

Serie Técnica Manual Técnico N° 53



Manuel Carballo y Falguni Guharay
Editores Técnicos

CATIE

Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza

2004



El Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza CATIE, es un centro regional dedicado a la investigación y enseñanza de posgrado en agricultura, manejo, conservación y uso sostenible de los recursos naturales. Sus miembros regulares son: El Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura IICA, Belice, Bolivia, Colombia, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, República Dominicana y Venezuela. El presupuesto básico del CATIE se nutre de generosas aportaciones anuales de estos miembros, los cuales a su vez conforman su Consejo Superior.

Se permite la reproducción total o parcial con la debida autorización del CATIE, respetando los créditos de rigor.

Esta publicación fue posible gracias al apoyo financiero de la Agencia Noruega para el Desarrollo NORAD y de la GTZ de Alemania.

Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza CATIE
Apartado Postal 7170 CATIE
Turrialba, Costa Rica
Tel.: (506) 556-6431/0169
Fax: (506) 556-1533
e-mail: catie@catie.ac.cr
www.catie.ac.cr

Programa Regional CATIE-MIP/AF (NORAD)
Apartado Postal P-116
Managua, Nicaragua
Tel.: (505) 265-7268,
Fax: (505) 265-7114
e-mail: catienic@mipafcatie.org.ni

Programa NOQ/CATIE-GTZ
Apartado Postal 7170 CATIE
Turrialba, Costa Rica
Tel.: (506) 296-5715
Fax: (506) 232-0735
e-mail: catiegtz@bioplaguicidas.org
www.bioplaguicidas.org

N
632.96

C 762 Control biológico de plagas agrícolas /Manuel Carballo...
[et al.]. -- 1a ed. -- Managua: CATIE, 2004
232 p. - (Serie técnica. Manual técnico/CATIE; N° 53)

ISBN 99924-0-316-0

1. CONTROL BIOLOGICO DE PLAGAS
2. PLAGUICIDAS-ASPECTOS AMBIENTALES

Hecho el depósito legal N° 0122 en Managua, 2004

Autores

Cano Enilda UNAN-LEÓN
Carballo Manuel CATIE
Chaput Pascal CATIE
Fernández Orietta INISAV
González Liliana CHEM TICA INTER. S.A.
Gruber Anne Kathrina INVESTI. ORGÁ.
Guharay Falguni CATIE
Hidalgo Eduardo CATIE
Narváez Cony UNAN-LEÓN
López P. José Antonio BASF
Rizo Carmen UNAN-LEÓN
Rodríguez Alejandro DIECA
Rodríguez Carlos CHEM TICA INTER. S.A.
Salazar Daniel DIECA

Editores técnicos

Carballo Manuel CATIE
Guharay Falguni CATIE

Revisores técnicos

Herrera Isabel UNA
Roettger Ulrich GTZ
Varela Gregorio CATIE

Cuido de edición

Chaput Pascal CATIE

Fotografías

Archivos:
CATIE, UNAN-LEÓN,
UNA, SIP, CENICAFE

Diseño y Diagramación

Enmente
enmente@hotmail.com

Impresión

INPASA

Primer tiraje

2,000 ejemplares – marzo 2004

Indice

Presentación

1 Control biológico: ayer, hoy y siempre	1
2 Control biológico de insectos mediante bacterias	15
¿Qué son las bacterias entomopatógenas?	16
¿Cuáles son sus características y cómo actúan?	16
¿Cómo se utilizan?	24
Bibliografía	31
3 Control biológico de insectos mediante hongos entomopatógenos	33
¿Qué son los hongos entomopatógenos?	34
¿Cuáles son sus características y cómo actúan?	34
¿Cómo se utilizan?	45
Estudio de caso	53
Bibliografía	58
4 Control biológico de insectos mediante virus entomopatógenos	59
¿Qué son los virus entomopatógenos?	60
¿Cuáles son sus características y cómo actúan?	60
¿Cómo se utilizan?	66
Estudio de caso	69
Bibliografía	72

5 Control biológico de insectos mediante nematodos entomopatógenos	73
¿Qué son los nematodos entomopatógenos?	74
¿Cómo se utilizan?	81
Bibliografía	88
6 Control biológico de insectos mediante parasitoides	89
¿Qué son los parasitoides?	90
¿Cómo se clasifican los parasitoides?	91
¿Cómo actúan los parasitoides?	93
¿Cuáles son las familias de parasitoides más importantes?	95
¿Cómo se utilizan?	104
Bibliografía	112
7 Control biológico de insectos mediante depredadores	113
¿Qué son los depredadores?	114
¿Cómo se clasifican los depredadores?	114
¿Cómo actúan los depredadores?	115
¿Cuáles son las familias de depredadores más importantes?	116
¿Cómo se utilizan?	121
Bibliografía	122
8 Control biológico de insectos mediante feromonas y atrayentes	123
¿Qué son las feromonas?	124
¿Cómo se utilizan?	127
Bibliografía	136
9 Control biológico de insectos mediante extractos botánicos	137
¿Qué son los insecticidas botánicos?	138
¿Cuáles son las ventajas de usar insecticidas botánicos?	139
¿Cuáles son las desventajas de usar insecticidas botánicos?	140
¿Cómo actúan los insecticidas botánicos?	140
¿Cuáles son los insecticidas botánicos más importantes?	143
¿Qué insecticidas botánicos se encuentran en el mercado?	157
¿Cómo se aplican los insecticidas botánicos?	158
Bibliografía	159

10 Control biológico de enfermedades de plantas	161
¿Qué es el control biológico de enfermedades en plantas?	162
¿Qué son los suelos supresivos para las enfermedades?	163
¿Qué estrategias se usan para el control biológico de enfermedades en plantas?	164
¿Cómo actúan los microorganismos que controlan enfermedades?	165
¿Cuáles son los agentes más importantes para el control biológico de fitopatógenos?	172
¿Cuáles bacterias antagonistas se conocen en el control biológico de enfermedades de plantas?	174
¿Cuáles otras tácticas se usan para el manejo de enfermedades de plantas?	177
Bibliografía	184
11 Control biológico de nematodos parásitos de plantas	185
¿Qué son los fitonematodos?	186
¿Cómo se clasifican de acuerdo a síntomas y hospederos?	186
¿Qué es el control biológico de fitonematodos?	187
¿Cómo actúan los enemigos naturales de los nematodos?	188
¿Cuáles son sus enemigos naturales más importantes?	190
¿Qué otros organismos existen con potencial como biocontroladores de nematodos?	193
¿Cómo se utilizan los enemigos naturales de los nematodos?	194
¿Qué productos existen comercialmente?	195
¿Cuáles son los métodos culturales para el manejo de nematodos?	197
Bibliografía	200

12 Control biológico de malezas	201
¿Qué es el control biológico de malezas?	202
¿Cuáles son los agentes más importantes para el control biológico de malezas?	202
¿Cómo actúan los insectos como controladores de malezas?	203
¿Cómo actúan los patógenos como controladores de malezas?	204
¿Qué estrategias podemos utilizar?	204
Estudio de caso	214
Bibliografía	215
Anexos	217

Presentación

El control biológico de plagas contempla el fortalecimiento del control natural, la introducción de especies no-nativas de controladores y el uso de plaguicidas derivados de animales, plantas, hongos, bacterias, virus y minerales para prevenir, repeler, eliminar o bien reducir el daño causado por las plagas. Estos bioplaguicidas no pretenden sustituir los plaguicidas químicos, sino buscar métodos más amigables con el ambiente, como un componente del manejo integrado de plagas. Actualmente, los bioplaguicidas representan una fracción muy pequeña del mercado mundial de plaguicidas, apenas el 2 %. En Centro América, la disponibilidad de bioplaguicidas para los agricultores es muy limitada, en relación a los plaguicidas sintéticos, para los cuales ya existe una cultura de uso que se remonta a muchas décadas y que afronta una serie de factores negativos como son los residuos de plaguicidas en los alimentos, en el agua y en el ambiente, que provocan contaminación ambiental y problemas de salud en la población.

El fomento del control biológico y del uso de los bioplaguicidas con los agricultores es vital si queremos incrementar su utilización en los próximos años. Sin embargo, no se podrá lograr si, paralelamente, no se implementan estrategias para aumentar su disponibilidad, ya sea a través de la importación de bioplaguicidas producidos comercialmente en el exterior, como a través de la producción local a pequeña escala y de estrategias adecuadas para el mercadeo de estos productos.

Hay que considerar no sólo los beneficios ambientales y sobre la salud que se pueden lograr con los bioplaguicidas, sino también, los de índole económica.

El CATIE, con el apoyo de GTZ, NORAD y USAID, durante muchos años, ha desarrollado esfuerzos en la búsqueda de alternativas para el manejo de plagas, en América Central y El Caribe, mediante proyectos de manejo integrado de plagas y han ejecutando acciones, tanto en el área de la investigación, como en la capacitación y asistencia técnica.

Este manual de control biológico de plagas agrícolas es un esfuerzo más y ha sido promovido por el proyecto Fomento de Productos Fitosanitarios no Sintéticos CATIE/GTZ y el Programa Regional CATIE-MIP/AF (NORAD). Su propósito es volverse una herramienta útil para la enseñanza, capacitación, promoción y disseminación del tema del control biológicos y de los bioplaguicidas para capacitadores, profesores, técnicos, investigadores, extensionistas, productores agrícolas y distribuidores de productos fitosanitarios relacionados con el sector agrícola.

Dr Ulrich Roettger
Coordinador
Programa NOQ/CATIE-GTZ

1

CONTROL BIOLÓGICO AYER, HOY Y SIEMPRE

Guharay Falguni • CATIE

Chaput Pascal • CATIE



Durante 350 millones de años, antes de la aparición de los seres humanos, no había plagas en la Tierra. Había solamente millones de organismos diferentes sobreviviendo en diferentes ecosistemas.

Hace 250 mil años, apareció el Homo sapiens que llamó plagas a algunos millones de estos organismos. En efecto, una plaga se define como un organismo que reduce la disponibilidad, calidad o valor de unos recursos valiosos para los humanos. Estos recursos pueden ser una planta que nosotros cultivamos o un animal que criamos para algún uso, o bien pueden ser la salud o el bienestar de una persona. La definición de una plaga es, entonces, muy relacionada con las necesidades y valores humanos.

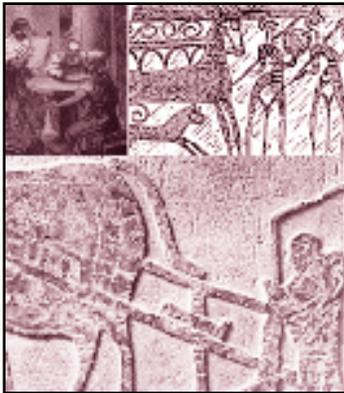
En la actualidad, los organismos vivos, en su mayoría, no son plagas sino benéficos, como los que nos ayudan a polinizar las flores, a controlar los organismos no deseables y los que consumimos. Por ejemplo, se estima que, de cada millón de especies de insectos, apenas el 1 a 2 % ha sido plaga en su vida.

Mientras se estima que la agricultura comenzó 8,000 años antes de Cristo, la primera descripción de plagas e insectos no ocurrió hasta 1,500 años antes de Cristo. Curiosamente, la primera documentación de uso de un insecticida remonta a 2,500 años antes de Cristo. El primer plaguicida conocido fue utilizado por los Sumarios y era un compuesto de azufre para controlar insectos y ácaros.

Por los años 1200 antes de Cristo, los Chinos habían desarrollado insecticidas extraídos de plantas, que hoy conocemos como insecticidas botánicos, en particular para el tratamiento de semillas. Además de utilizar cal y cenizas para la prevención y control de plagas, en campos, casas y granos almacenados, los Chinos usaron mercurio y compuesto de arsénico, para controlar unas plagas humanas como las pulgas.

Después de varios siglos, los Chinos reconocieron el papel de los enemigos naturales y la importancia de ajustar las fechas de siembra, para evitar mayores problemas de plagas. Los Griegos y Romanos, también, discutieron estos tipos de práctica, incluyendo a Homero quien escribió sobre el valor de la quema para el control de la langosta, en 950 antes de Cristo.

Las técnicas de control de plagas se siguieron desarrollando en China, con la primera aplicación práctica de control biológico, en el año 300 después de Cristo: los Chinos establecieron colonias de





hormigas depredadoras, en sus plantaciones de cítricos, para controlar los gusanos y taladradores. Los nidos de hormigas fueron colocados estratégicamente en diferentes lugares de las plantaciones y el trabajo de las hormigas fue facilitado por caminos y puentes hechos de bambú, que permitían que las hormigas lleguen a los paños infestados.

Este desarrollo sofisticado del manejo de plagas, fue posible por el tradicional interés chino hacía los insectos que dio lugar, en el año 4700 antes de Cristo, a la crianza de gusanos de seda pero, también, por su visión holística del mundo que incluía el estudio de las cadenas alimenticias y mecanismos de control natural de las poblaciones de plagas.

Sin embargo, los Chinos también desarrollaron métodos de control químico, incluyendo la aplicación de arsénico blanco, elaborado por Ko Hung's, para proteger el trasplante de arroz de insectos plagas, 400 años después de Cristo y la utilización de azufre y cobre para el control de pulgas, así como la aplicación de aceite de cerdo para proteger a las ovejas de los parásitos.

Mientras tanto, los métodos europeos se basaban menos en conocimientos biológicos y más en fé religiosa y superstición. Por ejemplo, como medida de protección contra la langosta, ciertos seguidores religiosos colocaban oraciones de su profeta, sobre palos en el campo, en los años 600 después de Cristo y en Berna, Suiza, los gusanos cortadores fueron llevados a la corte, declarados culpables, excomulgados por el obispo y expulsados del país, en 1476 d.C.

El enfoque europeo de manejo de plagas cambió drásticamente cuando el Renacimiento valorizó y fomentó los conocimientos científicos y que un mayor conocimiento de los microorganismos fue posible, con la invención del microscopio y el descubrimiento de las bacterias, en 1675.

En la primer mitad del siglo XVIII, el taxónomo sueco Carlos Linneo contribuyó a desarrollar un sistema de identificación de insectos y sugirió el uso de escarabajos Coccinélidos, Chrysopa y otros insectos parasitoides para el control biológico de las plagas.

El período de 1750 a 1880, en Europa, fue tiempo de una revolución agrícola, con un aumento de 150% en los rendimientos agrícolas, como resultado de la introducción de nuevas técnicas en los cultivos, como unas prácticas muy sofisticadas de uso de abonos y



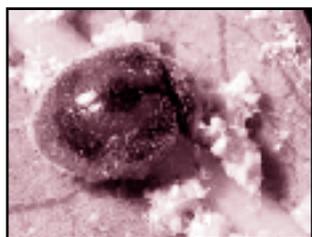


sistemas de rotación que incluían cultivos fijadores de nitrógeno; de una reorganización de la tenencia de la tierra y del desarrollo de la maquinaria agrícola que permitió la siembra en surcos y el deshierbe de las calles con caballos.

A la mitad del siglo XIX, el cambio de una agricultura de subsistencia a una agricultura de monocultivo, trajo consigo un aumento de rendimiento muy significativo pero, también, contribuyó a la aparición de algunos de los mayores desastres agrícolas como el brote de tizón tardío en la papa, en 1840, que causó una terrible hambruna en Irlanda; el problema del mildiú polvoriento, en 1850, en la vid en toda Europa y la invasión del insecto americano *Levid phylloxera* que casi acaba con los viñeros y la industria vinícola, en Francia, en 1848.

Estos desastres no sólo propiciaron la búsqueda de mayores conocimientos científicos, sino también una reflexión sobre la eficacia de los métodos “modemos” de control de plagas. De hecho, fueron combatidos exitosamente, en pocos años, con métodos y productos caseros, sin recurrir a la industria agroquímica: el mildiú fue controlado con un descubrimiento accidental, cuando alguien se dio cuenta que una mezcla de cobre y cal, llamada “Caldo Bordelés”, usada tradicionalmente para pintar las uvas afin de evitar que las robaran, reducía la afectación de esta enfermedad, dando lugar al primer fungicida de uso masivo, todavía usado hoy en día en la agricultura orgánica para control de hongos en café, papa, manzanas, etc... y el *phylloxera* fue controlado, introduciendo un patrón tolerante del continente americano e injertando las cepas locales en él.

El primer éxito relevante, con la importación y establecimiento de enemigos naturales para el control biológico, ocurrió en 1890. Después de su introducción accidental en 1860, la escama blanca del algodón amenazó con acabar las plantaciones de cítricos de California. Dado que esta plaga había venido de Australia, el departamento de agricultura de Estados Unidos envió a un entomólogo a este país para buscar los enemigos naturales de esta plaga. Después de descubrir que el escarabajo *Rodolia cardinalis* proveía un control rápido y efectivo de la escama, el entomólogo envió 140 de estos depredadores a California. En menos de año y medio, los descendientes de estos escarabajos lograron controlar la escama del algodón en toda California, hasta que fueron eliminados por el uso de DDT y luego, tuvieron que ser reintroducidos.





El primer control químico de malezas ocurrió en 1896, cuando el sulfato de hierro fue utilizado para matar una maleza de hoja ancha en cultivos de cereales. Sin embargo, la mano de obra era tan barata, en aquel entonces, que muy pocos productores mostraron interés en utilizar un control químico de malezas.

A final del siglo XIX, se establecieron claramente cinco tipos de métodos de control de plagas:

1. Control cultural
2. Variedades resistentes
3. Control mecánico y físico
4. Control biológico
5. Control químico

A inicio del siglo XX, había cantidades de entomólogos, fitopatólogos y otros expertos trabajando en control de plagas y también, aumentó la oferta de literatura sobre control de plagas. Los textos enfatizaban la necesidad de entender la biología de las plagas y la ecología de los cultivos, para tomar decisiones oportunas de control.

El Sr. Sanderson, en su libro sobre “Insectos plagas de fincas, jardines y plantaciones”, en 1915, propuso la limpieza del terreno, después de la cosecha, como una medida sanitaria y también, el uso de cultivos trampas para el manejo de ciertos insectos.

En aquella época, el control físico y mecánico de las plagas era la medida más común: se utilizaban túneles, casas de malla, bandas pegajosas alrededor de los árboles frutales y todo tipo de trampas, inundación de campos, calentamiento o enfriamiento de productos almacenados y hasta se había diseñado unos aparatos mecánicos que se pasaban por el campo, aspirando todos los insectos presentes.



El control de patógenos de plantas también había tenido avances significativos con el desarrollo de variedades tolerantes a la roya en cereales y a la marchitez causada por *Fusarium* en frijol, melón y en otras plantas leguminosas.

Se dio, en 1926, el primer caso de control biológico de malezas. En Australia, con la introducción del gusano *Cactoblastis*, se logró controlar, en menos de 10 años, la invasión de un cactus importado, en un área de más de 30 millones de hectáreas.



Pero, también, durante este mismo período, el control químico se benefició con el desarrollo de mejores equipos de aplicación. En 1921, por primera vez, se utilizó un avión para fumigar grandes áreas agrícolas, en Ohio - Estados Unidos.

Sin embargo, este desarrollo científico y tecnológico fue acompañado por la aparición de nuevos problemas: los plaguicidas inorgánicos causaban numerosos problemas de salud por su persistencia y alta toxicidad y varios pesticidas que habían sido muy efectivos, de repente perdían su capacidad de controlar las plagas. Los científicos descubrieron que las plagas que sobrevivían a las fumigaciones daban lugar a nuevas generaciones resistentes a los insecticidas que antes las controlaban. El primer caso documentado de resistencia data de 1914, cuando la escama San José se volvió resistente a la aplicación de azufre y cal, en Estados Unidos.

La segunda guerra mundial trajo con ella una revolución en cuanto al control de plagas con plaguicidas orgánicos sintéticos muy efectivos que repusieron los compuestos inorgánicos. Como parte de los escenarios de esta guerra fueron zonas tropicales donde las enfermedades transmitidas por insectos, como la malaria, el tifus y la enfermedad del sueño causada por la mosca Tsé-Tsé, arriesgaban con acabar las tropas, las investigaciones sobre plaguicidas se volvieron la prioridad N°1. En Estados Unidos y Europa, miles de científicos estuvieron probando centenares de compuestos por sus cualidades insecticidas, resultando el Dicloro Difenil Tricloroetano, conocido como DDT, superior a cualquier otro. Este veneno mataba a cualquier tipo de insectos, aún en cantidades mínimas y tenía una acción prolongada por su persistencia.



La propiedad insecticida del DDT fue descubierta, en 1934, por un químico suizo de nombre Paul Muller, empleado de J.R. Geigy, empresa que después se conoció como Ciba-Geigy. Se usó exitosamente, por primera vez, en Suiza, en 1939, para el control del escarabajo de papa de Colorado. En 1942, Geigy informó al ejército de los Estados Unidos sobre la efectividad de DDT como agente de control de las pulgas que transmiten el tifus. La producción comercial de DDT comenzó en 1943 y en octubre del mismo año, 1.3 millón de personas fueron fumigadas con DDT, en Napoles - Italia, para prevenir una epidemia de tifus.



Una vez terminada la segunda guerra mundial, el DDT no solamente se siguió usando para el control de vectores en todas partes del mundo, sino que se usó ampliamente en la agricultura, tanto en cultivos de manzana, algodón, maíz o papa, como en granos almacenados.

Así nació la industria de los plaguicidas y creció enormemente en las siguientes décadas. Este auge en el uso masivo y generalizado de los plaguicidas provocó un cambio fundamental de actitud hacia el control de plagas. Todos los esfuerzos anteriores y la sabiduría ancestral sobre métodos de control biológico fueron borrados por estos plaguicidas “milagrosos”.

El control de plagas pasó de ser un problema ecológico a ser un asunto de la industria química e ingeniería.



Muchos de los productores, a veces forzados para seguir siendo competitivos en el mercado, adoptaron estos plaguicidas como el DDT y discontinuaron todos sus exitosos métodos de prevención de plagas como la rotación de cultivos y difusión de enemigos naturales. Estas prácticas fueron reemplazadas por aplicaciones calendarizadas, con un método de fechas fijas, sin considerar los niveles de infestación.

Sin embargo, el DDT, de milagroso se volvió problemático cuando, en 1946, en Suecia, la mosca común se volvió resistente al DDT. En 1975, todas las plagas agrícolas, en California, habían desarrollado resistencia al DDT.

Los productores comenzaron también a notar un extraño fenómeno de resurgencia de plagas. Después de una aplicación de DDT, la población de las plagas bajaba pero, después de un tiempo, subía a niveles mayores que los anteriores, por la desaparición de los enemigos naturales.

Otro problema fue la aparición de plagas secundarias: unos organismos que no lo eran antes, al desaparecer los enemigos naturales, se volvieron plagas.



Los productores entraron en un círculo vicioso, cuando intentaron enfrentar estos problemas, con mayores y más frecuentes aplicaciones de plaguicidas, lo que hizo decir al Dr. Paul R. Ehrlich, profesor de ciencia biológica de la Universidad Standford, haciendo un paralelo con la heroína, que los plaguicidas prometen el paraíso pero, al final, terminan convirtiendo a los productores en adictos.

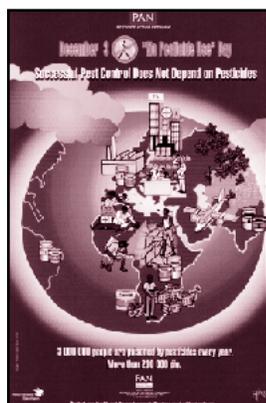
Las preocupaciones relacionadas con los problemas causados por el uso de DDT recibieron muy poca atención de las autoridades hasta que la Sra. Rachel Carlson publicó su libro "Primavera silenciosa", en 1966. Este libro, que fue un enorme éxito de librería, documentó muchísimos desastres asociados con el DDT en el mundo. Como resultado, el presidente J.F. Kennedy orientó a su Comité de Asesores en Ciencias, examinar el caso del uso de plaguicidas y se votó una ley para prohibir el registro de plaguicidas, en Estados Unidos, sin aprobación anticipada del gobierno.

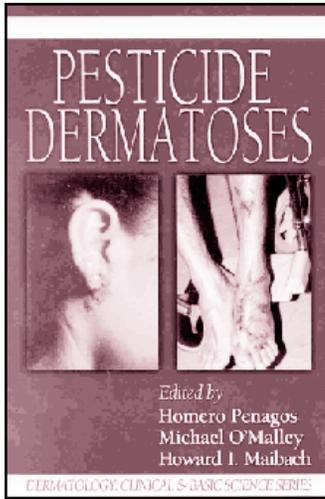
Hoy en día, podemos decir que "Primavera silenciosa" marcó el inicio de la conciencia y del movimiento ambientalista, en Estados Unidos. En 1972, el DDT fue prohibido en Estados Unidos y se creó la Agencia de Protección del Ambiente EPA.

Pero, mientras los Aliados desarrollaban compuestos organo-clorados como el DDT, los Alemanes habían desarrollado un grupo mucho más tóxico de insecticidas: los organo-fosforados, como resultado directo de la investigación sobre gases tóxicos del sistema nervioso, usados en la primera y segunda guerra mundial.

Con el desarrollo de la resistencia de las plagas a los organo-clorados, los organo-fosforados se abrieron paso y mercado. Dado que su persistencia en el ambiente es menor y que no hay fenómeno de acumulación en los organismos, fueron presentados, otra vez, como productos inocuos para el ambiente y la salud humana.

Pero, al igual que los organo-clorados, su uso intensivo terminó creando resistencia en las plagas y sobretodo, por su alta toxicidad aguda para los insectos, destruyeron a toda la fauna benéfica, reforzando aún más el ya mencionado círculo vicioso de los plaguicidas.





El uso masivo de organo-fosforados, también, fue asociado con un aumento dramático de casos de envenenamiento, por vía dermal y oral, en los trabajadores del campo y productores, por su alta toxicidad aguda para los seres vivos, tanto de sangre fría como caliente.

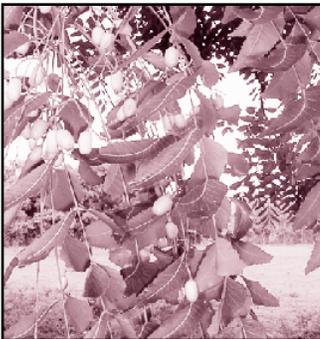
En efecto, los organo-fosforados inhiben la enzima colinesterasa y por lo tanto, causan severos y a veces irreversibles daños al nervio que puede resultar en la pérdida de función del músculo y hasta en la muerte.

Sin embargo, a pesar de tener la capacidad de destruir a todo los insectos en el campo y de ser potencialmente peligrosos para los seres humanos, los organo-fosforados, todavía hoy en día, siguen siendo el grupo de insecticidas de mayor uso, en el mercado.

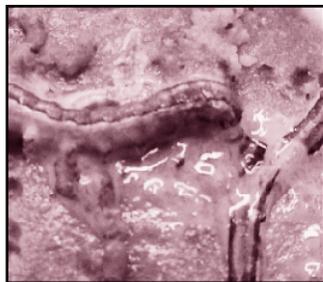
El paration, uno de los primeros y más ampliamente usados organo-fosforados, está incluido en la “docena sucia” al igual que el metilparation y el malation.

Posteriormente, se desarrollaron nuevas clases de plaguicidas sintéticos orgánicos como los carbamatos y la formamidina, como Amitraz y Clorodimefom, que fueron unos de los plaguicidas de mayor uso en los Estados Unidos, específicamente en el cultivo del algodón.

Luego, la investigación se enfocó en la producción de insecticidas botánicos modernos, para apoyar el desarrollo de la producción orgánica en los países del Norte y la búsqueda de una menor dependencia de los insumos químicos, en los proyectos de desarrollo agropecuario, en países del Sur.



El mejor ejemplo ha sido el neem cuyas hojas fueron usadas, desde siglos, esencialmente en la India, para el control de plagas de granos almacenados y que ahora se encuentra, a nivel comercial, en forma de aceite, torta y extractos acuosos o alcohólicos. Otros ejemplos son el uso de los piretros que provienen de un crisánthemo del norte de Africa y que fueron preparados caseramente, desde siglos, por los pequeños productores.



Ultimamente, se desarrollaron plaguicidas basados en las hormonas de los insectos. Son productos específicos para ciertos insectos como los reguladores de crecimiento que alteran el crecimiento de las plagas y no les permiten cumplir su ciclo de vida.

Los insecticidas microbiales que causan enfermedades mortales en las plagas, fueron desarrollados como una opción novedosa de control biológico de plagas. Los microbios, por ser específicos, no causan ningún daño a los insectos benéficos, ni a los humanos. Tampoco dañan el ambiente dado que son fácilmente degradables lo que obliga a realizar aplicaciones frecuentes y posiblemente aumenta los costos. Uno de los microbios más común utilizado para el control de insectos ha sido el *Bacillus thuringiensis* opt.

Al mismo tiempo, se dieron muchas investigaciones para desarrollar plaguicidas basados en aceites, tanto naturales como sintéticos, para el control de insectos, ácaros y patógenos en las plantas.

En el mundo de los plaguicidas, los herbicidas son relativamente nuevos: el primer herbicida selectivo, el “2, 4-D”, no fue desarrollado hasta 1942.

Su descubrimiento y popularidad, junto con otros herbicidas sintéticos como el “2, 4, 5-T”, trajo un cambio fundamental en el enfoque de manejo de malezas hasta el punto que, hoy en día, la mitad de los plaguicidas usados en el mundo son herbicidas.



Atrazina que es un herbicida pre-emergente, basado en triazina, desarrollado por Ciba-Geigy, en 1959, se ha vuelto uno de los herbicidas más usados en todas partes del mundo donde se cultiva maíz. Desafortunadamente, Atrazina no solamente es un contaminante del acuífero, sino que los residuos que se quedan después del cultivo de maíz, no permiten cultivar otro rubro, como por ejemplo la soya que se usa comunmente en rotación con el maíz.

El fenómeno de resistencia de las plagas a los plaguicidas ha llegado a tales extremos que, hoy por hoy, más de la mitad de las especies de artrópodos reportados como plagas, puede resistir a dos o más clases de insecticidas y 17 especies de plagas pueden resistir las 5 clases de insecticidas disponibles en el mercado.



La resistencia es más frecuentemente observada en Dípteros, como los zancudos y moscas, Lepidópteros y Coleópteros. La resistencia a los organo-clorados existe para el 62% de las especies reportadas y a los organo-fosforados, para el 47%. También, se ha empezado a detectar resistencia a los herbicidas en 55 especies de malezas.

El primer caso de resistencia de un fitopatógeno fue detectado hace 45 años y hoy, más de 100 especies de fitopatógenos son resistentes a los plaguicidas, incluyendo 59 especies de hongos resistentes a fungicidas como el Benomyl.

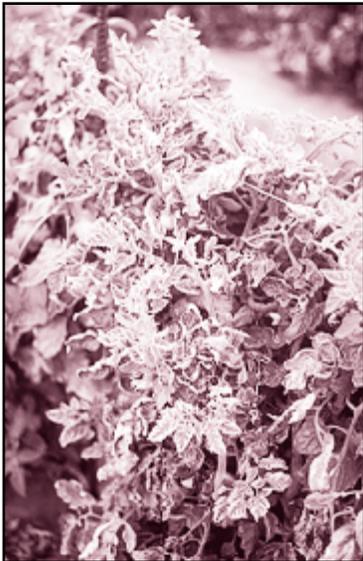
En adición, algunas especies de nematodos y 5 especies de roedores han demostrado resistencia a los plaguicidas.

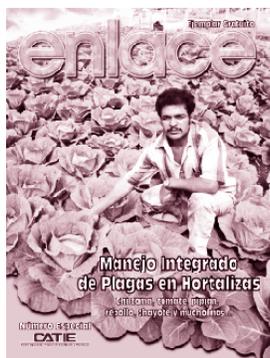
Investigaciones recientes indican que los plaguicidas sintéticos no solamente generan resistencia en las plagas sino que las plantas en contacto con ellos cambian su metabolismo y se vuelven más vulnerables a las plagas.

Las investigaciones llevadas a cabo, en Francia, por el Dr. Francis Chaboussou, basadas en la teoría de la trofobiosis, demuestran que el uso de plaguicidas resulta, en cierta manera, en un envenenamiento dado que, en las plantas tratadas con plaguicidas, las sustancias solubles no pueden ser transformadas en proteínas y se vuelven toxinas. Estas toxinas, al final, atraen una mayor cantidad de plagas y provocan un debilitamiento de la resistencia natural de las plantas.

Por lo tanto, la protección de una planta cultivada no debe ser considerada únicamente vía la eliminación de sus plagas, sino estimulando la capacidad de resistencia natural de la misma planta, con una mejor nutrición y ambiente.

Este y otros postulados sirvieron como base de una nueva concepción del manejo integrado de plagas, desarrollada en 1959 y definida como una estrategia de control de plagas basada en la ecología y en tácticas de manejo que protegen o favorecen los enemigos naturales de las plagas, permitiendo un uso moderado de plaguicidas, solamente después de un monitoreo sistemático de las poblaciones de plagas que lo justifique.





Hoy en día, el manejo integrado o manejo ecológico de plagas se define como el fortalecimiento de la capacidad de toma de decisión sobre manejo de plagas, por parte de las familias rurales, basada en conocimientos ecológicos y observaciones sistemáticas. Las decisiones tomadas por las familias productoras deben ser encaminadas a fortalecer el cultivo, mejorar el ambiente a favor de la planta y en contra de las plagas, fomentar los controles naturales y tomar acciones complementarias para reducir la población de plagas, usando métodos que no contradicen las acciones anteriores.

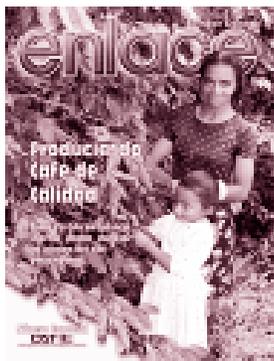
Existen numerosos ejemplos de exitosos programas de manejo integrado de plagas, en diferentes cultivos, en todo el mundo. En China, ciertos programas lograron reducir los costos de plaguicidas hasta en un 85% y en la India, en el cultivo del algodón, en un 66%. En Estados Unidos, 30 millones de acres han sido trabajados bajo el concepto de manejo integrado de plagas. En América latina, muchas familias productoras ya están implementando métodos de manejo integrado de plagas, en el cultivo de café y caña de azúcar.

Desde un inicio, se detectaron varias condiciones necesarias para fomentar el manejo integrado de plagas:

- Gente capacitada a todos los niveles (productores, extensionistas, científicos, planificadores, intermediarios y consumidores),
- Conocimientos y acceso a la información pertinente para poder diseñar los sistemas de manejo de plagas y de mercadeo de productos sanos,
- Un monitoreo sistemático y observación de la evolución de las poblaciones de plagas, enemigos naturales y cultivos.

Pero, tener información y capacidad de observación no es suficiente. Se necesita entender en qué momento es más oportuno intervenir y tener a su disposición, una serie de métodos y prácticas que nos ayude a manejar la situación.

Uno de estos métodos, el más importante, efectivo y duradero, es el control biológico ya que el control ejercido por los enemigos naturales, en forma natural o aumentativa, es barato, efectivo, permanente y no interfiere negativamente con ningún otro proceso del ecosistema.





Por lo tanto, el control biológico debe ser el pilar central para gestionar el manejo de plagas, bajo diferentes modalidades: la protección del control natural existente en el campo, la introducción de enemigos naturales no-nativos y la creación de condiciones ambientales más favorables para los enemigos naturales.

Hoy, más que nunca antes, es necesario volver a pensar en el control biológico como la principal herramienta práctica para el manejo de plagas.

¿Porqué tenemos que repensar en el control biológico? No sólo por el fracaso de los plaguicidas, o por los desastres ecológicos ocurridos, o porque hay muchos venenos en nuestra comida, o porque el agua está contaminada, sino porque es con el control biológico que nosotros empezamos a manejar las plagas en la agricultura, porque el control biológico es lo que nosotros sabemos hacer desde siglos atrás y hay un conocimiento acumulado que nos da la pauta para un control efectivo, duradero y inocuo de las plagas, en nuestro ecosistema.

Este libro sobre el control biológico de insectos, patógenos y malezas, es un intento para fortalecer nuestros conocimientos sobre ese tema moderno, combinando el pasado con el presente, para ir hacia un futuro seguro, donde cada vez más familias productoras, técnicos y especialistas entablen un diálogo alrededor del control biológico como la mejor manera de enfrentar los problemas de plagas.



10

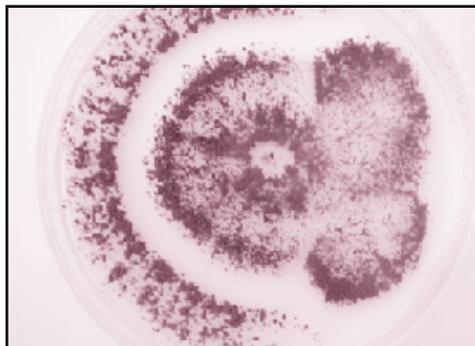
CONTROL BIOLÓGICO DE ENFERMEDADES DE PLANTAS

Fernández Larrea-Vega Orietta • INISAV

López P. José Antonio • BASF

¿Qué es el control biológico de enfermedades en plantas?

La noción de que el control biológico podría ser aplicado para el control de las enfermedades en las plantas proviene de los descubrimientos científicos en microbiología y patología vegetal, a principios del siglo XX. Los espectaculares avances en el uso de antibióticos en la medicina humana, en los años 30, dieron mayor empuje a las inves-



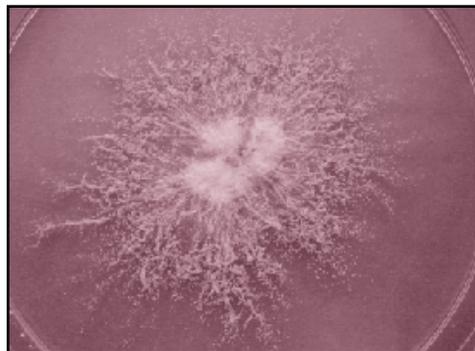
Cultivo de Trichoderma

tigaciones sobre control biológico en las plantas. Experimentos preliminares con hongos tales como Gliocladium y Trichoderma, mostraban resultados promisorios para el manejo de las enfermedades. La primera investigación para mostrar el antagonismo bacterial fue realizada antes de la segunda guerra mundial. A pesar de algunos resultados alentadores, después de terminada la guerra, se desarrollaron los fungicidas comerciales muy efectivos y la tendencia giró hacia la agricultura moderna de uso de altas cantidades de insumos sintéticos. Ante los éxitos de los plaguicidas químicos, los incentivos para la investigación y aplicaciones en control biológico de plantas disminuyeron.

No fue hasta los posteriores intercambios de información entre los microbiólogos de suelo y los patólogos de plantas, en relación con los hongos patógenos del suelo, que se renovó el entusiasmo por las investigaciones en el control biológico de enfermedades de las plantas.

¿ Que son los suelos supresivos para las enfermedades?

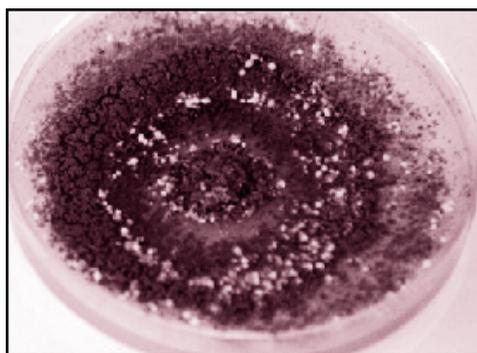
Suelos supresivos son aquellos en los que el patógeno no puede establecerse o persistir; o en los que existe el patógeno pero, la cantidad de enfermedad que se desarrolla es inferior a la que ocurriría ante un nivel de inóculo y condiciones ambientales favorables. Esta propiedad de los suelos fue mencionada por primera vez por Atkinson, ha-



Cultivo de Gliocladium

ce más de un siglo en relación con la fusariosis vascular del Algodonero (*Fusarium oxysporum*) y ha sido descrita profusamente en la literatura fitopatológica contra enfermedades producidas por hongos (*F. Oxysporum*; *Phytophthora cinnamoni*; *Pythium* spp. *Rhizoctonia solani*, etc...) como por nematodos (*Heterodera avenae*, *H. glycines* y *Meloidogyne* spp.)

Aunque la supresión sobre una determinada enfermedad puede ser de tipo generalizado, y estar relacionada con el nivel general de actividad microbiana en el suelo durante una(s) fase(s) crítica de la patogénesis (como la germinación de los propágulos, crecimiento rizosférico, etc...), el aspecto que más ha atraído la atención de los estudiosos es la naturaleza en ciertos casos específicos de la supresividad, sobre determinados fitopatógenos.



Cultivo de hongo controlador de patógenos del suelo (root shield)

Ejemplos de ellos son la supresividad ejercida sobre: • *Fusarium oxysporum* por poblaciones no patogénicas de *F. oxysporum* y *Pseudomonas fluorescens*; • *H. avenae* por las actividades de *Nematophthora gynophila* y *Verticillium clamydosporium*; • *R. solani* por *Trichoderma hamatum*.

Se reconocen dos tipos de supresividad a las enfermedades: la natural y la inducida. La **supresividad natural** esta asociada con ciertas características físicas y químicas de los suelos que afectan su microbiología; usualmente no es afectada por la secuencia de los cultivos y otras prácticas agrícolas.

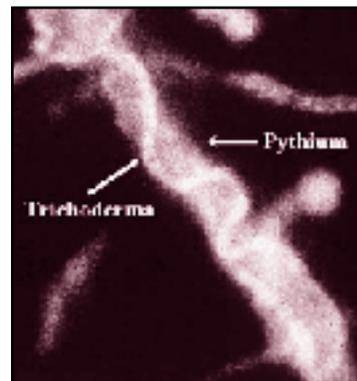
En contraste, la **supresividad inducida** es un tanto independiente de las características del suelo pero, depende de la secuencia de los cultivos y de las prácticas culturales. A diferencia de la supresividad natural, que se expresa constantemente, la inducida es expresada solamente después de varias generaciones de cultivos. De hecho, una historia de monocultivo con un cultivo susceptible es un pre requisito para la inducción de la supresividad. La supresividad inducida es responsable del declinamiento de varias enfermedades económicamente muy importantes como el “damping-off” en lechugas y otros cultivos.

¿Qué estrategias se usan para el control biológico de las enfermedades de plantas?

Las estrategias utilizadas son: • Exclusión y erradicación que se aplican para reducir el número de patógenos en la vecindad del cultivo, • Protección e inmunización para prevenir o reducir la infección o la severidad de la enfermedad. Algunos experimentos realizados para reducir la cantidad de inóculo con agentes de biocontrol han mostrado resultados promisorios, bajo circunstancias limitadas pero, no han sido tan efectivas como los logrados en el control de plagas de insectos donde los parasitoides y otros enemigos naturales liberados en el ambiente pueden ayudar a mantener dichas poblaciones de plaga bajo umbrales económicos. Los agentes microbiales aplicados a las plantas o al suelo pueden colonizar semillas, raíces, hojas, tallos y heridas, protegiendo a las plantas bien sea por competencia de los nutrientes esenciales y/o por la producción de antibióticos.

