales de B. thuringiensis usadas en el control de lepidópteros, varios virus poliédricos nucleares (Baculovirus) especialmente los del I. ni y H. virescens y nemátodos para el control de mosquitos. El uso del Bt se ha generalizado en muchos países de Centro y Suramérica debido a la producción de razas más virulentas y a la disminución en sus costos de producción. La aplicación de esta bacteria se confina a programas de control integrado especialmente contra plagas del algodón, hortalizas y en menor escala forestales. Los virus son probablemente, después del Bt, los más usados en programas de control integrado en cultivos de algodón, frijol, maíz y palma africana. Sin embargo, el mayor éxito se ha obtenido, no con formulaciones comerciales costosas y poco virulentas, sino con la introducción y movilización de estos patógenos a zonas en donde no existen o su incidencia es muy baja (Cujar y Alcaraz, 1973). En Centro y Suramérica es común la práctica de coleccionar larvas enfermas para luego distribuir las en campos no infectados.

El uso de hongos como agentes de control microbioal es todavía muy prematuro a pesar de los avances que se han hecho en la producción de conidias de mayor longevidad en cultivos de laboratorio. Sin embargo, existe un gran interés en utilizar preparaciones semicomerciales como es el caso del uso de M. anisopliae para el control de varias plagas de pastos y caña de azúcar en el

Brasil. Los nemátodos son muy promisorios; la especie R. culicivora que recientemente salió al mercado y podría jugar un papel muy importante en el trópico en programas de salud pública para el control de mosquitos vectores de enfermedades en el hombre. Una campaña de esta naturaleza tendría que ser patrocinada por entidades gubernamentales y sus efectos serían altamente satisfactorios, especialmente si se considera los azares que el uso de insecticidas químicos ocasiona en el hombre y en el medio ambiente cuando se trata de aplicarlos en los lugares de multiplicación de los mosquitos.

Actualmente el uso de insecticidas microbiales está confinado a la agricultura tecnificada, especialmente latifundios, donde el alto costo de estas formulaciones puede ser absorbido por los buenos retornos de las cosechas. En minifundios la situación es muy diferente debido a que la agricultura se caracteriza especialmente por estar en zonas poco accesibles o montañosas, donde es difícil utilizar maquinaria agrícola, los cultivos son múltiples, los rendimientos de las cosechas bajos y la mano de obra es abundante. Algunas de estas características se podrían utilizar para implementar programas de control microbial en minifundios. Inicialmente se requiere una labor de educación a los agricultores con el fin de que se percaten de los beneficios del uso de patógenos de insectos. Luego se deben llevar a cabo labores de reconocimiento para evaluar los diversos problemas de plagas existentes y que patógenos se encuentran presentes en la zona y cuales podrían constituirse en candidatos para su introducción. La organización de una cooperativa a nivel regional, con asesoría técnica, sería de una gran utilidad para la producción y distribución de ciertos patógenos que como virus, nemátodos y hongos se puedan multiplicar a una escala semicomercial y a costos relativamente bajos. El establecimiento inicial de un programa piloto mostrará las bondades de un programa de esta naturaleza.