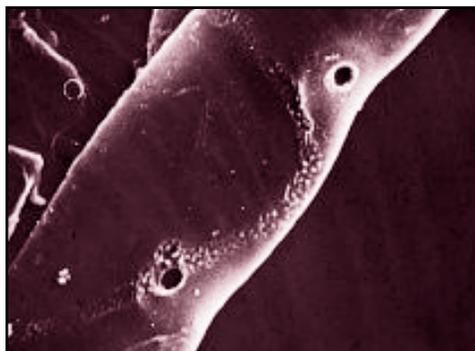
¿Cómo actúan los microorganismos que controlan enfermedades?

El control de enfermedades puede resultar de un antagonismo directo contra el patógeno, o por acción indirecta a través de la resistencia inducida de la planta hospedera. El antagonismo directo implica interacción directa entre dos microorganismos que comparten el mismo nicho ecológico. Se pueden caracterizar tres modos de acción directa: parasitismo, competición por nutrientes y antibiosis. Estas interacciones no son exclusivas de cada uno sino que cada cepa puede poseer varios modos de acción. Estos mecanismos de acción son discutidos a continuación. También, se discute el concepto de resistencia sistémica inducida.



El hongo Trichoderma parasitando el hongo Pythium

Parasitismo



Microparasitismo

El término parasitismo se refiere al hecho de que un microorganismo parasita a otro, en este caso a un patógeno de plantas. El parasitismo consiste en la utilización del patógeno como alimento por su antagonista. Los ejemplos más conocidos de hongos hiperparásitos son Trichoderma y Gliocladium.

El parasitismo juega un papel principal en el antagonismo expresado por algunas razas de Trichoderma contra Rhizoctonia solani. Sin embargo, discriminar entre parasitismo y otros mecanismos de acción, es difícil ya que enzimas que degradan la pared celular como quitinasas y glucanasas están involucradas en el proceso de parasitismo. Con otros patógenos, también actúan enzimas extracelulares tales como quitinasas, celulasas, Beta-1-3-glucanasas y proteasas que rompen las estructuras de los hongos parasitados. Hongos del género Trichoderma también han sido muy estudiados como an-

tagonistas de otros patógenos del suelo como *Sclerotium rolfsii* y *Sclerotium cepivorum* y existen varias formulaciones comerciales desarrolladas a partir de ellos.

Competencia por nutrientes

Otro mecanismo de acción antagonica importante es la competencia. Es el comportamiento desigual de dos o más organismos ante un mismo requerimiento, siempre y cuando la utilización del mismo por uno de los organismos reduzca la cantidad disponible para los demás. Un factor esencial para que exista competencia es que haya escasez de un elemento. Si hay exceso, no hay competencia. Podemos mencionar aquí dos tipos, la competencia por carbono y por elementos menores.

La competencia entre los organismos principalmente es de tipo nutricional pero, también, puede reflejarse antagonismo sobre el espacio y el oxígeno.

Competencia por carbono: Este tipo de competencia ocurre en el suelo y es considerada responsable del fenómeno conocido como fungistasis, que consiste en la inhibición de la germinación de esporas del hongo en el suelo. Esta supresión resulta de la actividad combinada de varias poblaciones microbiales y cualquier agente de biocontrol aplicado al suelo puede ser sometido a fungistasis. Algunas especies o razas de antagonistas son más competitivas que otras y pueden ser seleccionadas para el control biológico. La competición por carbono también ha sido involucrada en el antagonismo expresado por diferentes cepas de *Trichoderma* sp. contra varios patógenos de plantas, especialmente *Fusarium oxysporum*.

Competencia por elementos menores: Esta es muy frecuente en el suelo. Así por ejemplo, la competencia por hierro (uno de los mejores documentados ejemplos de competencia por micronutrientes) es uno de los modos de acción por los cuales *Pseudomonas fluorescens* limita el crecimiento de hongos patogénicos y reduce la incidencia o severidad de las enfermedades. Bajo condiciones de estrés de hierro, estas bacterias sintetizan sideróforos, llamados pseudobactinas o ploverdinas que muestran una mayor afinidad para Fe^{+3} que los sideróforos fungales. Otro micronutrientes (Cu, Mn y Zn) también juegan un papel en el control de enfermedades inducidas por patógenos del suelo. La asociación de dos microorganismos antagonistas compitiendo con el patógeno por dos diferentes nutrientes, puede resultar en un incremento en la eficacia del biocontrol.

Antibiosis

Antibiosis es el antagonismo que resulta cuando un microorganismo produce metabolitos secundarios que son tóxicos para otro microorganismo o que inhiben las actividades celulares vitales. Esta capacidad les provee de un margen competitivo, especialmente en la colonización de sustratos orgánicos donde la competencia por espacio y alimentos puede ser feroz. Es un fenómeno muy común, responsable de la actividad biocontroladora de muchos organismos tales como *Pseudomonas* spp., *Bacillus* spp., o *Trichoderma* spp., que han sido desarrolladas como agentes de control biológico de patógenos.

Una variedad de diferentes metabolitos como antibióticos, bacteriocinas, enzimas y compuestos volátiles se han descrito y están involucrados en la supresión de diferentes patógenos.

Resistencia sistémica inducida.

Este es el mecanismo de acción indirecta entre el agente microbiano y el patógeno. Ocurre cuando se aplica un agente inductor de resistencia a la planta previo a la inoculación del patógeno que resulta en niveles reducidos de la enfermedad, en comparación con plantas no inoculadas. Así por ejemplo, la inoculación de una planta con una forma especial incompatible o raza de *Fusarium oxysporum* ocasiona una reducida severidad de la enfermedad cuando la planta es inoculada con el patógeno compatible. De tal forma que el *Fusarium* no patogénico usado para controlar *Fusarium* puede ser efectivo a través de resistencia inducida.

Pseudomonas fluorescens, por su capacidad promotora de crecimiento o por su actividad de biocontrol, ha demostrado ser inductora de resistencia sistémica en la planta. La resistencia inducida limita el crecimiento de los patógenos durante su fase parasítica en la planta. La rizobacterias promotoras de crecimiento también pueden inducir resistencia en el caso de pepino, contra la antracnosis, también induce resistencia contra la marchitez del pepino (*Erwinia tracheiphila*). Una cepa de *P. fluorescens* que suprime patógenos del suelo puede restringir también enfermedades de la hoja mediante inducción de resistencia. Plantas de tabaco que estaban creciendo en suelo inoculado con *P. fluorescens*, mostraron resistencia en las hojas a infección por virus de la necrosis del tabaco (TNV) Aunque *P. fluorescens* no pudo ser detectada en tallos o hojas, si indujo a la planta a producir proteínas del grupo PR-1, 1,3 glucanasas y endoquitinasas en respuesta al ataque de TNV.

¿Cuáles son las moléculas activadoras o promotoras de resistencia?

El concepto de activador, desde el inicio, fue utilizado para moléculas capaces de inducir síntesis de fitoalexinas en la planta, en ausencia del patógeno. En la actualidad, esta definición se ha generalizado y aceptado para cualquier molécula química que pueda estimular mecanismos de defensa o asociados con la respuesta de defensa en las plantas. Estas moléculas activadoras hacen referencia a un amplio ámbito de compuestos, los cuales pueden ser derivados a partir de plagas, de plantas u otros microorganismos así como a partir de preparados biológicos de origen vegetal o de análogos producidos sintéticamente. Las moléculas activadoras no deben ser tomadas como sustitutos de fungicidas, sino como una alternativa adicional dentro del manejo integrado.

Se pueden reconocer por lo menos dos tipos de defensa adquirida en las plantas resistentes:

- ▶ **Resistencia local adquirida:** reacción ocurrida localmente en las células que entran en contacto directo con el patógeno.
- ▶ **Resistencia sistémica adquirida (RSA):** reacción en toda la planta producto del estímulo provocado por la presencia del patógeno. Se genera una amplia gama de procesos como lignificación, degradación oxidativa, síntesis de proteínas PR, etc...

En las reacciones de resistencia sistémica adquirida se reconocen por su importancia los procesos de:

- ▶ **Degradación oxidativa:** una manifestación muy importante de las plantas resistentes es un incremento en las concentraciones del oxígeno activo, como el O⁻², OH⁻, con la formación de H₂O₂.
- ▶ **Síntesis de proteínas relacionadas (proteínas PR):** Cuando una planta resistente es infectada por un patógeno se altera la síntesis proteica y empiezan a acumularse proteínas que tienen actividad antimicrobiana directa. Algunas de estas proteínas son la PR1-a, 1-3 glucanasa, quitinasas, etc...

Aplicaciones prácticas de las moléculas activadoras de IRS o RSA como mecanismos de protección en la agricultura.

Actualmente se cuenta con gran cantidad de moléculas activadoras de inducción de resistencia local o sistémica. Estas moléculas han sido evaluadas en invernadero y algunas de ellas probadas también en condiciones de campo y posteriormente patentadas. Las siguientes son algunas de las moléculas activadoras comercializadas, que han logrado la protección del cultivo, es decir la aspersión del producto funciona como una vacuna para la planta y la protege de infecciones futuras, lo cual constituye una labor preventiva y no curativa.

Moléculas activadoras o agentes bióticos y abióticos reportados como inductores de resistencia.

ORIGEN BIÓTICO	ORIGEN ABIÓTICO
Hongos, bacterias, nematodos, insectos (asperjados, inyectados o puestos en contacto)	Fosfatos de potasio o de sodio
Fragmentos de pared celular de bacterias	Especies de oxígeno activo (los AOS): ácido per-acético (ácido acético + peróxido de hidrógeno) y EDTA
Fragmentos de pared celular de hongos	Cloruro férrico, Aliette (Fosetil-AI)
Fragmentos de pared celular de células vegetales	Silica, glicina, ácido glutámico, ácido a y baminobutírico, ácido a-aminoisobutírico D-fenilalanina, D-alanina, dodecyl-DL-alanina, dodecyl-DL-valina, DL-triptofano y riboflavina
Fluido intercelular extraído de plantas infectadas	Ácido m-hidroxibenzoico, ácido p-hidroxibenzoico. Ácido salicílico, metil ester del ácido jasmónico, etileno
Extractos de origen vegetal	Ácido isovanílico, ácido vanílico, ácido 1,3, 5 benzeno tricarbóxico, ácido poliacrílico
Preparaciones de cultivos en crecimiento de bacterias, levaduras e insectos	Ácido D-galacturónico, ácido D-glucurónico, glicolato, ácido oxálico. Ácido oleico, ácido linoleico, ácido arádonico, ácido eicosapentaenoico
Fluido de esporas en germinación de hongos	Paraquat, acifluorfen, clorato de sodio, óxido nítrico. Ácido 2,6-dicloroisonicotínico
Preparaciones a partir de aparatos bucales y secreciones de insectos (Volicitin)	Benzo (1,2,3) thiazoleol-7-carboxylic acid s-methyl ester Probenazole, Ácido 2,2 dicloro-3,3 di-metil ciclopropano carbóxico
Fraciones de glucano, pectina o quitosán degradados desde la pared de microorganismos por tratamiento de enzimas	Penentrolina y sales de metales complejos como: cobalto, hierro y cobre. Laminarina, quitosán, quitin, quitin coloidal y glucanos sintéticos
Exudados de rizobacterias promotoras de crecimiento	Messenger, detergentes

El acibenzolar-s-metil, un benzothiadiazole (BTH) desarrollado por la compañía Singenta, al ser usado en la inducción de resistencia a *Xanthomonas axonopodis* pv. *vesicatoria* en plantas de chile, conlleva un costo energético que puede ocasionar en algunos cultivares, una sobreproducción de frutos de menor tamaño, afectando negativamente la producción. Esta situación no se presentó cuando las plantas crecieron en condiciones óptimas, desde el trasplante hasta la cosecha.

Mediante el empleo del modelo biológico para resistencia sistémica adquirida en pepino se descubrieron dos clases de moléculas activadoras que reproducían la misma actividad biológica: la primera, el INA, ácido 2,6-dicloro isonicotínico y la segunda, el benzo[1,2,3] thiadiazole con el derivado comercial producido por Novartis (ahora Singenta) en 1998, el S-methyl benzo[1,2,3]thiadiazole-7-carbothiate (=acibenzolar-S-metil o BTH) catalogada como CGA245704 y adscrito con la denominación de BION para Europa o ACTIGARD para los Estados Unidos. El INA y el BTH actúan como sustitutos del ácido salicílico (AS) en una resistencia sistémica adquirida. Este producto está siendo vendido en Honduras por Singenta.

BASF Corporation comercializa con el nombre de MILSANA un producto sintético equivalente al obtenido del extracto de la planta *Reynoutria sachalinensis*, el cual ha dado buenos resultados en ornamentales y huertos hortícolas.

El Probenazole (ORYZEMATE) ha sido utilizado en la relación parasitaria arroz-*Pyricularia oryzae* o *Xanthomonas oryzae*; no obstante, su modo de acción no está aún totalmente claro.

El producto comercial OXYCOM (Redox Chemical, Idaho, USA), está constituido por dos componentes: un 5% v/v de una solución de ácido peracético (ácido acético + peróxido de hidrógeno) y por una mezcla de nutrimentos de plantas. Los dos componentes son mantenidos por separado antes de mezclarse y se mezclan justo antes de aplicarse en el campo. El modo de acción de este producto está dentro de un sistema de resistencia sistémica adquirida, con inducción de enzimas asociadas con el proceso de oxidación.

El OXYCOM se comercializa en Honduras con el nombre de Defense (Cosmocel, de México, Tecniconsult en Honduras) en base a los productos Defense Oxy, Defense RSA, Defense Bio y Defense Foliar.

El producto Defense Oxy tiene como objetivo aportar oxígeno activo por medio del ácido etanoperoxóico. Defense RSA y Defense Foliar contienen diferentes moléculas de ácidos orgánicos insaturados y estabilizadores del ácido etanoperoxóico, cuya función es activar los mecanismos de defensa. Defense Bio es un inoculante en cuya formulación participan microorganismos, cuya finalidad es generar metabolitos para inducir reacciones de RSA y además antagonizar con un amplio espectro de patógenos.

El producto Defense para problemas de suelo va dirigido a inducir resistencia contra patógenos del suelo: hongos (*Phytophthora* spp., *Fusarium* spp., *Pythium* spp., etc...) nematodos (*Meloidogyne* spp., *Pratylenchus* spp., etc...). Debe combinarse la aplicación de Defense Oxy+Defense RSA (4:1) con la de Defense Bio en forma posterior. Idealmente, el tratamiento deberá hacerse por medio de riegos presurizados.

El producto Defense para problemas foliares tiene el objetivo de inducir la resistencia contra patógenos que atacan la parte aérea de la planta, como hongos (*Phytophthora* spp., *Colletotrichum* spp., *Alternaria* spp., *Erysiphe* spp., *Botrytis* spp., etc...) bacterias (*Xanthomonas* spp. *Erwinia* spp., *Pseudomonas* spp., etc.) En este tratamiento debe combinarse Defense Oxy+Defense Foliar (1:1). La aplicación se hace por medio del equipo normal para asperjar agroquímicos.

Las proteínas “harpins” dieron origen al producto comercial MESSENGER registrado por la empresa Eden Biosciences (WA-USA) y comercializada en Centra América por Duwest. Consiste de una molécula activadora de inducción de resistencia natural y promotora de sistemas de crecimiento, evaluada para el control de enfermedades bacterianas y fungosas en tomate, chile, trigo, uva, pepino, melón, arroz y manzana. Este producto combina biotecnologías y tecnologías no contaminantes, el cual fué avalado por la EPA en Abril del 2000.

¿Cuáles son los agentes más importantes para el control biológico de fitopatógenos?

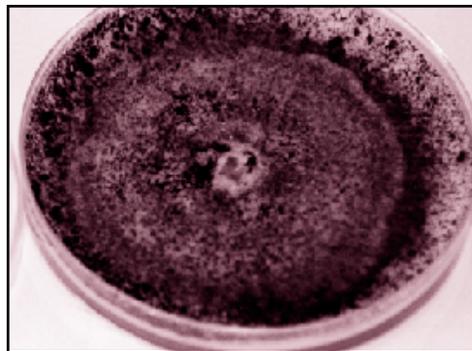
Hongos antagonistas

Gliocladium. En 1990, la EPA aprobó a WR Grace (Ahora Thermotriology) el producto GlioGard™ (actualmente llamado SoilGard), el cual es una cepa de *G. virens* para el control del mal del talluelo causado por *R. solani* y *Phythium ultimum*. Este fue el primer biofungicida aprobado. El modo de acción está relacionado con la producción del metabolito gliotoxin, el cual suprime a *P. ultimum*. Otro hongo es *G. roseum* que suprime conidióforos y crecimiento de hifas de *Botrytis cinerea* en hojas de fresa en un 97-100%.

G. virens es altamente antagonista de *Sclerotium rolfsii* que causa la pudrición del tallo del maní a través de volátiles que son inhibitorios al patógeno. Formulaciones de este hongo usados en algodón y tomate contra *S. rolfsii*, redujeron la enfermedad y aumentaron el rendimiento cuando fue aplicado en el suelo a ambos lados de la hilera. *G. roseum* por su parte, redujo significativamente *Botrytis cinerea* en pétalos, estambres y frutos de fresa cuando se aplicó asperjado. *G. virens* produce metabolitos como ácidos grasos, viridin, gliotoxinas, dimetilgliotoxinas, viridiol, fenoles como ácido ferulico. Las gliotoxinas inhiben *Phythium ultimum*, *Phytophthora capsici*, *Sclerotinia sclerotiorum*, *S. minor* y *Rhizoctonia solani*. Además, produce varias enzimas quitinolíticas como endoquitinasas que son capaces de inhibir la germinación de esporas de *Botrytis cinerea* y causar daño en el crecimiento de las hifas.

Trichoderma. La versatilidad, adaptabilidad y la fácil manipulación de las especies de hongos del género de *Trichoderma* han permitido su uso efectivo en el control biológico. Generalmente, este hongo es saprofito y es comúnmente encontrado en el suelo. Varias especies parasitan hongos patogénicos. Son competitivos ya que crece muy rápido, esporulan abundantemente y compiten bien con otros microorganismos del suelo. Son antagónicos, esto es, producen antibióticos como gliotoxinas, viridinas y enzimas líticas. Producen una gran cantidad de enzimas líticas que pueden degradar la pared celular del hospedero como glucanasas, quitinasas, xylaninas y proteasas. *Trichoderma* spp. produce tres tipos de propágulos: hifas, clamidosporas y conidios, estas son activas contra fitopatógenos en diferentes fases del ciclo de vida, desde la germinación de las esporas hasta la esporulación.

Los productos de *Trichoderma* son producidos por fermentación. Existen diferentes formulaciones de hongos antagonistas, las cuales se usan en dependencia del mecanismos de acción. Para uso comercial, el material seco es el preferido. Las hifas son poco resistentes al secado por lo que se trabaja en las formulaciones de las formas reproductoras (conidios y clamidosporas) como polvos humedecibles, polvo seco, formulaciones en aceite y encapsulados que contienen el hongo. Los conidios son más resistentes que las clamidosporas y se producen en mayor cantidad por diferentes vías: sobre soporte sólido y en cultivos líquidos estáticos y agitados



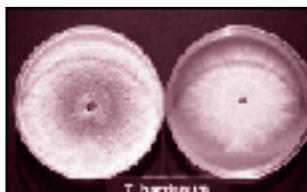
Cultivo de *Trichoderma*

En Cuba, la producción de bioproductos a partir de diferentes cepas de *Trichoderma* spp. se realiza mediante métodos artesanales, por cultivos líquidos estáticos, sólidos y bifásicos y en los últimos años, se han ensayado procesos de fermentación sumergida. Este último proceso se considera una alternativa tecnológica muy eficiente desde el punto de vista productivo y económico para la obtención de productos fúngicos de alta calidad.

En Cuba, se producen un promedio de 250 toneladas métricas por año, que permiten tratar más de 100,000 hectáreas de cultivos de importancia económica como el tabaco, tomate y pimiento, tanto en campo como en cultivos protegidos.

Sin embargo, esta producción artesanal tiene la limitante del volumen productivo y de la imposibilidad de almacenar los productos por tiempos prolongados a temperatura ambiental, por esto se impone el desarrollo de nuevos métodos de obtención de productos finales, como polvos secos o floables que cumplan con los requisitos de los registros para su comercialización.

En el caso de los productos de *Trichoderma*, cuando se utilizan para el control de hongos del suelo, pueden mezclarse con materia orgánica u otras enmiendas que se utilizan como fertilizantes, tal como se hace con inoculantes bacterianos usadas como biofertilizantes.



cultivo de Trichoderma

Una formulación de Trichoderma disponible en Centro América es Mycobac (*Trichoderma lingnorum*) de Laverlam. Para el control preventivo de Rhizoctonia en arroz, se recomienda aplicar durante los primeros 20 días posteriores a la germinación entre 100 y 200 gr de Mycobac/ha. En el caso del banano, se pueden realizar aplicaciones al transplante mezclado con Biostat WP (*Paecilomyces lilacinus*).

En el cultivo del café, contra Damping off, en el semillero aplicar 50 gr de Mycobac por 100 litros de agua en inundación al suelo al momento de la siembra. En cultivos establecidos, se deben aplicar 100 gr/ha.

En Israel, el producto Trichodex™ es manufacturado por la compañía Mahkteshim-Agan basada en *T. harzianum* y controla Botrytis en tomate, pepino y viñedos en invernaderos, usando 1 g/l integrado con funguicidas.



Verticillium lecanii

En Suecia, la compañía Bio-Innovation vende Trichoderma en Europa como pellets o polvo mojable (BINAB TTM), registrado para el control de Chondostereum purpureum, agente causal de la hoja plateada de árboles frutales y otras enfermedades.

Verticillium lecanii. Además de los insectos, Verticillium infecta un amplio rango de hongos patógenos de vegetales como Cercospora, Mildiú polvoso (Erysiphe, Sphaeroteca) y royas (Puccinia y Uromyces). También royas como la del café (*Hemileia vastratrix*). *V. lecanii* parasita esporas y estructuras fructíferas de roya (*Puccinia horiana*), enfermedad del Crisantemo y es capaz de penetrar las paredes hifales y uredosporas de la roya del tallo (*Puccinia grammis* f.sp. *tritici*). También posee capacidad fungistática contra Fusarium.

¿Cuáles bacterias antagonistas se conocen en el control biológico de enfermedades de plantas?

Bacillus subtilis. Ha sido patentado por el USDA para uso en el control de Slerotinia fructicola. La bacteria produce un antibiótico (Iturin) que es activo contra el hongo. También, se ha probado como un agente potencial para el control de marchitez por Verticillium. Ha demostrado ser efectivo contra Colletotrichium trifolii, Hemileia vastatrix, Fusarium oxysporum, Pseudomonas solanacearum, Rhizoctonia solanii y Fusarium spp.

Otro componente activo identificado en *B. subtilis* es Iturin A, un lipopéptido cíclico con fuertes propiedades antifungales y baja toxicidad en mamíferos y también bacilopeptina, el cual tiene propiedades antibióticas contra hongos.

La compañía Gustafson (USA) introdujo una formulación de *B. subtilis* llamada Kodiak™ para usarlo como tratamiento de semilla. Fue introducido inicialmente para controlar enfermedades en plántulas de algodón, maní y frijol. Este producto contiene endosporas de la bacteria proveniente de una raza que fue aislada de semillas de algodón, en Texas. Las endosporas se producen vía fermentación, obteniéndose un producto concentrado, seco y triturado como un polvo bien fino. La vida de anaquel de Kodiak puede ser hasta de 2 años, si se almacena a temperaturas de 30° C o menos.

Las semillas tratadas con Kodiak™ producen incrementos en rendimiento de 10-15% cuando es usado en combinación con un tratamiento estándar. Una de las posibles formas de utilización de *B. subtilis* como agente de biocontrol es a través del tratamiento de semillas. Su efecto benéfico cuando se aplica junto a las semillas o solo, no se debe exclusivamente al antagonismo hacia los patógenos sino que influyen positivamente en la germinación, desarrollo y rendimiento del cultivo, debido a la producción de sustancias promotoras del crecimiento y al mejoramiento de la nutrición de las plantas.

Después de la siembra, las esporas de semillas tratadas germinan y se multiplican usando los aminoácidos y azúcares exudados de la superficie de la planta y conforme la raíz crece, las células de *B. subtilis* colonizan la superficie y pueden alcanzar poblaciones de 10⁸ esporas por gramo de raíz.

La primera parte del efecto inhibitorio de *B. subtilis* contra patógenos del suelo es la ocupación del nicho en la superficie radical de la planta y la segunda es a través de la producción de exudados antifungales.

Streptomyces. Mycostop™ es un biofungicida comercializado por Kemira de Finlandia, que está basado en *Streptomyces griseoviridis*. Este controla muy bien patógenos de semilla y suelo como *Alternaria brassicicola*, *Fusarium oxysporum* y *Botrytis cinerea*, en varios cultivos. La bacteria libera sustancias antibióticas que inhiben el crecimiento de *Alternaria* en coliflor, *R. solani* en canola, *Pythium* en remolacha azucarera y papa y *B. cinerea* en lechuga. Las dosis, como tratador de semillas son de 2-8 gr/kg de acuerdo al cultivo. Para el tratamiento de plantas establecidas se usan dosis de 10-20 gr/m aplicado como 0.01% en inundación o 0.1% asperjado al

suelo. Una suspensión al 0.1% es hecha diluyendo 1 gr de Mycostop™ en 1 litro de agua (0.25 gal.), mientras que una suspensión al 0.01% se forma diluyendo 1 gr de Mycostop™ en 10 litros de agua (2.5 galones)

Pseudomonas. La capacidad de *Pseudomonas* de suprimir enfermedades se ha atribuido principalmente a la producción de metabolitos antimicrobiales como sideróforos, Pterinas, Pyroles, Phenazinas y otros antibióticos. Los sideróforos son producidos por muchos microorganismos para capturar hierro en la rizosfera en condiciones limitantes de este elemento y le dan a *Pseudomonas* la capacidad de tener actividad fungistática y bacteriostática cuando el hierro es bajo. *P. putida* produce pseudobactina la cual es un tipo de sideróforo que incrementa el antagonismo de *F. oxysporum* no patogénico contra el *F. oxysporum* patogénico, ya que hace a esta raza patogénica más sensitiva a la competencia por glucosa.

La actividad antimicrobial en el campo se puede mejorar con mezcla de diferentes preparados de *Pseudomonas*, lo cual se debe probablemente a la producción de un mayor rango de metabolitos que da la posibilidad de suprimir un mayor rango de patógenos. Entre las especies más importantes tenemos:

- ***Pseudomonas cepacia*.** Esta bacteria inhibe patógenos fungales de maíz como *Fusarium moniliforme*, *F. graminearum*, *Rhizoctonia solani*, *Colletotrichum lindemuthianum*, *F. oxysporum*, *Sclerotinia sclerotiorum*. Tratamiento a la semilla con *P. cepacia*, controló el mal del talluelo por *Pythium* en guisantes, incrementando también el rendimiento. También, suprime el mal del talluelo en maíz causado por *Pythium* sp. y *Fusarium* sp.
- ***P. fluorescens*.** Esta bacteria inhibe *Botrytis cinerea* en repollo. Su aplicación en frutos de mango almacenados, redujo significativamente la incidencia de antracnosis causada por *Colletotrichum gloeosporoides*. *P. fluorescens* y *P. putida*, mostraron ser supresoras de *Phytophthora* parasítica en la rizosfera de cítricos.

P. fluorescens es capaz de inhibir *Agrobacterium tumefaciens*, *Erwinia carotovora*, *Pseudomonas solanacearum*, *Septoria tritici*, *Xanthomonas campestris* y hongos como *Fusarium oxysporum*, *Pythium irregulare* y *Sclerotium rolfsii*. *P. putida*, *P. fluorescens* y *P. alcaligenes*. Todas redujeron la incidencia de *Sclerotium rolfsii* en frijol, marchitez por *Fusarium* en algodón y tomate y redujo la colonización de raíces de algodón por otros patógenos. *P. fluorescens*. También, actúa como inductor de resistencia

- *P. syringae*. Cepas como Bio-save 100 y Bio-save 110 han sido desarrolladas por Eco Science para el control postcosecha del moho azul (*Penicillium expansum*), el moho gris (*Botrytis cinerea*) y la pudrición por mucor (*Mucor piriformis*). Ambas cepas están registradas, Bio-save 100 para uso en manzanas y Bio-save 110 en peras.

¿Cuáles otras tácticas se usan para el manejo de enfermedades de plantas?

Control cultural de enfermedades de plantas

El control cultural usado para manejar patógenos de plantas incluye la rotación de cultivos, erradicación del hospedero alternante, saneamiento, manejo del agua, desinfección de suelos, inundación de suelos y modificación de las fechas de siembra, nutrición y densidad de siembra. Debido a su importancia como complemento al control biológico se revisa a continuación los aspectos más generales de este tipo de control.

Rotación de cultivos

Es una de las más viejas y mejor conocidas prácticas culturales para sostener la estructura de los suelos, mejorar la fertilidad y controlar las enfermedades. El uso efectivo de las rotaciones requiere de un conocimiento sobre la forma en que los diferentes cultivos afectan la disponibilidad de nutrientes en el suelo. Por ejemplo, las leguminosas incrementan la disponibilidad de nitrógeno pero pueden reducir las cantidades de potasio (caso de la alfalfa) lo que puede ocasionar a los siguientes cultivos como el maíz, una mayor susceptibilidad a *Fusarium* y *Verticilium*. Otro factor en la sanidad del cultivo es el adecuado mantenimiento de cantidades de micorrizas en los suelos, tema que presenta una gran importancia dentro del concepto de suelo supresivo por la interferencia contra hongos sumamente patógenos como *Pythium*, *Phytophthora*, *Fusarium* entre otros.

Los cultivos como el maíz, el sorgo y el arroz se reconocen como los mayores componentes de muchas rotaciones. Sus sistemas radiculares fibrosos mejoran la estructura del suelo y pueden ser usados para reducir la cantidad de inóculo de hongos del suelo, a los que las gramíneas son muy resistentes.

El amplio uso de las rotaciones puede ser efectivo para proveer un balance nutricional que mejore la resistencia a las enfermedades, reducir la densidad de inóculo de los hongos y otros patógenos, y mejorar el crecimiento y desarrollo de las plantas y sus rendimientos. La rotación de cosechas es la más valiosa y efectiva propuesta para sostener la fertilidad y estructura del suelo.

Erradicación del hospedero

Esta se utiliza cuando se ha introducido un patógeno en una nueva zona, a pesar de las cuarentenas que se hayan llevado a cabo. Si la epidemia es inevitable, todas las plantas infectadas o sospechosas de albergar al patógeno deben ser removidas y quemadas. Esto da como resultado la eliminación de ese patógeno y la prevención de pérdidas considerables que se producirían si se propagara hacia otras plantas. Dicho método de erradicación del hospedero ha controlado el cáncer bacteriano de los cítricos en La Florida y otros estados del sur de los Estados Unidos.

El uso de esta táctica probablemente irá mejor dirigida a reducir ciertas poblaciones de malezas, que sirven de reservorios de virus y hospederos para insectos que diseminan los virus entre las plantas. Debido al alto costo de esta práctica, ésta se realiza por lo general, bajo el control del Estado o agencias federales.

Modificación de la fecha de siembra

El adelantar o retrasar la fecha de siembra de un cultivo respecto de la tradicional, en un área determinada, puede reducir el desarrollo de las epidemias y la cantidad de enfermedad, sin afectar necesariamente el inóculo del patógeno residente en el suelo. Investigaciones preliminares del patosistema garbanzo–fusariosis vascular en España, sugirieron que el adelanto de la siembra desde las fechas tradicionales de primavera a principios de invierno, da lugar a una disminución significativa en la cantidad final de enfermedad en el cultivo.

Saneamiento

Es el conjunto de todas las actividades que tienen como objetivo eliminar o disminuir la cantidad de inóculo presente en una planta, una zona del cultivo o almacén, así como prevenir la propagación de los patógenos hacia otras plantas sanas o a los productos que se obtienen a partir de ellas. Así el hecho de enterrar, cortar y eliminar adecuadamente las hojas, ramas u otros restos vegetales infectados que pudieran contener a esos patógenos, disminuye la cantidad y la propagación de éstos últimos y el grado de enfermedad que pudieran producir.

Desinfección del suelo

Ha estado basado principalmente en métodos de fumigación y esterilización del suelo con calor, aunque la inundación, por ciertos períodos, también ha sido efectiva. La casi completa esterilización de los suelos agrícolas por dichos métodos se remonta a 1893 pero, puede representar un problema si suficientes



Desinfección de semilero

poblaciones de patógenos logran permanecer y crecer nuevamente, bastante rápidamente por la falta de competencia. Por lo tanto, el éxito de este tipo de tratamientos podría aumentarse si se introducen organismos benéficos después del tratamiento del suelo, para prevenir una repoblación de los organismos patógenos. Recientemente, el desarrollo de un proceso conocido como solarización del suelo, el cual no es de naturaleza química, ofrece un adicional planteamiento para desinfectar los suelos. Tiene varias ventajas debido a que los organismos blanco mesofílicos incluyen muchos patógenos fungosos o bacteriales, así como otras plagas de las plantas, sin destruir muchos de los organismos benéficos del suelo, por lo que contribuye significativamente a los principios de agricultura sostenida y manejo integrado de plagas.

El tratamiento con solarización es relativamente sencillo y consiste en cubrir el suelo con un plástico de polietileno transparente a la radiación solar incidente, pero que retiene la radiación reflejada en el suelo. Si se realiza durante los meses más calientes del año, los rayos del sol son absorbidos en el suelo, resultando en un recalentamiento en el perfil de 0-30 cm del mismo, que realizado por 3 a 4 semanas, permitirá eliminar o reducir las poblaciones de hongos patógenos, semillas de malezas así como nematodos.

Inundación del suelo

Ha sido usado exitosamente para controlar severas enfermedades causadas por hongos del suelo, tales como *Rhizoctonia solani*, *Verticillium dahliae* y *Thielaviopsis basicola*. Este planteamiento es efectivo si durante el verano, el agua está disponible y puede ser usada para mantener el suelo continuamente inundado por aproximadamente 4 semanas.

Nutrición de las plantas

Existe una predisposición de los cultivos hacia varias enfermedades basadas en los cambios nutricionales causados en el suelo por el anterior cultivo. La relación de ciertos elementos en el suelo, como el potasio, cloro y nitrógeno o deficiencias de calcio y zinc, o las formas tóxicas del boro y el manganeso, pueden ejercer grandes influencias en la susceptibilidad o resistencia de los cultivos a las enfermedades. La noción de que las plantas vigorosas son más resistentes a las enfermedades no es válido universalmente. Mientras algunos patógenos han evolucionado para atacar plantas débiles, otras prefieren plantas vigorosas.

Densidad de plantas

Puede tener una influencia mayor sobre la infección de las plantas por los patógenos. En el Valle de San Joaquín, California, la incidencia y severidad de *Verticillium* en algodón sembrado a 10 pulgadas entre hileras es menor que en aquellas plantaciones sembradas a 30-40 pulgadas. Cada cultivo tiene una óptima población de plantas por hectárea relacionada al desarrollo de diferentes enfermedades. Las bases para la resistencia resultante de la densidad de siembra incluyen escape a la enfermedad, humedad dentro del cultivo, recepción de luz dentro del cultivo y otros factores que influyen en el crecimiento y desarrollo de los cultivos.

Enmiendas orgánicas

Además de las anteriores prácticas mencionadas debemos referirnos por separado a las enmiendas orgánicas, por las implicaciones que tiene en el concepto de suelo supresivo y sobre todo, en la inducción de la resistencia a las enfermedades. La adición



Compostera

al suelo de grandes cantidades de materia orgánica, que sin duda incrementa la actividad y diversidad microbiana en el suelo, es una de las prácticas agrícolas más extensamente relacionadas con el control de las enfermedades en la agricultura tradicional y se ha utilizado repetidamente en las últimas décadas para aumentar la capacidad supresora de enfermedad de los suelos. En México, se ha logrado controlar la podredumbre de la raíz del aguacate (*P. cinnamomi*) mediante la adición de materia orgánica al suelo.

La naturaleza de la materia orgánica utilizada y la densidad de inóculo del patógeno existente en el suelo, son factores que pueden influir sobre el nivel de control de la enfermedad alcanzable por la enmienda. Por ejemplo, la adición al suelo de estiércol fresco de vaca a razón de 53 t/ha confirió mayor supresividad de la muerte de plántulas de rábano (*R. solani*) que la de 60 t/ha del estiércol compostado, pero el control de la enfermedad proporcionado por ambas enmiendas a bajo nivel de inóculo (10 propágulos/g) desapareció a densidades de inóculos superiores .

Supresión de enfermedades por compost

El compost ofrece oportunidades únicas para examinar las fundamentales interacciones entre los patógenos de las plantas, agentes de biocontrol, la materia orgánica del suelo y el sistema radicular de las plantas. Estas enmiendas orgánicas tienen el potencial de proveer control biológico, consistente contra muchas enfermedades, tanto de tipo foliar, vascular como de las raíces. La estabilidad del compost deberá ser considerado en el control biológico ya que el compost inmaduro sirve como alimento para los patógenos, ocasionando que sus poblaciones se incrementen en la materia orgánica fresca, causando enfermedades aún si son colonizados por agentes de biocontrol. Por otro lado, los agentes de biocontrol inhiben o matan los patógenos en el compost maduro y por lo tanto inducen la supresión

de la enfermedad. Los agentes de biocontrol en el compost pueden inducir la resistencia sistémica adquirida a los patógenos foliares .

Injerto sobre patrones resistentes

Recientemente, se ha estado trabajando, en Centro América, sobre los injertos de calabaza con diferentes variedades de melón (Guatemala, Honduras, Costa Rica) y sobre algunas Solanáceas silvestres con berenjena (Valle de Comayagua, Honduras), como medio para enfrentar a los agresivos patógenos del suelo, que en muchos casos imposibilitan la siembra de estos cultivos por los altos grados de inóculo en el suelo.

El injerto es un método muy efectivo para el control de enfermedades vasculares que viven en el suelo, tales como *Fusarium*, *Verticillium* spp., así como nematodos como *Meloidogyne* spp., y el virus de la mancha necrótica del melón (MNSV) transmitido por el hongo del suelo *Ospidium bornovalus*. En el caso de melón y sandía, el injerto es posible aún en ausencia de enfermedades del suelo, ya que el rendimiento y calidad de los cultivos mencionados se mejora. Los principales portainjertos son *Cucurbita maxima*, *Cucurbita moscata* y el híbrido de *Cucurbita maxima* x *Cucurbita moscata*.

Metodología para realizar injertos en melón y sandía

Entre 30-37 días antes de la siembra, se siembran los materiales que servirán como patrones y los que serán injertados, bien sea en suelo o en sustratos importados o locales, usando bandejas adecuadas. Las plantas estarán listas para injertar en unos 9-18 días, dependiendo de los materiales genéticos usados:

1. Patrón, cuando la primera hoja se ha desarrollado, se remueven las raíces y la parte superior de la planta (incluyendo un cotiledón y la primera hoja verdadera). La remoción se realiza mediante un corte diagonal.
2. Injerto , se remueven las raíces con un corte diagonal.
3. Injerto se realiza juntando el patrón y el injerto, usando una pequeña pinza para mantenerlos juntos

4. Las plantas injertadas se colocan en nuevas bandejas de 80-90 cc de volumen para que enraícen.
5. Las plantas se mantienen por unos 7 días en camas calientes, en ambientes con alta humedad y baja radiación solar bajo una cobertura de polietileno.
6. Las plantas se transfieren a un invernadero convencional por dos semanas antes de su trasplante al campo.

Es evidente que para maximizar la eficiencia de ésta técnica, antes de unir los dos tipos de plantas, debe existir una coordinación perfecta de ambos ciclos vegetativos.

Durante el proceso de injerto, las operaciones necesitan estar perfectamente controladas. También, se necesita adoptar las apropiadas medidas sanitarias como alta calidad de semillas y sustratos, uso de barreras físicas contra vectores de virus y hongos, cuchillas y bancos de trabajo estériles. Las condiciones ambientales deben ser óptimas y controladas (temperatura, humedad, radiación solar y ventilación).

El melón y la sandía son los dos cultivos más promisorios para ser injertados por las siguientes razones:

Permite reducir el número de plantas por hectárea, lo cual se logra debido al alto vigor del patrón y a la garantía de que todas las plantas alcancen el final de su ciclo, por lo que es posible reducir las inversiones en el número de plantas por hectárea en un 35-50% aproximadamente, un incremento del rendimiento y calidad del cultivo, ciclos productivos más largos, aseguramiento de una mayor resistencia a muchos problemas causados por diferentes plagas del suelo, reducción de los costos y mayor disponibilidad de patrones, se facilita el manejo de los viveros ya que se disponen de varias técnicas para realizar los injertos y finalmente, se simplifica cualquier manejo integrado de plagas o programa de producción orgánica.



Cobertura en cultivo de melón

Bibliografía

- Alabouvette, C., Lemanceau, P. 1999. Joint action of microbials for disease control. In. Hall, F. R., Menn, J. J. (Eds.) *Biopesticides: Use and delivery*. Humana Press Inc. Totowa, N. J. pp. 117-135.
- Brada I.E., E. Quintana, E. Pelaya y T. Araujo. Efecto de *Bacillus* sp. sobre la germinación y desarrollo de semillas de tomate (*Lycopersicon esculentum* M.) infestadas con *Fusarium oxysporium* Schl. var. *cubensis* Smith: Resúmenes
- Bioplág 95. 1995. INIFAT, del 26-28 abril, Ciudad Habana, pag. 11.
- Castellanos J.J., P. Oliva, E. Izquierdo y N. Morales. 1995. Evaluación de *Bacillus subtilis* como biocontrol del patógeno *Alternaria porri* (Ell). Cif en cebolla. Resúmenes Bioplág 95. INIFAT, del 26-28 abril, Ciudad Habana, pag. 21.
- Chet, J. 1987. *Trichoderma*. Application, mode of action and potential as biocontrol agents of soilborne plant pathogen fungi. Cap. 6. Ed. Wiley Interscience Pub. 46p.
- Dunn, R. T., Lewis, S. A., Papavizas, G.O. 1983. Production and fermentation of two biological control agents from liquid fermentation. *Phytopathology*. 73: 165.
- Elad, Y. et al. 1993. Isolate of *Trichoderma harzianum* I-952 fungicidal compositions containing said isolate and use against *B. cinerea* and *S. sclerotiorum*. PN 5666316. E.U.
- Fernández - Larrea, O. 1985. Microorganismos entomopatógenos y antagonistas. Posibilidades de producción. CID-INISAV. Boletín Técnico no.1.
- Harman, G. and Lumrden. 1990. The Rhizosphere. Lynch ed. Jwiley & Sonns, N.Y. pp. 259-280.
- Hofstein, R., Chap ple, A. 1999. Commercial development of biofungicides. In. Hall, F. R., Menn, J. J. (Eds.) *Biopesticides: Use and delivery*. Humana Press Inc. Totowa, N. J. pp. 77-102.
- Kim D.S., R.J. Cook., D.M. Weller. 1997. *Bacillus* sp. L324-92 for biological control of three root disease of wheat grown with reduced tillage. *Phytopathology* 87:551-558.
- Kononova, E. 1986. Conferencias sobre hongos entomopatógenos y antagonistas. INISAV. Cuba. 8 p.
- Papavizas, G., Dunm, M. and Jack, L., 1984. Liquid fermentation technology for experimental production of biocontrol fungi. *Phytopathology*, 1171-1175.
- Prakesh, K., Lumsden, R. D. 1999. Biological control of seedling diseases. In. Hall, F. R., Menn, J. J. (Eds.) *Biopesticides: Use and delivery*. Humana Press Inc. Totowa, N. J. pp. 103-116
- Rousoss, S. 1989. Obtención de biopreparados a partir de *Trichoderma harzianum*. Tesis d Grado. Francia. 160p.
- Stefanova, M. Producción de metabolitos por cepas de *Trichoderma* spp. Informe de investigación. INISAV. Cuba. 1995; 6 p.

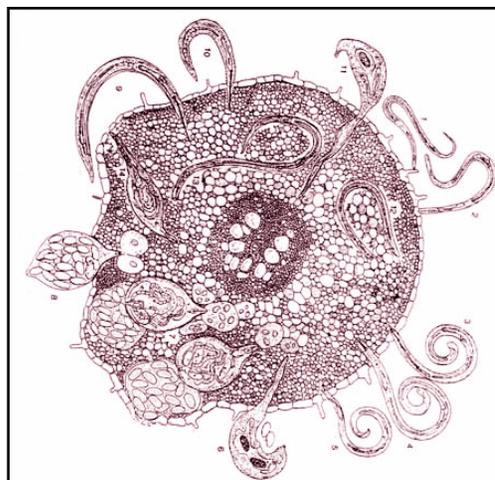
11

CONTROL BIOLÓGICO
DE NEMATODOS
PARÁSITOS
DE PLANTAS

López P. José Antonio • BASF

¿Qué son los fitonematodos?

Los nematodos son organismos cilíndricos, lisos, no segmentados, que miden menos de 1 a 2 mm de largo y tienen un aspecto similar a una lombriz. Las especies fitoparásitas se alimentan de las células de las plantas al extraer su contenido por medio de un estilete. Son los organismos multicelulares más abundantes en la Tierra (7,000 millones por hectárea considerando una profundidad de 6 cm). Muchos de ellos son parásitos de plantas, en raíces, en tallos, en hojas, en semillas, en bulbos y en rizomas.



Nematodos fitoparásitos

Los nematodos causan grandes pérdidas en los cultivos: aproximadamente US\$ 2 billones por pérdidas de cosechas al año. En EE.UU. se gastan más de US\$ 60 millones anuales en uso de pesticidas para su control. Más del 90% de los nematodos son benéficos, siendo algunos saprófagos, otros son depredadores, mientras que otros se alimentan de bacterias y hongos. Su diversidad y abundancia es un indicador de la salud del suelo.

¿Cómo se clasifican de acuerdo a síntomas y hospederos?

TIPO	CLASIFICACIÓN
Producen agallas	<i>Meloidogyne</i> , <i>Nacobbus</i>
Producen quistes	<i>Heterodera</i> – <i>Globodera</i>
Nematodos de los cítricos	<i>Tylenchus semipenetrans</i>
Lesiones en la raíz	<i>Pratylenchus</i>
Barrenadores de raíces y rizomas	<i>Radopholus</i>
Nematodos de tallo	<i>Rhadinaphelenchus</i>
Nematodos de bulbos	<i>Ditylenchus</i>
Foliares	<i>Aphelenchoides</i>
Atacan semillas	<i>Anguina</i>

¿Qué es el control biológico de fitonematodos?

La primera evidencia del control biológico de nematodos se presentó cuando se aplicó formaldehído al suelo para controlar enfermedades de raíces. Se vio un aumento dramático del nematodo del quiste de cereales, *Heterodera avenae*, debido a la supresión por el formaldehído de hongos que limitaban al nematodo.



Control biológico de nematodo por hongo

El primer concepto que debemos tener en mente al tratar este tema es el de suelo supresivo, es decir, un suelo en el cual los enemigos naturales se incrementan conforme los fitonematodos también se incrementan. Este suelo mantiene un equilibrio entre fitonematodos y los enemigos naturales y permite que el cultivo se pueda seguir cultivando a través de los años, sin ver reducciones en el rendimiento. Además, estos suelos proveen las condiciones que son favorables para la reproducción y acción de los enemigos naturales para regular la población de los fitonematodos. Por ejemplo un suelo seco no presenta condiciones óptimas para el desarrollo de hongos y su efecto sobre las poblaciones de fitonematodos es reducido.

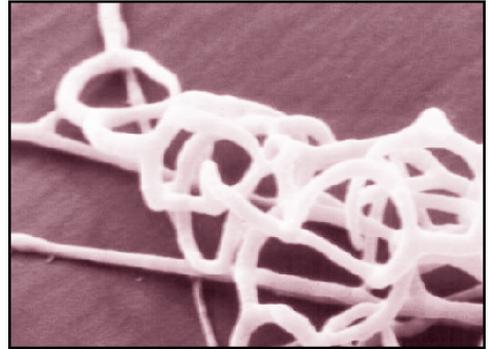
Los nematodos fitoparásitos coexisten en la rizosfera con muchos otros organismos de los cuales muchos han sido aislados e identificados como enemigos naturales de los nematodos y estos ejercen algún grado de control biológico natural en los agroecosistemas. Se ha observado que cuando se aplican enmiendas orgánicas, se reduce el daño causado por los nematodos y esto puede ser consecuencia de que los productos de la descomposición de las enmiendas liberados en el suelo sean directamente tóxicos a los nematodos, o bien, que el incremento de la población microbial y fauna del suelo por la adición de enmiendas estimule la actividad de parásitos y depredadores.

¿Cómo actúan los enemigos naturales de los fitonematodos?

HONGOS

Hongos atrapadores

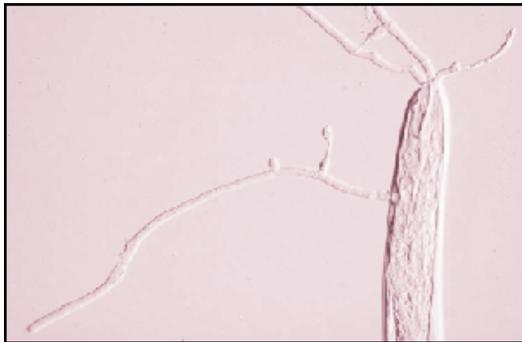
Capturan los nematodos por medio de redes adhesivas, nudos adhesivos, ramas laterales cortas con hifas y anillos. Estos son hifas que se contraen para atrapar a los nematodos. Estos hongos aparentemente producen una toxina que mata al nematodo y luego invade su cuerpo. Son depredadores



Hongo *Arthrobotrys oligospora*

no específicos, por lo tanto no siempre son suficientes para efectuar un control biológico efectivo. Algunos hongos de este tipo son: *Stylopage* sp. el cual efectúa la captura por medio de hifas adhesivas individuales, *Arthrobotrys oligospora*, que usa una red pegajosa, formada por nódulos con los que se adhieren a los nematodos.

Endoparásitos de nematodos vermiformes



Hirsutella controlando un nematodo

Tienen esporas que se adhieren a la cutícula y luego germinan, formando tubos que penetran al cuerpo por las aberturas naturales del nematodo (boca, ano, poro excretor, vulva). Existen 3 categorías funcionales según su mecanismo de acción: endoparásitos que producen zoosporas flageladas, endoparásitos que producen esporas adhesivas y endoparásitos que producen conidias ingeridas. Ejemplos de estos hongos son: *Catenaria* sp., *Myzocythium* sp., *Hoptoglossa* sp., *Meristacrum* sp., *Cephalosporium* sp., *Harposporium* sp. y *Verticillum* sp. Las esporas

de hongos como *Hirsutella rhossiliensis* presentes en el suelo, sólo se pueden pegar al nematodo cuando este pasa.

Parásitos de huevos, hembras y quistes

Los hongos que atacan huevos pueden reducir la multiplicación de los nematodos y la mayoría de los estudios con estos hongos han sido con nematodos enquistadores y agalladores. Pueden ser parásitos obligados, como *Catenaria auxiliaris*, *Nematophthora gynophila*, o parásitos facultativos como *Verticillum chlamydosporium*, *Dactylella oviparasitica* y *Paecilomyces lilacinus*.

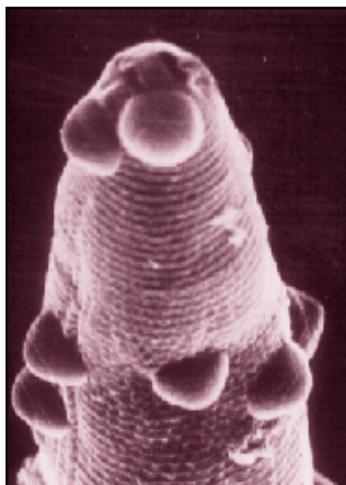
BACTERIAS

Existen dos modos de acción de las bacterias sobre los nematodos: el parasítico y la acción química. Aún cuando se han encontrado diversas bacterias asociadas a los nematodos, el caso de la bacteria *Pasteuria penetrans* parasitando a los nematodos es el mejor documentado y con un gran potencial como biocontrolador, aún mayor que el de muchos hongos.



Paecilomyces parásito de huevo y larva de nematodos

P. penetrans pertenece a un grupo de bacterias formadoras de endosporas patogénica a varios nematodos fitoparásitos pero, principalmente, ha sido estudiada contra *Meloidogyne*. Es un patógeno obligado de *Meloidogyne* spp, con un ciclo de vida bien adaptado y sincronizado al del nematodo. Las esporas se adhieren y penetran la cutícula de hospederos juveniles L2, cuando estos se movilizan en el suelo.



Bacteria *Pasteuria* controla los nematodos

Se requiere un promedio de 15 esporas adheridas a la cutícula del nematodo para que se efectúe una infestación efectiva. La germinación de la espora ocurre 8 días después de que los nematodos infectados invaden las raíces de la planta hospedera. Dentro del nematodo se forma una microcolonia y eventualmente se producen endosporas. Como resultado,

el nematodo se llena de esporas y no produce huevos. Las esporas son liberadas cuando el nematodo muere, en cantidades de aproximadamente 2.000,000 de esporas/nematodo y por ser tan resistentes, pueden vivir en el suelo hasta por 6 meses y debido a su pequeño tamaño, pueden dispersarse en el suelo por medio del agua de infiltración. Sin embargo, en un suelo inundado, disminuye el crecimiento de la bacteria en el hospedero, posiblemente por la reducción del oxígeno disponible. Debido a su naturaleza obligatoria de reproducirse únicamente en un hospedero, su uso potencial es limitado.

¿Cuáles son los enemigos naturales más importantes?

Hongos que controlan nematodos

Se han detectado más de 150 especies de hongos que pueden atacar a los nematodos. Algunas especies han desarrollado un grado de especialización hacia los nematodos pero ecológicamente, son saprofitos del suelo y su asociación con los nematodos es en gran medida oportunista (parásitos facultativos).



Hongo formando un anillo alrededor de un nematodo

En muchas ocasiones, se ha sugerido que los hongos oportunistas juegan un papel importante en la regulación de las poblaciones de nematodos pero, éstos por lo general, son incapaces de actuar en una forma directa y por lo tanto, es más probable que se comporten como una fuerza represiva general y no específica.

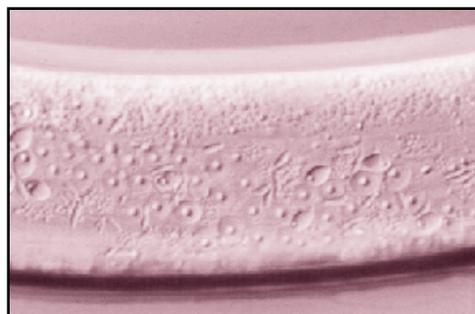
Existen aún muchas interrogantes sobre la eficacia del control biológico de nematodos con hongos, ya que su eficiencia, en muchos casos, es al azar, o sea, en algunos casos es buena y en otros casos bajo las mismas condiciones de estudio, su efecto es bajo o nulo. En suelos agrícolas, la influencia de los hongos sobre las poblaciones de nematodos es difícil de medir ya que el único indicador es un pequeño porcentaje de individuos recientemente muertos o aún no muertos en muestras de suelos procesadas. Trabajos realizados en un agroecosistema bananero, en la búsqueda de hongos nematófagos, confirman lo expuesto anteriormente, ya que se observó poca eficacia. De 21 géneros de hongos nematófagos aislados, el porcentaje de parasitismo encontrado fue muy bajo respecto a la cantidad de fincas estudiadas, con un 0.46% de parasitismo.

Del tipo de hongos atrapadores, podemos señalar *Stylopage* sp. y *Arthrobotrys oligospora*. De los endoparásitos de nematodos vermiformes, aparecen *Catenaria* sp., *Myzocytyum* sp., *Hoptoglossa* sp., *Meristacrum* sp., *Cephalosporium* sp., *Harposporium* sp., *Verticillium* sp. y *Hirsutella rhossiliensis*. Del tipo que son parásitos de huevos, hembras y quistes, *Catenaria auxiliaris*, *Nematophthora gynophila*, *Verticillium chlamydosporium*, *Dactylella oviparasitica* y *Paecilomyces lilacinus*. De estos, los que tienen mayor potencial como controladores de nematodos son *Verticillium* sp. y *Paecilomyces* sp.

Aún cuando pareciera que el panorama de control de nematodos, por medio de hongos, no es muy prometedor, existen investigaciones que nos hacen pensar lo contrario. Por ejemplo, se ha encontrado que *Catenaria auxiliaris* mostró un parasitismo del 10% sobre *Meloidogyne* sp., reduciendo además las poblaciones de nematodos en estados juveniles; en el caso de *Paecilomyces marquandii*, éste suprimió, en condiciones controladas, las poblaciones de *Meloidogyne* incógnita en un 80% y a nivel de campo con dos aplicaciones obtuvo del 10% al 15%. Otros hongos nematopatógenos han sido identificados e investigados como posibles bionematicidas, tal es el caso de un nuevo parasito fungoso denominado “Hongos de Arkansas 18” que ha demostrado dar un buen control del nematodo enquistador de la soja (*Heterodera glycines*).

Estudios in vitro han mostrado que el hongo *Paecilomyces lilacinus*, puede colonizar el 100% de huevos del nematodo *Meloidogyne* incógnita y reducir la eclosión en un 65%.

Verticillium dhlamydosporium es capaz de atacar nematodos patógenos solamente en el estado de huevo. Es un parásito facultativo que sobrevive como saprofito en el suelo. Es de fácil reproducción in vitro, en medios orgánicos como afrecho de cebada o arroz.



Cuerpo de nematodo infectado por *Pasteuria*

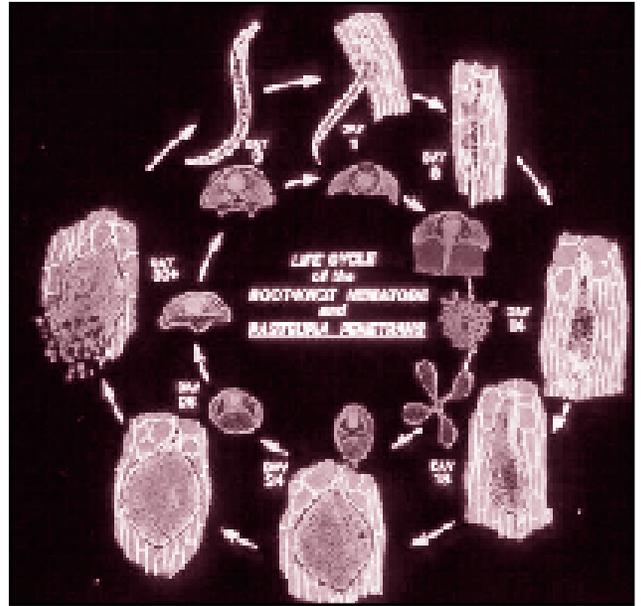
Aunque los ejemplos anteriormente citados demuestran la posibilidad de efectuar un biocontrol de nematodos por medio de hongos, también es cierto que se requiere de mayores investigaciones al respecto.

Bacterias que controlan nematodos

Las bacterias son un grupo abundante de microorganismos del suelo sobre los cuales se han realizado pocos esfuerzos para determinar su potencial de uso. Las posibles causas son: • Las bacterias con menos conspicuas que los hongos. • Los efectos de los hongos en muchos casos son espectaculares y fáciles de observar, mientras que los efectos de las bacterias son más sutiles. • Las bacterias son más difíciles de identificar y propagar que los hongos. Una de las principales es *Pasteuria penetrans*.

Atributos de *P. penetrans*

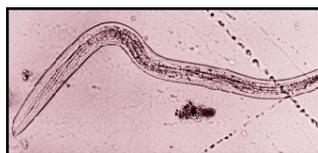
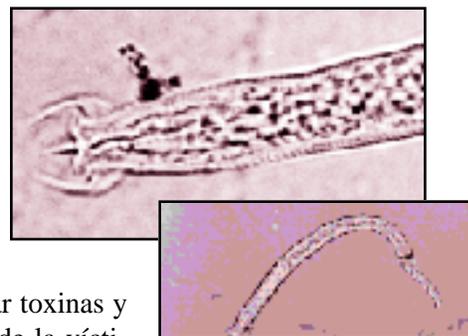
1. Reduce la infección del nematodo. Esta reducción puede ser efectiva cuando los nematodos tienen más de 15 esporas adheridas a su cutícula. Para que esto suceda tiene que haber cantidades significativas de esporas en el suelo.
2. Previene la reproducción del nematodo. Una vez que las esporas se adhieren al nematodo, perforan la cutícula, se desarrollan endosporas y en lugar de masas de huevos, se obtienen una gran cantidad de esporas de *P. penetrans*.
3. Puede tolerar ambientes extremos. Las esporas se pueden almacenar en el suelo y en la raíz seca por períodos largos sin mostrar pérdida aparente de viabilidad. Además, esta viabilidad es retenida después de congelarlas y descongelar varias veces.
4. Especificidad de huésped. *P. penetrans* muestra preferencia hacia *Meloidogyne incognita* y *M. arabidica*.
5. Tolerancia a los plaguicidas. Se han realizado estudios donde se ha medido su efecto combinado con nematicidas comparado con el efecto individual y los resultados han sido promisorios.
6. No es nocivo al usuario. El uso de este organismo está aprobado por la EPA para muchos cultivos.



Ciclo de vida de *Pasteuria penetrans*

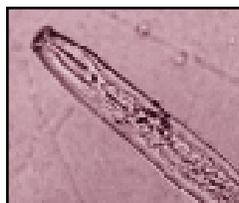
¿Qué otros organismos existen con potencial como biocontroladores de nematodos?

Nematodos depredadores: Ya desde 1917, se sugirió que este tipo de organismos tenían potencial como agentes de control biológico de fitonematodos. Hay 4 tipos de nematodos depredadores, los cuales difieren en sus mecanismos alimenticios y preferencias alimenticias:



1. **Aphelenchidae:** penetran la presa con un estilete para inyectar toxinas y chupar el contenido predigerido de la víctima. Son fácilmente cultivados sobre nematodos fungívoros. El género más importante es *Seinura*.

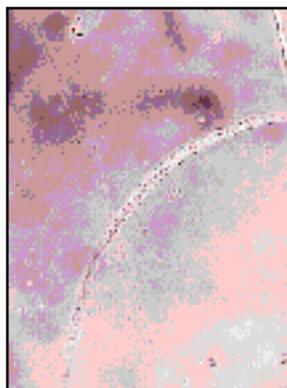
2. **Diplogasteridae:** la cavidad bucal de las especies que se especializan en la depredación de nematodos esta armada con dientes grandes para masticar las presas. *Odontopharynx longicaudata* cumple su ciclo en 13-14 días.



3. **Dorylaimidae:** omnívoros de varios microorganismos, que taladran la presa con un estilete para inyectar enzimas y chupar el contenido corporal predigerido de la víctima.



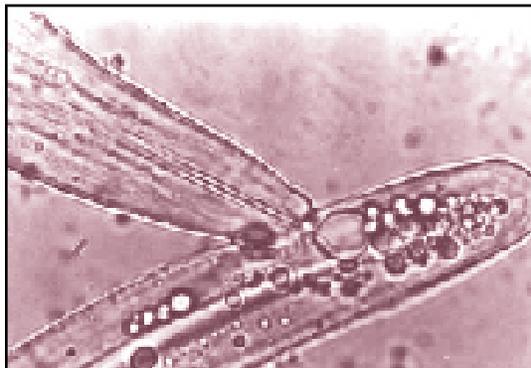
Odontopharynx longicaudata con su diente masticador



4. **Mononchidae:** omnívoros de varios microorganismos, que tienen una cavidad bucal grande con un diente dorsal grande. Devoran la presa entera o rompen la cutícula para chupar el contenido corporal. *Prionchulus punctatus* y *Monochus aquaticus* son las especies más conocidas.

Insectos y ácaros depredadores: Estos enemigos naturales a menudo son abundantes, tienen altas tasas reproductivas y son voraces. Se ha demostrado que *Entomobryoides dissimilis* puede consumir nematodos cada 4.5 segundos.

¿Cómo se utilizan los enemigos naturales de los nematodos?



Nematodo *Seinura* alimentándose de un nematodo

Tomando en cuenta que los nematodos son habitantes naturales del suelo que interactúan con otros organismos de la microfauna, en la cual hay una gran cantidad de enemigos naturales, existen una serie de condiciones básicas que estos organismos deben cumplir para ser utilizados:

- 1 No ser patógenos de plantas, hombres o animales.
- 2 Capacidad de reducir o suprimir eficientemente las poblaciones de nematodos por debajo del nivel crítico.
- 3 Capacidad de adaptación a diferentes ambientes del suelo (textura, grado de humedad, composiciones químicas y de materia orgánica)
- 4 Buena habilidad competitiva. En el suelo existen muchos organismos como hongos, bacterias, nematodos, protozoarios, etc... Es necesario que cuando se introduzca un hongo al suelo, este tenga la capacidad de competir con otros organismos existentes.
- 5 Alto potencial de reproducción para obtener una población elevada.
- 6 Capacidad de sobrevivir en épocas difíciles. Por ejemplo, *Verticillium chlamydosporium* tiene clamidosporas que le permite sobrevivir bajo condiciones adversas (sequía, calor).
- 7 Capacidad para producir antibióticos u otros compuestos que inhiben nematodos u otros organismos para mejorar su oportunidad de sobrevivencia.
- 8 Habilidad para afectar a más de una especie de nematodos.
- 9 Dispersión efectiva en el suelo.
- 10 Capacidad de reproducir se in vitro en grandes cantidades para mejorar su aprovechamiento comercial y de fácil aplicación.
- 11 Resistencia a la fertilización y a algunos plaguicidas.

¿Que productos existen comercialmente?

DiTera.

Abbott Laboratories, ahora Valent Biosciences Corporation (1987), ha desarrollado el producto DiTera, un compuesto de fermentación de origen microbial, basado en el hongo hipomycete, *Myrothecium* spp. El hongo es un saprofito distribuido por casi todo el mundo. La cepa originalmente fue aislada del nematodo del quiste de la soya. DiTera está compuesto principalmente por proteínas, azúcares y lípidos. Es muy estable al calor y a otros rigores ambientales. El ingrediente activo es soluble en agua, estable a altas temperaturas ($>50^{\circ}\text{C}$) y no se ha observado pérdida de estabilidad después de períodos prolongados de almacenamiento (> 24 meses) a temperatura ambiental.

DiTera controla nemátodos sedentarios endoparásitos como *Meloidogyne* spp. (agallador), *Tylenchulus* spp. (cítricos), *Heterodera* (nematodo enquistador), endoparásitos migratorios como *Pratylenchus* spp. (nematodo de la lesión), *Radopholus similis* (nematodo perforador) y ectoparásitos migratorios como *Trichodorus* spp., *Xiphinema* spp., *Helicotylenchus* spp. y *Tylenchorhynchus* spp.

El ingrediente activo de DiTera es una composición microbial que contiene todos los componentes sólidos y solubles de la fermentación. No tiene propágulos viables. El producto se presenta como un polvo seco, conocido como DiTera PM. Existe una formulación líquida, DiTera ES, la cual es una suspensión emulsificable que contienen un 27.5% de ingrediente activo. DiTera G es una formulación granulada al 95%. Las dosis usadas varían desde 25 hasta 100 kg/ha, dependiendo del cultivo, tipo de suelo, etc...

DiTera mata los nematodos por contacto. También, se ha observado que el producto presenta acción ovicida cuando se ha incubado con huevos de *Meloidogyne*. No se ha observado acción fungicida, ni bactericida con este producto. Además de su efecto directo sobre la motilidad de los nematodos y el comportamiento de búsqueda hospedero/pareja, la aplicación de DiTera cambia la microbiología de la rizosfera del suelo, lo que lleva a un incremento en las poblaciones de los depredadores naturales y a su vez, repercute en un mayor control residual de los nematodos.

En el cultivo del banano, se ha conducido una serie de ensayos para determinar las dosis óptimas y la frecuencia de aplicación. Estos ensayos

se han llevado a cabo durante los últimos cuatro años en diferentes países como Guatemala, Honduras, Nicaragua, Costa Rica, Panamá y Ecuador. Más recientemente, áreas significativas en plantaciones bananeras fueron tratadas con DiTera con el objeto de demostrar los beneficios del producto. Los resultados de los ensayos en banano han mostrado que DiTera a dosis entre 22 y 30 gr/planta es equivalente al tratamiento químico convencional para reducir las poblaciones de *Radopholus* y aumentar el porcentaje de raíces sanas, así como los rendimientos. Cuando los problemas de nematodos son severos, se debe aplicar el producto cada 4 meses.

Biostat (Laverlam).

Es un nematicida microbial con base en el hongo *Paecilomyces lilacinus*, el cual es un hongo imperfecto que pertenece a la sub división Deuteromycotina. Parasita los huevos y hembras de los nematodos, causando deformaciones, destrucción de ovarios y reducción de la eclosión. Igualmente bajo condiciones de pH ligeramente ácido, produce toxinas que afectan el sistema nervioso de los nematodos. Se vende en concentraciones con un mínimo de 20 millones de esporas viables por gramo de producto formulado. Se recomiendan entre 2.0-5.0 dosis/mz.

Neotrol:

Es otro producto 100% proveniente de la planta de ajonjolí. El análisis químico revela tres componentes: sésamo, sesamolín y quercetin-3-0 glycoside.

Recomendado para aplicar en céspedes y plantas ornamentales: pellets a 230 lbs/acre. Para árboles individuales: 1 onza por árbol en un radio de 8-12 pulgadas.

Otros productos

Mycogen ha patentado genes de toxinas de Bt que son efectivas contra nemátodos. Ecogen Israel Partnership (EIP) está desarrollando bioplaguicidas basados en *Pseudomonas* que pueden controlar nemátodos de las raíces, particularmente en algodón, papa, frutales, tomates y maní.

Pseudomonas cepacia Wisconsin es vendido en Estados Unidos como un bionematicida y biofungicida para el tratamiento de semillas. Blue Circle puede ser usado para prevenir infestaciones en semilleros de tomates, melones, maíz y soya. Este producto tiene un amplio rango de acción pero no controla el nematodo enquistador de la soya.

Métodos culturales para el manejo de nematodos

Manejo del suelo

Algunas prácticas agronómicas como el barbecho profundo en días calurosos, aparentemente, minimizan el daño de nematodos. Aunque no se sabe con exactitud el por qué de este efecto, se supone que los nematodos son expuestos de manera violenta a condiciones que favorecen la desecación, fenómeno al cual son sumamente sensibles. Otra práctica complementaria consiste en preparar el terreno con “camas” o “lomos del surco” relativamente elevados, así como la colocación de semillas en forma tal que se maximice la utilización de superficies secas de suelo, situaciones adversas para los nematodos



Exponer la tierra al sol ayuda a reducir la población de nematodos

Inundaciones

El mantener a un suelo inundado con agua por varias semanas resulta benéfico, pues se reducen las poblaciones de nematodos. En ocasiones, esta reducción se traduce en mejores cosechas en cultivos subsecuentes, aunque no siempre ocurre así. El éxito de esta práctica solamente es posible en lugares donde el terreno esté relativamente nivelado y se disponga de suficiente agua.

Cultivos trampa

Este método es eficaz para reducir poblaciones de nematodos endoparásitos. Consiste en sembrar a un hospedante susceptible en un terreno naturalmente infestado de nematodos, dejarlo que crezca por un tiempo corto y enseguida eliminarlo. El racionamiento de este método consiste en aprovechar el momento en que los nematodos carecen de movimiento debido al sedentarismo de su fase en desarrollo. En este período, el nematodo también no ha sido capaz de reproducirse. Este método, en la práctica, es muy difícil de llevar a cabo porque requiere de una gran precisión. De dejar el cultivo crecer un poco más, el efecto podría ser contraproducente. La idea de utilizar hospedantes como *Crotalaria spectabilis* o *Tagetes spp.*, donde los estadios infectivos de endo-

parásitos sésiles fracasen en su intento de completar su desarrollo, después de haber logrado infectar los tejidos radicales, es un poco más promisorio. Sin embargo, el problema que se tiene, es la enorme variabilidad de resultados obtenidos y el pobre conocimiento de la naturaleza de este fenómeno.

Fechas de siembra

En regiones que tienen una estación caliente prolongada y alternada con otra fría, se puede sacar ventaja con algunos cultivos que tengan la habilidad de desarrollarse normalmente a temperaturas relativamente bajas (8-12°C), condiciones que no son del todo favorables para el desarrollo de los nematodos. Estos cultivos se dejan crecer hasta completar su desarrollo y se cosechan tempranamente, cuando las temperaturas son altas y la actividad de los nematodos es óptima. Si el cultivo se deja en el campo por algún tiempo más, el daño causado por nematodos puede ser considerable. Esta práctica es común en algunas regiones de países de clima templado en ciertos cultivos como papa y remolacha.

Solarización

Este método consiste en calentar, con los rayos del sol, el suelo humedecido y cubierto con un plástico transparente (de 0.25-0.050 mm de grosor) por un período entre 4-8 semanas. La temperatura que se obtiene en el perfil del suelo entre los 15 y 30 cm llega a ser lo suficientemente alta como para matar a patógenos de origen edáfico y semillas de malezas. Este método es actualmente utilizado en forma exitosa para controlar a varias enfermedades, en Israel y California.

Enmiendas

Consiste en mezclar compuestos orgánicos de origen vegetal (rastrojo de maíz, trigo, alfalfa picada, crucíferas picadas) o animal (estiércol, gallinaza) con las tierras para modificar favorablemente sus propiedades. En lo que concierne el control de fitopatógenos del suelo incluyendo a nematodos fitoparásitos, se supone que la acción de estos agentes enmendadores consiste en incrementar a los organismos antagónicos de los patógenos y/o inducir condiciones desfavorables para el



Uso de abono orgánico reduce el daño de nematodos

desarrollo de estos últimos. La incorporación al suelo de algunos compuestos orgánicos como crucíferas (col fragmentada y ligeramente fermentada) y su gran eficacia para reducir substancialmente las poblaciones de los fitopatógenos, se explica en parte por la formación de compuestos volátiles sumamente tóxicos, como el amoniaco y compuestos sulfurosos.

Rotación de cultivos

Quizás desde los albores de la agricultura, los campesinos observaron que el alternar cultivos en sus terrenos era más beneficioso que el cultivar en forma continua a uno solo. Este conocimiento empírico se encuentra muy generalizado entre los agricultores a nivel mundial. Sin embargo, también es cierto que las fuerzas de mercado obligan a un vasto número de agricultores a depender del monocultivo. Por fortuna, hoy en día se investiga en varias partes del mundo la nobleza de los llamados sistemas de agricultura intensiva, con el propósito de conocerlos mejor y aplicarlos en forma más efectiva para disminuir el uso de plaguicidas, preservar la calidad suelo-agua y lograr mejores cosechas.

En nematología, existen esfuerzos dirigidos a poner en práctica sistemas de rotación de cultivos para contrarrestar, en forma efectiva, el daño de nematodos. En esencia, se busca alternar a cultivos susceptibles con cultivos inmunes o resistentes, aspecto que se facilita con especies de nematodos que poseen una gama de hospedantes relativamente estrecha (*Rhadinaphetenchus cocophilus*, *Heterodera schachtii*, *Heterodera cruciferae*, etc...). Con las especies que poseen una gama muy amplia de hospedantes como *Meloidogyne* y *Pratylenchus*, el problema es más difícil. Esto se complica aún más cuando existen considerables diferencias de rentabilidad entre las variedades de cultivo susceptibles y las resistentes. Por ejemplo, el tomate es un cultivo muy rentable que es susceptible a la mayoría de las especies de *Meloidogyne*. Al finalizar el ciclo del cultivo, las poblaciones del nematodo son considerablemente altas, de tal suerte que si en el siguiente ciclo se siembra a otro cultivo susceptible se podrían tener pérdidas considerables. Por ello, en un programa de rotación de cultivos contra *Meloidogyne*, el cultivo a alternar con el susceptible debe ser inmune o altamente resistente a las razas del nematodo presentes en la zona.

Bibliografía

- Belcher, J. V. , Hussey, R. S. 1977. Influence of tagetes patula and *Arachis hypogea* on *Meloidogyne incognita*. Plant Dis. Reporter 61: 525-528.
- Cave, R. D. 1995. Manual para la enseñanza del control biológico en América Latina. Primera Edición, Zamorano , Honduras. Zamorano Academic Press. 188 p.
- Davies, K. G., De Leij, F. A. , Kerry, B. R. 1991. Microbial agents for the biological control of plant-parasitic nematodes in tropical agriculture. Tropical Pest Management 37(4) 303-320.
- Jonhson, A. W., Summer, D. R., Dowler, C. C., Glaze; N. C. 1976. Influence of three cropping systems and four levels of pest management on population of root-knot nematodes and lesion nematodes. J. of Nematology 8:290-291.
- Mankau, R. 1985. Biological control of nematodes pests on natural enemies. In. Marbán, N., Thomason, I. J. (Eds.). Fitonematología avanzada I. Colegio de Postgr aduados, México. pp. 135-175.
- Marbán, N. 1987. Manejo de Fitonemátodos. In Seminario de nematología. Memoria. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Informe Técnico No 135. pp. 41-51.
- Van Gundy, S. D. 1985. Biological control of nematodes: Status and prospects in agricultural IPM systems. In Hoy, M. A., Herzog, D. C. (Eds). Biological Control in Agricultural IPM Systems. Academic Press, Inc. pp 467-478.

12

CONTROL BIOLÓGICO DE MALEZAS

Fernández Larrea-Vega Orietta • INISAV

López P. José Antonio • BASF

¿Qué es el control biológico de malezas?

El control biológico de malezas consiste en la reducción y estabilización a largo plazo de la densidad de población de las malezas a un nivel inferior al umbral económico y no necesariamente, su erradicación. En un gran número de casos, se ha logrado un control permanente que ha hecho que el control biológico sea considerado un método muy valioso. Se basa en observar que los enemigos naturales son de suma importancia ya que limitan la distribución y abundancia de las malezas. Muchas plantas introducidas, accidentalmente o intencionalmente, en áreas distintas de su distribución natural, en ausencia de sus enemigos naturales, se vuelven malezas económicamente importantes. Por esta razón, el control biológico de las malezas se ha enfocado básicamente en el control de estas malezas introducidas.

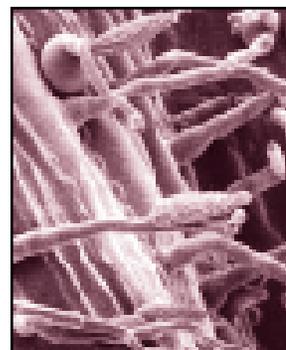


Escarabajo *Diorhabda*
controlando mala
hierba Saltcedar

Para establecer un programa de control biológico de las malezas, se debe considerar las características morfo-fisiológicas de las malezas, su clasificación taxonómica, la presencia de agentes de control adecuados, el grado de control requerido y la naturaleza de la comunidad vegetal.

¿Cuáles son los agentes más importantes para el control biológico de malezas?

Una de las alternativas biológicas más antiguas para el control de malezas es el empleo de animales que se alimentan de hierbas dentro de plantaciones de frutales o forestales, aunque el hecho de que pueda resultar no selectiva su alimentación, tiene el inconveniente que puede afectar el cultivo principal. También, algunas aves como gansos y gallinas se emplean en cultivos como algodón y caña de azúcar y aunque ejercen cierta disminución de las malezas, no es suficiente para eliminar todo el daño que éstas provocan.



Hongo *Dactyaria higginsii*
creciendo sobre hojas de coyolillo

Algunas plantas superiores parásitas y los extractos naturales derivados de varias especies vegetales con acción herbicida pueden disminuir la presencia de malezas en los cultivos. Otros ejemplos son algunas especies de peces herbívoros que pueden controlar algas acuáticas y también, caracoles y babosas que han resultado eficaces contra algunas malezas.

Sin embargo, los agentes más importantes para el control biológico de malezas lo constituyen los insectos y los patógenos. Los insectos han tenido mayor atención principalmente debido a un relativo buen conocimiento de su sistemática, su biología y sus asociaciones con las plantas, el alto grado de especificidad, el daño tan evidente que causan y el hecho de que pueden manejarse fácilmente.

Un aspecto importante es que hay que utilizar siempre agentes con acción especializada que no afecten a otras plantas, lo cual es uno de los inconvenientes que se le atribuye al control de malezas por medios biológicos en contraposición con los herbicidas químicos, muchos de los cuales se han desarrollado con una elevada especificidad de acción. Mientras más estrecho es el parentesco de la maleza con la planta cultivada, menos son los agentes específicos disponibles y menores las probabilidades de éxito.

¿Cómo actúan los insectos como controladores de malezas?

Los insectos actúan sobre las malezas de diferente manera: están los que se alimentan de raíces, tallos o semillas o los que destruyen las flores, aunque los más seguros y específicos son los que se alimentan del follaje. Por lo tanto, sus mecanismos de acción están relacionados con la reducción de semillas o disminución de la capacidad de desarrollo de las plantas

Los insectos que atacan semillas pueden resultar muy eficientes en malezas de ciclo anual y un solo insecto puede ocasionar la muerte de una planta, como es el caso de los barrenadores de raíces y tallos, mientras que para los que se alimentan de hojas, se requiere de muchos insectos para ocasionar un daño efectivo.

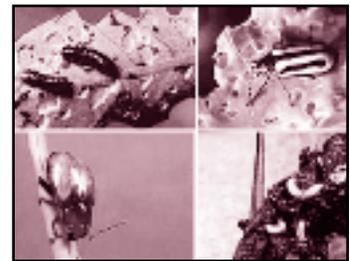
¿Cómo actúan los patógenos como controladores de malezas?

Los daños de los microorganismos a las malezas están relacionados con el desarrollo de enfermedades que pueden afectar tanto su anatomía al dañar las partes vitales de la planta, como sobre su fisiología que pueden dar lugar al debilitamiento de la planta y disminución de su capacidad competitiva, como por ejemplo, disminución en la producción de semillas, deterioro en su crecimiento y eliminación de partes vitales de la planta.

¿Qué estrategias podemos utilizar?

Utilizando insectos

Una estrategia interesante es la conservación de los enemigos naturales de las malezas o el incremento de sus poblaciones en el medio ambiente. Otra estrategia frecuente y generalmente efectiva es importar agentes exóticos para controlar malezas introducidas. Se ha demostrado que la mayor eficiencia en el control biológico, se logra con malezas perennes, aunque si los controles sobreviven y se adaptan a otras malezas, estas últimas pueden ser también controladas.



Insectos que controlan las malas hierbas consumiendo hojas, tallos y raíces

En cualquier caso, la introducción de un agente de control biológico requiere de estudios previos que aseguren su adaptación al medio ambiente.

Para introducir un nuevo controlador biológico de malezas, es necesario tener en cuenta los antecedentes de control de la maleza que existen, los daños que ocasiona el insecto o agente controlador y su especificidad a la maleza, así como los enemigos naturales que pudieran atacar al insecto, su capacidad de controlar la maleza y su capacidad reproductora bajo las condiciones existentes. También, se deben considerar las condiciones ambientales y la importancia económica de la maleza y de los cultivos en los cuales estas están presentes

En ocasiones, puede ocurrir que la maleza pueda resultar resistente o tolerante al controlador y reparar los daños que éste le causa y esta adaptación puede limitar la continuidad en el uso de un controlador determinado. Sin embargo, también se han encontrado insectos fitófagos que han evolucionado y han guardado su capacidad depredadora, manteniendo una secuencia evolutiva de forma armónica con la maleza que atacan.

Es importante destacar que aquellos insectos que poseen amplios rangos de vuelo resultan ser los mejores para el control de malezas anuales, así como aquellos que tienen una alta tasa de reproducción.

Ejemplos de insectos utilizados en el control de malezas

MALEZA	INSECTO
<i>Amaranthus hybridus</i>	<i>Diabrotica devalis</i> <i>Spodoptera eridania</i>
<i>Desmodium scarpiorus</i>	<i>Heliothis virescens</i>
<i>Portulaca oleraceae</i>	<i>Sporóptera fugiperda</i>
<i>Tribulus terrestris</i>	<i>Microlarinus lypriformis</i>
Jacinto de agua	<i>Neochetina eichhorniae</i> y <i>N. bruchi</i>

Utilizando patógenos de plantas

Dos estrategias básicas pueden ser utilizadas en la lucha biológica contra malezas, la clásica o introductiva y la de los bioherbicidas y desde el punto de vista epidemiológico, pueden ser inoculativas o inundativas.

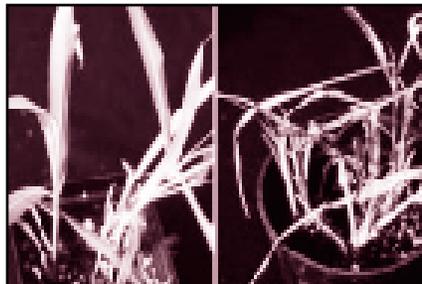
La estrategia clásica es una aproximación ecológica que descansa en la habilidad de un organismo para multiplicarse y expandirse seguido de una liberación en pequeña escala. El organismo entonces permanece en balance con la maleza en cuestión, manteniendo a ésta en un nivel aceptable.