BIBLIOGRAFIA

- AIZAWA, K. 1963. The nature of infections caused by nuclear-polyhedrosis viruses. In Steinhaus, E. A., ed. *Insect pathology; an advanced treatise*. New York Academic Press. Vol.1, p. 318-412.
- ANDERSON, R. F., AND M. H. ROGOFF. 1966. Crystalliferous bacteria and insect toxicants. In Grosby, D. G. *Natural pest control agents. Advances in Chem. Series Nº53, Amer. Chem. Soc., Washington, D. C.* p. 65-79.
- BERGOLD, G. H. 1963. The nature of nuclear-polyhedrosis viruses. In Steinhaus, E. A., ed. *Insect pathology; an advanced treatise*. New York, Academic Press. p. 413-564.
- BUCHER, G. E. 1960. Potential bacterial pathogens of insects and their characteristics. *J. Insect Pathol.* 2: 172-195.
- BURGERJON, A. and DULMAGE, H. 1977. Industrial and international standardization of microbial pesticides. I. *Bacillus thuringiensis*. *Entomophaga*, 22: 121-129.
- BUSTILLO, A. E. 1970. La mosca negra de los cítricos, *Aleurocanthus woglumi* (Ashby), un problema severo en el Tolima. *Agric. Trop. (Colombia)* 26(10): 720-722.
- _____. 1975. Control microbiológico. IICA (Colombia) Regional 6. Boletín informativo Nº5.
- _____. 1976. Patogenicidad del nemátodo *Neoplectana carpocapsae* en larvas, prepupas y pupas de *Oxydia trychiata*. *Rev. Colombiana Ent.* 2(4): 139-144.
- _____. 1979. Glosario sobre patología de insectos. ICA (Colombia). Documento de Trabajo Nº4. 27 p.
- _____. 1979a. Aspectos generales sobre el insecticida microbioal *Bacillus thuringiensis*. (Sociedad Colombiana de Entomología) SOCOLEN. Boletín de Divulgación Nº3. 380 p.
- _____. 1979b. Enfermedades víricas en insectos. In Congreso Sociedad Colombiana de Entomología, 6º "SOCOLEN", Memorias, Cali, Colombia. Julio 25-27. p 241-280.
- _____. 1981a. Infecciones en insectos causados por nemátodos. Memorias VIII Congreso de SOCOLEN, Medellín, Colombia. Julio 22-24, 1981.
- _____. 1981b. Enfermedades en insectos causadas por hongos: Micosis. Memorias VIII Congreso de SOCOLEN, Medellín, Colombia. Julio 22-24, 1981.
- CREIGHTON, C. S. and McFADDEN, T. L. 1975. Cabbage caterpillars: efficacy of chlordimeform and *Bacillus thuringiensis* in spray mixtures and comparative efficacy of several chemical and *B. thuringiensis* formulation, *J. Econ. Entomol.* 68: 57-60.
- CUJAR, M. A. and ALCARAZ, H. V. 1973. The nuclear polyhedrosis virus, *Trichoplusia ni* (Hubner), used to determine its effectiveness as a biological control in cotton. *Fitotec. Latinoam.* 9: 28-35.

- DAVID, W. A. L. 1975. The status of viruses pathogenic for insects and mites. *Ann. Rev. Ent.*, 20: 97-117.
- DE BARJAC, H. and BONNEFOI, A. 1968. A classification of strains of *Bacillus thuringiensis* Berliner with a key to their differentiation. *J. Invertebr. Pathol.*, 11: 335-347.
- DROOZ, A. T. and BUSTILLO, A. E. 1972. *Glennia bisulca* a serious defoliator of *Cupressus lusitanica* in Colombia. *J. Econom. Entomol.*, 65: 89-93.
- DUMAGE, H. T. 1970. Insecticidal activity of HD-1, a new isolate of *Bacillus thuringiensis* var. *alesti*. *J. Invertebr. Pathol.*, 15:232-239.
- DUNBAR, J. P. and JOHNSON, A. W. 1973. *Bacillus thuringiensis*: effects on the survival of a tobacco budworm parasitoid and predator in the laboratory. *Environ. Entomol.*, 4: 352-354.
- FALCON, L. A. 1971a. Use of bacteria for microbial control. In Burges, H. D. and Mussey, N. W., eds. *Microbial control of insects and mites*. New York. Academic Press. p. 67-95.
- _____. 1971b. Microbial control as a tool in integrated control programs. In Huffaker, C. B., ed. *Biological Control*, New York. Plenum press. p. 346-364.
- FASSIATTOVA, O.; HOSTOUNSKY, Z.; MIXIKOVA, S. y SAMSINAKOVA, A. 1978. Hongos entomófagos de plagas en Cuba. *Poeyana (CUBA) N°183*; p. 1-14.
- FERRON, P. 1978. Biological control of insects pests by entomogenous fungi. *Ann. Rev. Entomol.* 23: 409-442.
- GOTTWALD de A., C. 1981. Manejo de hongos entomopatógenos en México. In Reunión Nacional de Control Biológico, 10a, abril 27-30, 1981. Oaxaca, México, p. 64-85.
- GUAGLIUMI, P.; MARQUES, E. J. y VILAS BOAS, A. M. 1974. Contribuição ao estudo de cultura e aplicação de *Metarrhizium anisopliae* (Metsohn.) Sorokin no controle da "cigarrinha da folha", *Mahanarva posticata* (Stal) no Nordeste do Brasil. Recife, CODECAP, Bol. Tecn. N°3, 45 p.
- HALL, J. M.; ARAKAWA, K. Y.; DULMAGE, H. T. y CORREA, J. A. 1977. The pathogenicity of strains of *Bacillus thuringiensis* to larvae of *Aedes* and to *Culex* mosquitoes. *Mosquito News*, 37: 246-251.
- HEIMPEL, A. M. 1967. A critical review of *Bacillus thuringiensis* Berliner and other crystalliferous bacteria. *Ann. Rev. Entomol.* 12: 287-316.
- _____. and ANGUS, T. A. 1963. Diseases caused by certain sporeforming bacteria. In Steinhaus, E. A. ed. *Insect Pathology: An advanced treatise* New York Academic Press. Vol.2, p. 21-73.
- HENRY, J. E. 1981. Natural and applied control of insects by protozoa. *Ann. Rev. Entomol.* 26: 49-73.
- HUGHES, K. M. 1977. Observations on the morphology of polyhedrosis viruses from six forest insects. *Can. Ent.* 109: 759-762.