La estrategia inundativa consiste en atacar toda la población de maleza con una persistente dosis masiva del inoculo y esta se basa en la utilización de bioherbicidas que pueden ser los microorganismos o sus toxinas o ambas fracciones, aunque también pueden considerarse, dentro de este grupo, algunos productos naturales obtenidos a partir de plantas.

Hongos en el control de malezas: micoherbicidas

Generalmente, los patógenos más utilizados son los hongos, a los cuales se les denomina micoherbicidas, aún cuando existen muchos ejemplos de bacterias y sus metabolitos que se emplean para el control de malezas.

El término micoherbicida se originó en 1970, para diferenciar esta estrategia de biocontrol de la estrategia clásica y hasta el momento, unas 30 malezas pueden ser controladas con estos productos. Aunque potencialmente existen cientos de microorganismos que podrían ser utilizados, sólo unos pocos han sido evaluados y menos aún los que han sido desarrollados como bioproductos.



Zacate Nueva Guinea sano y controlado por hongo

Cuando se va a evaluar un nuevo hongo aislado como micoherbicida, es necesario considerar la estabilidad de los microorganismos, las características de las esporas, su capacidad de adhesión a la planta, su capacidad de penetración en la planta, su capacidad de producción de toxinas, la necesidad de formulación, su interacción con otros organismos, el grado de eficacia de los tratamientos, la estabilidad en el medio ambiente, la necesidad de condiciones especiales, su relación de especificidad con el hospedante, la fracción que ejerce el mayor efecto, su implicación económica con respecto a la especificidad y la posibilidad de producción en gran escala

Aunque desde el siglo pasado, hay reportes sobre la posibilidad del empleo de hongos para el control de malezas, solamente en las últimas décadas, este método ha recibido una atención significativa, debido a la rapidez de su efecto como agente inundativo, lo cual permite el manejo intensivo del agroecosistema

Aunque cualquier patógeno puede ser utilizado de forma inundativa, solamente puede ser objetivamente utilizado cuando este puede producirse de forma masiva y lograr un producto tecnológicamente y económicamente eficiente.

La especificidad y eficacia son los aspectos más importantes en el desarrollo de un bioherbicida microbiológico y la eficacia estará dada por el nivel de efectividad, la velocidad de acción y la facilidad de uso. En

ocasiones, ocurrencias naturales de epizootias provocadas por hongos en malezas han sido evaluadas como posibles micoherbicidas. Sin embargo, sólo una pequeña porción ha resultado verdaderamente promisorias para desarrollar un producto.

Entre los aspectos limitantes están: la producción a gran escala, la posibilidad de almacenamiento por largos períodos, la pérdida de virulencia en condiciones de campo y la dependencia de condiciones ambientales especiales para su acción.

Por otra parte, la alta especificidad sobre la maleza que es una premisa necesaria compete contra el aspecto económico comercial.

Formulaciones novedosas deben ser desarrolladas, así como se debe trabajar sobre modificaciones genéticas que permitan desarrollar aislados salvajes resistentes a fungicidas y para la obtención de superpatógenos más específicos con la maleza hospedante.

Micoherbicidas disponibles.

El uso de micoherbicidas a escala comercial, tuvo lugar a partir de los resultados de las investigaciones, en las décadas del 70 y 80 del pasado siglo 20, que condujo a la introducción del Collego y Devine como bioproductos en los Estados Unidos, los cuales mostraron las ventajas de producirse fácilmente, ser selectivos y combatir las malezas en un amplio rango de condiciones.



Coyolillo controlado por el hongo *Dactylaria higginsii*

El Collego está formulado como polvo humedecible con un 15% de conidios secos de *Colletotrichum gloeosporoides* estable en almacenamiento por dos años. Se ha utilizado en el control de *Aeschynomene virginica* en soya y arroz en el sur de Estados Unidos.

El Devine es una formulación líquida de clamidosporas del hongo *Phytophthora palmivora*, con seis semanas de estabilidad, causando podredumbre en las raíces y tallos. Se ha utilizado en el cultivo de cítricos en la Florida para el combate de *Morrenia odorata*.

Otros como el Biosegde no es un verdadero micoherbicida, ya que se usa como inóculo inundativo y se produce sobre el huésped vivo, lo cual limita su posibilidad de producción masiva, pero evidentemente constituye otra alternativa del uso de los hongos.

Algunos resultados interesantes se han reportado con los micoherbicidas a partir del género *Fusarium*. Por ejemplo, *Fusarium pallidoserum* fue evaluado contra *Cyperus rotundus* con resultados promisorios, al igual que un bioherbicida basado en *Fusarium timidum* para el control de *Cytisus scoparius* que es una de las malezas más ampliamente diseminadas en Nueva Zelanda. Sin embargo, se encontró que, en algunas plantas de interés, aparecían síntomas de necrosis en hojas después de la aplicación de este bioherbicida.

El *Fusarium oxysporum* se ha evaluado para el control del orobanche en plantaciones de tabaco y se encontró que este patógeno no tuvo efecto patogénico sobre las plantas de tabaco mientras que redujo la planta parásita en más de un 70%. En Cuba, se realizaron evaluaciones con *Fusarium orobanche* para el control de esta maleza en tabaco y se encontraron resultados similares a escala experimental. Los trabajos para obtener producciones masivas, se realizaron en fermentadores en los cuales se obtuvieron rendimientos de biomasa superiores a 108 esporas/ml. La evaluación de los sobrenadantes demostró que también la producción de metabolitos excretados al medio pueden ser útiles para el control de estas malezas.

Algunas especies de *Colletotrichum* han sido utilizadas en el control de especies de *Cuscuta* sp. de *Malva pusilla*, *Alternaria cassia* se ha empleado con éxito en el control de varias especies de *Cassia* y en *Crotalaria spectabilis*. Se reporta el control de *Cyperus esculentus* con *Puccinia canaliculata*. Entre la malezas más importantes en Cuba, por su distribución y los daños que causa en cultivos anuales, se destaca *Rottboelia cochinchinensis* Lour por lo cual se realizó un proyecto de investigación para la búsqueda de posibles hongos como controles biológico de esta maleza, y se obtuvieron aislados de *Alternaria alternata*, *Biolaris* sp. y *Curvularia comoriensis* efectivos contra esta maleza. Los cultivos obtenidos en medios líquidos, en condiciones de cultivo estático y agitado, fueron evaluados, para lo cual se separaron dos fracciones, biomasa y sobrenadante y se encontró que los extractos de los cultivos de los cuatro aislados tuvieron efecto fitotóxico.

Las bacterias en el control de malezas

En el control biológico de malezas, las bacterias han jugado un papel importante en los últimos tiempos, como por ejemplo, *Xanthomonas campestris pypoannua* que se ha utilizado para el control de la gramínea *Poa annua*.

nua logrando un 91% de control en laboratorio y más de 40% en campo. También, se ha demostrado que algunas rhizobacterias son capaces de atacar las raíces de *Euphorbia esula* L. produciendo metabolitos tóxicos a las plantas. Entre los géneros de bacterias más importantes como control biológico de malezas, se encuentran *Pseudomonas*.

Se reporta que metabolitos producidos por *Pseudomonas fluorescens* inhiben el crecimiento de las raíces y la germinación de semillas de la graminéa *Bromus tectorum*, con reducciones de 53 y 64% respectivamente.

Contra especies de *Solanum*, se ha evaluado la acción herbicida de *Pseudomonas* tomato la cual fue aplicada con un adherente con buenos resultados pero tiene la limitante que su espectro de acción puede afectar otras solanáceas de interés económico.

En Cuba, se ha desarrollado productos a partir de una cepa de *Pseudomonas fluorescens* que inicialmente, se evaluó para el control de hongos fitopatógenos y se encontró que en los caldos de cultivo, se excretaba un metabolito con efecto fitotóxico que ha resultado eficiente en pruebas experimentales de campo para el control de algunas malezas de importancia económica; actualmente se trabaja en la formulación de este producto.

Bioherbicidas disponibles comercialmente

NOMBRE DEL PRODUCTO	MICROORGANISMO
Devine	<i>Phytophthora ciprophthora</i>
Collego	<i>Colletotrichum gloesporoides</i>
Luboa II	<i>Colletotrichum gloesporoides</i>
Casst	<i>Alternaria cassiae</i>
ABG50003	<i>Cercospora rodmanii</i>
Glutidid	<i>Pseudomonas fluorescens</i>

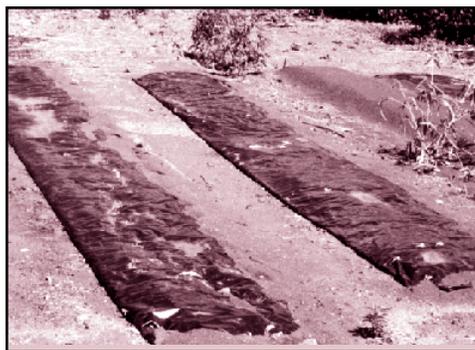
Otras prácticas utilizadas en el control de malezas

La completa aniquilación de las malezas a cualquier costo fue uno de los objetivos de la industria de los agroquímicos después de la segunda guerra mundial. Ahora, estas plagas se están viendo con otra perspectiva. En primer lugar, las malezas revelan mucho acerca de la nutrición y compactación del suelo. Así mismo, las malezas pueden llevar minerales a la superficie. Por éstas y otras razones, los agricultores han escogido coexistir con ellas.

Cuando el control de malezas es necesario se tienen varias opciones: coberturas, fuego, insectos benéficos y herbicidas orgánicos. También, se cuenta con una amplia variedad de herramientas de cultivación de todos los tamaños. El tiempo de siembra y el adecuado cultivo de cobertura puede eliminar efectivamente las malezas. Así mismo, la solarización es otra opción cuando se tiene problemas serios de enmalezamiento. Pero, definitivamente que en esta área no se tienen los resultados que se han logrado en las otras áreas del control biológico, antes abordadas.

Solarización

La solarización consiste en colocar un plástico claro sobre toda la superficie del suelo (previo al humedecimiento del suelo) por 4-6 semanas, durante los días de verano más calientes. Esto cocinará las semillas de las malezas, pero también la otra vida biológica del suelo, de tal manera que



la solarización deberá ser hecha espaciada y con bioterapia (inoculantes de suelo, compost, lombrices)

Lanza llamas

Una de las técnicas más populares, la quema de malezas, está siendo revivida, con excelentes resultados para el control no tóxico de las malezas. Los productores orgánicos están entusiasmados porque, en muchos casos, ésta técnica trabaja tan bien como los herbicidas en ahorrar costos y mano de obra. Además, puede hacerse cuando los campos están húmedos, lo que no permiten la cultivación mecánica, evitándose que las malezas dormantes salgan a la superficie. Esta técnica no quema las malezas, sino que las deshidrata, para lo cual se usa un calor diseñado con quemador de propano para hacer “hervir” el agua de las células de las plantas. Esto usualmente se hace en unos dos segundos, para no dañar el cultivo principal. Generalmente las malezas se queman 1-2 días después de la emergencia en el campo de producción, y de nuevo cuando el cultivo es suficientemente grande para resistir el calor. Esta técnica es efectiva en malezas anuales jóvenes. Las malezas perennes con sistemas más leñosos vuelven a emerger. Entre los equipos disponibles te-

nemos Red Dragon Hand Held Flamer, que viene con una especie de bomba de mochila de espalda para colocar el gas, y trae el encendedor para el combustible.

Herbicidas no-tóxicos

En EE.UU. se vende un producto llamado Safer Superfast Weed Killer. Es una presentación lista para usar. Contiene 3% de sales de potasio de ácidos saturados y 97% de inertes. Otras presentaciones contienen 18% de sales de potasio de ácidos saturados y 82% de inertes.

Coberturas muertas (mulch) y barreras para malezas

La cobertura muerta o mulch consiste en cubrir el suelo alrededor de las plantas de cultivo con material orgánico. Está basada en la inexistencia de suelos descubiertos en la naturaleza, los cuales más bien tienden a formar un manto verde de plantas protectoras. Pueden emplearse diferentes materiales como rastrojos de cultivos, follajes de árboles, abonos verdes secos, etc...



Estos materiales pueden salvar horas de trabajo reduciendo requerimientos de agua y protegiendo los vegetales del prolongado contacto con el suelo.

Algunos ejemplos de materiales sintéticos usados como cobertura son: **IRT-76 High Tech Mulching Film**, combinan las mejores características de los plásticos claros ynegros. Suprimen muchas malezas como los plásticos negros lo hacen, mientras proveen suficientemente altas temperaturas de suelo para mantener la productividad, parecido a los plásticos claros.

Polyethelene Mulching Film es depositado directamente sobre la superficie del suelo para el control de malezas e incrementar la temperatura del suelo para asegurar una temprana germinación y crecimiento. Es frecuentemente usado en los países templados, con cobertores de hileras o surcos, para extender la estación de crecimiento hasta en 3 semanas. Se necesitan hacer los hoyos para las plantas que se van a transplantar o para la colocación de las semillas.

Cultivos de cobertura para control de malezas

Los cultivos de cobertura, también conocidos como abonos verdes, son uno de los pilares de la agricultura ecológica y que proveen beneficios al cultivo, al suelo y al productor, de la siguiente manera: Incrementan el contenido de materia orgánica, incrementan el contenido de microorganismos benéficos y lombrices, incrementan la cantidad de nitrógeno disponible para las plantas, estabilizan el suelo para prevenir la erosión, los cultivos con raíces profundas traen minerales a la superficie del suelo, proveen hábitat, néctar y polen para los insectos benéficos, mejoran la penetración de agua, raíces y aire en el suelo, incrementan la capacidad de almacenamiento de agua en el suelo, compiten y eliminan las malezas, rompen el subsuelo, reducen la población de plagas del suelo y proveen valor estético y color.

Cultivos de cobertura anuales

Las variedades anuales, solas o mezcladas, son sembradas usualmente con la intención de incorporarlas al final de la estación de crecimiento. En la fase inicial, se puede escoger un cultivo de cobertura para cubrir intensivamente un área por un tiempo determinado, sembrando después varias anuales mezcladas en sucesión. Sembrando un solo cultivo de cobertura se mejorará significativamente la calidad del suelo.

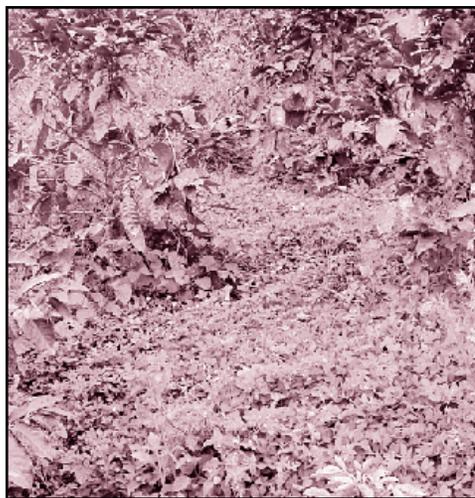
Cultivos de cobertura perennes

Los cultivos de cobertura perennes son adecuados para barreras, cercos, etc...

Leguminosas

Las leguminosas, como todos sabemos, fijan nitrógeno, para lo cual necesitan ser inoculadas con una bacteria específica de las raíces. Esto resulta fácil de hacer y no es caro. Se pueden utilizar las siguientes opciones: *Crotalaria juncea*, cowpea, Lablab, frijol pinto, *Mucuna* spp., sesbania, soya.

Una primera ventaja de las leguminosas como cultivos de cobertura, como ya se mencionó, es que además de adi-



cionar materia orgánica, también adicionan nitrógeno al suelo. Estas plantas trabajan en armonía con un grupo de bacterias (Rhizobacterias) que viven simbióticamente en sus raíces. Estas bacterias hacen el trabajo de tomar el nitrógeno gaseoso del aire y concentrarlo o fijarlo en los nódulos rosados de las raíces, liberándolo al suelo en una forma que las plantas pueden aprovechar como nutriente.

Inoculando con rhizobacterias, se incrementa significativamente el crecimiento de las raíces, incrementando por consiguiente el contenido de materia orgánica, aeración del suelo, etc...

Las rhizobacterias existen naturalmente en el suelo pero, no en cantidades suficientes para maximizar la fijación de nitrógeno. Además, otras bacterias compiten con ellas en el suelo. Por lo tanto, es importante inocular o cubrir la semilla con el adecuado inoculante para asegurarse un nivel viable de rhizobacterias, cuando las semillas germinen.

Para cada una de las semillas de leguminosas existe un tipo o varios tipos de inoculantes de la serie ISE (ISE 100, 150, 300, 350, etc...)

Control biológico de la lechuga de agua

La lechuga de agua (*Eichhornia crassipes*), es una maleza acuática nativa de la Amazonia. Esta maleza raramente causa problemas pero, en los lugares donde se introdujo como planta ornamental o en forma accidental, su impacto ha sido desastroso. La maleza se dispersa a través de estolones llevados por las corrientes de agua. Su principal problema ocurre por obstrucción en canales de irrigación o drenaje y alteración de los ecosistemas acuáticos, por competencia de oxígeno con peces y otra fauna acuática.

La remoción mecánica es una labor intensiva y costosa y el control químico es imposible por lo que el control biológico juega un papel trascendental. Los enemigos naturales más importantes para esta maleza son dos especies de picudos, *Neochetina bruchi* y *Neochetina eichhorniae* y un pyrálido, *Sameodes albigitallis*. Estos insectos son altamente específicos a esta maleza.

El adulto del picudo se alimenta sobre el follaje y la larva hace túneles en la planta. El daño se traduce en una reducción del tamaño de las plantas y conforme este avanza, reduce significativamente la cobertura de la maleza en el agua. El pyrálido se alimenta en partes tiernas de la planta, ocupando nichos de alimentación diferentes a los picudos.

Bajo condiciones favorables, el 90% de la infestación de la lechuga de agua puede desaparecer en 3 años después de que los agentes de control han sido introducidos. En Sudán, por ejemplo, los picudos fueron introducidos en 1978–79 y la mariposa en 1980. Los tres agentes fueron recuperados sobre una amplia área después de tres años y el país no ha sufrido de brotes anuales de la maleza desde 1982.



Neochetina bruchi controla la lechuga de agua

Bibliografía

- Cerná B. L. 1994. Control Biológico de Malezas Cap.X. In Manejo mejorado de malezas. ed COCY-TEC Perú. 1994. pp 127-138.
- Greaves, M. P. 1992. Mycoherbicidas : the biological control of weeds with fungal pathogens. In Pflanzenschutz Nachrichten Bayer.vol 45 (63) pp 21-31.
- Harley, K. L. S. 1992. Biological Control of Weeds. A handbook for practitioners and students. Inkata Press, Melbourne, Sydney, Australia. 74 p
- Pérez, M. E. 1997 Micoherbicidas. Libro de Conferencias V Encuentro científico Técnico de bioplaguicidas C. Habana. Cuba 22-23 Oct. 1997.p20-25.
- Pérez, M. E. 1995. Informe final 0020801 Desarrollo de bioherbicidas. INISA V Cuba ,12 p.
- Phiri GNS., M.G. Hill, Day, R. K. 1997. Control of Water Hyacinth in Shire river Malawi. Annual Report of international Institute of biological control . CAB International. pp 59-60.
- Pilgeram, A. L., Sands, D. C. 1999. Mycoherbicidas. In Hall, F. R., Menn, J. J. (Eds). Biopesticides, Use and Delivery. Humana Press, New Jersey. pp 359-370.
- Templeton, G. E. and Heiny, Dana K. 1990. New Directions in Biological Control Pest. And diseases. ed Alan R.Liss Inc. pp.279-286.
- Zidack, N. K., Quimby, Jr. P. C. 1999. Formulation and application of plant pathogens for biological weed control. In. Hall, F. R., Menn, J. J. (Eds). Biopesticides, Use and Delivery. Humana Press, New Jersey. pp 371-381.

ANEXOS



Lista de contactos

En cada uno de los capítulos, se dieron las bases para entender qué son y cómo funcionan los diferentes agentes de control biológico, feromonas y productos botánicos y las estrategias para su utilización en el manejo de plagas y enfermedades de plantas, así como ejemplos de uso de cada uno de ellos.

La información que hemos presentado no es la única que existe. Hay muchos especialistas, en la región centroamericana y fuera de ella, que han desarrollado conocimientos, investigaciones y tecnologías sobre el funcionamiento, uso y producción de estos agentes. Si está interesado en fortalecer sus conocimientos o aclarar aspectos sobre el uso y manejo de los bioplaguicidas en el campo, le ofrecemos la siguiente relación de contactos, en cada una de las temáticas tratadas en este manual.

Control biológico de insectos mediante bacterias entomopatógenas

Cotes Prado Alba Marina

CORPOICA, Colombia.
acotes@corpoica.org.co

Carballo Manuel

CATIE/GTZ/NOQ, CATIE,
Turrialba, Costa Rica.
mcarball@catie.ac.cr

Hidalgo Eduardo

CATIE, Turrialba, Costa Rica.
ehidalgo@catie.ac.cr

Lacayo Ligia

FUNICA, Managua, Nicaragua
funica@ablenet.com.ni

Lecuona Roberto

Instituto Microbiología, Zoología
Agrícola (IMYZA) INTA.
rlecuna@cni.inta.gov.ar

López Pineda José Antonio

BASE Honduras.
lopez@caribe.hn

Control biológico de insectos mediante hongos entomopatógenos

Barrios Mima

Guhara y Falguni
MIP/CATIE, Nicaragua.
catienic@mipakatie.org.ni

Bustillo Alex

CENICA FE,
Chinchina, Caldas, Colombia.
alex.bustillo@cafedecolombia.com

Cotes Prado Alba Marina

CORPOICA, Colombia.
acotes@corpoica.org.co

Carballo Manuel

CATIE/GTZ/NOQ,
CATIE, Turrialba, Costa Rica.
mcarball@catieac.cr

Gladstone Sally

smgladstone@hotmail.com

Hidalgo Eduardo

CATIE, Turrialba, Costa Rica.
ehidalgo@catieac.cr

Lecuona Roberto

Instituto Microbiología,
Zoología Agrícola (IMYZA) INTA
rlecuna@cni.inta.gov.ar

Monzón Amulfo

Zamora Martha

Sandino Victor

Universidad Nacional Agraria,
Managua, Nicaragua.
esae@pop1.ibw.com.ni

Rodríguez Alejandro

DIECA, Grecia, Costa Rica.
arodriguez@laica.ccr

Control biológico de insectos mediante virus entomopatógenos

Castillo Patricia

Narváez Cony

Rizo Carmen

Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua
(UNAN), León, Nicaragua.
cip@unanleon.edu.ni

Cotes Prado Alba Marina

CORPOICA, Colombia.
acotes@corpoica.org.co

Lecuona Roberto

Instituto Microbiología,
Zoología Agrícola (IMYZA) INTA
rlecuna@cni.inta.gov.ar

López Pineda José Antonio

BASE Honduras.
lopez@caribe.hn

Control biológico de insectos mediante nematodos entomopatógenos

Lecuona Roberto

Instituto Microbiología,
Zoología Agrícola (IMYZA) INTA
rlecuna@cni.inta.gov.ar

López Pineda José Antonio

BASF.Honduras.
lopez@caribe.hn

Control biológico de insectos mediante parasitoides

Cano Enilda

Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua
(UNAN), León, Nicaragua,
enildacano@yahoo.com

Carballo Manuel

CATIE/GTZ/NOQ,
CATIE, Turrialba, Costa Rica.
mcarball@catie.ac.cr

Cave Ronald

Escuela Agrícola Panamericana,
El Zamorano, Honduras.
rcave@zamorano.edu.hn

De la Llana Alba

Miranda Freddy
UNA, Managua, Nicaragua
esave@ibw.com.ni

Hanson Paul

Escuela de Biología, Universidad de Costa Rica.
cgody@inbio.ac.cr

Monterey Julio

CATIE, Managua, Nicaragua
monpadi@mipacatie.org.ni

Salazar Daniel

DIECA, Grecia, Costa Rica.
jsalazar@laica.co.cr

Control biológico de insectos mediante depredadores

Cano Enilda

Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua
(UNAN), León, Nicaragua.
enildacano@yahoo.com

Carballo Manuel

CATIE/GTZ/NOQ,
CATIE, Turrialba, Costa Rica.
mcarball@catie.ac.cr

Cave Ronald

Escuela Agrícola Panamericana,
El Zamorano, Honduras
rcave@zamorano.edu.hn

Hanson Paul

Escuela de Biología, Universidad de Costa Rica.
cgody@inbio.ac.cr

Control biológico de insectos mediante feromonas y atrayentes

González Liliana

ChemTica Internacional S. A.
lilly@pheroshop.com

López Pineda José Antonio

BASF.Honduras
lopez@caribe.hn

Rodríguez Carlos

ChemTica Internacional S. A.
carlos@mail.pheroshop.com

Control biológico de insectos mediante extractos botánicos

Gruber Anne Kathrina

Investigaciones Orgánicas,
Managua, Nicaragua.
nimnica@ibw.com.ni

Hilje Lulo

CATIE, Turrialba, Costa Rica.
lhilje@catie.ac.cr

López Pineda José Antonio

BASF.Honduras.
lopez@caribe.hn

Control biológico de enfermedades de plantas

Fernández Larrea-Vega Orietta

Instituto Nacional de Investigaciones
en Sanidad Vegetal, La Habana, Cuba.
oflarrea@inisav.cu

Krauss Ulrike

CATIE, Turrialba, Costa Rica.
ukraus@catie.ac.cr

López Pineda José Antonio

BASF.Honduras.
lopez@caribe.hn

Riveros Alba Stella

CATIE, Turrialba, Costa Rica.
asrivero@catie.ac.cr

Sánchez Gaita Vera

CATIE, Turrialba, Costa Rica.
sanchezv@catie.ac.cr

Control biológico de nemátodos parásitos de plantas

Barahona Lutgarda

ludaya@yahoo.com.mx

López Pineda José Antonio

BASF.Honduras.
lopez@caribe.hn

Control biológico de malezas

Fernández Larrea-Vega Orietta

Instituto Nacional de Investigaciones
en Sanidad Vegetal, La Habana, Cuba.
oflarrea@inisav.cu

López Pineda José Antonio

BASF.Honduras.
lopez@caribe.hn

Sánchez Gaita Vera

CATIE, Turrialba, Costa Rica.
sanchezv@catie.ac.cr

Valverde Bemal

bvalverdedk@hotmail.com

Lista de bioplaguicidas disponibles

COSTA RICA

TIPO	NOMBRE COMERCIAL	INGREDIENTE ACTIVO	INSTRUMENTOS	USO
Mineral	ALUDOR 90 WP	azufre	AGRODIO S.A	Manejo de ácaros y enfermedades
Mineral	MICRODIOLO SPECIAL 80 WG	azufre	SERVICIO AGRÍCOLA CARRASQUÉS S.A.	Manejo de ácaros y enfermedades
Mineral	POB 80 LFE 80 WP	azufre	AGROZAMORANOS S.A.	Manejo de ácaros y enfermedades
Mineral	SULFUD 90 WP	azufre	CRYSTAL CHEMICAL COMPANY DE C.R. S.A	Manejo de ácaros y enfermedades
Mineral	TOUIT 80 WG	azufre	FRANMAGROS S.A.	Manejo de ácaros y enfermedades
Mineral	ALUFOR 90 WP	azufre	DISTRIBUIDORA AGROCOMERCIAL DAC	Manejo de enfermedades
Micobiano	SEBENIXE 134 SC	β-cillinas sodiás	AGROPRIDE C.A.S.A	Manejo de enfermedades
Mineral	CALMUNEN 30 SC	Carbonato de calcio	AGROPRIDE C.A.S.A	Manejo de enfermedades
Botánico	AGLIFE 2 SL	Extracto de chítrios	AGROQUIMICOS DAF DE COSTA RICA SA	Manejo de enfermedades
Botánico	AGTRAL 11 SL	Extracto de chítrios	AGROZAMORANOS S.A.	Manejo de enfermedades
Botánico	BIOCTO 6 84 68 SL	Extracto de chítrios	PRODUCIDOS BORGUENOS S.A.	Manejo de enfermedades
Botánico	BIOFLING 11 SL	Extracto de chítrios	CITROBO S.A	Manejo de enfermedades
Botánico	CITROFARM 10 SC	Extracto de chítrios	MULLER ROBERTILINE	Manejo de enfermedades
Botánico	EOLIFE 11 SL	Extracto de chítrios	CISAGEN	Manejo de enfermedades
Botánico	EOTOX 80 SL	Extracto de chítrios	SERVICIO AGRÍCOLA CARRASQUÉS S.A.	Manejo de enfermedades
Botánico	KILO L DF 100 11 SL	Extracto de chítrios	AGROPRIDE C.A.S.A	Manejo de enfermedades
Antibiótico	AGN-GEMIP PLUS 8 WP	Gentamicina, cefotradina	NURIBIOTRO	Manejo de enfermedades
Antibiótico	KASUMIN 2 SL	Kaungamicina	DISTRIBUIDORA AGROCOMERCIAL DAC	Manejo de enfermedades
Antibiótico	TERRAMONAL AGRODIOLO 5 WP	Oxetetraciclina	FRIBER S.A DE COSTA RICA	Manejo de enfermedades
Antibiótico	AGMAYON 16.5 WP	Spectomycina, Oxitetraciclina	CISAGEN	Manejo de enfermedades
Antibiótico	AGMAYON 16.5 WP	Spectomycina, Oxitetraciclina	CISAGEN	Manejo de enfermedades
Antibiótico	CEPEX 10 SL	Validamicina	AGRO SUPERIOR S.A.	Manejo de enfermedades
Botánico	BROMOXE 9.37 EC	Ae de mostaza Chile	CONSORCIO DE ESPECIALIDADES QUÍMICAS S.A (CEQA)	Manejo de insectos
Botánico	GENEOL 482 EC	Ae de mostaza Chile	HABERIT IMPRESIONES DE LATINOAMERICA. S.A.	Manejo de insectos
Botánico	Habitrol 937 EC	Ae de mostaza Chile	HABERIT IMPRESIONES DE LATINOAMERICA. S.A.	Manejo de insectos
Botánico	MADON 37 EC	Ae de mostaza Chile	AGRODIO GENERAL S.A.	Manejo de insectos
Botánico	AZATIN 3 EC	Azadirachtina	AGROPRIDE C.A.S.A	Manejo de insectos
Botánico	NEEMEX 3 EC	Azadirachtina	AGROZAMORANOS S.A	Manejo de insectos
Botánico	BIOBAC 97 SL	Extracto ajo	AGROPRIDE C.A.S.A.	Manejo de insectos
Botánico	BIOPEL 11 SL	Extracto ajo	NURIBIOTRO S.A	Manejo de insectos
Botánico	GRUL BARRER 100 SL	Extracto ajo	AGROQUIMICOS DAF DE COSTA RICA S.A)	Manejo de insectos
Botánico	M-LINO 6C	Extracto ajo y Chile	AGROZAMORANOS S.A	Manejo de insectos
Botánico	EVERGREEN 5.85 EC	Pinetina natural	RESOLCA S.A	Manejo de insectos
Botánico	PHYBONIC 6 EC	Pinetina natural	AGROZAMORANOS S.A	Manejo de insectos
Botánico	IMPIDE 46 SL	Salicilato de sódicos grasos	AGROZAMORANOS S.A	Manejo de insectos
Botánico	ISX 46 SL	Salicilato de sódicos grasos	RESOLCA S.A	Manejo de insectos
Botánico	ZOHAR 46 SL	Salicilato de sódicos grasos	AGROZAMORANOS S.A	Manejo de insectos
Micobiano	AGROLEP 3.5 SL	β-cillinas fungicénas	AGROS FRESCOS DEL PIAJOTOSA	Manejo de insectos
Micobiano	AGROLEP 6.4 WP	β-cillinas fungicénas	AGROS FRESCOS DEL PIAJOTOSA	Manejo de insectos
Micobiano	BOBIT 3.2 WP	β-cillinas fungicénas	DUPIEST	Manejo de insectos

TIPO	NOMBRE COMERCIAL	INGREDIENTE ACTIVO	REGISTRANTE	USO
Mombiano	BIOBIT 6,4 WP	β-cyfluthrin 6,4%	DUPIEST	Manejo de insectos
Mombiano	BIT 3,5 SL	β-cyfluthrin 3,5%	AGROZAMORANOS S.A.	Manejo de insectos
Mombiano	BIT 6,4 WP	β-cyfluthrin 6,4%	AGROZAMORANOS S.A.	Manejo de insectos
Mombiano	CG 88 18 WG	β-cyfluthrin 18%	CS&GH S.A.	Manejo de insectos
Mombiano	DPEL 3,2 WP	β-cyfluthrin 3,2%	TRISAN S.A.	Manejo de insectos
Mombiano	DPEL 3,5 SL	β-cyfluthrin 3,5%	TRISAN S.A.	Manejo de insectos
Mombiano	DPEL 6,4 WP	β-cyfluthrin 6,4%	TRISAN S.A.	Manejo de insectos
Mombiano	JWELIN 6,4 WG	β-cyfluthrin 6,4%	CS&GH S.A.	Manejo de insectos
Mombiano	LEPANOX 5 WP	β-cyfluthrin 5%	DUPIEST DE COS. B. NCA S.A.	Manejo de insectos
Mombiano	MYP 10 EP	β-cyfluthrin 10%	DE TRUBODORA * GROOMERIAL DAC	Manejo de insectos
Mombiano	TUREX 3 WP	β-cyfluthrin 3%	AGROPRODE CASA	Manejo de insectos
Mombiano	TURLEY 6,4 WP	β-cyfluthrin 6,4%	BIOCORROL S.A.	Manejo de insectos
Mombiano	XENARI 10,3 WG	β-cyfluthrin 10,3%	TRISAN S.A.	Manejo de insectos
Mombiano	BEAUDEBA	β-cyfluthrin 10,3% β-cyfluthrin 10,3%	LACAMBA	Manejo de insectos
Mombiano	BROCARL 90 WP	β-cyfluthrin 90%	BIOCORROL S.A.	Manejo de insectos
Mombiano	VENTOR 25 SL	β-cyfluthrin 25%	BIOCORROL S.A.	Manejo de insectos
Mombiano	DESIRUM 90 WP	β-cyfluthrin 90%	BIOCORROL S.A.	Manejo de insectos
Mombiano	METABEBA	Metavumamoylax	LACAMBA	Manejo de insectos
Mombiano	SPINDOR 12 SC	Spinosad	DOY * GROCENUES	Manejo de insectos
Mombiano	SUDES 5002 OB	Spinosad	DOY * GROCENUES	Manejo de insectos
Mombiano	TRADER 48 SC	Spinosad	DOY * GROCENUES	Manejo de insectos
Mombiano	VERTOL 30 WP	Verticillium leonuri	BIOCORROL S.A.	Manejo de insectos
Mombiano	VEN ULTRA 16 WP	Virus de poliovirus nuclear	AGROZAMORANOS S.A.	Manejo de insectos
Parasitoides	COEBA	Cotesia latipes	LACAMBA	Manejo de insectos
Semioquinico	COMOLURE 100 SL	Alcaloidio	QUENTIG INTERNACIONAL S.A.	Manejo de insectos
Semioquinico	COMOLURE 100%	Alcohol alifatico	QUENTIG INTERNACIONAL S.A.	Manejo de insectos
Semioquinico	METAURE	Alcohol alifatico	QUENTIG INTERNACIONAL S.A.	Manejo de insectos
Semioquinico	RANCHOPELUS RUMERUM 100%	Alcohol alifatico	QUENTIG INTERNACIONAL S.A.	Manejo de insectos
Semioquinico	FERMONA PULVERA XYLSTELLA	Alifaticos, alcohols alifaticos	QUENTIG INTERNACIONAL S.A.	Manejo de insectos
Semioquinico	TRIMEURE 90UL	Ester dorado alifatico	QUENTIG INTERNACIONAL S.A.	Manejo de insectos
Semioquinico	FERMONA PULVERA XYL 100%	Esteres alifaticos	QUENTIG INTERNACIONAL S.A.	Manejo de insectos
Semioquinico	ETRIERIE 88 BRCA 88 WP	Ethanol, metanol	QUENTIG INTERNACIONAL S.A.	Manejo de insectos
Sustancia Bioactiva	TERO LIQUIDOS 12 EC	Alc. he. parafinico	LABORATORIOS QUIMICOS INDUSTRIALES	Manejo de insectos
Sustancia Bioactiva	ET YRULAS 80 SC	Alc. he. vegetal	AGROZAMORANOS S.A.	Manejo de insectos
Mombiano	MICROP 0,4 SL	β-ketolisteinyl (β-cyfluthrin) epoxido	CIPEX	Manejo de nematodos
Mombiano	NEMOUT 0,05 WP	Hongo: Hypomicrobates	AGROZAMORANOS S.A.	Manejo de nematodos
Mombiano	INTERA 90 WG	Hongo: Beauveria bassiana	AGROZAMORANOS S.A.	Manejo de nematodos
Sustancia Bioactiva	SINCOONO 35 SL	Gibberelinas	RESUBA S.A.	Manejo de nematodos

HONDURAS

TIPO	COMERCIAL	INGREDIENTE	ESTRATEGIA	USO
Botánico	PRODEX	Soja vegetal	COMA	Manejo de insectos
Botánico	BIOCONTROL NEM50 SL	Asaridachina	EXYELAM COMA	Manejo de insectos
Botánico	AC NIMS50 EC	Asaridachina	NUTRICON	Manejo de insectos
Botánico	NEEMAX-04 EC	Asaridachina	TECNOLONSULT	Manejo de insectos
Botánico	88% LC	Extracto de ajo	INGENIERIA INDUSTRIAL	Manejo de insectos
Botánico	BIOCONTROL EXTRACTO DE AJO 88 SL	Extracto de ajo	COMA	Manejo de insectos
Botánico	BIOCHAR 88 SL	Extracto de ajo	TECNOLONSULT	Manejo de insectos
Botánico	BIOCONTROL EXTRACTO DE AJOS 88% SL	Extracto de Ajo	EXYELAM COMA	Manejo de insectos
Botánico	PURENE 6 EC	Fitrina natural	HEMIS GRUP SLENIE	Manejo de insectos
Ebón	BC DE SALES PORASIS DE ACEITE DE PALMA	Sales porasís de aceites grasos	COMA	Manejo de insectos
Ebón	IMPIDE 40 SL	Sales porasís de aceites grasos	MOTENTORE	Manejo de insectos
Mombiano	GREASEX	Ácidos grasos	SOCIEDAD VALUNSO	Manejo de insectos
Mombiano	VECTOLEX 7.5 GR	Ácidos grasos	VALENT BIOSCIENCE	Manejo de insectos
Mombiano	BOUECH-PRO 7.2 OF	Ácidos gringénis	HEMIS GRUP SLENIE	Manejo de insectos
Mombiano	MYP 10 EW	Ácidos gringénis	DAY SGRUBENIE	Manejo de insectos
Mombiano	LEPINDX 15 WG	Ácidos gringénis	DAWEST SOCIEDAD CONDUPON	Manejo de insectos
Mombiano	NEW BT 3.5 OL	Ácidos gringénis	MARHETING/AMINTE/PAULONILLO	Manejo de insectos
Mombiano	BACTOPRENE	Ácidos gringénis	NOVO NORDEX	Manejo de insectos
Mombiano	NOVOBIOBTAL 2.1 SC	Ácidos gringénis	NOVO NORDEX	Manejo de insectos
Mombiano	BST 88-4	Ácidos gringénis	NUTRICON	Manejo de insectos
Mombiano	BACTIVEL	Ácidos gringénis	SOCIEDAD VALUNSO	Manejo de insectos
Mombiano	GREEN 50 WP	Ácidos gringénis	SYNGENIA	Manejo de insectos
Mombiano	KYELING 6.4 WG	Ácidos gringénis	SYNGENIA	Manejo de insectos
Mombiano	NEW BT 6.4 WP	Ácidos gringénis	TECNOLONSULT	Manejo de insectos
Mombiano	THURILLAY 6.4 WP	Ácidos gringénis	TECNOLONSULT	Manejo de insectos
Mombiano	VECTOBAC 1.2	Ácidos gringénis	VALENT BIOSCIENCE	Manejo de insectos
Mombiano	XENITH 10.3 WP	Ácidos gringénis	VALENT BIOSCIENCE	Manejo de insectos
Mombiano	BIOBT 3.2 WP	Ácidos gringénis	VALENT BIOSCIENCE	Manejo de insectos
Mombiano	BIOBT HP 6.4 WP	Ácidos gringénis	VALENT BIOSCIENCE	Manejo de insectos
Mombiano	DIPEL 3.5 SL	Ácidos gringénis	VALENT BIOSCIENCE	Manejo de insectos
Mombiano	DIPEL 6.4 WG	Ácidos gringénis	VALENT BIOSCIENCE	Manejo de insectos
Mombiano	DIPEL 6.4 WP	Ácidos gringénis	VALENT BIOSCIENCE	Manejo de insectos
Mombiano	COMIDA 20 WG	Ácidos gringénis	HEMIS GRUP SLENIE	Manejo de insectos
Mombiano	BaZAM	Ácidos gringénis	ESP EL ZAMORANO	Manejo de insectos
Mombiano	BORAN 68RD 22 WP	Ácidos gringénis	FENEXSA	Manejo de insectos
Mombiano	MVCONTROL 113 EW	Ácidos gringénis	FENEXSA	Manejo de insectos
Mombiano	BROCCARL 80 WP	Ácidos gringénis	TECNOLONSULT	Manejo de insectos
Mombiano	VENTER 50 SL	Entomofitona	TECNOLONSULT	Manejo de insectos

TIPO	NUMERO COMERCIAL	INGREDIENTE PRINCIPAL	INDICACION	USO
Micobiano	SALWAY 25 SL	Methachium convolvulæ	Productos Ecológicos (Guatemala)	Manejo de insectos
Micobiano	DESTRINAR 80 WP	Methachium convolvulæ	TEDEALCONSULT	Manejo de insectos
Micobiano	TRADER 48 SC	Spiroscad	CADELGA	Manejo de insectos
Micobiano	SPINQWEE 12 SC	Spiroscad	DOW AGROSCIENCE	Manejo de insectos
Micobiano	SUCCESS 0.02 CB	Spiroscad	DOW AGROSCIENCE	Manejo de insectos
Micobiano	SPINIDOR 12 SC	Spiroscad	TEJUN	Manejo de insectos
Micobiano	VERZAM	Pericallium ixosavii	ESP EL ZAMORANO	Manejo de insectos
Micobiano	VERTESOL 80 WP	Pericallium ixosavii	TEDEALCONSULT	Manejo de insectos
Micobiano	YENALUDR 1.6 WP	Virus de poliovirus inactivado	NUTRICION	Manejo de insectos
Antibiótico	AGRAMON 16.5 WP	Estreptomicina	PRIZER	Manejo de enfermedades
Antibiótico	O.P.R.MION 20 SP	Estreptomicina, oxytetraciclina	CADELGA	Manejo de enfermedades
Antibiótico	O.P.R.MION 80 WP	Estreptomicina, oxytetraciclina	Ingeniería Industrial	Manejo de enfermedades
Antibiótico	O.P.R.MION 8 WP	Estreptomicina, oxytetraciclina	Ingeniería Industrial	Manejo de enfermedades
Antibiótico	TERRAMONDA AGRICOLA 5 WP	Oxitetraciclina	CADELGA	Manejo de enfermedades
Botánico	BIOCONTROL EXTRA TODE OTRELOS 20 SL	Extracto de dicitros	COINA	Manejo de enfermedades
Botánico	KILOL 11 SL	Extracto de dicitros	TEDEALCONSULT	Manejo de enfermedades
Botánico	BIOCONTROL MINIO 8 TENAFLORA	Extracto de Mimosa	COINA	Manejo de enfermedades
Micobiano	TRICHOGAM	Trichoderma	ESP EL ZAMORANO	Manejo de enfermedades
Micobiano	MVOCBAC 90 WP	Trichoderma/Trichogramma	TEDEALCONSULT	Manejo de enfermedades
Mineral	BELAFUS	Acidos orgánicos	INTEGRAM	Manejo de enfermedades
Mineral	LONLIFE 20 SL	Acidos orgánicos	OTREXIME	Manejo de enfermedades
Mineral	DORADODOR 2 WP	kaolín	TEDEALCONSULT	Manejo de enfermedades
Mineral	ELOSAL 72 SC	kaolín	BAKER ORO SCIENCE	Manejo de enfermedades
Mineral	KUMULUS 80 WP G	kaolín	CADELGA	Manejo de enfermedades
Mineral	THOHT 80 WP G	kaolín	SEAGRO	Manejo de enfermedades
Micobiano	CIERA 100 WP	Infrarodios ultravioleta	VALENT BIO SCIENCE	Manejo de nanobios
Micobiano	CIERA 95 GR	Infrarodios ultravioleta	VALENT BIO SCIENCE	Manejo de nanobios

NICARAGUA

TIPO	COMERCIO/ETIQUETA	INGREDIENTE/ACTIVO	REGISTRADO	USO
Microbiano	GRISELP 0.5 SC	<i>Beauveria sphearicus</i>	OPESL y OLA Uda	Manejo de insectos
Microbiano	S'PERMOC 12.5 FC	<i>Beauveria sphearicus</i>	SERVICIO AGRÍCOLA GUARDIANSA	Manejo de insectos
Microbiano	VECTOLEX 7.5 GR	<i>Beauveria sphearicus</i>	SERVICIO AGRÍCOLA GUARDIANSA	Manejo de insectos
Microbiano	BACTHIC 1.6 SC	<i>Bacillus thuringiensis</i>	OPESL y OLA Uda	Manejo de insectos
Microbiano	DAPEL 3.2 WP	<i>Bacillus thuringiensis</i>	SERVICIO AGRÍCOLA GUARDIANSA	Manejo de insectos
Microbiano	DAPEL 3.5 SL	<i>Bacillus thuringiensis</i>	SERVICIO AGRÍCOLA GUARDIANSA	Manejo de insectos
Microbiano	DAPEL 6.4 WG	<i>Bacillus thuringiensis</i>	SERVICIO AGRÍCOLA GUARDIANSA	Manejo de insectos
Microbiano	KVELIN 6.4 WG	<i>Bacillus thuringiensis</i>	FORMUNGA	Manejo de insectos
Microbiano	TEKNER 1.6 SL	<i>Bacillus thuringiensis</i>	FORMUNGA	Manejo de insectos
Microbiano	THURIDIEHP	<i>Bacillus thuringiensis</i>	SVENERS S.A.	Manejo de insectos
Microbiano	VECTORAL 12 SL	<i>Bacillus thuringiensis</i>	SERVICIO AGRÍCOLA GUARDIANSA	Manejo de insectos
Microbiano	VECTORAL 20 GR	<i>Bacillus thuringiensis</i>	SERVICIO AGRÍCOLA GUARDIANSA	Manejo de insectos
Microbiano	VENBRI 10.3 WG	<i>Bacillus thuringiensis</i>	SERVICIO AGRÍCOLA GUARDIANSA	Manejo de insectos
Microbiano	MIRAFLO	<i>Beauveria bassiana</i>	ULA MIRAFLO	Manejo de insectos
Microbiano	NATURUS 1.67 SC	<i>Beauveria bassiana</i>	FORMUNGA	Manejo de insectos
Microbiano	DESTILUM 30 WP	<i>Metarhizium anisopliae</i>	LYTELAM	Manejo de insectos
Microbiano	METARHIZ 3 * 10 10 WP	<i>Metarhizium anisopliae</i>	NEAR-GU-SUGR ESTABLES LIMITES	Manejo de insectos
Botánico	MINI NATURAL ABEJEO 05 EC	<i>Aspilota trichina</i>	INVESTIGACIONES ORGÁNICAS, FEB/DGA	Manejo de insectos
Botánico	MINI NATURAL SEMILLA MOLIDA 0.4 WP	<i>Aspilota trichina</i>	INVESTIGACIONES ORGÁNICAS, FEB/DGA	Manejo de insectos
Botánico	MINI NATURAL TORB. MOLIDA 0.3 EC	<i>Aspilota trichina</i>	INVESTIGACIONES ORGÁNICAS, FEB/DGA	Manejo de insectos
Microbiano	BO-BAC	Microorganismos del suelo	AGROCENTO	Manejo de nemátodos
Microbiano	BURZE	<i>Glomus intraradix</i>	SERVICIO AGRÍCOLA GUARDIANSA	Manejo de nemátodos
Microbiano	DITELA 95 GR	<i>Myoporum vermicario</i>	SERVICIO AGRÍCOLA GUARDIANSA	Manejo de nemátodos
Antibiótico	AGRAMON 16.5 WP	<i>Streptomyces Dactyloctenidia</i>	GASA DEL AGRICULTOR S.A.	Manejo de enfermedades
Microbiano	BURAT	<i>Salmonella enteritidis</i>	OPESL y OLA Uda	Manejo de enfermedades

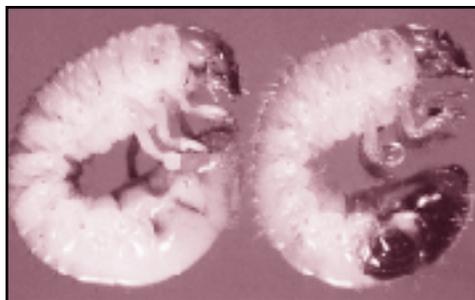
2

CONTROL BIOLÓGICO DE INSECTOS MEDIANTE BACTERIAS

Carballo Manuel • CATIE
Hidalgo Eduardo • CATIE
López P. José Antonio • BASF

¿Qué son las bacterias entomopatógenas?

Las bacterias entomopatógenas son organismos unicelulares que miden entre menos de un micrómetro a varios micrómetros y carecen de núcleo definido. Se reproducen por fisión binaria o por reproducción sexual. Las bacterias pueden causar infecciones leves en los insectos o bien encontrarse presentes en sus cadáveres pero, sólo en algunos casos son la causa primaria de mortalidad.



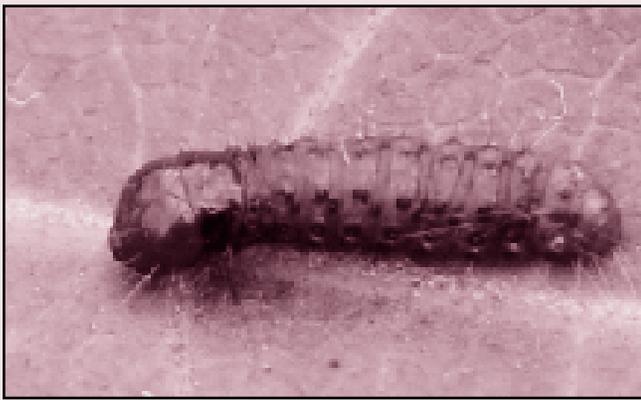
Larva de gallina ciega afectada por bacteria *Bacillus popilliae*

Se clasifican en dos categorías: las formadoras de esporas y las que no esporulan. Las **bacterias esporulantes** por su capacidad de formar esporas poseen una alta persistencia en el ambiente, son altamente virulentas y tienen una gran capacidad invasiva y de producir toxinas. Incluyen todas aquellas que actúan como patógenos obligados y facultativas. Todas ellas pertenecen a la familia Bacillaceae. En este grupo, se incluyen los *Bacillus* que tienen forma de bastón e incluyen especies como *B. larvae*, *B. lentimorbus*, *B. popilliae*, *B. sphaericus* y *B. thuringiensis*.

Las **bacterias no esporulantes** generalmente son comunes en el tracto digestivo de los insectos pero, raramente tienen capacidad invasiva intrínseca. A este grupo, pertenecen las bacterias de la familia Pseudomonaceae como *Pseudomonas*, la familia Streptococcaceae y la Enterobacteriaceae con el género *Serratia marcescens*.

¿Cuáles son las características de algunas de ellas y cómo actúan?

Vamos a considerar solamente las bacterias que tienen una gran importancia comercial como lo es el *Bacillus thuringiensis*, así como también otra bacteria que, aunque no se produce comercialmente, ofrece un alto potencial para controlar plagas como es *Bacillus popilliae*.



Gusano afectado por bacteria *Bacillus thuringiensis*

Bacillus thuringiensis (Bt)

Importancia

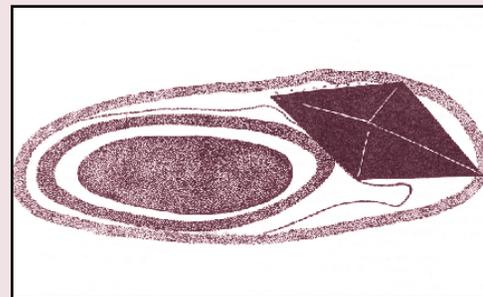
Los Bt fueron descubiertos en el gusano de seda, en 1901, en Japón. Un subsecuente descubrimiento en Thuringia, Alemania en 1911, dio como resultado el nombre thuringiensis. Ha sido producido como un bioplaguicida desde inicios de 1950.

Los bioplaguicidas basados en Bt, son uno de los de mayor venta en el mundo (aproximadamente el 90% del mercado de los bioplaguicidas) y cada año se producen unas 13,000 toneladas, usando la tecnología de fermentación aeróbica.

La utilización de Bt para el control de plagas agrícolas se basa en la aplicación de productos comerciales, los cuales tienen una gran efectividad para el control de larvas de Lepidoptera. Su uso es muy seguro ya que no contamina el ambiente y no tiene efecto negativo sobre la salud humana y sobre animales.

Características

Los Bt presentan células vegetativas en forma de bastoncillos más o menos largos que se agrupan en cadenas de dos a tres células. Se caracteriza por formar una espora central o terminal en el esporangio y por la presencia de un cristal proteico. Es gram positiva y aeróbica o anaeróbica facultativa.



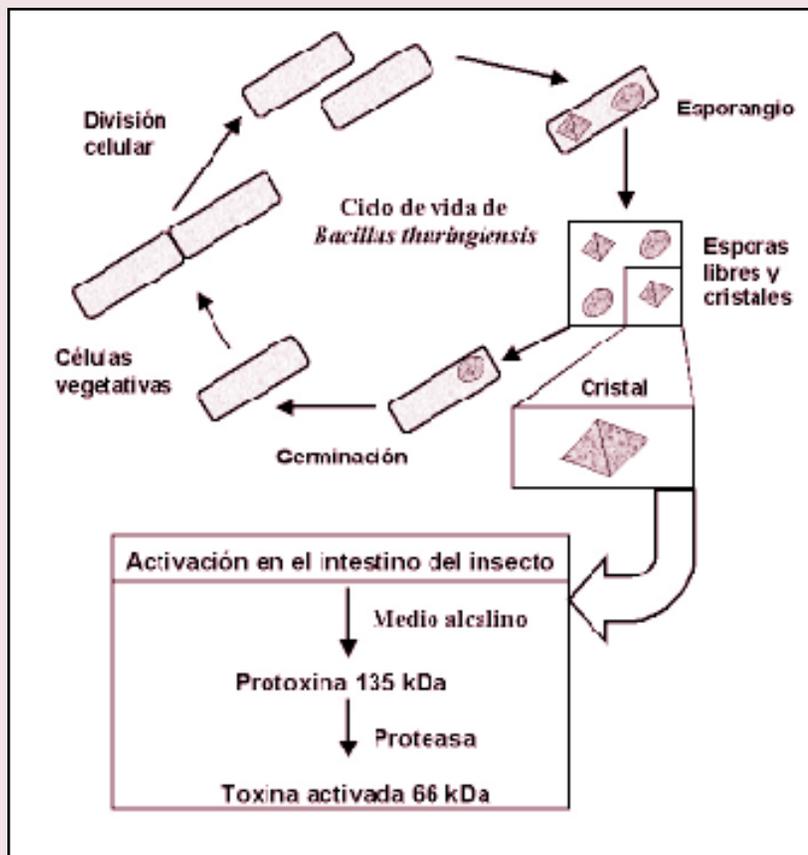
Esporangio de *Bacillus thuringiensis*

Las cepas de los Bt se han clasificado con base en análisis seroló-

gico de antígenos del flagelo (antígeno H de células vegetativas). A la fecha, se han descrito 37 grupos de antígenos del flagelo y 42 serotipos. Al analizar la composición del cristal proteico, se ha encontrado por ejemplo que la cepa HD-1, con la cual están formados la mayoría de los productos comerciales, produce dos tipos de toxinas, denominadas P1 y P2 respectivamente, las cuales difieren en cuanto a peso molecular y especificidad; las primeras son tóxicas para Lepidópteros y las segundas lo son para Dípteros.

También, está la clasificación basada en los genes que codifican los cristales de delta endotoxina a los que se les denomina genes CRY, existiendo al menos cinco grupos, el CRY I para Lepidoptera, el CRY II para Lepidoptera y Diptera, el CRY III para Coleoptera, el CRY IV para Diptera y el CRY V para Lepidoptera y Coleoptera. También existe el CRY VI que es específico para nematodos.

Ciclo de vida



Ciclo de vida de *Bacillus thuringiensis*

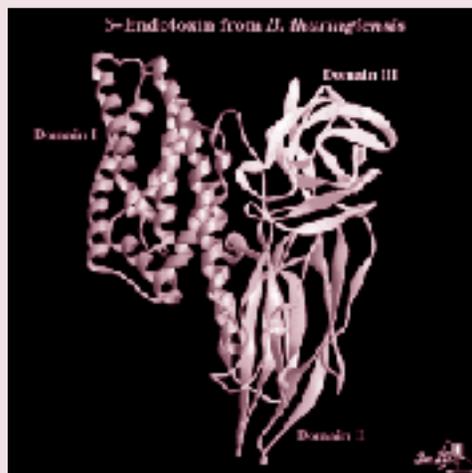
El ciclo de vida de Bt involucra la multiplicación de la bacteria para producir las células vegetativas y luego la esporulación y formación del cristal y el proceso que sigue el cristal hasta formar las toxinas, lo cual ocurre en el intestino del insecto a un pH entre 10 y 11.

Toxinas

Bt produce tres exotoxinas a saber, la beta, la alfa y la gama y una endotoxina llamada delta endotoxina, que es la responsable principal del efecto insecticida.

La b (beta) exotoxina (thuringiensin), se forma durante la fase de crecimiento vegetativo de la bacteria y es secretada dentro del medio. No se produce durante la esporulación. Su producción es propia de ciertas razas como H1, H4, H8, H9 y H10. Entre los insectos susceptibles a esta exotoxina, podemos mencionar las familias Diptera, Lepidoptera, Hymenoptera, Coleoptera, Isóptera, Orthoptera, Hemiptera y Neuroptera. En *Agrotis*, *Spodoptera* y *Ostrinia*, actúa como un fagodisuasivo, mientras que en mosquitos, actúa como larvicida y adulticida.

La d (delta) endotoxina es producida a partir de las protoxinas resultantes de la degradación del cristal proteico por enzimas proteolíticas en el intestino del insecto. *B. thuringiensis* produce en su célula esporangial durante la esporulación, uno o más cuerpos paraesporales o cristales que son solubles en una solución altamente alcalina con pH 12.

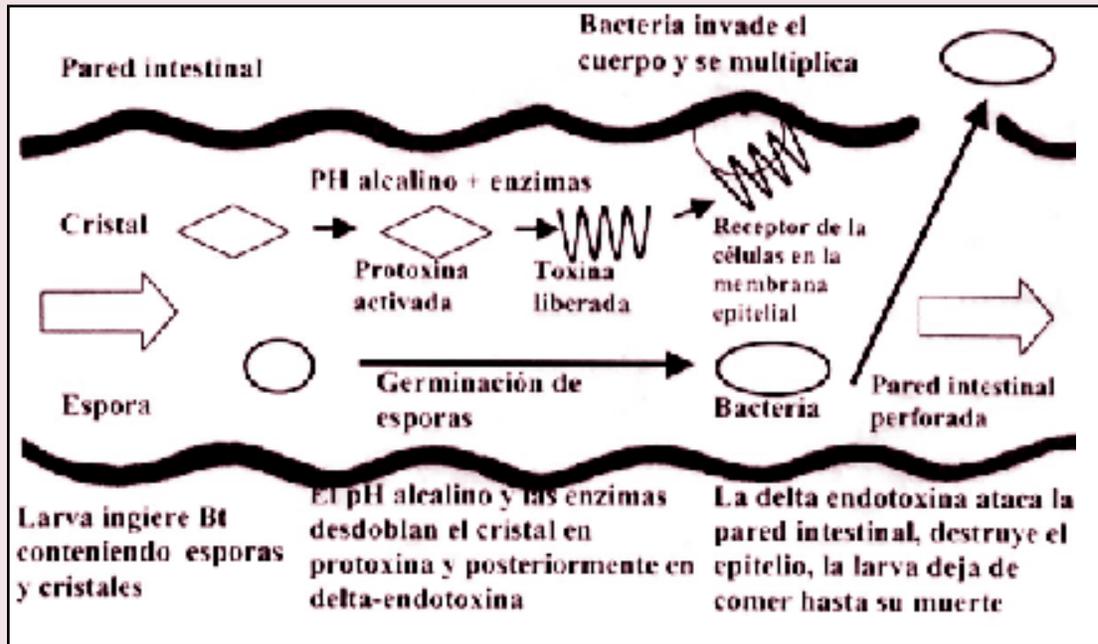


Delta endotoxina de *Bacillus thuringiensis*

Según sea la especie y raza de Bt, así será el tipo de cristal, señalándose el bipiramidal (Cry I) el cual es activo contra Lepidoptera, el cuboidal (Cry II) activo contra Lepidoptera y Diptera, el rombooidal (Cry III) contra Coleoptera y los que tienen complejos cristalinicos ovoides (Cry IV) contra Díptera.

Modo de entrada

Las esporas de Bt o bien los cristales de endotoxina, entran al insecto por la boca conforme este se alimenta del follaje contaminado con la bacteria, para luego alcanzar el intestino el cual tiene un pH alcalino.

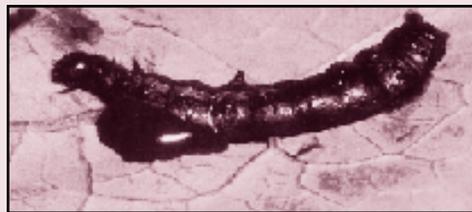


Mecanismo de acción de *Bacillus thuringiensis*

Modo de acción

En el intestino del insecto ocurre la degradación del cristal mediante la participación de enzimas proteolíticas y condiciones de pH superior a 9.5. Bajo estas condiciones, las protoxinas del cristal de 130 kDa son degradadas para formar la δ endotoxina de 55-65 kDa. Debido a la adhesión de la δ endotoxina a sitios receptores sobre las células epiteliales del intestino, se producen poros en la membrana celular, que conducen a una variación en su permeabilidad lo que ocasiona un libre movimiento de iones K^+ y moléculas a través de la membrana permeable que resulta en un disturbio del equilibrio coloidal-osmótico, en lisis celular, alteración de la integridad del intestino y muerte del insecto. Además las esporas bacterianas se multiplican en la hemolinfa y provocan una septicemia que incrementa el efecto de las toxinas insecticidas.

La β exotoxina tiene actividad insecticida pero es menos tóxica que la δ endotoxina. Es inhibidora de la ARN polimerasa que inhibe la síntesis de ARN y por consiguiente de las proteínas en las células afectadas. Afecta la mitosis durante la muda y metamorfosis, de tal forma que si la larva o ninfa no mueren, se transforman en una pupa deformada o en adultos con anomalías en alas, patas, antenas y partes bucales. Los adultos afectados son estériles o de baja fecundidad y longevidad reducida.



Larva afectada por *Bacillus thuringiensis*

Sintomatología

Los insectos afectados por Bt demuestran los siguientes síntomas:

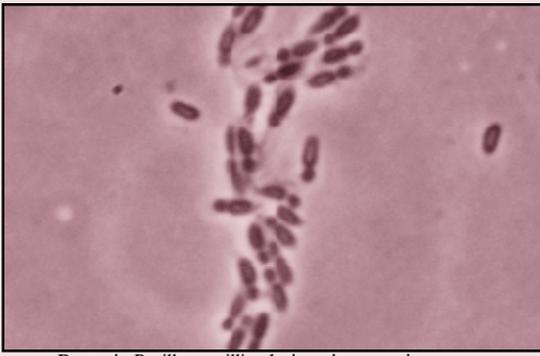
- Parálisis del intestino y las partes bucales que conducen al cese de la alimentación.
- Regurgitación y diarrea que indica el efecto de la endotoxina en el epitelio intestinal.
- El tegumento pierde su brillo y se torna opaco
- Se detiene la alimentación y hay acumulo de alimento mal digerido en el intestino que revela parálisis intestinal.
- La larva pierde agilidad y el tegumento adquiere una coloración marrón oscuro.
- La larva se torna flácida y sin movimientos.
- La muerte ocurre entre las 18 y 72 horas.
- Finalmente, la larva afectada toma un color negro y hay deterioro de los tejidos sin romperse el tegumento.

Toxicidad para otros organismos



Gusano afectado por *Bacillus thuringiensis*

No se ha encontrado que Bt tenga efectos tóxicos en vertebrados o sobre otros organismos diferentes a su plaga objetivo, ni tampoco sobre los enemigos naturales como parasitoides y depredadores que son importantes en el control biológico de plagas. La δ endotoxina es considerada no tóxica pero, la β exotoxina puede tener efectos citotóxicos a determinadas concentraciones por lo que el empleo de Bt a partir de cepas que producen β exotoxinas se encuentra bajo regulaciones adicionales.



Bacteria Bacillus popilliae bajo microscopio

Bacillus popilliae

Importancia

La bacteria *Bacillus popilliae* causante de la enfermedad lechosa de los escarabajos ha sido usada para suprimir larvas del escarabajo japonés *Popillia japonica* en los Estados Unidos desde los años 40. Fue el primer agente microbial registrado para uso comercial en los Estados Unidos. Entre 1939 y 1953, el USDA condujo un programa de colonización de *B. popilliae* en áreas infestadas con *P. japonica* que fue muy exitoso para diseminar el patógeno y para contribuir a suprimir la población del escarabajo en áreas tratadas.

Ha sido reportada en al menos 29 especies de Scarabeidos, principalmente Melolonthinae y Rutelinae. El CATIE, en Costa Rica, ha realizado trabajos de investigación evaluando cepas de Bp contra la gallina ciega (*Phyllophaga* spp.). La resistencia de las esporas a la desecación y a la radiación y su alta longevidad en larvas muertas, hacen de esta bacteria una excelente opción para el manejo de los escarabajos

Características

El esporangio de Bp tiene dos partes, una es la spora y otra es el cuerpo paraesporal o cristal proteico paraesporal que en conjunto presenta una forma similar a la huella de un pie. Después de la esporulación, la spora y el cuerpo paraesporal permanecen en el esporangio sin presentarse autólisis.

Las esporas son elípticas o cilíndricas y están ubicadas en la porción central o distal del esporangio. Es catalasa negativa, anaeróbica facultativa y las células vegetativas son Gram negativas. Miden de 0.5 a 0.8 por 1.3 a 5.2 μm .

El promedio de producción de esporas por la bacteria en algunos géneros de *Phyllophaga* es de 10 mil millones de esporas por larva.

Esta bacteria no se multiplica o esporula en insectos muertos. En medio artificial, crece vegetativamente pero esporula poco.

Las esporas tienen una alta persistencia en el suelo, lo que le permite una mayor efectividad en el control de la plaga.

Ciclo de vida

Después de que la bacteria es ingerida, las esporas germinan en el intestino y penetran la pared intestinal. Estos bacilos se multiplican y esporulan produciendo esporas refractivas a la luz en la hemolinfa de las larvas. Después de la infección, la hemolinfa se torna turbia y finalmente la porción posterior de la larva se torna lechosa. Las larvas completamente enfermas pueden contener hasta 2.5 billones de esporas, las cuales son liberadas al suelo cuando la larva muere.

Toxinas

Esta bacteria no produce toxinas

Modo de entrada

La bacteria es ingerida con suelo y material de las raíces por las larvas mientras éstas se alimentan.

Modo de acción

Después de que la espora germina y las células vegetativas invaden la hemolinfa, ocurre una masiva multiplicación de las células vegetativas provocando una bacteremia en las larvas que es fatal. Estas células vegetativas esporulan resultando en niveles de 1,010 esporangios por ml de hemolinfa. La multiplicación de las células vegetativas finaliza al ocurrir deficiencia nutricional lo que a su vez promueve la esporulación.

Sintomatología

El nombre de enfermedad lechosa caracteriza bien el estado avanzado de la infección donde una enorme cantidad de esporas les da a las larvas una coloración lechosa visible por transparencia, por lo que, al romper el tegumento, sale la hemolinfa blanca y turbia con millones de esporas de la bacteria.

Toxicidad para otros organismos

Esta bacteria es un patógeno obligado altamente específico que no afecta a otros organismos diferentes de su foco.

Este alto grado de especificidad hace que los parasitoides y depredadores no sean afectados y que también sea completamente segura para el ser humano y otros vertebrados.

¿Cómo se utilizan?

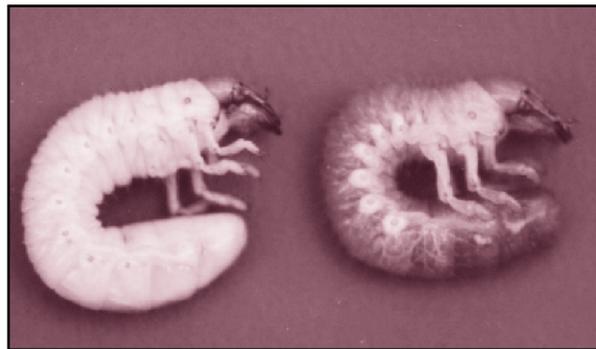
Bacillus thuringiensis

¿Qué plagas controla?

Los plaguicidas biológicos como *Bacillus thuringiensis* (Bt), son la línea front al para el combate de Lepidopteros, entre ellas plagas como gusanos perforadores o del fruto en el melón, pepino y pepinillo, (*Diaphania* sp.), gusanos soldados (*Spodoptera* sp.), en varios cultivos, la palomilla de la coliflor y del repollo (*Plutella* sp.), el gusano de la col (*Pieris* sp.), el perforador del fruto de la piña (*Thecla basiliodes*), el gusano soldado de la piña, los gusanos del fruto del tomate, (*Helicoverpa zea*, *Keiferia lycopersicella*), así como también otros defoliadores como *Trichoplusia* sp. y *Pseudoplusia* sp.

¿Cómo se aplica?

- La aplicación debe ser realizada mientras hay mayor cantidad de larvas pequeñas. La susceptibilidad al Bt se reduce con el aumento del tamaño larval.
- La aplicación debe hacerse con equipos limpios y libres de residuos de sustancias tóxicas.
- La mezcla en los tanques debe hacerse al momento de la aplicación.
- Debido a que la radiación solar es uno de los enemigos del bacilo, se recomienda que las aplicaciones sean hechas al final del día o en la noche, garantizando un período de 12 horas sin radiación directa que es suficiente para que el insecto ingiera el producto.
- Como el bacilo no tiene efecto sistémico, se requiere un período de 10 horas sin lluvia después de la aplicación para garantizar su efectividad, recomendándose también el uso de adherentes y dispersantes.



Gallina ciega afectada por *Bacillus popilliae*

- También, se debe aplicar las dosis recomendadas para los productos, asegurar una uniformidad en la cobertura y una apropiada calibración del equipo.

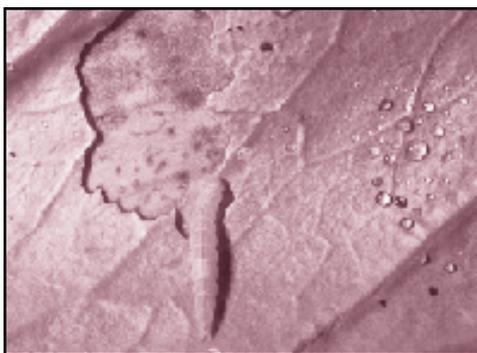
Todos los insecticidas biológicos trabajan mejor si el pH del agua para la aplicación está entre 5 y 6, y si son aplicados temprano por la mañana o por la tarde.

La mejor actividad de este tipo de productos se logra cuando la aplicación coincide con la presencia del segundo y tercer instar larval de las plagas, que es cuando están pequeñas y comen vorazmente.

La adición de adyuvantes puede extender significativamente la vida efectiva de muchos biológicos, tales como los Bt. Sin embargo, no se debe olvidar que estos son de vida corta cuando son expuestos a la luz solar y que pueden requerir de varias aplicaciones cuando la presión de las plagas es muy alta.

Para un control más eficiente se recomienda usar un estimulante alimenticio (fagoestimulante) como el Coax, Konsume y el Entice, productos basados en disacáridos, semilla de algodón, aceites vegetales y emulsiones orgánicas. Con estos productos las plagas comen más vorazmente, por lo que la cantidad de producto biológico ingerido será mayor.

¿Cómo se asegura una mejor actividad?



Larva de *Plutella xylostella* controlada por *Bacillus thuringiensis*



Gusano del tomate controlado por *Bacillus thuringiensis*

¿Cuáles son los productos comerciales?

Entre los productos comerciales de Bts podemos mencionar aquellos provenientes de *Bacillus thuringiensis* v. *kurstaki*, (DiPel/Biobit) y *Bacillus thuringiensis* v. *aizawai* (XenTari), los cuales están recomendados para el control de un amplio rango de gusanos de Lepidópteros. El ingrediente activo de Dipel y de Xentari está constituido primeramente por esporas de la bacteria y cristales tóxicos de delta endotoxina.

BACILLUS THURINGIENSIS	COMPAÑÍA	OMRI STATUS
Agree WG	Termo Trilogy Co.	A
Britz BT Dust	Britz Fertilizers, Inc.	A
Clean Crop BT Sulfur 15-50 Dust	United Agri Products	A
Condor WP	Ecogen	A
Cutlass WP	Ecogen	A
Deliver	Termo Trilogy Co.	A
DiPel 2X	Valent Biosciences Corporation	A
DiPel DF	Valent Biosciences Corporation	A
Javelin WG	Termo Trilogy Co.	A
Ketch DF	Rohm and Hass Company	R
Prolong	Cillus Technology Inc.	A
XenTari WDG	Valent Biosciences Corporation	A

A= Permitido, R= Restringido

En el mercado se puede encontrar la formulación novedosa llamada Ecotech Pro, de AgrEvo, formulada con una cepa resultado de la conjugación genética de las variedades *kurstaki* y *aizawai*. Está formulado como una suspoemulsión que le permite tener un comportamiento sobresaliente en las diferentes condiciones de campo.

Recomendaciones para el uso de **Bt comerciales**

DiPel y XenTari son productos de Abbott Laboratorios (ahora Valent Biosciences Corporation)

DiPel/Biobit

El ingrediente activo de DiPel y Biobit está constituido por esporas de la bacteria *Bacillus thuringiensis* var *kurstaki*, y cristales tóxicos de delta endotoxina.

El DiPel está recomendado para usarse para el control de plagas en el cultivo de algodón como



Gusanos controlados por *Bacillus thuringiensis*

una de las estrategias de manejo integrado de plagas. Entre las plagas más importantes de este cultivo, se encuentran varias especies de larvas de Lepidópteros, las cuales son susceptibles a insectos parasitoides y depredadores que ayudan a mantener las poblaciones bajo control.

Recomendaciones para el algodón:

Para controlar el gusano cogollero, se debe monitorear la presencia de la plaga para definir cuando realizar las aspersiones, poniendo mucha atención al momento en que los huevos eclosionan y dirigir la aplicación de DiPel hacia los terminales de la planta. Para las otras larvas, se recomienda efectuar un buen cubrimiento del follaje del cultivo.

Si el equipo a usar es terrestre, se recomienda usar de 15 a 30 galones de agua por hectárea y ajustar la presión, velocidad y altura de las boquillas, para ofrecer un mejor cubrimiento del cultivo. Si la aplicación es aérea, se recomienda usar 5-8 galones de agua por hectárea dependiendo del tamaño de las plantas. Es necesario una buena calibración para garantizar un máximo cubrimiento de la aspersión.

Recomendaciones para hortalizas:

En hortalizas, Dipel es el insecticida biológico de mayor uso por suministrar excelente control a plagas resistentes a otros insecticidas, tales como el falso medidor (*Trichoplusia* sp.), palomilla de la coliflor (*Plutella xylostella*) y gusano de la col (*Pieris* sp.). Los productores de melón, pepino y sandía pueden usar DiPel para el control del gusano del fruto (*Diaphania* sp.) sin afectar las poblaciones de insectos polinizadores como las abejas. Además, DiPel no deja residuos en la cosecha lo cual es fundamental para la exportación a los Estados Unidos y Europa.

Para obtener un control eficiente de las larvas, se debe asegurar un cubrimiento total de las plantas, lo que se logra dirigiendo las aplicaciones tanto al lado interior del follaje, como mediante el uso de un adherente.

Cuando las aplicaciones se realizan con una bomba de mochila, se recomienda usar 50 a 100 galones de agua/ha, efectuando un buen cubrimiento de las partes de la planta donde los huevos van a eclosionar y las pequeñas larvas comenzarán a alimentarse. Cuando las aplicaciones son con tractor, se recomienda usar 15 a 50 galones de agua/ha, efectuando un buen cubrimiento del follaje.

XenTari 10.3 %

XenTari es un insecticida biológico a base de la bacteria *Bacillus thuringiensis* var. *aizawai* (15,000 U.I./mg producto) y representa la opción biológica más poderosa contra el gusano soldado y la palomilla dorso de diamante. El ingrediente activo de XenTari está constituido por esporas viables de la bacteria y cristales de delta endotoxinas cuya acción conjunta aporta una mayor eficacia como insecticida que cualquiera de ellos por separado. XenTari es un producto exento de tolerancias EPA, por lo tanto las cosechas tratadas se pueden exportar sin ninguna limitación.

XenTari actúa como un veneno estomacal contra toda clase de larvas de Lepidópteros ("gusanos") que se alimenten del follaje tratado con este producto, como el gusano falso medidor (*Trichoplusia ni*) y la mariposita blanca de la col (*Pieris* y *Leptophobia*). Sin embargo, se especializa en el control del gusano soldado del cual existen varias especies que atacan a muchos cultivos, (*Spodoptera exigua*, *S. frugiperda* y *Prodenia ornithogalli*), y de la palomilla dorso de diamante (*Plutella xylostela*).



Gusanos muertos por *Bacillus thuringiensis*

Recomendaciones para la aplicación de XenTari:

Ya sea en aplicación aérea o terrestre, se debe utilizar agua suficiente para asegurar un buen cubrimiento del follaje, siendo 400 l/ha para la aplicación terrestre y 30 l/ha para la aplicación por avión.

Se deben colocar las boquillas arriba y a los lados de las hileras del cultivo usando una presión de 150 a 200 l/pulgada cuadrada.

Se recomienda hacer las aplicaciones contra los primeros estadios de los gusanos, utilizando dosis de 0.3 a 1 kg/ha, aunque esto va a depender del cultivo, la especie de plaga y la intensidad del ataque.

Es conveniente agregar a la mezcla del tanque un dispersante adherente como el Nu-Film 17, (el cual es un adyuvante regulado por OMRI para su uso en forma restringida en cultivos orgánicos; también se pueden usar Nu-Lure y Vapor Guard) especialmente en cultivos difíciles de mojar, como el brócoli.

Se deben repetir las aplicaciones con la frecuencia necesaria. Los intervalos pueden ser de 3 a 14 días, según la velocidad de crecimiento de las plantas (al desarrollarse quedan hojas sin el producto), de la actividad de las mariposas o palomillas (que indica que ellas están ovipositando), de las lluvias después del tratamiento (que lavan el producto), y de otros factores.

Si la presión de las plagas es muy fuerte, se debe reforzar el tratamiento, empleando la dosis más alta y reduciendo el intervalo entre las aplicaciones. No es recomendable aplicar este tipo de productos junto con productos de fuerte reacción alcalina.

Bibliografía

- Alves, S. B. 1986. Controle microbiano de insetos. Editora Manole, Brasil. 407 p
- Benintende, G., Marquez, A. 1996. Bacterias entomopatógenas. In. Lecuona, R. E. (Ed.) Microorganismos patógenos empleados en el control microbiano de insectos plaga. Talleres Gráficos Mariano Mas, México, Buenos Aires. 1996. pp 61-72.
- Bio108 <http://gause.biology.ualberta.ca/courses.hp/bio108/lab09.html>
- Benintende, G., Marquez, A. 1996. Técnicas empleadas con bacterias entomopatógenas. In. Lecuona, R. E. (Ed.) Microorganismos patógenos empleados en el control microbiano de insectos plaga. Talleres Gráficos Mariano Mas, México, Buenos Aires. 1996. pp151-157.
- Burges, H. D. 1981. Microbial control of Pests and Plant Diseases. Acad. Press. London. pp 108-201.
- Cave, R. D. 1995. Manual para la enseñanza del control biológico en América Latina. Primera edición, Zamorano, Honduras; Zamorano Academic Press. 188 p.
- Fernández-Larrea, O. 1999. Review of BT production and use in Cuba. Biocontrol News and Information. 20(1): 47-49.
- Fernández-Larrea, O. 2001. Temas interesantes acerca del control microbiológico de plagas. La Habana, INISAV. 138 p.
- Frachon, E., Thier y, I. 1997. Identification, isolation, culture and preservation of entomopathogenic bacteria. In. Lacey, L. (Ed). Manual of techniques in insect pathology. Academic Press, London. 1997. pp 55-57.
- Flexner, J.L., Belnavis, D. L. 2000. Microbial insecticides. In. Rechcigl J. E., Rechcigl, N. A. (Eds). Biological and Biotechnological control of Insects pests. Lewis Publishers. pp 35-62.
- Jackson, T. A. 1996. Utilización de bacterias para el control de insectos plaga en la agricultura. In. Lecuona, R. E. (Ed.) Microorganismos patógenos empleados en el control microbiano de insectos plaga. Talleres Gráficos Mariano Mas, México, Buenos Aires. 1996. pp 255-260.
- Kaya, H.K.; Klein, M.G.; Burlando, T.M.; Harrison, R.E.; Lacey, L.A. 1992. Prevalence of two *Bacillus popilliae* (Dutky) morphotypes and blue disease in *Cyclocephala hirta* (LeConte) (Coleoptera: Scarabaeidae) populations in California. Pan-Pacific Entomologist, 68: 38-45
- Klein, M.G & Jackson, T.A. 1992. Bacterial disease of scarabs. In Use of Pathogens in scarab pest management (T.A. Jackson y T.R. Galre eds.) Intercept Press, Andover, UK. pp 43-63
- Klein, M. G. 1997. Bacteria of soil-inhabiting insects. In. Lacey, L. (Ed.). Manual of techniques in insect pathology. Academic Press, London. 1997. pp 102-116.
- Lacey, L. 1997. Manual of techniques in insect pathology. Biological techniques series. Academic Press. 408 p.
- Lecuona, R. E., Alves, S. B. 1996. Epizootiología. In. Lecuona, R. E. (Ed.) Microorganismos patógenos usados en el control microbiano de insectos plaga. Buenos Aires (Argentina). pp 17-34.

- Lecuona, R. E. 1996. Microorganismos patógenos empleados en el control microbiano de insectos plaga. Buenos Aires, Argentina. 338 p.
- Lisansky, S.G., Quinlan, R. J., Tassoni, G. 1993. The *Bacillus thuringiensis* production handbook. CPL Scientific Limited. 124 p.
- McGuire, M. R., Galan-Wong L. J., Tamez-Guerra, P. 1997. Bacteria: Bioassay of *Bacillus thuringiensis* against lepidopteran larvae. In Lacey, L. (Ed). Manual of techniques in insect pathology. Academic Press, London. 1997. pp 91-99.
- Milner, R.J. 1981. Identification of the *Bacillus popilliae* group of insect pathogens. In Microbial control of plant pests and diseases. 1979 -1980 (H.D. Burgess ed). Academic press, London. pp 45-59.
- Organic Materials Review Institute. 2002. OMRI Brand Name Products List. 67 p.
- O'Callaghan, M., Jackson, T. A. 1998. Microbial control of soil dwelling pests. Proceedings of the 4th international workshop. New Zealand. AgResearch. 170 p.
- Poinar, Jr., G. O., Thomas, G. M. 1984. Laboratory guide to insect pathogens and parasites. Plenum Press, New York and London. 391 p.
- Stahley, D.P.; Takefman, D.M.; Livasy, C.A. & Dingman, D.W. 1992. Selective media for quantification of *Bacillus popilliae* in soil and commercial spore powders. Applied and environmental microbiology 58: 740-743.
- Starnes, R. L., Li Liu, Chi., Marrone, P.G. 1993. History, use and future of microbial insecticides. American Entomologist. Summer 1993.83-91.
- Tanada, Y.; Kaya, H. K. 1993. Insect Pathology. Academic Press. Inc., San Diego. 666 p.