IGNOFFO, C. M. 1973. Effects of entomopathogens on vertebrates. *Annals New York Acad. Sci.*, 217: 141-164.

_____. 1975. Entomopathogens as insecticides. *Environmental letters* 8(1): 23-40.

INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO, ICA. 1975. Guía para el control de plagas. Programa de Entomología Manual de Asistencia Técnica N°1, 3a. ed., Bogotá, 174 p.

JIMENEZ, J. A. y BUSTILLO, A. E. 1981. Histopatología y dosis letal media de una poliedrosis nuclear en larvas de *Spodoptera frugiperda*. In Reunión Nacional de Control Biológico, 9a, abril 27-30, 1981. Oaxaca, México, p. 8-61.

LANDAZABAL, J. FERNANDEZ y FIGUEROA, A. 1973. Control biológico de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith), con el nemátodo *Neoplectana carpocapsae* en maíz. *Acta-agronómica* 23(3-4): 41-70.

MARTIGNONI, M. E. and IWAI, P. J. 1977. A catalog of viral diseases of insects and mites. 2nd. ed. USDA Forest Service. Pacific Northwest For. and Range Exp. Sta., Gen. Tech. Report PNW-40. 28 p.

MCLAUGHLIN, R. E. 1971. Use of protozoans for microbial control of insects. In Burges, H. D. and Hussey, N. W., eds. *Microbial Control of Insects and Mites*. New York, Academic Press. p. 151-172.

McVAY, J. R.; GUDANSKAS, R. T. and HARPER, J. D. 1977. Effects of *Bacillus thuringiensis*, nuclear polyhedrosis virus mixtures on *Trichoplusia ni* larvae. *J. Invertebr. Pathol.* 29: 367-372.

NICLKE, W. R. 1972. Nematode parasites of insects. Proc. Ann. Tall Timbers Conf. Feb. 24-25, 1972. 163 p.

_____. 1973. Identification of insect parasitic nematodes -A review. *Esp. Parasitol.* 33: 303-317.

_____. 1977. Taxonomy of nematodes that parasitize insects, and their use as biological control agents. In Romberger, J. A. ed. *Biosystematics in Agriculture*. Pub. Allenheld, Osmun and Co., p. 37-51.

_____ and Grijpma, P. 1974. Studies of the Shootborer *Hypsipyla grandella*. XXV. *Hexameris albicans* a parasite of the larva. *Turrialba* 24 (2): 222-226.