3

CONTROL BIOLÓGICO DE INSECTOS MEDIANTE HONGOS ENTOMOPATÓGENOS

Carballo Manuel • CATIE

Hidalgo Eduardo • CATIE

Rodríguez Alejandro • DIECA

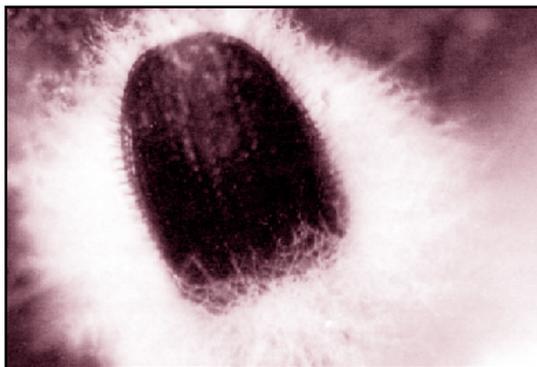
¿Qué son los hongos entomopatógenos?

Los hongos o mycota usados para el control de insectos son llamados hongos entomopatógenos. Son un grupo de micro-organismos ampliamente estudiados, existiendo más de 700 especies reunidas en 100 géneros. Los géneros que vamos a considerar en este capítulo pertenecen a la división Eumycota y la subdivisión Deuteromycotina, también llamados hongos imperfectos porque aparentemente no se conoce su fase sexual (meiótica, ascógena o teleomorfa) y se reproducen por conidios (esporas asexuales). Todas las especies presentan micelio septado y ramificado y los conidios son producidos por fialidas en cadenas o en cabezuelas de aspecto mucoide.

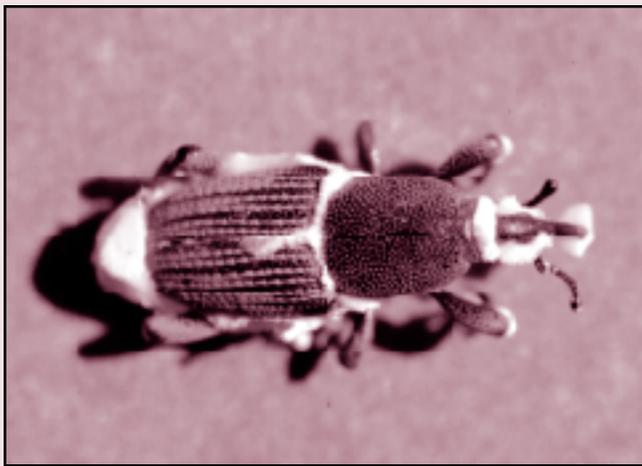
Ellos ocurren frecuentemente en la naturaleza y a menudo causan reducciones significativas en poblaciones de insectos incluyendo especies plaga. Se conocen alrededor de 100 especies de hongos con efectos insecticidas, sin embargo, solamente cerca de 20 especies han sido estudiadas como agentes de control y su desarrollo comercial ha sido lento. El uso de estos hongos contra los insectos fue sugerido desde hace muchos años, cuando en 1879 se consideró *Metarhizium anisopliae* y en 1888, *Isaria destructor* para el control del picudo de la remolacha *Cleonus punctiventris*.

¿Cuáles son sus características y cómo actúan?

En esta sección vamos a considerar los hongos entomopatógenos que han sido más estudiados y utilizados en el control microbiano como son *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* y *Verticillium lecanii*.



Beauveria bassiana controlando la broca del café



Beauveria bassiana
controlando el picudo
del plátano

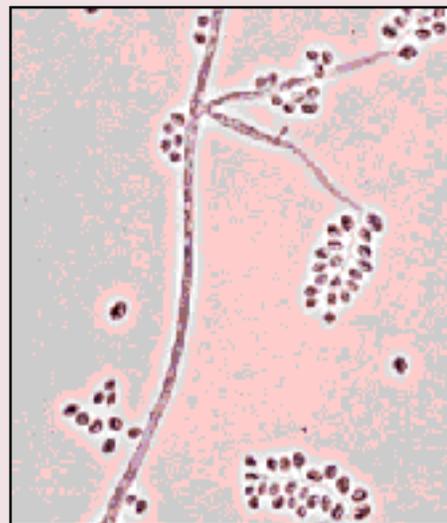
Beauveria bassiana

Importancia

Los primeros datos sobre *Beauveria bassiana* fueron emitidos por Agostino Bassi en 1834 cuando demostró que este hongo era el agente causal de una enfermedad en el gusano de seda *Bombix mori*, conocida como la muscardina blanca. *B. bassiana* se conoce muy bien por su amplio rango de hospederos y distribución geográfica, ha sido probada por su patogenicidad contra más insectos plagas que cualquiera otra especie de hongo. Su uso como bioplaguicida es bajo comparado con el *Bacillus thuringiensis* pero ha sido considerado como un candidato muy importante para usarse en el control microbiano de plagas. Su uso ha sido muy importante en China y en Europa mientras que en América Latina, el uso más importante en los últimos años ha sido para el control de la broca del café.

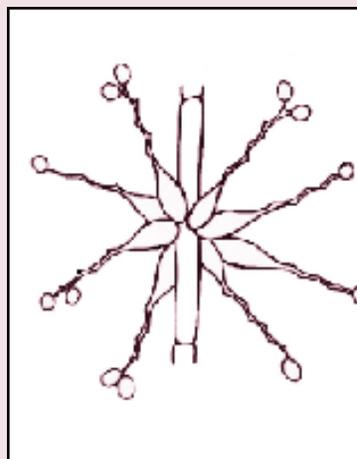
Características

Este hongo presenta unas estructuras que son visibles al microscopio llamadas fiálidas o células conidiógenas que tienen una base globosa o sea en forma de botella y se extienden apicalmente en grupos densos. Estas fiálidas presentan un raquiz que es denticulado en zig-zag y se extiende apicalmente con un conidio por denticulo. El conidio es aseptado, globo- y menor a 3.5 μ m para



Micelio y conidias de *Beauveria bassiana*

B. bassiana y ovoides a cilíndricos con 2.5 a 4.5 mm para *B. brongniartii*. El micelio es de color blanco y los conidios presentan una coloración blanco a crema. Los cadáveres de insectos infectados por *B. bassiana*, presentan una cubierta blanca muy densa formada por el micelio y esporulación del hongo. Generalmente, los cadáveres de insectos atacados se momifican quedando adheridos en la planta, principalmente en el envés de la hoja.

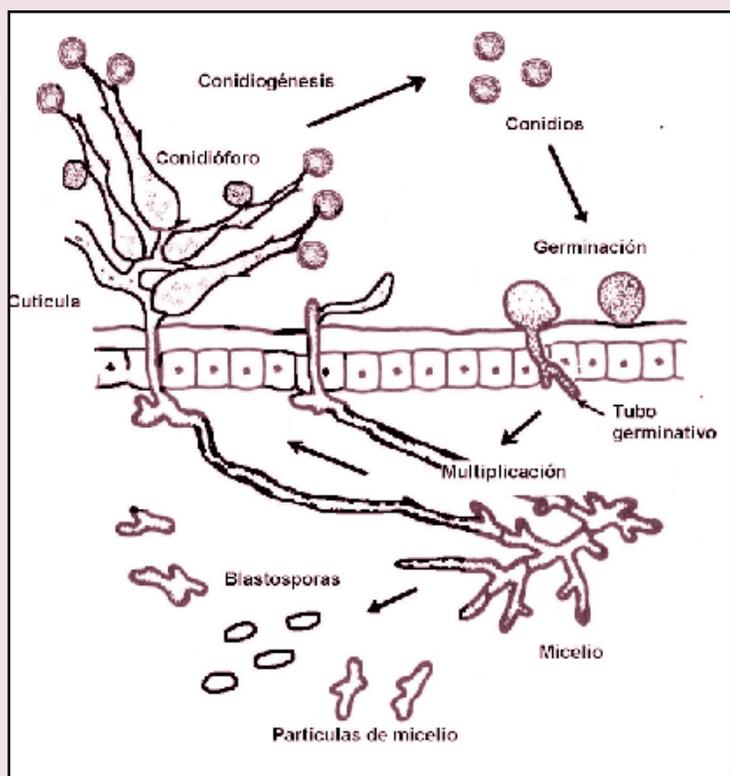


Detalle de estructuras de *Beauveria bassiana*

Ciclo de vida

El ciclo de vida de *Beauveria bassiana* comprende dos fases, una patogénica y la otra saprofítica. La fase patogénica involucra cuatro pasos principales: adhesión, germinación, diferenciación y penetración. El proceso de infección se inicia con la unión de los conidios del hongo a la cutícula del insecto.

Existen sitios preferenciales del tegumento del insecto hospedante donde los conidios se adhieren, germinan y penetran. Estos lugares corresponden a las regiones intersegmentales del insecto donde la composición y estructura es sensiblemente diferente al resto del tegumento.



Ciclo de vida de *Beauveria bassiana*

Las condiciones óptimas para la germinación son: temperatura de 23 a 25°C y humedad del 92%. El conidio germina originando un tubo germinativo en cuyo extremo se diferencia un apresorio cuya función podría ser debilitar la cutícula en los puntos de contacto o simplemente es una transición hacia la formación del pico o estacuela de penetración.

La fase saprofítica ocurre dentro del hemocele, con un crecimiento prolífico del hongo. Esta multiplicación del hongo ocurre por gemación produciendo formas micelias libres y unicelulares llamadas blastosporas y también la producción de hifas. Finalmente, el hongo invade los tejidos y como consecuencia ocurre la muerte del hospedante.

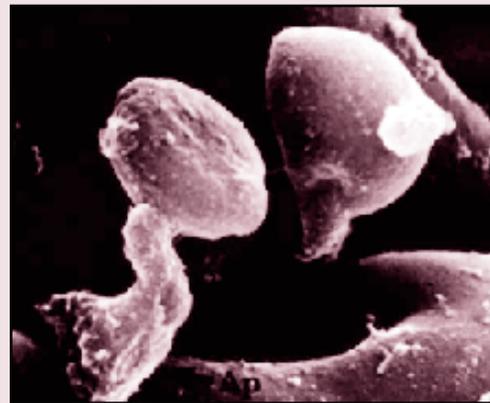
Después de la muerte ocurre una fase de crecimiento micelial hacia el exterior que concluye con la producción de nuevas unidades reproductivas (conidios) sobre la superficie y rodeando el cadáver del insecto.

Toxinas

Beauveria bassiana produce varias toxinas siendo las principales los ciclodepsipeptidos entre los cuales están la beauvericine, el beauverolide H e I, el bassianolide, el isarolide A, B y C. Todas estas son aisladas del micelio de *B. bassiana*. Beauvericina es el compuesto que ha recibido más atención. Ha demostrado ser tóxico a moscas y mosquitos en pruebas realizadas en laboratorio. Esta toxina ayuda a romper el sistema inmunológico del hospedante.

Modo de entrada

El hongo ingresa a través de la cutícula, principalmente por las partes frágiles con la participación de procesos físicos y químicos a través de las enzimas producidas durante la germinación y penetración como son quitinasas, proteasas y lipasas, que actúan en un orden determinado por el sustrato de la cutícula,



Apresorio de *Beauveria bassiana*

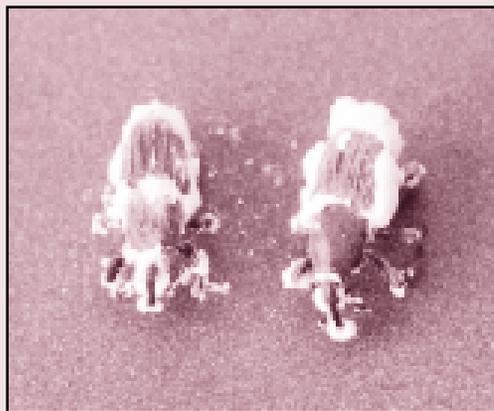
primero sobre la porción cerosa de la epicutícula y luego sobre la matriz de proteína y quitina. Previo a la penetración del hongo, hay una actividad metabólica a nivel de apresorio que ayuda a degradar la capa cerosa de la epicutícula probablemente con enzimas proteasas, amilopeptidasas y estererasas que facilitan el proceso de penetración. Otra vía de entrada es a través del tracto digestivo pero, generalmente los conidios no pueden germinar en el intestino.

Modo de acción

La multiplicación del hongo en el interior del hospedero conduce a la producción de hifas y blastosporas y a la producción de toxinas que en conjunto van a provocar la enfermedad y la muerte del insecto. Esta ocurre por la acción física del micelio mismo invadiendo los órganos y tejidos, comenzando por el tejido graso y también por la caída o desbalance de nutrientes y por la acción insecticida de los metabolitos tóxicos emitidos por el hongo, principalmente la Beauvericina.

Sintomatología

Los insectos antes de sucumbir a la infección, exhiben varios síntomas incluyendo intranquilidad, cese de alimentación y pérdida de coordinación. Pueden haber cambios en la coloración del tegumento. Los insectos enfermos, generalmente, se mueven hacia lugares altos como la vegetación o si son subterráneos, hacia la superficie del suelo donde van a permanecer hasta su muerte y luego como cadáveres adheridos a las hojas y ramas o sobre el suelo presentando los signos característicos.

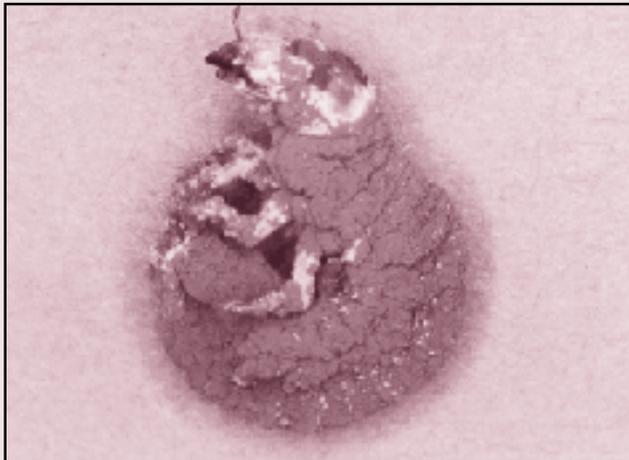


Picosos del plátano muertos por infección de *B. bassiana*

Los bioplaguicidas basados en *B. bassiana*, generalmente son seguros y no presentan ningún peligro serio para animales superiores. Tampoco, se han observado efectos sobre abejas en el campo.

Toxicidad para otros organismos

Los bioplaguicidas basados en *B. bassiana*, generalmente son seguros y no presentan ningún peligro serio para animales superiores. Tampoco, se han observado efectos sobre abejas en el campo.



Larva de gallina ciega muerta por infección del hongo *Metarhizium anisopliae*

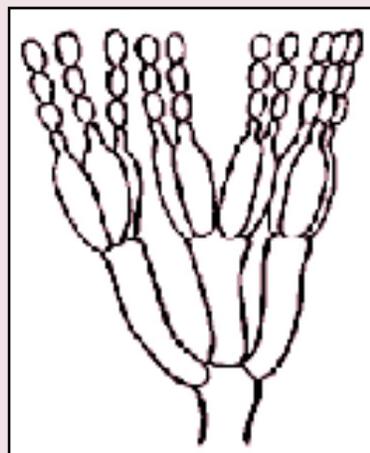
Metarhizium anisopliae

Importancia

Metarhizium anisopliae es el agente causal de la murcardina verde y es un patógeno de más de 300 especies de siete órdenes de insectos. Los Coleópteros son los hospederos más comunes. Es el segundo hongo entomopatógeno más ampliamente usado en el control microbioal y es el hongo más utilizado en Latinoamérica para el control de diferentes especies de Cercópidos que son plagas en la caña de azúcar.

Características

Visto al microscopio, *M. anisopliae* presenta células conidiógenas (fiá-lidas) de forma cilíndrica, con ápices redondeados o cónicos y están arreglados en densos himenios. Los conidióforos son ramificados repetidamente formando una estructura semejante a un candelabro. Los conidios son aseptados, cilíndricos u ovoides, formando cadenas usualmente arregladas en columnas prismáticas “o cilíndricas o en masas sólidas de cadenas paralelas. Su color varía entre el verde pálido o brillante a verde-amarillo u oliváceo. *M. anisopliae* var. *anisopliae* presenta conidios cortos de 3.5 a 9 μm mientras que *M. anisopliae* var. *mejor* presenta conidios de 9 a 18 μm . Los cadáveres de los insectos afectados, se observan completamente cubiertos con micelio del hongo de color blanco. Cuando el hongo esporula sobre el cadáver, adquiere una coloración verdosa.



Detalle de estructuras de *Metarhizium anisopliae*

Ciclo de vida

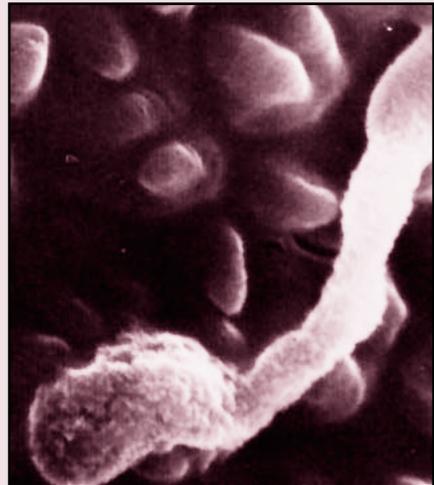
El ciclo de vida de *Metarhizium anisopliae* comprende una fase patogénica que se inicia con la unión de los conidios del hongo a las partes frágiles de la cutícula del insecto. Si las condiciones de humedad son adecuadas, ocurre la germinación de los conidios originando un tubo germinativo y luego se forma la estaquilla de penetración para penetrar la cutícula. Antes de que ocurra la muerte del insecto proliferan cuerpos hifales. La muerte del insecto marca el fin de la fase patogénica y el micelio empieza a crecer saprofiticamente dentro del hemocele invadiendo todos los tejidos. La muerte del hospedante ocurre tanto por el efecto mecánico del hongo como por el efecto de los metabolitos tóxicos producidos. Después de la muerte, ocurre una fase de crecimiento micelial hacia el exterior que concluye con la producción de nuevas unidades reproductivas (conidios) sobre la superficie y rodeando el cadáver del insecto.

Toxinas

Metarhizium anisopliae produce varias toxinas entre ellas los ciclo-dipeptidos como las dextruxinas A, B, C, D y la desmetildextruxina B y otras como la A1, A2, B1, C2, D1, D2, y E1. Son compuestos tóxicos para los insectos por inyección intrahemocélica y su efecto tóxico varía con la especie de insecto. Otros compuestos son las cytochalasinas que pueden contribuir al desarrollo de la enfermedad en insectos afectados por *Metarhizium*.

Modo de entrada

Después de germinar, el hongo penetra al insecto por las regiones frágiles de la cutícula mediando la acción física propia del hongo a través de las estructuras formadas después de la germinación como son los apresorios y la estaquilla de penetración y también mediante la acción química gracias a la participación de enzimas como proteasas, lipasas y quitinasas que degradan la cutícula.



Germinación de la conidia de *Metarhizium anisopliae*

Modo de acción

Además de la acción física del micelio producido por la multiplicación del hongo en el interior del cuerpo del insecto que invade los órganos y tejidos, es muy importante la participación de las destruxinas que tienen una acción insecticida propia. El hospedero produce reacciones de defensa celular por ejemplo granulomas que son tejidos formados para rodear el micelio. Las toxinas producidas por el hongo erosionan estos granulomas y permiten a las blastosporas invadir el hemocele. Las toxinas también matan al hospedero al provocar una degradación progresiva de sus tejidos debido a la pérdida de integridad estructural de las membranas y la consecuente deshidratación de las células por pérdida de fluidos.

Sintomatología

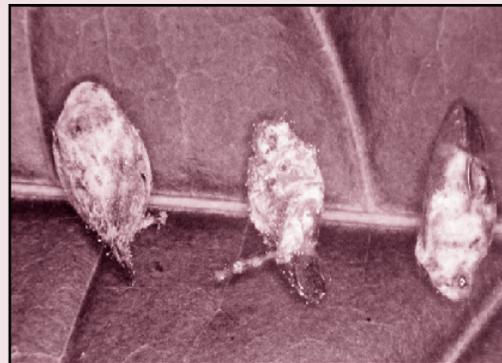
Los insectos enfermos presentan cambios de conducta, entre ellos cese de la alimentación, pérdida de coordinación, movilización a partes altas de la planta en que se encuentran o movilización hacia la superficie del suelo en caso de insectos del suelo y síntomas como cambio de coloración del tegumento o manchas en la piel. Después de morir, permanecen como cadáveres presentando los signos característicos como son crecimiento del hongo en las zonas intersegmentales del insecto y una coloración verde por efecto de la esporulación.

Toxicidad para otros organismos

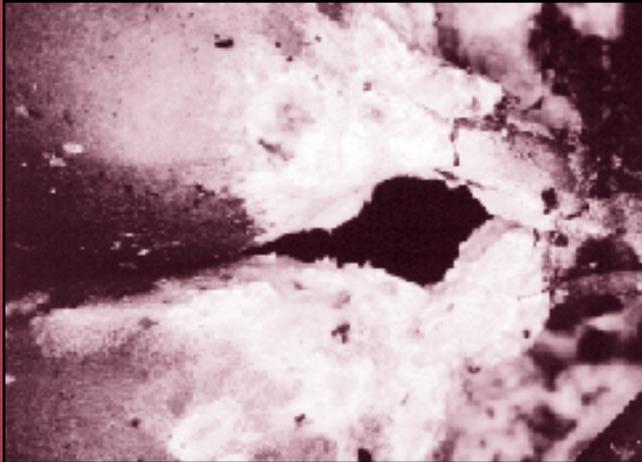
Este hongo no tiene efectos sobre otros organismos como vertebrados y sobre la salud humana. Tampoco se han encontrado efectos negativos del hongo sobre las abejas en el campo.



Chinche muerto por infección de *Metarhizium anisopliae*



Salvasos muertos por infección de *Metarhizium anisopliae*



Insectos muertos por infección de *Verticillium lecanii*

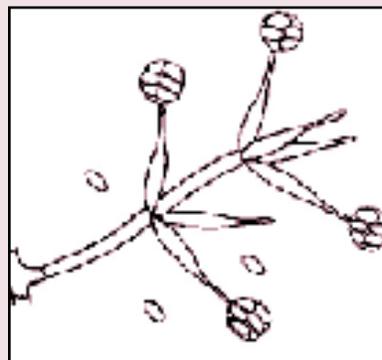
Verticillium lecanii

Importancia

Verticillium lecanii es un hongo entomopatógeno de amplia distribución que produce epizootias espectaculares en áfidos, escamas y cochinillas en regiones tropicales y subtropicales pero no en zonas templadas. Se han desarrollado varios productos comerciales que han sido usados principalmente en invernaderos para el control de áfidos como *Myzus persicae*, *Aphis gossypii* y mosca blanca (*Trialeurodes vaporariorum*). Es también común encontrarlo naturalmente sobre cochinillas en cítricos y también sobre *Coccus viridis* en café manteniendo las poblaciones de esta plaga por debajo del nivel de daño económico. Rara vez es encontrado sobre otros órdenes de insectos como Coleópteros, Dípteros, Colembola y arañas. También actúa como hiperparásito de la roya del café.

Características

Verticillium lecanii presenta unas estructuras que se ven al microscopio llamadas fiálidas que tienen apariencia de ramas y son células conidiógenas o estructuras donde se forman los conidios. Estas fiálidas son alargadas y se estrechan desde la base, presentándose en verticilos de 2–6, apareados o solitarios sobre hifas o apicalmente sobre ramas cortas. Los conidios son hialinos, aseptados, cilíndricos o elipsoides y son producidos dentro de gotas de mucus en los ápices de las fiálidas. Los cadáveres de insectos atacados por este hongo presentan un aspecto algodonoso de color blanco crema o amarillo.



Detalle de estructuras de *Verticillium lecanii*

Ciclo de vida

El ciclo de vida de *Verticillium lecanii* comprende la adhesión de los conidios del hongo a la cutícula del insecto. Posteriormente, ocurre la germinación de los conidios originando un tubo germinativo. Este hongo requiere una alta humedad para germinar y posiblemente una película de agua y una temperatura de 20 a 25°C. Luego se forma la estaquilla



Adulto de mosca blanca muerto por infección de *Verticillium lecanii*

de penetración para penetrar la cutícula. Varias enzimas participan en la invasión de la cutícula del insecto. Luego, dentro del hemocele, ocurre un crecimiento prolífico del hongo y la invasión de los tejidos y como consecuencia ocurre la muerte del hospedante participando posiblemente también algún metabolito tóxico en el proceso de degeneración. Después de la muerte, ocurre una fase de crecimiento micelial hacia el exterior que concluye con la producción de nuevas unidades reproductivas (conidios) sobre la superficie y rodeando el cadáver del insecto.

Toxinas

Verticillium lecanii produce la toxina bassinolide que ha sido aislada del micelio del hongo y que también es producido por *Beauveria bassiana*.

Modo de entrada

La cutícula es la única vía de infección del hongo. La penetración al interior del insecto ocurre tanto por acción química donde participan las enzimas lipasas proteasas y quitinasa como también la acción física mediante las estructuras propias del hongo para penetrar.

Modo de acción

Luego de la penetración ocurre un crecimiento acelerado del hongo dentro del cuerpo del insecto que invade órganos y tejidos y posiblemente hay una acción tóxica de la toxina que produce este hongo que va a provocar la muerte.

Sintomatología

Los insectos enfermos por este hongo entomopatógeno dejan de alimentarse y permanecen adheridos a la hoja en que se encuentran. En los estados iniciales de la enfermedad se presenta un cambio de coloración del tegumento del insecto. Después de la muerte, los insectos se observan de coloración crema por el crecimiento del hongo sobre los cadáveres.

Toxicidad para otros organismos

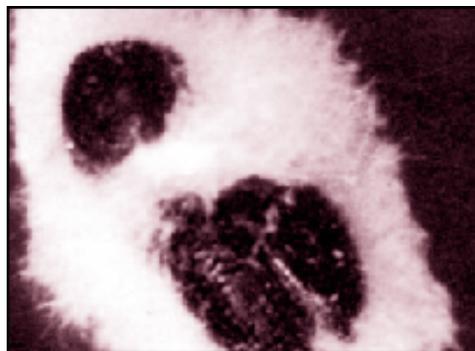
Este patógeno es inocuo para el hombre y otros vertebrados y tampoco se ha observado atacando insectos útiles o de importancia en el control biológico o a polinizadores, aunque se ha reportado su presencia en arañas, las cuales son generalmente depredadoras.

¿Cómo se utilizan?

Beauveria bassiana

¿Qué plagas controla?

Beauveria bassiana (musccardina blanca), infecta una gran diversidad de familias de insectos pero especialmente Coleópteros y Lepidópteros. Entre las plagas para las cuales se aplica más *B. bassiana*, están la mosca blanca (*Bemisia tabaci*), el picudo del algodón (*Anthonomus grandis*), el picudo del chi-



B. bassiana controlando la broca del café

le (*Anthonomus eugenii*), el escarabajo de la papa (*Leptinotarsa decemlineata*), *Cydia pomonella* en manzana, el barrenador europeo del maíz (*Ostrinia nubilialis*), un gusano de los pinos (*Dendrolimus* spp.), la broca del café (*Hypotenemus hampei*), el picudo de la caña de azúcar (*Metamizus hemipterus*), el gorgojo de la caña de azúcar (*Sphenophorus levis*), el barrenador gigante de la caña de azúcar (*Castnia licus*), el picudo del plátano (*Cosmopdites ordidus*) y diferentes especies de chinches y saltamontes.

¿Cómo se aplica?

Para utilizar los hongos entomopatógenos se deben considerar los siguientes aspectos: La capacidad de los hongos para causar epizootias, el grado de virulencia y persistencia de los hongos a usar, la factibilidad de producirlos masivamente o la disponibilidad de productos comerciales y cómo se comporta el hongo ante los factores ambientales y de manejo del cultivo.



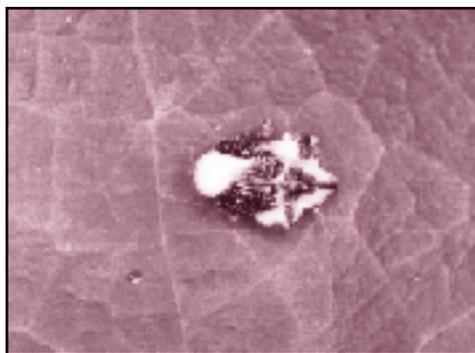
Larva de *Plutella* controlada por *B. bassiana*

Antes de la aplicación, es recomendable hacer un monitoreo poblacional de la plaga y aplicar según el grado de infestación, usando en lo posible un umbral y posteriormente, hacer un seguimiento periódico del nivel poblacional y del daño.

Se debe utilizar la dosis recomendada como más efectiva haciendo una cobertura adecuada en el estrato de la planta donde la plaga está causando el daño.

Las aplicaciones deben ser hechas con la frecuencia que determinen los muestreos poblacionales,

en el momento del día con menos incidencia de radiación y usando coadyuvantes. En el caso de *Plutella xylostella*, se recomienda hacer un tratamiento de *B. bassiana* de tres aplicaciones realizadas cada cuatro días, utilizando 1,012 esporas por hectárea, continuar los muestreos poblacionales y realizar otro tratamiento de 3 aplicaciones seguidas de la manera mencionada. Este tipo de aplicación asegura una mejor efectividad que las aplicaciones realizadas con dosis mayores pero calendarizadas o de la forma tradicional. En algunas de las técnicas de aplicación se utilizan los mismos equipos y boquillas usadas para hacer aplicaciones convencionales pero otras utilizan equipos de ultra bajo volumen y esto va a depender



Picudo del plátano controlado por *B. bassiana*

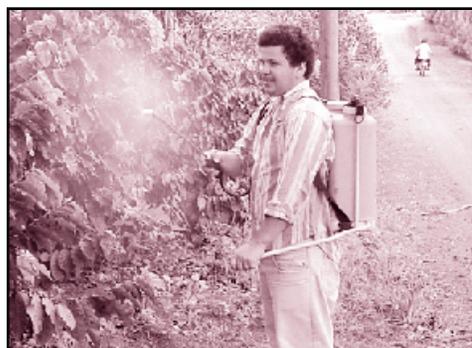


Recuento de *Plutella* en repollo para determinar el momento de aplicación

de la plaga y de las recomendaciones específicas. Otras técnicas involucran la aplicación utilizando trampas atrayentes impregnadas con el hongo como es el caso de trampas de pseudotallo que son utilizadas para atraer al picudo del plátano (*Cosmopolites sordidus*).

¿Cómo se asegura una mejor actividad?

Para mejorar la actividad de *B. bassiana* en el campo, se recomienda hacer las aplicaciones cuando la plaga se encuentra en el estado de su ciclo de vida más susceptible, el cual corresponde a los estadios iniciales de los insectos. Sin embargo, muchas veces la aplicación es dirigida al control de



Aplicación de *B. bassiana* con bomba de mochila

adultos ya que los estadios más susceptibles se encuentran en sitios escondidos en la planta que no son accesibles al hongo entomopatógeno, como sucede con los picudos del plátano o del chile.

Se debe también utilizar la cepa más virulenta para la plaga objetivo, asegurarse que los conidios presentes en el producto a aplicar poseen una alta viabilidad, que tengan una adecuada cobertura del cultivo y que realmente el producto esté llegando a la plaga que queremos controlar por lo que se recomienda monitorear la efectividad periódicamente. También, es recomendable manejar los otros problemas que aparecen en el cultivo, como son otras plagas y enfermedades, con tácticas que no interfieran con el hongo aplicado, como por ejemplo, la reducción del uso de los fungicidas.

¿Cuáles son los productos comerciales?



Producto Mirabiol
(UCA-Mirafior, Nicaragua)
a base de *B. bassiana*

Uno de los productos desarrollados hace unos años por Troy Biosciences es Naturalis-L™. Otro producto fue desarrollado en Rusia (Boverin™). En Colombia, *B. bassiana* es ampliamente usada con los nombres comerciales de Bauveril y Brocaril. Ambas formulaciones son de la compañía colombiana Laverlam. En Costa Rica, existe el producto BauveDieca producido por los laboratorios DIECA. Diferentes razas de este hongo han sido evaluadas por Mycotech Corp (Butte, Montana, U.S.A.). Esta compañía tiene dos productos registrados, Mycotrol® y BotaniGard®, basados en la raza GHA de *B. bassiana*.



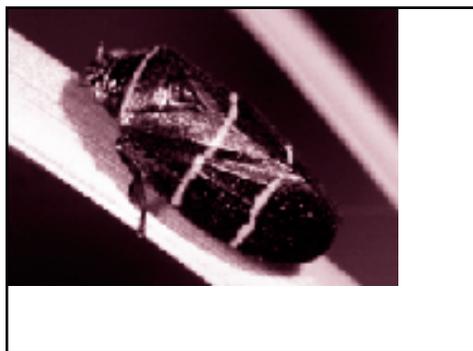
B. bassiana formulado
en aceite emulsificable
(UNA-Nicaragua)

PRODUCTO	COMPAÑÍA	PAÍS	PATÓGENO	OBJETIVO	DOSIS RECOMENDADA
Mycotrol	Mycotech	USA	<i>Beauveria bassiana</i>	Varios cultivos	0.3 Kg/ha
BotaniGard	Mycotech	USA	<i>Beauveria bassiana</i>	Invernaderos	0.25–1 Kg/100 gal
Naturalis	Troy BioSciences	USA	<i>Beauveria bassiana</i>	Varios cultivos	—
BeauveDieca	DIECA	CR	<i>Beauveria bassiana</i>	Caña de azúcar	2.5–5 × 10 ¹²
Beauveil	LABERLAM	Col	<i>Beauveria bassiana</i>	Varios cultivos	50–100 gr/200 L
Brocañil	LABERLAM	Col	<i>Beauveria bassiana</i>	Café	50–100 gr/200 L
No reg.	UNA	Nic	<i>Beauveria bassiana</i>	Varios cultivos	1,012 con/ha
Mirabiol	UCA-Miraflor	Nic	<i>Beauveria bassiana</i>	Café, repollo	1,012 con/ha

Metarhizium anisopliae

¿Qué plagas controla?

Metarhizium anisopliae (muscardina verde) es utilizado para el control de muchas plagas en diferentes cultivos, entre ellas, el salivazo de la caña de azúcar (*Aenolamia* spp., *Mahanarva postica*) y otros Cercopidos y el salivazo de los pastos (*Zulia* spp.). Se ha utilizado para el control del picudo rayado



Adulto de salivazo de la caña de azúcar y pastos

(*Metamazius hemipterus*) en caña de azúcar. También ha sido probado contra *Nezara viridula*, *Piezodorus guildinii* y *Euchistus heros* en soya, contra el escarabajo del coco (*Oryctes rhinocerus*) y el control de termitas (*Cornitermes cumulans*). *M. anisopliae* produce toxinas tales como destruxina E, que es un compuesto con actividad repelente e insecticida que tiene efecto sobre *Myzus persicae*. También, ejerce un buen control sobre plagas como la mosca blanca (*Bemisia tabaci*).

Otra especie, *Metarhizium flavoviride*, ha sido usada por el Instituto Internacional de Control Biológico de Silwood Park, Berkshire para el control de langosta (*Zonocerus variegatus*) en Africa. Esta formulación se desarrolló a través de ensayos realizados con la langosta del desierto (*Schistocerca gregaria*).

¿Cómo se aplica?

Antes de la aplicación de *Metarhizium*, es recomendable hacer un monitoreo poblacional de la plaga presente en el cultivo y aplicar cuando se sobrepase el umbral definido para la plaga a controlar. Para las aplicaciones posteriores se debe continuar con los muestreos del nivel poblacional y del daño.



Monitoreo de salivaso para determinar el momento de aplicación

Se debe utilizar la dosis recomendada como más efectiva haciendo una buena cobertura con el producto, dirigiéndola al estrato de la planta donde la plaga está causando el daño.

Las aplicaciones se deben realizar en el momento del día con menos incidencia de radiación y usando coadyuvantes. Para la aplicación, se pueden utilizar equipos convencionales o bien equipos de bajo o ultrabajo volumen y esto va a depender de la plaga y de las recomendaciones específicas para el producto. Otra forma de aplicar el producto es utilizando trampas atrayentes impregnadas con el hongo como las utilizadas para el picudo rayado (*Metamazius hemipterus*) en caña de azúcar.

¿Cómo se asegura una mejor actividad?

Para mejorar la actividad de *M. anisopliae* en el campo, se deben seguir las mismas recomendaciones dadas para *B. bassiana* en la sección anterior. Es importante considerar la viabilidad del producto a usar ya que los conidios de *M. anisopliae* pierden más rápido la viabilidad que los conidios de *B. bassiana*, por lo que hay que tomar muy en cuenta el almacenamiento de este producto.

¿Cuáles son los productos comerciales?

PRODUCTO	COMPAÑÍA	PAÍS	PATOGENO	OBJETIVO	DOSIS RECOMENDADA
Bio-Blast	EcoScience	USA	<i>Metarhizium anisopliae</i>	Termitas	—
MetaDieca	DIECA	CR	<i>Metarhizium anisopliae</i>	Caña	2.5–5 × 10 ¹²
Dextruxin	LABERLAM	Col	<i>Metarhizium anisopliae</i>	Cultivos	50–100 g /200 L
No reg.	UNA	Nic	<i>Metarhizium anisopliae</i>	Cultivos	1,012 con/ha

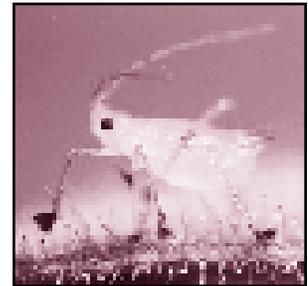
Verticillium lecanii

¿Qué plagas controla?

Verticillium lecanii es un hongo efectivo en el control de plagas de Homópteros y tiene la capacidad de crear epizootias cuando las condiciones de humedad y temperatura son favorables. Infecta naturalmente áfidos y escamas en los trópicos y subtropicos. Algunas especies de áfidos en que se ha utilizado son: *Myzus persicae* en crisantemo y *Aphis gossypii* en pepino, ambos bajo invernadero. En mosca blanca, principalmente *Trialeurodes vaporariorum*, también en invernadero. En Cuba, se utiliza para reducir poblaciones de moscas blancas en los cultivos de tomate y frijol.

¿Cómo se aplica?

La aplicación de *V. lecanii* se debe realizar en horas de la tarde. Se recomienda usar agentes humectantes. Generalmente una sola aplicación puede ser suficiente para introducir la enfermedad en la población y alcanzar un adecuado nivel de control. Aunque las dosis altas dan un mejor control de *Myzus persicae*, se ha visto que con dosis bajas y frecuentes los resultados también son buenos. En áfidos menos móviles como *Aphis gossypii*, se requiere hacer nuevas aplicaciones mientras que para *Trialeurodes*, se requiere repetir la aplicación dirigiéndola principalmente al follaje nuevo.



Adulto de áfidos susceptible a la infección por *V. lecanii*

Aplicaciones semanales de 107 esporas por litro resultan en una reducción del 90% de la población de mosca blanca y este control se puede mantener por varias semanas con sólo una o dos aplicaciones. Laverlam de Colombia produce la formulación Vertisol WP, la que aplicada al follaje, dirigida principalmente al envés, permite el control de la mosca blanca en algodón, melón, tabaco y tomate, en dosis de 50 a 100 gr/ha. En caso necesario se recomienda realizar una segunda aplicación a los 10–12 días.

¿Cómo se asegura una mejor actividad?

Para asegurar una adecuada germinación de las esporas y un alto nivel de infección de los insectos, las aplicaciones se deben sincronizar con una óptima humedad, lo cual se logra cuando se hace en horas de la tarde.

Una vez que la enfermedad es introducida, ya sea natural o artificialmente mediante la aplicación de un producto, este se distribuye en la plantación a través del contagio y de la dispersión natural por el movimiento de los áfidos hacia otras plantas, por la participación de otros insectos como hormigas, ácaros y otros organismos desde el suelo y por la lluvia o el agua de riego.

¿Cuáles son los productos comerciales?

Verticillium lecanii fue el primer hongo comercializado en Europa, en el Reino Unido en 1981 como Vertalec™, para control de cinco especies de áfidos en invernaderos. Más tarde se registró otro aislado como Mycotal™ para el control de la mosca blanca de invernaderos (*Trialeurodes vaporariorum*). En Cuba se producen diferentes formulaciones a base de este hongo, mientras que en Colombia se produce un producto llamado Vertisol WP por los laboratorios Laverlam.

Forma de aplicación de algunos hongos entomopatógenos

PLAGA A CONTROLAR	HONGO	ESTRATEGIA	MÉTODO	EFICACIA	DOSES
<i>Sphenophorus levis</i>	<i>Metarhizium anisopliae</i>	h oculativo	Trampa	46%	500gr/incaulo
Cercópodos de caña	<i>Metarhizium anisopliae</i>	hundativa	Asperjado	80%	25–5×10 ¹²
Cercópodos de pastos	<i>Metarhizium anisopliae</i>	hundativa	Asperjado	10–60%	5×10 ¹²
Langosta <i>Schistocerca</i>	<i>Metarhizium anisopliae</i>	hundativa	Asperjado	80%	10 ¹²
Termitas <i>Cornitermes</i>	<i>Metarhizium anisopliae</i>	hundativa	Enricbs	100%	2–5gr/anidios
Chinche de arroz <i>Tibraca</i>	<i>Metarhizium anisopliae</i>	hundativa	Asperjado	60%	1×10 ¹³
<i>Cosmopolites sordidus</i>	<i>Beauveria bassiana</i>	h oculativa	Trampa	60–80%	2.75×10 ¹¹
<i>Sphenophorus levis</i>	<i>Beauveria bassiana</i>	h oculativo	Trampa	90%	500gr/incaulo
<i>Diatraea sacharalis</i>	<i>Beauveria bassiana</i>	hundativa	Asperjado	48%	1×10 ¹³
<i>Plutella xylostella</i>	<i>Beauveria bassiana</i>	hundativa	Asperjado	60–80%	10 ¹²
<i>Castnia licus</i>	<i>Beauveria bassiana</i>	hundativa	Asperjado	40%	—
<i>Hipotenemus ampei</i>	<i>Beauveria bassiana</i>	hundativa	Asperjado	60%	1,0 ¹²
<i>Bemisia tabaci</i>	<i>Beauveria bassiana</i>	hundativa	Asperjado	40%	2.5×10 ¹²
Termitas	<i>Beauveria bassiana</i>	hundativa	Enricbs	83%	2–5gr/anidios
<i>Anthonomus eugenii</i>	<i>Beauveria bassiana</i>	hundativa	Asperjado	Bajo	10 ¹²
<i>Myzus persicae</i>	<i>Verticillium lecanii</i>	hundativa	Asperjado	Alta	4×10 ⁹
<i>Aphis gossypii</i>	<i>Verticillium lecanii</i>	hundativa	Asperjado	Alta	4×10 ⁹
<i>Trialeurodes</i>	<i>Verticillium lecanii</i>	hundativa	Asperjado	Alta	4×10 ⁹
<i>Bemisia</i>	<i>Verticillium lecanii</i>	hundativa	Asperjado	Media	4×10 ⁹
<i>Coccus virides</i>	<i>Verticillium lecanii</i>	hundativa	Asperjado	Alta	4×10 ⁹

Control del **salivazo** mediante el hongo **Metarhizium anisopliae** en caña de azúcar en Costa Rica

El salivazo (*Aeneolamia* spp. y *Prosapia* spp.) está entre las plagas de mayor importancia en la caña de azúcar en Costa Rica. Las primeras poblaciones aparecen cuando se inician las lluvias y se prolongan hasta el mes de noviembre, lo que se manifiesta por la ocurrencia de picos poblacionales de ninfas y adultos de manera escalonada y sobrepuesta. La severidad de su daño depende del manejo del cultivo, de su estado fenológico y del número de generaciones del insecto que se presenten durante el período.



Adulto de salivazo, plaga de la caña de azúcar



Campo de caña con trampa para salivazo

Además de otras prácticas de manejo cultural para reducir el impacto de la plaga, se ha venido utilizando el hongo entomopatógeno *Metarhizium anisopliae*. Para la aplicación del hongo en la plantación, se utilizan diferentes sistemas. El sistema más utilizado es mediante equipo aéreo, correspondiendo al 70%, principalmente en Guanacaste. Otro es el motorizado terrestre, en el cual, se utiliza un cañón de aplicación; este es utilizado principalmente en las zonas de San Carlos, Puntarenas y Juan Viñas y representa el 30%. Finalmente, se utiliza la aplicación con bomba de espalda que es utilizada en menos del 1% en áreas de Pérez Zeledón, San Carlos y Turrialba.

Para las aplicaciones, se utilizan concentraciones de $2.5-5 \times 1,012$ conidios/ha, llegando a un máximo de 1,013 conidios/ha. Se recomienda un surfactante o bien un aceite agrícola que, utilizado en un

Para las aplicaciones, se utilizan concentraciones de $2.5-5 \times 1,012$ conidios/ha, llegando a un máximo de 1,013 conidios/ha. Se recomienda un surfactante o bien un aceite agrícola que, utilizado en un

17–30%, ha dado un buen resultado. Para tomar la decisión de aplicar, se deben realizar muestreos de 5 puntos de 5 metros lineales por ha de caña, usando un umbral de 0.4 ninfas/tallo ó 0.2 adultos. Actualmente, se está tratando de



Producción de *Metarhizium anisopliae* sobre arroz



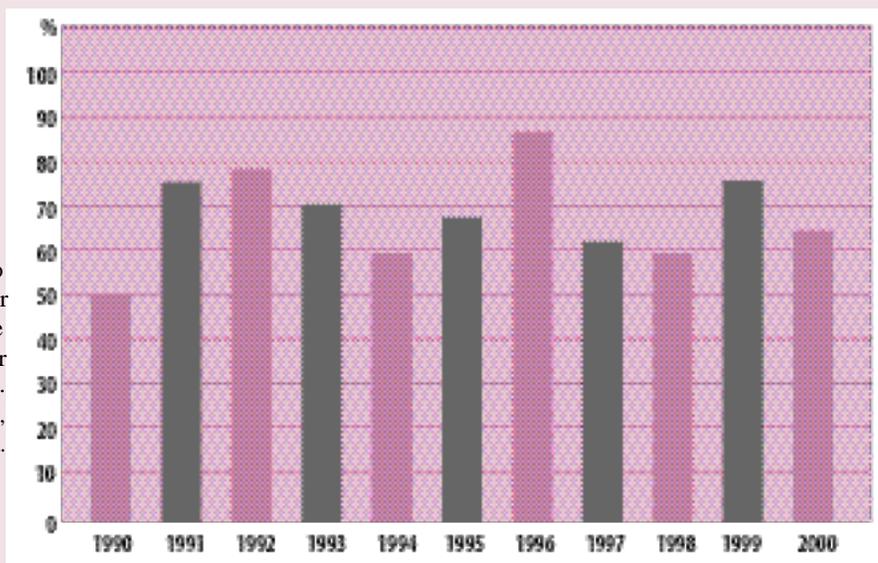
Caldo de *Metarhizium anisopliae* para aplicación en caña de azúcar

realizar

las aplicaciones con el umbral de 0.2 ninfas/tallo con el fin de asegurar un mejor parasitismo.

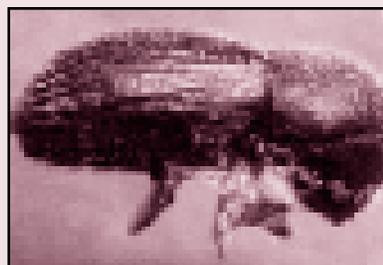
La primera aplicación se debe realizar en cañales de 4–6 meses, apenas se confirme que se alcanzó el nivel, lo cual corresponde a los meses de junio a julio y los siguientes muestreos 8–10 días después del primero, continuando con muestreos sucesivos para monitorear la incidencia de la plaga y determinar la necesidad de aplicaciones adicionales. Con 2 a 3 aplicaciones, es suficiente para bajar la intensidad de la plaga. El éxito que ha tenido el hongo en el control de esta plaga se indica en la figura adjunta donde se observan niveles superiores al 60% durante todos los años exceptuando el primer año donde fue del 50%.

Porcentaje de parasitismo de salivazo causado por *Metarhizium anisopliae* en caña de azúcar durante 10 años. Alejandro Rodríguez, DIECA, Costa Rica.



Control del broca del café mediante *Beauveria bassiana* en Colombia

Los hongos entomopatógenos para el control de broca del café son un componente fundamental en el desarrollo de un programa de manejo integrado que tenga por finalidad la preservación del medio ambiente y la racionalidad en el uso de insecticidas químicos. Se considera que los hongos



Adulto de broca de café

Beauveria bassiana y *Metarhizium anisopliae* pueden jugar un papel muy importante en el control de *Hypotenemus hampei*, bajo las condiciones de los ecosistemas cafeteros de Colombia. Debido al sombrío y auto sombrío del café, hay bastante protección de la radiación solar y la humedad relativa alcanza niveles óptimos para estos hongos durante ciertos momentos del día.

B. bassiana ha sido encontrado infectando *H. hampei* prácticamente en todos los países a donde ha llegado este insecto. La incidencia del hongo varía de un país a otro y estas diferencias pueden deberse a factores climáticos. Los resultados sobre evaluaciones hechas en Colombia, indican que las cepas Bb 9212 y Bb 9205 matan la broca más rápido, en un tiempo promedio de mortalidad de 2.63 ± 0.79 y 4.16 ± 1.14 días respectivamente, comparados con otros aislamientos.

CENICAFE ha desarrollado un método de producción industrial de Bb y actualmente existen cinco compañías en Colombia, con licencia del ICA, que suministran hongo formulado para el control de la broca. También ha desarrollado una tecnología artesanal para producir el hongo en fincas.

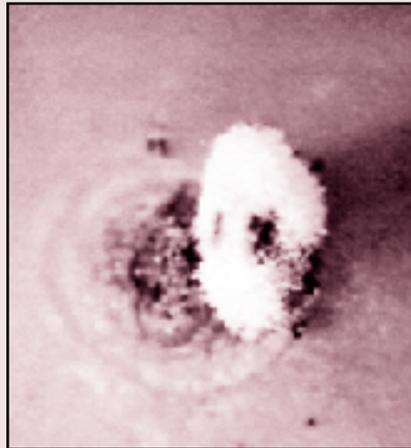


Frutos brocados con presencia de *B. bassiana*

Estudios realizados en Colombia, donde asperjaron lotes con Bb en dosis de $2.37 \times 1,010$ esporas por árbol a los cero, 25 y 42 días, realizando sólo tres aplicaciones y en otro estudio

en que usaron $1.6-1.7 \times 1,010$ esporas/árbol, aplicando cada 15 días y realizando un total de 6 aplicaciones.

El efecto del hongo en el campo es evidente; se presenta y actúa como un enemigo natural permanente. En el primer estudio, se logró una infección de Bb en broca del 48.1% en promedio después de tres aplicaciones. En el otro estudio, la infección por Bb se incrementó hasta alcanzar un promedio de 69% de infección. Los resultados demostraron que se puede inducir una infección por el hongo y que los niveles se incrementaron a medida que se hicieron más aspersiones.



Adulto de broca atacado por *B. bassiana*

Los estudios de epizootiología, realizados en Colombia, indican que una proporción apreciable de la población de frutos infectados con broca, fue infectada por el hongo alcanzando niveles a veces superiores al 75% y también indican que Bb tiene una buena capacidad de dispersión. Se establece en los cafetales y es capaz de ejercer un control sobre las poblaciones de broca, el cual es variable y depende tanto de condiciones de densidad de la plaga,

como de las ambientales de humedad y radiación. Sin embargo, a pesar de las altas infecciones del hongo, los niveles de infestación por broca, aunque se redujeron considerablemente, son aún bastante altos y causan daño económico, por lo que se requiere complementarlo con otras medidas de control dentro de un esquema MIP.

En uno de los estudios desarrollados, se evaluaron tres concentraciones y tres equipos de aplicación sobre poblaciones de broca a través de infestaciones artificiales de brocas adultas en frutos maduros en cafetales. Se evaluaron dosis de 1×10^{11} , 1×10^{10} , 1×10^9 con tres equipos de aspersión, el Motax, el de presión previa re-

tenida y el semiestacionario. La infección de broca por el hongo se incrementó en la medida en que se incrementó la dosis. No hubo diferencias significativas entre los equipos, ni entre las dosis.

Para el manejo de broca, se hace necesario el empleo de dosis altas, lo cual plantea la necesidad de contar con formulaciones que se puedan asperjar con los equipos convencionales y con la tecnología de tamaño controlado de gota, que básicamente usa equipos de bajo y ultrabajo volumen, sin que se presenten problemas de taponamiento.

El equipo Motax fue desarrollado en CENICAFE, Colombia, con la cooperación de la compañía inglesa Micron, para la aplicación de bajo volumen en el cultivo del café. Este equipo utiliza un volumen de aplicación de 56 a 59 litros por hectárea con coberturas de 79–179 gotas/cm². Esto permite mejorar tanto la eficiencia física y biológica de las aspersiones y reducir los costos de la aspersión, ya que la labor se puede realizar en menor tiempo y utilizando un menor consumo de agua que con los equipos convencionales. El problema encontrado con bajos volúmenes de aplicación es de taponamiento de boquillas, en aquellas formulaciones que contienen altas proporciones de material inerte en la mezcla con esporas. Se han detectado problemas también con esporas provenientes del lavado del arroz, ya que al lavar el arroz, aunque utilice filtros finos, pasa fécula que posteriormente se hidrata y se sedimenta causando igualmente bloqueo del equipo.

Bibliografía

- Alves, S.B. 1986. Controle microbiano de insetos. Editora Manole, Brasil.
- Alves, S.B., Lecuona, R.E. 1996. Utilización de hongos entomopatógenos. En Lecuona, R.E. (Ed.) Microorganismos patógenos usados en el control microbiano de insectos plaga. Buenos Aires, Argentina, pp.241–254.
- Burges, H.D. 1981. Microbial control of pests and plant diseases. Acad. Press, London.
- Bustillo, A.E., Cárdenas, M.R., Villalba, G.D., Benavides, M.P. Orzoco, H.J., Posada, F.F. 1998. Manejo Integrado de la Broca del Café *H. hampei* (Ferr) en Colombia. Chinchina, Colombia; CENICAFE.
- Cave, R.D. 1995. Manual para la enseñanza del control biológico en América Latina. 1a.ed., Zamorano, Honduras; Zamorano Academic Press.
- Evans, H.F. 1997. Microbial Insecticides: Novelty or necessity? BCPC Symposium Proceedings No.68. University of Warwick, Coventry, UK.
- Fernández-Larrea, O. 2001. Temas interesantes acerca del control microbiológico de plagas. La Habana, INISAV.
- Florez, E., Bustillo A.E., Montoya, E.C. 1997. Evaluación de equipos de aspersión para el control de *Hypotenemus hampei* con el hongo *Beauveria bassiana*. Cenicafé 48(2):92–98.
- Flexner, J.L., Belnavis, D.L. 2000. Microbial insecticides. En Rechcigl J.E., Rechcigl, N. (Eds). Biological and Biotechnological control of Insects pests. Lewis Publishers. pp.35–62.
- Hall, F. R., Menn, Julius. Biopesticides. Use and delivery. Humana Press, New Jersey.
- Humber, R. A. 1997. Fungi Identification. En Lacey, L. (Ed). Manual of techniques in insect pathology. Academic Press, London. pp.153–185.
- Jiménez-Gómez, J. 1992. Patogenicidad de diferentes aislamientos de *Beauveria bassiana* sobre la broca del café. Cenicafé 43(3):84–104.
- Lacey, L. 1997. Manual of techniques in insect pathology. Biological techniques series. Academic Press.
- Lecuona, R.E. 1996. Microorganismos patógenos empleados en el control microbiano de insectos plaga. Buenos Aires, Argentina.
- Lecuona, R. 1996. Técnicas empleadas con hongos entomopatógenos. En Lecuona, R.E. (Ed.) Microorganismos patógenos usados en el control microbiano de insectos plaga. Buenos Aires, Argentina. pp.143–150.
- Lecuona, R.E., Alves, S.B. 1996. Epizootiología. In. Lecuona, R.E. (Ed.) Microorganismos patógenos usados en el control microbiano de insectos plaga. Buenos Aires, Argentina. pp.17–4.
- Lecuona, R., Papierok, B., Riba, G. 1996. Hongos entomopatógenos. En Lecuona, R.E. (Ed.) Microorganismos patógenos usados en el control microbiano de insectos plaga. Buenos Aires, Argentina. pp.35–60.
- Lindsey, J., Belnavis, D. L. 2000. Microbial insecticides. En Rechcigl, J.E., Rechcigl, N.A. (Eds.) Biological and Biotechnological Control of Insects Pests. Agricultural and Environment Series. Lewis Publishers. pp.35–62.
- Poinar, Jr., G.O., Thomas, G.M. 1984. Laboratory guide to insect pathogens and parasites. Plenum Press, New York, London.
- Samson, R.A., Evans, H.C. Latgé, J.P. 1988. Atlas of entomopathogenic fungi. Springer-Verlag, Netherlands.
- Starnes, R.L., Li Liu, Chi., Marrone, P.G. 1993. History, use and future of microbial insecticides. American Entomologist. Summer 1993. pp.83–91.
- Tanada, Y.; Kaya, H.K. 1993. Insect Pathology. Academic Press Inc., San Diego.
- Velez, P.E., Montoya, E.C. 1993. Supervivencia del hongo *Beauveria bassiana* bajo radiación solar en condiciones de laboratorio y campo. Cenicafé 44(3):111-122.
- Velez, P., Posada, F., Marín, P., González, T., Osorio, E., Bustillo, A. 1997. Técnicas para el control de calidad de formulaciones de hongos entomopatógenos. CENICAFE. Boletín Técnico N°17.

4

CONTROL BIOLÓGICO DE INSECTOS MEDIANTE VIRUS ENTOMOPATÓGENOS

López P. José Antonio • BASF

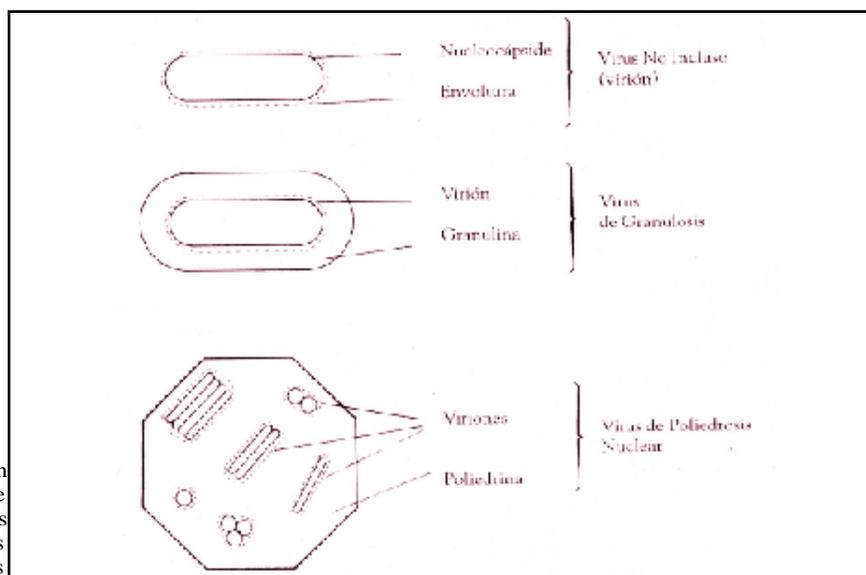
Narváez Cony • UNAN-LEÓN

Rizo Carmen • UNAN-LEÓN

¿Qué son los virus entomopatógenos?

Los virus entomopatógenos son considerados entidades infecciosas cuyo genoma está constituido por ácido nucleico, ya sea ADN o ARN. Son patógenos obligados ya que necesitan de un organismo vivo, el hospedante, para poder multiplicarse y diseminarse en el agroecosistema. Se presentan naturalmente en forma enzoótica, esto es, causando enfermedad en un bajo número de individuos en la población de insectos susceptible. Existen más de 700 virus infectando diversos órdenes de insectos pero, sólo algunos virus son candidatos promisorios para ser utilizados como insecticidas biológicos en programas de control de plagas.

Representación esquemática de las estructuras de diferentes tipos de virus



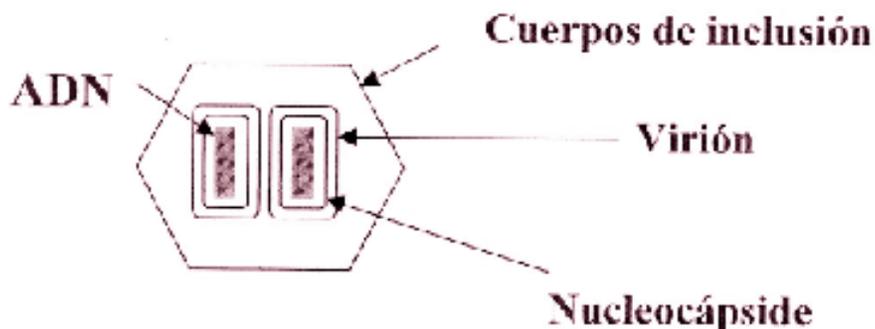
¿Cómo se clasifican y cuáles son sus características?

Los virus que parasitan invertebrados se dividen en dos grandes grupos: Los que presentan un cuerpo de inclusión de naturaleza proteica, visibles al microscopio óptico. Entre ellos podemos mencionar los baculovirus (el virus de poliedrosis nuclear VPN, y el virus de granulosis VG, los virus de poliedrosis citoplasmática VPC y los Entomopoxvirus).

Los que no presentan cuerpos de inclusión y por lo tanto sólo se pueden visualizar por medio de un microscopio electrónico. Entre ellos se encuentran el baculovirus no incluido de *Oryctes rhinoceros* y otros como se observa en el siguiente cuadro.

Clasificación de los virus y sus características principales

FAMILIA	GÉNERO	CARACTERÍSTICA	HOSPEDERO
Baculoviridae	A. Poliedrosis Nuclear (VPN) Gen. Baculovirus	ADN (d)	Sólo afectan a invertebrados Más utilizados en el control biológico
	B. Granulosis (VG) Gen. Baculovirus		
	C. Virus Oryctes		
Reoviridae	Opovirus Gen. Virus Poliedrosis Citoplasmática	ARN (d)	Ocurre en Lepidopteros, Dipteros, Hymenopteros, Coleopteros
Poxviridae	Gen. Entomopoxivirus Sub gen. A, B, y C	ADN (d)	Muchos miembros, poco impacto en población de insectos. Géneros que afectan vertebrados (incluye humanos)
Iridoviridae	Gen. Iridovirus Gen. Chloridovirus	ADN (d)	Géneros que afectan vertebrados
Parvoviridae	Gen. Densovirus Virus Denonucleosus	ADN (s)	Hay parvovirus en ratones, gansos, etc. . .
Picomaviridae	Gen enterovirus Aún no clasificados	ARN (s)	Presentan semejanzas con los virus de animales y plantas
Rhabdoviridae	Vesículo virus Lisavirus	ARN	Parcido al virus de la rabia, mosaico de la papa
Polydnaviridae	Ichnovirus Bracovirus	ARN (d)	Encontrados exclusivamente en Hymenopteras parasíticas.
Bimaviridae	Bimavirus	ARN	Solo algunos miembros afectan a invertebrados
Togaviridae	Alphavirus	ARN	
Flaviviridae	Havivirus	ARN	Virus del dengue (mosquito solo es usado como huésped intermedio).
Bunyaviridae	Bunyavirus Phlebovirus Nairovirus	ARN	Varios artrópodos y vertebrados de sangre caliente
Tetraviridae	Nudaurelia beta	ARN (s)	
Nodaviridae	Nodavirus	ARN (s)	Patógeno en mamíferos



Detalle de la estructura del VPN

Virus de Poliedrosis Nuclear (VPN)

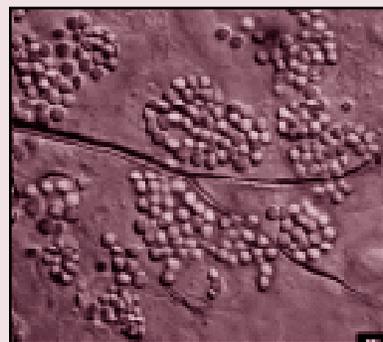
Sólo vamos a considerar el Virus de Poliedrosis Nuclear (VPN) que es el único que se produce y comercializa en Centroamérica.

Importancia

El virus de poliedrosis nuclear pertenece a los Baculoviridae y son los que presentan mayor potencial para ser usados en el control microbiano. La mayoría de los productos comerciales son de este grupo. Esto debe a su especificidad a determinadas plagas, su infectividad, su alta virulencia, su compatibilidad con otras tácticas de control, su facilidad de producción, su estabilidad en almacenamiento y su seguridad (inocuo al hombre y otros animales) y no afectar el balance natural del agroecosistema.

Características

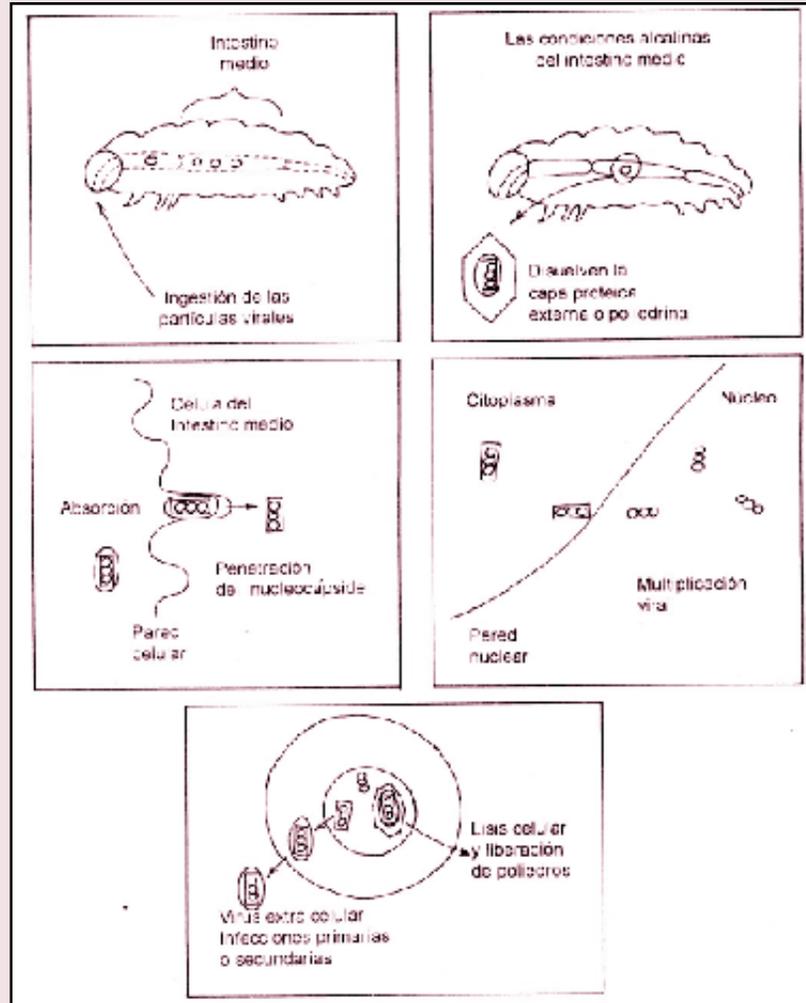
La estructura del virus de poliedrosis nuclear (VPN) consiste de una capa interna de proteína llamada cápside que rodea o protege el ácido nucleico en dos bandas que, en este caso, es el ADN. A este conjunto se le denomina nucleocápside. El nucleocápside se puede presentar individualmente en su envoltura lipoprotéica por lo que se le denomina simple o sVPN o bien estar en grupos dentro de ella y se les denomina múltiples o mVPN. Al conjunto de nucleocápside más la envoltura se llama virión o partícula viral y es la unidad infectiva del virus. Los viriones a su vez están envueltos por una matriz proteica formando el cuerpo de inclusión poliedral, (CIP) o poliedro. Estos



Partículas de VPN

cuerpos de inclusión poliédrica varían en tamaño entre 0.5 a 15 μm de diámetro y su forma depende de los aislados de que proviene. Este poliedro está formado de poliedrina. Pueden contener hasta 100 viriones por poliedro y sólo se multiplican en el núcleo.

Ciclo de vida



Ciclo de vida del virus VPN

Los poliedros del virus presentes en el alimento son ingeridos por las larvas de Lepidóptera. Estas partículas virales llegan al intestino y sufren una serie de transformaciones que resultan en su multiplicación en el núcleo de las células del intestino produciendo miles de nuevas partículas virales y la muerte del insecto. Los cadáveres

constituyen una fuente de inóculo importante en la dispersión del virus hacia otras larvas susceptibles presentes en un cultivo. El agua de lluvia y las mismas larvas caídas al suelo transportan las partículas virales dentro del suelo, donde permanece hasta el próximo año y serán el inóculo inicial para las futuras infecciones. La dispersión ocurre por medio del viento, lluvia, riego y laboreo y los factores bióticos como parasitoides, depredadores, adultos del huésped, detritívoros y aves. El virus puede persistir en el ambiente gracias a su permanencia en el follaje de las plantas, en el suelo y también a través del mismo huésped.

Toxinas

Los virus entomopatógenos no producen toxinas.

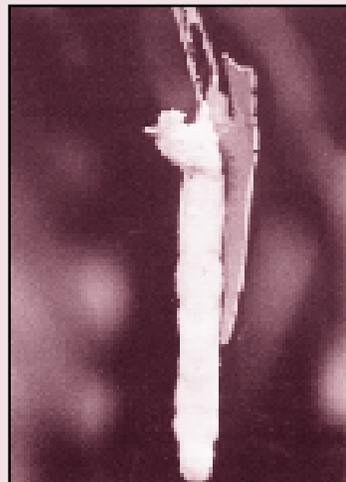
Modo de entrada

Las partículas virales penetran al insecto a través de la boca cuando las larvas consumen alimento que está contaminado con los poliedros del virus. También, es posible la contaminación a través de los huevos de los insectos por vía interna y externa por contaminación del corium, de modo que la contaminación de las larvas recién nacidas es facilitada por su hábito de comer el corium de los huevos. Posteriormente ingresan al intestino. El sitio principal para la unión y entrada de las partículas virales son las células epiteliales del intestino medio.

Modo de acción

Las partículas (poliedros) que llegaron al intestino de las larvas se disuelven por acción del jugo digestivo altamente alcalino (pH de 9.5 a 11.5), resultando en la liberación de la partícula viral o virión lo cual constituye la infección primaria. Esta partícula viral se fusiona con la membrana de las células de las microvellosidades del intestino y los nucleocápsides penetran en el citoplasma de las células donde se desprende la cápside y se libera el ADN y comienza la replicación del virus

El ADN viral es la plantilla para replicar el nuevo ADN (genoma viral). El virus toma el control de los mecanis-



Larva muerta por infección de VPN

mos para la producción de macromoléculas celulares (polipéptidos y ácidos nucleicos) y los utiliza para producción de nuevas partículas virales. La progenie del virus se libera en el hemocelo y pasa de una célula a otra, convirtiendo al insecto en un saco de virus. A partir del sexto día, ocurre la muerte del insecto dependiendo de la especie con la consiguiente rotura del integumento

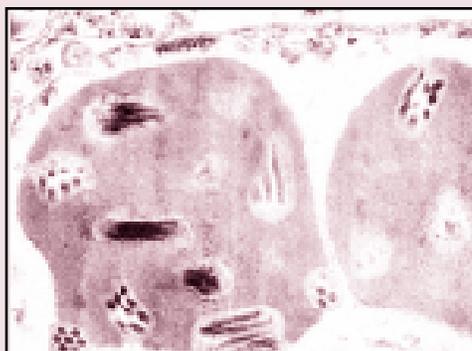
Finalmente, se presenta la liberación y dispersión de las partículas virales. Los principales tejidos atacados son: tejido adiposo, epidérmico, matriz traqueal, glándulas salivares, tubos de Malpighy y células sanguíneas.

Sintomatología

Los síntomas normalmente aparecen después del tercer o cuarto día de infección de las larvas. Primero se observan manchas en el integumento y la piel con un amarillamiento y apariencia oleosa. Luego, las larvas reducen su movilidad, dejan de alimentarse y suben a la parte alta de la planta, después se cuelgan de las hojas con sus patas traseras y posteriormente, se vuelven oscuras debido a la desintegración de los tejidos internos hasta la rotura del integumento

Toxicidad para otros organismos

Los virus de poliedrosis nuclear son altamente específicos para cada especie de insecto por lo que se consideran como inocuos para el hombre y los vertebrados y no causan ningún daño a otros insectos de importancia como controladores biológicos y polinizadores.

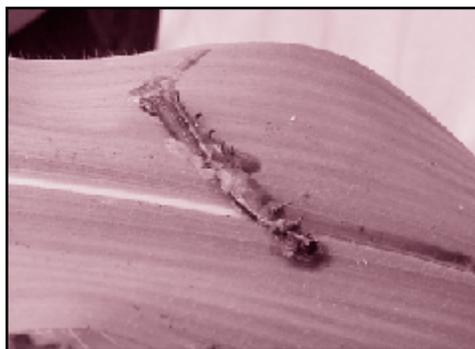


VPN dentro de la célula de un insecto

¿Cómo se utilizan?

Virus de Poliedrosis Nuclear (VPN)

Los VPN de *Heliothis* (HzVPN) son virus altamente específicos para el control de larvas de noctuidos como *Helicoverpa zea*, *Heliothis armigra* y *H. virescens*, en cultivos como algodón, maíz, tabaco, soya y tomate en los Estados Unidos y muchos otros países. El VPN de *Spodoptera exigua* (SeVPN)



Larva de *Spodoptera frugiperda* muerta por virus

es específico para *S. exigua* que es una de las plagas más importantes de vegetales en el mundo, principalmente en tomate, apio, alfalfa, fresas, etc... Otro VPN de *Spodoptera* es el *S. litoralis* VPN, para control de *S. litoralis* en varios cultivos. El VPN de *Autographa californica* (AcVPN) que es capaz de infectar más de 50 especies de Lepidópteros ha recibido considerable atención como insecticida viral. En Guatemala, este virus es producido y comercializado para el control de plagas como *Spodoptera sunia* y *S. exigua*. El VPN de *Anticarsia gemmatalis* AgVPN es específico para el control de *A. gemmatalis* que es una de las principales plagas de la soya en muchos lugares, principalmente en Brasil. En Nicaragua, la UNAN León dispone de VPN específicos para *S. frugiperda* y *S. sunia*.

¿Cómo se aplica?

El primer paso es hacer un monitoreo en el cultivo para conocer el nivel poblacional de larvas y el estado de desarrollo de la plaga. Como criterio para realizar la aplicación, se debe utilizar el nivel poblacional o bien el nivel de daño económico. Se debe utilizar la dosis recomendada en la etiqueta del producto comercial para la plaga que deseamos controlar, utilizando una cobertura adecuada y dirigida hacia el estrato de la planta en que permanece la plaga.

¿Cómo se asegura una mejor actividad?

Se debe aplicar cuando la plaga se encuentra en su estado de desarrollo más susceptible el cual corresponde a los primeros estadios larvales. Como las larvas deben ingerir el producto cuando consumen el follaje, este debe contener suficiente cantidad de unidades infectivas lo cual se logra usando la dosis y la cobertura adecuada y realizando la aplicación en horas del día que reduzca el efecto perjudicial de la radiación solar, lo cual corresponde a las primeras horas de la mañana o bien avanzada la tarde.

¿Cuáles son los productos comerciales?

Varios VPN han sido registrados como insecticidas microbiales en países industrializados y aún en países en desarrollo, hay productos, tanto registrados como no registrados, para el control de plagas de Lepidópteros en gran cantidad de cultivos.

Productos a base de virus registrados en varios países

PLAGAS	VIRUS	CULTIVO	NOMBRE	PRODUCTOR	PAÍS
<i>Anticarsia gemmatalis</i>	VPNAg	Soya	VPN	Varias	Brazil
<i>Adoxophyes orana</i>	VGAo	Frutales	Capex	Andermatt Biocontrol	Suiza
<i>Cydia pomonella</i>	VGCp	Manzanas	Madex	Andermatt Biocontrol	Suiza
			Granupom	AgrEvo	Europe
			Carpovirusine	NPP (Calliope)	Francia
<i>Helicoverpa zea</i>	VPNHz	Algodón	Gemstar	Thermo Trilogy	Columbia, MD
<i>Heliothis virescens</i>		Vegetales			
<i>Lymantia dispar</i>	VPNld	Forestales	Gypcheck	Thermo Trilogy	Columbia, MD
			Disparvirus	Canadian Forest Service	Canadá
<i>Mamestra brassicae</i>	VPNMb	Vegetales	Mamestrin	NPP (Calliope)	Francia
<i>Orygia psuedotsugata</i>	VPNOp	Forestales	™Biocontrol-1	Thermo Trilogy	Columbia, MD
<i>Spodoptera exigua</i>	VPNSe	Vegetales	Spodex	Thermo Trilogy	Columbia, MD
<i>Spodoptera littoralis</i>	VPNSl	Algodón	Spodopterin	NPP (Calliope)	Francia
<i>Neodiprion sertifer</i>	VPNNs	Pino	Neochek-S	Canadian Forest Service	Canadá
			Sentifervirus		
<i>Neodiprion lecontei</i>	VPNNl	Pino	Lecontivirus	Canadian Forest Service	Canadá
<i>Spodoptera sunia</i>	VPNSs	Hortalizas	VPN	UNAN León	Nicaragua
<i>Spodoptera frugiperda</i>	VPNSf	Maíz	VPN	UNAN León	Nicaragua



Larva de Spodoptera susceptible a VPN



La larva de Heliothis zea puede ser controlada por VPN

Utilización de VPN en Nicaragua

La Universidad de León en Nicaragua cuenta con dos virus, uno es VPN de *S. frugiperda* y el otro es VPN de *S. sunia* y *S. exigua*, los cuales son producidos semicomercialmente y distribuidos en forma congelada aunque actualmente están desarrollando la formulación en polvo para mejorar su comercialización.



Uso de VPN ha sido efectivo en el manejo de plagas de maíz

Dosis recomendadas

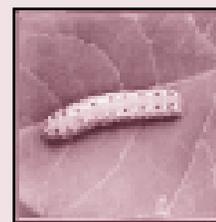
Estas varían de acuerdo al aislado viral utilizado. Por ejemplo, para el control de *Spodoptera frugiperda*, se recomienda una dosis de 500 LE/mz (708LE/ha). Para el control de *Spodoptera sunia* y *S. exigua* se recomienda una dosis de 150 LE /mz (212 LE/ha).

Cuando las infestaciones de larvas son muy altas y se encuentran larvas de diferentes edades es recomendable aplicar una dosis alta al inicio y después aplicar dosis más bajas de acuerdo a la densidad de población presente, para así mantener su inóculo en el campo.

El virus es más eficiente en larvas pequeñas, por lo que cuando el programa de aplicaciones de virus se inicia tarde es recomendable aplicar un insecticida químico a una dosis más baja que la utilizada normalmente, para controlar las larvas más grandes. Algunas investigaciones sugieren que puede actuar como un sinérgico.

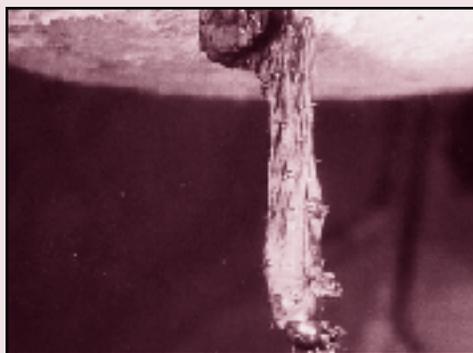
Preparación de la dosis

La presentación del virus de la UNAN es en forma líquida y debe ser almacenado a temperaturas de 4°C. Se recomienda preparar la mezcla con el virus bajo la sombra para evitar su inactivación por la acción de los rayos ultravioleta. El virus congelado debe ser mezclado con agua hasta que se disuelva completamente. El



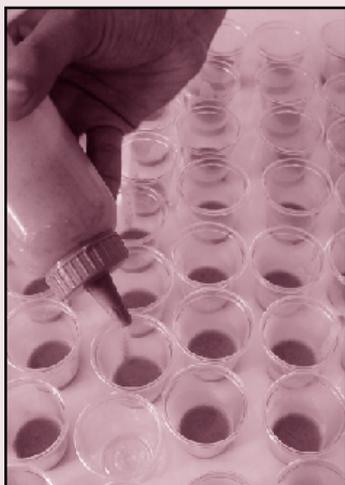
Gusano de *Spodoptera* afectado por virus

volumen de agua debe ser aquel necesario para dejar una buena cobertura en el cultivo. Se debe mantener el equipo limpio y las boquillas funcionando. El éxito de la aplicación va a depender de que las gotas asperjadas conteniendo el virus queden bien distribuidas sobre la superficie de las hojas, o si se aplica en maíz dentro del cogollo. En el caso del maíz, el virus puede ser utilizado en mezcla con aserrín o arena, en forma de cebo con buenos resultados.



Gusano muerto por infección de VPN

Método de aplicación



Preparación de dieta para la cría de larva

manifieste su actividad biológica, tiene que ser ingerido a través de las hojas contaminadas.

En los ensayos de investigación en los cultivos de soya, maíz y arroz, se utilizó una microulva, Micron Sprayers Ltd. UK, la cual genera una gota de aproximadamente 58m de diámetro medio. Para evaluar la efectividad con otro tipo de equipo, se utilizaron bombas de motor y de presión y no se encontraron diferencias estadísticas significativas, por lo que podemos concluir que se puede utilizar cualquier equipo convencional utilizado para el control de plagas. Lo más importante es hacer una buena cobertura ya que, para que el virus



Cosechando VPN de las larvas muertas

Recomendaciones para una buena aplicación

El virus se debe utilizar únicamente contra la plaga la cual está recomendado, debido a que es altamente específico. Se debe aplicar cuando la población de larvas pequeñas es mayor que la de larvas grandes. Puesto que el virus no actúa de inmediato, la decisión de aplicar se debe tomar antes de alcanzar el nivel de daño económico.

¿Cómo saber si la aplicación fue efectiva?

El monitoreo es una práctica a seguir cuando uno utiliza agentes microbianos por lo que, periódicamente, se debe observar lo que está ocurriendo, como también si la población y el daño están reduciéndose. Se debe observar como, después de dos días de aplicado, un cultivo, las larvas se vuelven más lentas y con una coloración pálida. Estas larvas con las características mencionadas disminuyen su apetito y dejan de comer disminuyendo el daño en el cultivo.



Cultivo de tomate atacado por gusano del fruto

Bibliografía

- Alves, S.B. 1986. Controle microbiano de insetos. Editora Manole, Brasil.
- Burges, H.D. 1981. Microbial control of pests and plant diseases. Acad. Press, London.
- Cave, R.D. 1995. Manual para la enseñanza del control biológico en América Latina. 1a. ed., Zamorano, Honduras; Zamorano Academic Press.
- Evans, H.F., Enwistle, P. 1987. Viral diseases. En *Epizootiology of insect diseases*. pp.257–315.
- Evans, H., Shapiro, M. 1997. Viruses. En Lacey, L. (Ed.). *Manual of techniques in insect pathology*. Academic Press, London. 1997. pp. 7–53
- Fernández-Larrea, O. 2001. Temas interesantes acerca del control microbiológico de plagas. La Habana, INISAV.
- Flexner, J.L., Belnavis, D.L. 2000. Microbial insecticides. En Rechcigl J.E., Rechcigl, N. (Eds). *Biological and Biotechnological control of Insects pests*. Lewis Publishers. pp.35–62.
- Ignoffo, C.M., Couch, T.L. 1981. The nucleopolyhedrosis virus of *Heliothis* species as a microbial insecticide. En Burges, H.D. (Ed.) *Microbial control of insects pests and plant diseases*. London, Academic Press pp. 329–362.
- Hall, F. R., Menn, Julius. *Biopesticides. Use and delivery*. Humana Press, New Jersey.
- Lacey, L. 1997. *Manual of techniques in insect pathology*. Biological techniques series. Academic Press.
- Lecuona, R.E. 1996. Microorganismos patógenos empleados en el control microbiano de insectos plaga. Buenos Aires, Argentina.
- Lobo de Souza, M., Lecuona, R.E. 1996. Virus entomopatógenos. En Lecuona, R.E. (Ed.) *Microorganismos patógenos usados en el control microbiano de insectos plaga*. Buenos Aires, Argentina. pp. 73–87.
- Moscardi, F., Sosa-Gómez, D.R. 1996. Utilización de virus en el campo En Lecuona, R.E. (Ed.) *Microorganismos patógenos usados en el control microbiano de insectos plaga*. Buenos Aires, Argentina. pp. 261–276
- Narváez, C. 2000. Evaluación de la patogenicidad e infectividad del virus de la poliedrosis nuclear (VPN) en *Spodoptera frugiperda* J. Smith (Lepidoptera: Noctuidae). Tesis M.Sc. UNAN-León, Nicaragua.
- Poinar, Jr., G.O., Thomas, G.M. 1984. *Laboratory and guide to insect pathogens and parasites*. Plenum Press, New York, London.
- Poveda, J.Y., Saravia, J. 1994. Prueba comparativa de métodos de aplicación de SfVPN para el control de *Spodoptera frugiperda* en maíz. Tesis Lic. UNAN-León, Nicaragua.
- Sciocco de Cap, A. 1996. Técnicas en virología de insectos. En Lecuona, R.E. (Ed.) *Microorganismos patógenos usados en el control microbiano de insectos plaga*. Buenos Aires, Argentina. pp. 159–168.
- Starnes, R.L., Li Liu, Chi., Marrone, P.G. 1993. History, use and future of microbial insecticides. *American Entomologist*. Summer 1993. pp.83–91.
- Tanada, Y.; Kaya, H.K. 1993. *Insect Pathology*. Academic Press Inc., San Diego.