POINAR, G. O., Jr. 1971. Use of nematodes for biological control of insects. In: Burges, A. D. and Hussey, N. W. eds. *Microbial control of insects and mites*. New York, Academic Press. p. 181-201.

_____ and THOMAS, G. M. 1978. Diagnostic manual for the identification of insect pathogens. New York, Plenum Press. 218 p.

PRAMER, D. and AL-RABIAI, S. 1973. Regulation of insect populations by protozoa and nematodes. *Ann. New York Acad. Sci.* 217: 85-92.

QUEZADA, J. R.; DE MIRA, A.; CORNEJO, C. y HIDALGO, F. 1973. Control Biológico e Integrado de la Mosca Prieta de los Cítricos en El Salvador. San Salvador, Universidad de El Salvador, Departamento de Biología. 39 p.

REVELO, M. A. 1973. Efectos del *Bacillus thuringiensis* sobre algunas plagas lepidópteras del maíz bajo condiciones tropicales. *Revista ICA*, (Colombia). 8: 429-503.

- ROBERTS, D. W. 1973. Means for insect regulation: Fungi. *Annals New York Acad. Sci.* 217: 76-84.
- _____ and YENDOL, W. G. 1971. Use of fungi for microbial control of insects. In Burges, H. D. and Hussey, N. W. eds. *Microbial control of insects and mites*. New York. Academic Press. p. 125-149.
- RODRIGUEZ, D. y FARGUES, J. 1974. Estudio preliminar sobre la patogenicidad de hongos imperfectos (Denteromycetes) entomógenos en Noctuidae Nueva. *Agric. Trop. (Colombia)* 27(3): 30-37.
- SMITH, K. M. 1976. *Virus-insect relationships*. London. Longman Group limited, 291 p.
- STEINHAUS, E. A. 1949. *Principles of insect pathology*. New York. McGraw-Hill, 757 p.
- _____. 1946. *Insect microbiology* Ithaca, New York. Comstock Publ. 763 p.
- ST. JULIAN, G.; BULLA, L. A.; SHARPE, E. S. and ADAMS, G. L. 1973. Bacteria, Spirochetes, and Rickettsia as insecticides. *Annals New York Acad. Sci.* 217: 65-75.
- TANADA, Y. 1963. Epizootiology of infectious diseases. In Steinhaus, E. A., ed. *Insect pathology an advanced treatise*. New York, Academic Press. Volume 2, p. 423-475.
- URUETA, E. J. 1980. Control del ácaro *Retracus elaeis* Keifer mediante el hongo *Hirsutella thompsonii* Fisher e inhibición de éste por dos fungicidas. *Rev. Colombiana Ent.* 6: 3-10.
- VAUGHN, J. 1974. Virus and rickettsial diseases. In Cantwell, G. E., ed. *Insect diseases*. New York, Marcel Dekker. Vol.1. p. 49-86.
- WEISER, J. 1963. Sporozoan infections In Steinhaus, E. A. ed. *Insect pathology: an advanced treatise*. New York, Academic Press. Vol.2, p.291-334.
- _____. 1977. *An atlas of insect diseases*. Second edition. The Hague; Dr. W. Junk, 240 p.
- WELCH, H. E. 1963. Nematode infections. In Steinhaus, E. A. ed. *Insect pathology an advanced treatise*. New York, Academic Press. Vol.2, p. 367-392.
- _____. 1965. Entomophilic nematodes. *Ann Rev. Ento.* 10: 275-302.
- WILD, P. 1971. Classification and nomenclature of viruses. *Monographs in Virology*, Vol.5. 81 p.
- WILKINSON, J. D., BIEVER, K. D. and IGNOFFO, C. M. 1975. Contact toxicity of some chemical and biological pesticides to several insect parasitoids and predators. *Entomophaga*, 20: 113-120.
- YENDOL, W. G. and ROBERTS, D. W. 1970. Is microbial control with entomogenous fungi possible? *Proceedings of the 4th International Colloquium on Insect Pathology*, College Park, Md: 28-42.