5

CONTROL BIOLÓGICO DE INSECTOS MEDIANTE NEMATODOS ENTOMOPATÓGENOS

¿Qué son los nematodos entomopatógenos?

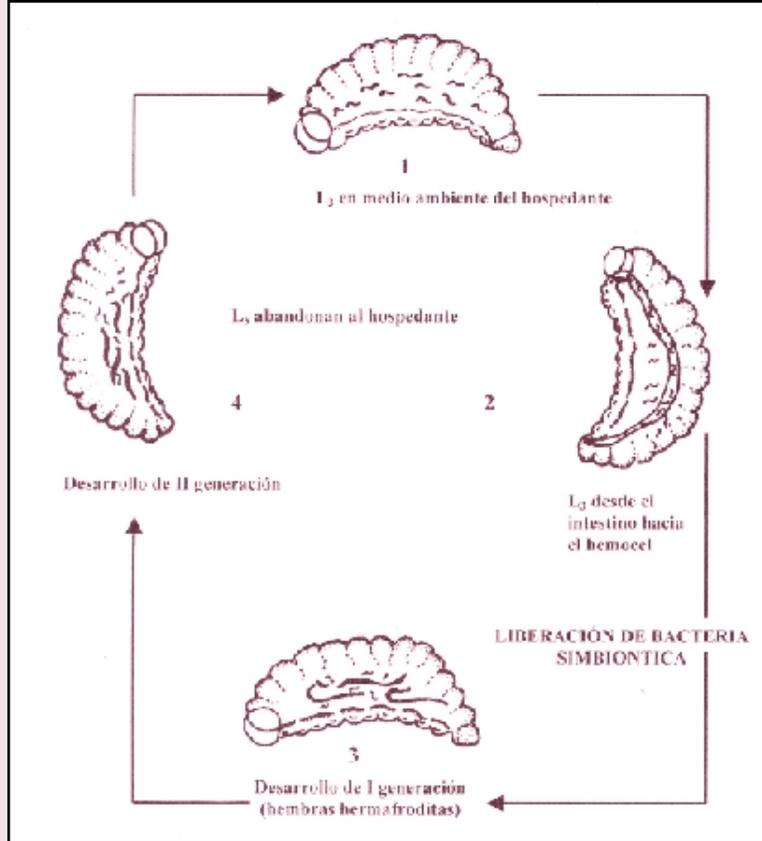
Los nematodos son organismos no segmentados, más o menos cilíndricos o elongados y referidos como gusanos redondos o con forma de anguila, presentan cuerpos lisos. Tienen un sistema excretor, nervioso, digestivo, reproductivo y muscular pero, no tienen sistema circulatorio o respiratorio. El tracto alimenticio consiste de una boca seguida por la cavidad bucal o estoma, esófago, intestino, recto y ano. Los sexos son usualmente separados.

Pueden vivir en una variedad de hábitats como el suelo, agua salada y agua dulce. Algunos viven libremente mientras que otros son parásitos en plantas y animales. Los nematodos entomopatógenos son un importante grupo de enemigos naturales capaces de causar la muerte, debilitamiento y/o esterilización de una gran cantidad de insectos, tanto terrestres como acuáticos.

Los nematodos entomopatógenos que vamos a tratar pertenecen al Phylum Nematoda (sinónimo Nematoda), clase Serenentea (sinónimo Phasmodia), Orden Rhabditida y familias Steinernematidae y Heterorhabditidae que son patógenos obligados.



Nematodo entomopatógeno ayuda a controlar los insectos plagas



Ciclo de vida de nematodos de la familia Steinernematidae

Nematodos de la familia Steinernematidae

Importancia

Estos nematodos tienen la capacidad de parasitar la mayoría de órdenes y familias de insectos, pueden ser cultivados en forma masiva, in vivo sobre los insectos hospedantes o in vitro sobre medios artificiales y los estadios infectivos (L3) pueden ser almacenados por mucho tiempo, conservando su capacidad infectiva. Están asociados simbióticamente a las bacterias del género *Xenorhabdus* que matan el hospedero en 24-48 horas por septicemia. Las especies más importantes y sus bacterias simbióticas son: *Steinernema carpocapsae* con *Xenorhabdus nematophilus*, *Steinernema feltiae* con *X. bovienii* y *Steinernema glaseri* con *X. poinarii*. Los Steinernematidos han recibido mucha atención en control biológico debido a que poseen muchos de los atributos como agentes efectivos de control biológico de insectos.

Estos organismos tienen una serie de características que favorecen su utilización en el manejo de plagas, tales como una gran capacidad de adaptación a nuevos ambientes y a condiciones adversas, son resistentes a los productos químicos y son específicos para controlar insectos, lo cual los hace inocuos para el hombre y los mamíferos. Muchos de los productos disponibles comercialmente son usados para el control de larvas que infectan raíces, principalmente en ornamentales, vegetales y frutales.

Son más efectivos cuando se usan contra insectos que se encuentran en hábitats protegidos. Muchos insectos del suelo y barrenadores han sido controlados exitosamente con nematodos entomopatógenicos. Los intentos para usar nematodos contra insectos foliares han tenido éxitos muy limitados ya que este no es el mejor ambiente para la sobrevivencia de los nematodos.

Características

Las características que distinguen a los infectivos juveniles de los Steinernematidae es la presencia de un poro excretor localizado en posición anterior al anillo nervioso. Los machos no tienen bursa y tienen de 21 a 23 papilas genitales. El estoma es corto y ancho, el esófago compuesto de un cuerpo cilíndrico, espículas apareadas y separadas y gubernáculo presente. Tienen una asociación mutualística con bacterias del género *Xenorhabdus*, las cuales son transportadas en su intestino. Son patógenos obligados que matan su hospedante. Producen 2 a 3 generaciones en el cadáver. El cadáver presenta una coloración ocre, amarillo pardo o negro y no presenta luminescencia en la oscuridad. *Steinernema* se diferencia en machos y hembras.

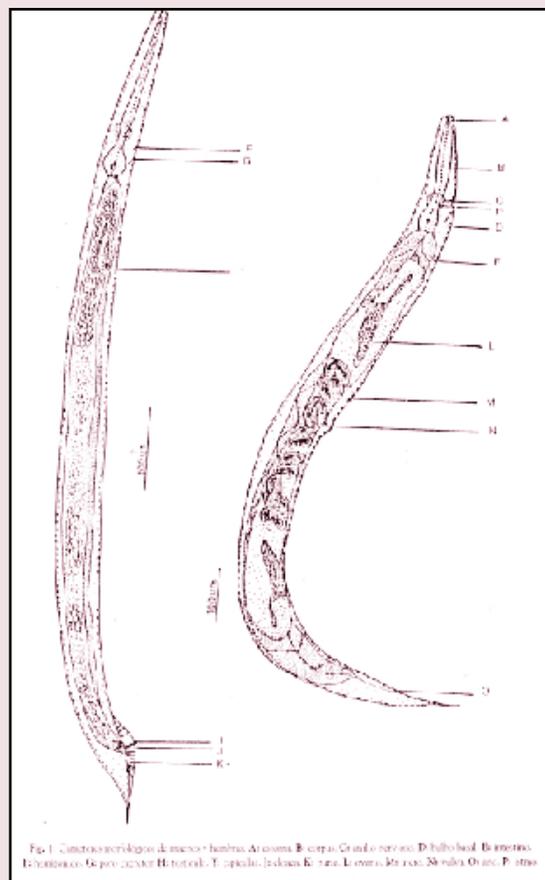


Fig. 1. Características de machos y hembras. A: Anus; B: Corpus; C: Grande intestino; D: Bulbo bacil; E: Barrilete; F: Intestino; G: Pro-cáncer; H: Testículo; I: Espícula; J: Vagina; K: Vermis; L: Vermis; M: Vermis; N: Vermis; O: Vermis; P: Vermis.

Características de nematodos Steinernematidae

Ciclo de vida

Los Steinernematidae poseen un ciclo de vida simple que incluye el huevo, cuatro estadios juveniles separados entre sí por mudas y los adultos. El nematodo se desarrolla dentro del hospedero hasta estado juvenil (J2) antes de emerger. Cada estado subsiguiente se alimenta y muda hasta el próximo estado, esto es de J2 a J3 y luego a J4 y finalmente al estado adulto. El estado infectivo del nematodo entomopatógeno es el J3 y es referido como dauer o infectivo juvenil. Este estado está adaptado para sobrevivir largos períodos de tiempo en los suelos, es decir que los nematodos son muy resistentes a las condiciones ambientales, por sus características fisiológicas y morfológicas. Tanto los infectivos juveniles machos como las hembras son capaces de infectar al hospedero.

Los nematodos copulan y producen la progenie en el hemocele y bajo condiciones favorables, los juveniles infectivos de la segunda generación abandonan el cadáver en busca de nuevos hospedantes. Los nemátodos pueden estar dentro de un insecto por 2-3 generaciones y luego, emerger como juveniles infectivos. A temperatura ambiental, esto puede ocurrir entre 7 a 10 días desde la infestación hasta la emergencia de los juveniles

Modo de entrada

Una vez que el nematodo ha encontrado su hospedante apropiado, el infectivo juvenil entra al hospedante a través de las aberturas naturales (boca, ano y espiráculos) y penetra activamente a través de la pared intestinal o la tráquea hasta alcanzar el hemocele. Los nematodos son atraídos por gradientes de dióxido de carbono y temperatura producidas por el hospedero, así como por los productos de sus excreciones.

Modo de acción

El infectivo juvenil (II) transporta la bacteria *Xenorhabdus* sp. en la porción ventricular de su intestino. Después de que el nematodo ha alcanzado el hemocele, la bacteria es liberada dentro de la hemolinfa donde se propaga. Esta causa la muerte del hospedante por septicemia dentro de 48 horas, principalmente porque al multiplicarse producen enzimas proteolíticas (destructoras de proteínas). El nematodo se alimenta de la bacteria y tejidos del hospedante. Estas bacterias y sus subproductos proveen al nematodo los componentes necesarios para su desarrollo, principalmente de su sistema reproductor. La bacteria depende totalmente de los nematodos para poder llegar a la hemolinfa y parasitar los insectos.

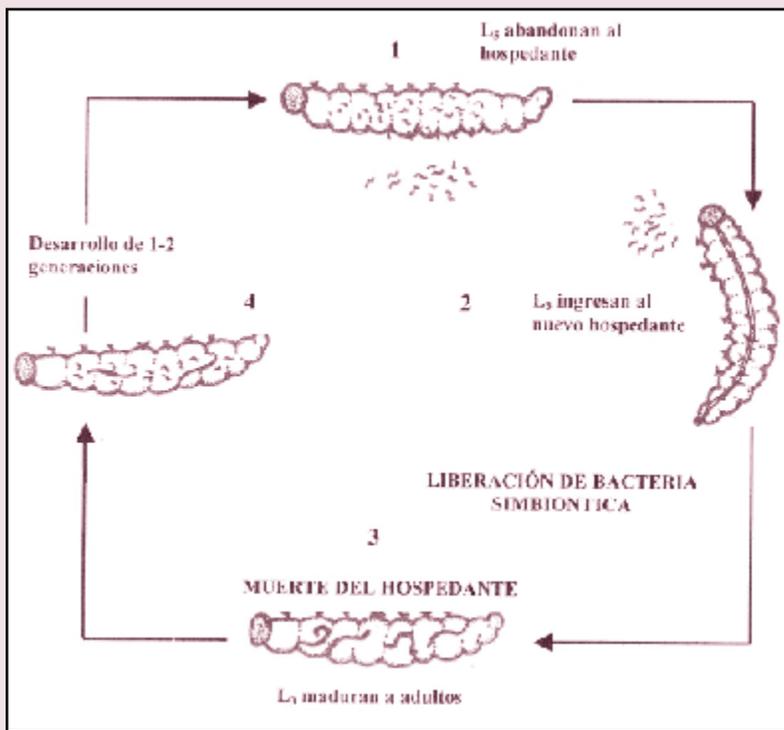
Una vez el nematodo dentro del insecto, este inhibe sus defensas antibacterianas. La bacteria produce una toxina que mata al insecto y produce antibióticos que evitan el crecimiento de otras bacterias contaminantes.

Sintomatología

El parasitismo por nematodos tiene diferentes efectos dañinos sobre los insectos hospedantes incluyendo esterilidad, reducción de la fecundidad, reducción de la longevidad, reducción de la actividad de vuelo, desarrollo retardado y otros cambios de conducta, fisiológicos y morfológicos.

Toxicidad para otros organismos

Los nematodos son patógenos obligados y no tienen ningún efecto adverso para otros organismos como animales vertebrados o el hombre.



Ciclo de vida de nematodos de la familia Heterorhabditidae

Nematodos de la familia Heterorhabditidae

Importancia

La especie más importante de esta familia es *Heterorhabditis bacteriophora*, que puede ser tan efectivo contra la gallina ciega como los insecticidas sintéticos.

Características

Son patógenos obligados que matan a su hospedante. Desarrollan dos generaciones en el insecto. Son hermafroditas en la primera generación y amphimicticas en la segunda generación (participación de machos y hembras). En los infectivos juveniles, el poro excretor está localizado posterior al anillo nervioso. Los machos presentan bursa, tienen espículas apareadas y separadas, tienen nueve pares de papilas genitales y gubernáculo presente. Tienen seis labios que pueden estar parcialmente fusionados en la base y cada labio con una única papila labial. Ellos presentan una asociación mutualista con la bacteria *Photobacterium luminescens*. Tienen la capacidad de parasitar la mayoría de órdenes y familias de insectos, pueden ser cultivados in vivo o in vitro en forma masiva sobre medios artificiales y los estadios infectivos (L3) pueden ser almacenados por mucho tiempo, conservando su capacidad infectiva.

Ciclo de vida

Los Heterorhabditidae tienen un ciclo de vida similar a los Steinernematidae. Los adultos resultantes de los infectivos juveniles son hermafroditas en lugar de provenir de hembras y machos como los Steinernematidae. Por lo tanto, sólo un infectivo juvenil es necesario para entrar al hospedante y para producir la prole. Solamente las hembras hermafroditas entran al insecto hospedante. Los huevos puestos por los hermafroditas producen juveniles que producen machos y hembras o infectivos juveniles de la segunda generación. Los machos y hembras copulan y producen huevos que emergen y producen infectivos juveniles. Presentan cuatro estadios juveniles separados entre sí por mudas. Si las condiciones de humedad son adecuadas, los infectivos juveniles pueden dejar el hospedante e infectar otros insectos hospedantes.

Los nemátodos pueden estar dentro del insecto por 2 generaciones y luego emerger como juveniles infectivos. A temperatura ambiental, esto puede ocurrir entre 12-15 días.

Modo de entrada

Los juveniles infectivos entran al hospedante a través de las aberturas naturales (boca, ano o espiráculos) llegando hasta el hemocele a través de la pared intestinal. A diferencia de los Steinernematidae, los Heterorhabditidae poseen un diente con el cual ellos también pueden penetrar directamente a través de las zonas membranosas intersegmentales de la cutícula de los insectos. Las larvas infectivas son atraídas a los insectos siguiendo un gradiente de dióxido de carbono.

Modo de acción

Los infectivos juveniles que invadieron el hemocele liberan la bacteria *Photobacterium luminescens* que coloniza rápidamente al insecto, provocándole la muerte por septicemia dentro de un período de 48 horas. Al mismo tiempo, la bacteria produce antibióticos para evitar que crezcan otras bacterias contaminantes dentro del cuerpo del insecto. Estas bacterias y sus subproductos proveen al nematodo los componentes necesarios para su desarrollo, mientras que el nematodo actúa como vector permitiendo que la bacteria entre al insecto.

Sintomatología

Los cadáveres son de color rojo, rojo ladrillo, púrpura, naranja o algunas veces verde y presentan luminiscencia en la oscuridad.

Toxicidad para otros organismos

Todas las evidencias indican que los nemátodos benéficos y las bacterias asociadas a ellos, no tienen impacto negativo sobre los otros organismos del suelo que no sean plagas.

¿Cómo se utilizan los nematodos?

Steinernematidae y Heterorhabditidae

Algunas especies de nematodos entomopatógenos son efectivas contra insectos que viven en la superficie del suelo y otras están equipados para infectar insectos que profundizan en el suelo. *Steinernema carpocapsae* es efectivo contra insectos superficiales pero es inefectivo contra insectos que profundizan más en el suelo como los jobotos. Para insectos que profundizan en el suelo, *Heterorhabditis bacteriophora* y *Steinernema riobrave* son más efectivos.

Los nematodos entomopatógenos son importantes en el manejo de las siguientes plagas: Fungus gnats (*Bradysia* spp.) que es una plaga en ornamentales producidos bajo invernaderos. Esta plaga daña los cortes en ornamentales y reduce el vigor de las plantas. El complejo de picudos barrenadores en cítricos (*Diaprepes abbreviatus*, *Artipus floridanus*) y el picudo radical de los cítricos *Pachnaeus litus*, *P. opalus*, *Otiorynchus ovalis* y *O. sulcatus* o picudos de los viñedos en cultivos de moras y fresas, y plagas como *Heliothis zea* y *Spodoptera frugiperda* y el cortador negro (*Agrotis ipsilon*).

¿Cómo se aplica?

Aplicación al suelo

Alrededor del 90 % de los insectos pasan al menos parte de su vida en el suelo. Aquí es donde los nematodos benéficos son activos. Los insectos en el suelo son inaccesibles a las aspersiones de plaguicidas, y las aplicaciones denominadas en “soil drench” requieren excesivas cantidades de plaguicidas. Los nematodos activos buscan sus presas por lo que son ideales para el control de insectos en el suelo.

La aspersión de los juveniles infectivos directamente sobre el suelo es el método más común de aplicar nematodos. Es rápido, sencillo y permite una buena cobertura. Un volumen de 750-1900 lts/ha es usualmente suficiente para que alcancen los insectos objetivo en el suelo. Pueden aplicarse con equipo convencional terrestre o aéreo. También, se pueden aplicar en riego por goteo o por aspersión. Para evitar bloqueos en los sistemas, todos los filtros deben ser removidos. Se recomienda usar una presión máxima de 5 bares. La boquilla debería tener al menos una abertura de 500 micrones. La solución se debe aplicar uniformemente sobre el área a tratar, manteniendo la suspensión en continuo movimiento para evitar que los nematodos se depositen en el fondo del equipo de aplicación. Las dosis pueden

ser de 1.5 millones/m² para un producto como SCIA-RID que viene en presentaciones de paquetes conteniendo 4 frascos con 75 millones de larvas (tercer estadio), o de 0.5 millones/ m² para el producto denominado ENTONEM. (*Steinernema feltiae*) en presentaciones conteniendo 50 millones de larvas (tercer estadio).

Aplicación foliar

El uso de nematodos para controlar insectos del follaje es problemático debido a la desecación rápida y el efecto letal de la luz ultravioleta. La aplicación muy de mañana o en la tarde aumenta la efectividad de *S. carpocapsae*. En condiciones de follaje denso o cuando las plagas objetivo son de hábitos escondidos como enrolladores de hoja o minadores, se incrementa el desempeño de los nematodos comparado con superficies muy expuestas. Aún cuando la adición de antisecantes o protectores de luz ultravioleta, en las suspensiones de nematodos, ha mejorado el nivel de control, en muchos casos no se ha logrado un control económico.

Aplicación en material de propagación

Los nematodos se pueden usar exitosamente para desinfectar el material de propagación como en plántulas de vivero que luego podrían llevarse al campo y reducir la infestación de algunas plagas del suelo.

Aplicación en trampas

Los nematodos han sido usados con éxito en trampas diseñadas para atraer y matar insectos, en los cuales se han usado especies como *S. carpocapsae* y *S. scapterisci*. Como ejemplos de este tipo podemos mencionar moscas (*Musca domestica*), el picudo del plátano (*Cosmopolites sordidus*), el gusano cortador (*Agrotis ipsilon*). En estos casos, las trampas consisten ya sea de una fuente alimenticia atractiva a la plaga, un atrayente alimenticio o bien una feromona.

¿Cómo se asegura una mejor actividad?

Los nematodos entomopatogénicos no toleran ni las condiciones secas, ni la luz del sol directa. Los nematodos son más efectivos para el control de insectos que residen en el suelo o escondidos donde están protegidos de la desecación, radiación ultravioleta y la alta temperatura. Los mejores resultados son obtenidos cuando los nematodos son aplicados en suelos húmedos en la tarde o temprano en la mañana. La irrigación después de la aplicación mejora el establecimiento de los nematodos.

¿Cuales son los productos comerciales?

Ecogen de Australia produce varios tipos de nemátodos para el control de insectos. Otinem contiene *Heterorhabditis bacteriophora* usado para el control del picudo negro en uva. Otinem-E contiene *H. megidis* que también controla el picudo negro de la vid. Otinem-S contiene *Steinernema feltiae*. Ecogen también mercadea *Steinernema scapterisci* para el control del grillo topo. *Steinernema carpocapsae* es vendido como BioSafe-N por Biosys, los cuales son vendidos en los Estados Unidos por el grupo Solaris de Monsanto.

S. carpocapsae también es vendido por Biosys bajo el nombre general de Exhibit que es mercadeado en Europa por CIBA (actualmente, Syngenta). A Biosys se le ha permitido obtener licencia para desarrollar una nueva especie de nematodo, *S. riobravis*, descubierta por los investigadores del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) en Weslaco, Texas.

En 1994, tanto CIBA como Biosys introdujeron una formulación de gránulos dispersables en agua de *S. carpocapsae* de la cual se dice que es más fácil de manejar y que da más vida de estante que las formulaciones en gel, que fueron las primeras en salir al mercado. Bio Logic Co. vende las formulaciones Ecomask. Se encuentran también BioSafe, BioVector, así mismo Cruiser una formulación basada en *Heterorhabditis bacteriophora*.

Neoplectana carpocapsae es un nematodo insecticida de amplio espectro fabricado y distribuido por varias compañías, como Peaceful Valley Farm Supply, Richters y Better Yield Insects.

Productos comerciales disponibles conteniendo Steinernema o Heterorhabditis

FORMULACIÓN	ESPECIE	PRODUCTO	COMPAÑÍA
Gel de alginato	<i>S. carpocapsae</i>	Mioplant	Novartis, Viena, Austria
	<i>S. carpocapsae</i>	Boden-Nutzlinge	Rhône-Poulenc, Cellafr, Alemania
Gel Floable	<i>S. carpocapsae</i>	BioSafe	SDS Biotech, Minato-Ku, Tokyo, Japon
	<i>S. feltiae</i>	Exhibit	Novartis, Basilea, Suiza
	<i>S. feltiae</i>	Stealth	Novartis, Macclesfield, Chester, UK
Arcilla	<i>H. megidis</i>	Nemasys-H	Microbio, Cambridge, UK
		LarvaNem	Koppert B.V. Holanda
	<i>S. feltiae</i>	Nemasys	Microbio, Cambridge, UK
		Entonem	Koppert B.V. Holanda
	<i>S. scapterisá</i>	Proactant Ss	BioControl, Gainesville, FL
Gránulos dispersables	<i>S. carpocapsae</i>	Biosafe	ThermoTrilogy, Columbia, M.D.
		Biosafe-N	ThermoTrilogy, Columbia, M.D.
		BioVector	ThermoTrilogy, Columbia, M.D.
	<i>S. carpocapsae</i>	Vector TL	Lesco, Lansing, MI
		Helix	Novartis, Mississauga, Canadá
	<i>S. feltiae</i>	X-GNAT	E.C. Geiger, Harleysville, PA
		Magnet	Amycel-Spawn Mate, Watsonville, CA
	<i>S. riobravis</i>	BioVector	ThermoTrilogy, Columbia, M.D.
		Vector MC	Lesco Lansing, MI

Diaprepes abbreviatus

Los nematodos son una de las formas más eficientes de controlar larvas del picudo *Diaprepes abbreviatus* en cítricos. *S. riobravis* es el nematodo más efectivo contra esta plaga. Se han obtenido disminuciones del 77-90 % en el número de *D. abbreviatus* en 0 y 45 cm del suelo respectivamente en parcelas de cítricos después de nueve semanas de tratamientos con 2 millones de nematodos (*S. riobravis*), aplicados con 7.5 litros de agua por árbol, seguidos de aplicación de 35 litros de agua.

Helicoverpa zea

En Hawai, *S. carpocapsae* en dosis de 4,000 y 40,000 nematodos/ml dio 57.6 y 74.5 % de mortalidad de *H. zea* después de seis días. El daño al cultivo se redujo en un 97 % comparado con lotes no tratados. En Estados Unidos, se ha probado el uso de *S. riobravis* para el control de *H. zea* en maíz. Este dio un porcentaje de mortalidad del 79 % y 91 % con tratamientos de 3.7×10^6 y 1.2×10^7 nematodos/m² de suelo respectivamente.

Control de picudo de la raíz (*Otiorhynchus sulcatus*) en azalea con *Heterorhabditis marelatus*

Las larvas de este insecto se alimentan en la raíz de plantas como azalea y rhododendron, causando un daño severo en el sistema radical que reduce sensiblemente el vigor de las plantas y les puede causar la muerte.

El uso de nematodos contra el picudo de la raíz es un tratamiento profiláctico más que curativo, debido a que es difícil estimar la presencia de larvas en la raíz sin destruir la planta.

La temperatura y la humedad del suelo son los dos factores ambientales más importantes para el éxito de los nematodos para controlar el picudo. Se debe ajustar el tiempo de aplicación para hacerlo coincidir con los estados más susceptibles de la larva del picudo. El mejor momento es cuando la temperatura del suelo empieza a decaer.

Métodos de aplicación

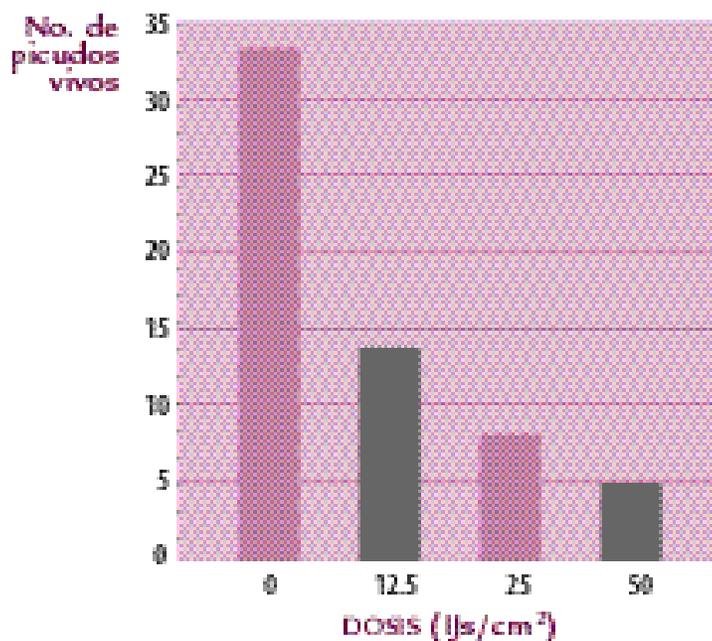
El primer paso es determinar el área de suelo a ser tratada, midiendo el diámetro de la maceta. Luego se calcula el número de infectivos juveniles (IJs) necesarios para un grado de aplicación de 25 a 50 IJs por cm².

Los nematodos pueden aplicarse por inundación o por aspersión en la superficie del suelo. Aplique los nematodos en 1 ml de agua por cm^2 de superficie. Para plantas en el campo, calcule en igual forma la superficie y aplique en un litro de agua por m^2 .

Además de la inundación o aspersión de los nematodos en la superficie del suelo, también se pueden inyectar dentro del suelo en diferentes localidades alrededor de la planta o incluso a través de los sistemas de riego.

Es importante humedecer el suelo antes de la aplicación y luego del tratamiento, se debe suministrar irrigación adicional manteniéndola al menos durante 2 semanas para maximizar el control.

Resultados de la aplicación: Dosis de 25 o 50 IJs/ cm^2 son adecuadas para el control de larvas del picudo y la eficacia del control se incrementa conforme se incrementa la dosis de aplicación



Control del picudo radical en azalea con *Heterorhabditis* *marelatus*

Los nematodos persisten en el suelo por cerca de 5 semanas después del tratamiento, pero su efectividad declina durante este período. Como son altamente efectivos, ellos necesitan ser reaplicados cada año. La efectividad de los nematodos contra el picudo de la raíz depende de cada sistema de producción y del método de aplicación utilizado, siendo más efectivos cuando se aplican en inundación al suelo que cuando se asperjan al follaje.

Bibliografía

- Aguera de Doucet, M.M., Laumond, C. 1996. Uso de nematodos entomopatógenos. In. Lecuona, R. E. (Ed.) Microorganismos patógenos usados en el control microbiano de insectos plaga. Buenos Aires (Argentina). pp. 279-292.
- Alves, S. B. 1986. Controle microbiano de insetos. Editora Manole, Brasil. 407 p.
- Burges, H. D. 1981. Microbial control of pests and plant diseases. Acad. Press, London. 949 p.
- Cave, R. D. 1995. Manual para la enseñanza del control biológico en América Latina. Primera edición, Zamorano, Honduras; Zamorano Academic Press. 188 p.
- Flexner, J.L., Belnavis, D. L. 2000. Microbial insecticides. In. Rechcigl J. E., Rechcigl, N. A. (Eds). Biological and Biotechnological control of Insects pests. Lewis Publishers. pp 35-62.
- Georgis, R., Hom, A. 1992. Introduction of entomopathogenic nematode products into Latin America and the Caribbean. *Nematopica* 22(1): 81-98.
- Gothro, P. W. Ed. Beneficial nematode workshop. Application in greenhouse, nursery, and small-fruit operations. Oregon State University. 35 p.
- Grewal, P., Georgis, R. 1999. Entomopathogenic nematodes. In Hall, F. R., Menn, J. J. Eds. Biopesticides. Use and delivery. Humana Press, New Jersey. pp 271-299.
- Hominick, W. M., Collins, S. A. 1997. Application of ecological information for practical use of insect pathogenic nematodes. In. Evans, H. F. 1997. Microbial Insecticides: Novelty or necessity?. BCPC Symposium Proceedings No 68. University of Warwick, Coventry, UK. pp 73-82.
- Jackson, Trevor. 1999. Nemátodos parásitos de insectos. In. Hidalgo, E. Ed. Control de plagas agrícolas y forestales con agentes microbiológicos. Manual teórico práctico. CATIE, Turrialba, Costa Rica. pp 96-110.
- Kaya, H. K. 1985. Entomogenous nematodes for insect control in IPM systems. In. Hoy, M. A., Herzog, D. C. (Eds) 1985. Biological control in agricultural IPM systems. Academic Press, INC. pp 283-302.
- Kaya, H. K., Stock, S. P. 1997. Techniques in insect nematology. In Lacey, L. (Ed). Manual of techniques in insect pathology. Academic Press, London. pp 281-324.
- Stock, S. P., Camino, N. B. 1996. Nemátodos entomopatógenos. In. Lecuona, R. E. (Ed.) Microorganismos patógenos usados en el control microbiano de insectos plaga. Buenos Aires (Argentina). pp. 105-118.
- Woodring, J. L., Kaya, H. K. 1988. Steinernematid and Heterorhabditid nematodes: A handbook of biology and techniques. Southern Cooperative Series Bulletin 331. Arkansas Agricultural Experiment Station, Fayetteville, Arkansas. 22 p.

6

CONTROL BIOLÓGICO DE INSECTOS MEDIANTE PARASITOIDES

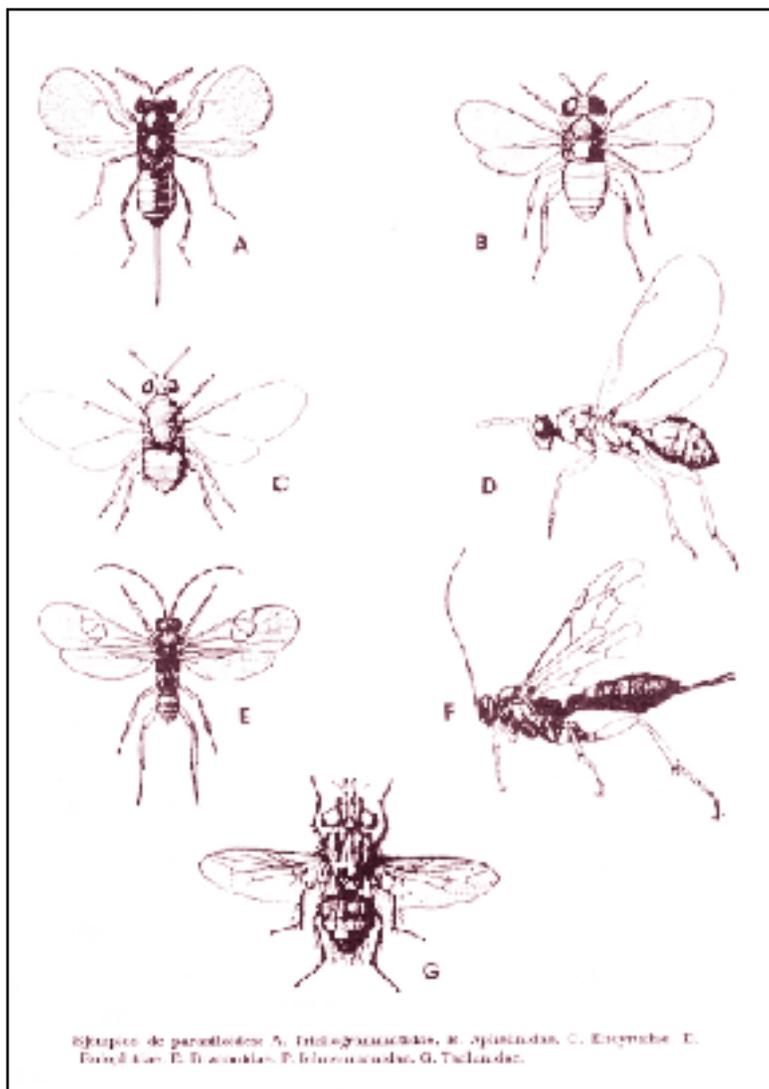
Cano Enilda • UNAN-LEÓN

Carballo Manuel • CATIE

Salazar Daniel • DIECA

¿Qué son los parasitoides?

El parasitoide es un insecto parásito que, en su estado inmaduro, se alimenta y desarrolla dentro o sobre el cuerpo de un solo insecto hospedante al cual mata lentamente o bien se desarrolla dentro de los huevecillos de éste. Normalmente, son más pequeños que el hospedante. El estado adulto vive libre, no siendo parasitoide. Su hospedante pertenece a la misma clase taxonómica o una clase estrechamente relacionada. Se diferencian de los verdaderos parásitos, los cuales dependen de un hospedante vivo para su supervivencia y no necesariamente le causan la muerte, tienen un tamaño menor que el de su hospedante, y son de otra clase taxonómica. Los parasitoides son los enemigos naturales más utilizados en los programas de control biológico de plagas insectiles. La mayoría de los parasitoides (85%) son del orden Hymenoptera y unos pocos (15%) son del orden Díptera.



Diferentes tipos de parasitoides que ejercen control sobre insectos plagas

¿Cómo se clasifican los parasitoides?

Por su localización en el hospedante, los parasitoides se pueden clasificar como endoparasitoides y ectoparasitoides. **Ectoparasitoides** son aquellos que se localizan y alimentan en el exterior del hospedante, tal como *Diglyphus* spp. (Hymenoptera: Eulophidae), parasitoide de *Liriomyza*. **Endoparasitoides** son los que se localizan y alimentan en el interior de su hospedante, tal como *Cotesia* *flavipes*, parasitoide de *Diatraea* *sacharalis* en caña de azúcar.

Por el número de individuos que emergen del hospedante, los parasitoides se pueden clasificar como solitarios y gregarios. **Solitarios** son aquellos en que un solo individuo se desarrolla dentro de su hospedante como es el caso de *Diaeretiella* spp., parasitoide del áfido *Myzus* *persicae*. **Gregarios** en los cuales se desarrollan varios parasitoides en su hospedante, como es el caso de *Cotesia* spp. parasitoide del gusano cachudo del tomate.

Por la estrategia de desarrollo que utilizan los parasitoides se clasifican en idiobiontes y koinobiontes. **Idiobiontes** son aquellos en los cuales la larva del parasitoide se alimenta de un hospedante que detiene su desarrollo después de ser parasitado (parasitoides de huevo, larva y pupa). Un ejemplo de este tipo de parasitoide es *Trichogramma* spp. parasitoide de huevos de Lepidopteros. **Koinobiontes** son aquellos que la larva del parasitoide se alimenta de un hospedante que sigue su desarrollo después de ser parasitado (parasitoides huevo-larva, larva-pupa). Un ejemplo de este parasitoide es *Diadegma* *insulare*, parasitoide de *Plutella* *xylostella*.

Por el estado del hospedante que parasitan y emergen, los parasitoides se pueden clasificar como parasitoides de huevo: *Trichogramma*, de larva-larva: *Diglyphus* y *Cotesia*, de larva-pupa: *Diadegma* y otros más.

Tipos de parasitoides por el estado que parasitan

TIPOS DE PARASITOIDE	FAMILIAS	EJEMPLOS
De huevo	Mymaridae	
	Trichogrammatidae	<i>Trichogramma spp.</i>
	Scelionidae	<i>Trissolcus spp.</i>
De huevo-larva	Braconidae	<i>Chelonus spp.</i>
De ninfas	Aphidiinae	<i>Diaeretiella</i>
De larvas	Ichneumonidae	
	Braconidae	<i>Cotesia flavipes</i>
	Tachinidae	
De pupa	Chalcididae	<i>Spalangia spp.</i>
	Ichneumonidae	
	Pteromalidae	
De larva- pupa	Braconidae	<i>Opius</i>
	Braconidae, Tachinidae	<i>Belvosia spp.</i>

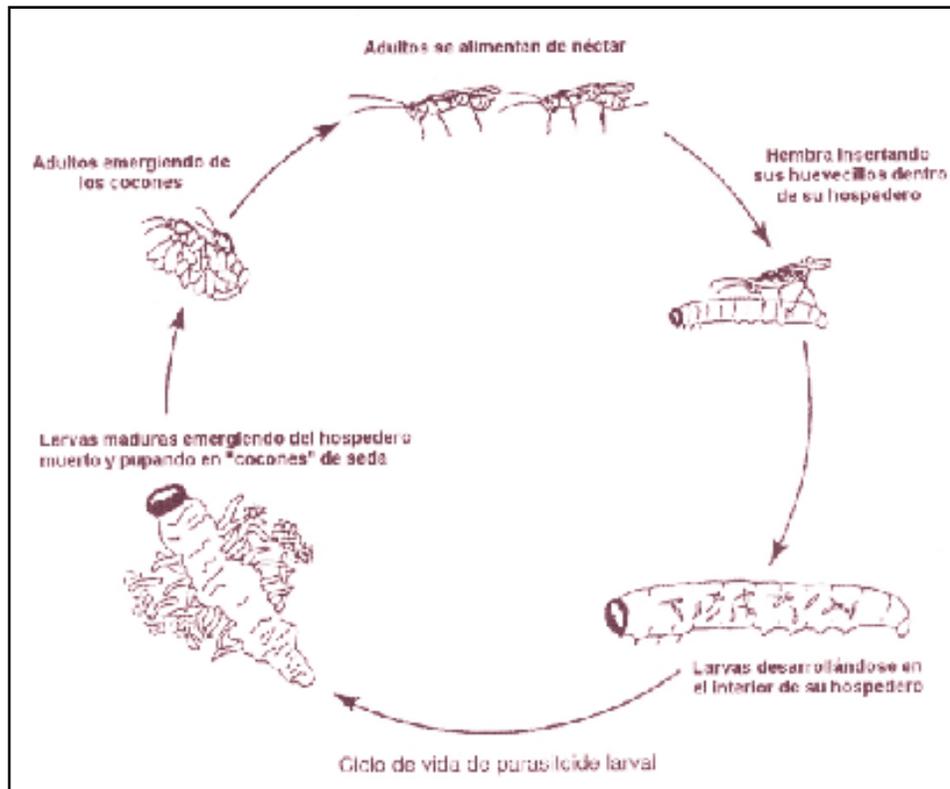


El ectoparasito vive sobre el cuerpo del hospedante



El endoparasito vive dentro del cuerpo del hospedante

¿Cómo actúan los parasitoides?

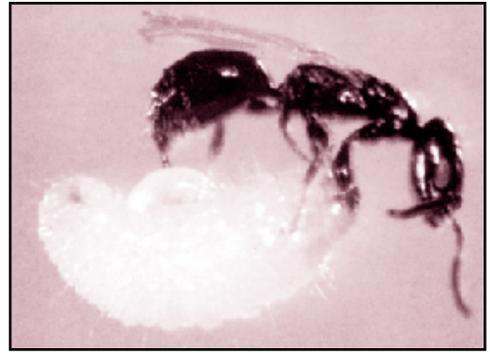


Ciclo de vida de un endoparasitoide de larva

El ciclo de vida de un parasitoide considera una serie de fases que son continuas y se describen a continuación. El apareamiento entre hembras y machos ocurre cerca del hospedante del cual emergerán los adultos del parasitoide o bien lejos del hospedante, utilizando mecanismos de atracción como las feromonas.

Luego, ocurre una fase de alimentación de los adultos que puede ocurrir tanto antes como después de que pongan sus huevos, alimentándose del néctar de las flores o bien del mismo hospedante que van a parasitar. Posteriormente, se inicia la localización del hospedante en la cual la hembra del parasitoide es atraída primero hacia la planta, donde participan atrayentes de largo alcance como sustancias químicas del insecto hospedante (kairomonas) que pueden ser subproductos de su alimentación o desarrollo o bien sustancias volátiles provenientes del tejido dañado de la planta.

Luego, participan atrayentes de corto alcance que atraen al parasitoide hacia su hospedante con la participación de sustancias menos volátiles producidas por el insecto hospedante cuando se alimenta u oviposita, las cuales son percibidas por las antenas.



Cephalonomia parasita larva y pupa de la broca

Luego, viene la fase de oviposición (parasitación) en la cual la hembra del parasitoide pone sus huevos. Aquí actúan estímulos físicos y químicos del insecto hospedante. La hembra del parasitoide puede o no paralizar a la larva antes de ovipositar, puede poner más o menos huevos según el tamaño del hospedante o bien puede poner huevos que originen hembras o machos según el tamaño del insecto hospedante y también pueden poner huevos adentro o afuera según la especie de parasitoide, lo cual va a determinar los diferentes tipos de parasitoides que existen.

Seguidamente viene la fase de desarrollo larval del parasitoide, la cual depende del tamaño del insecto hospedante, de la etapa en la cual fue parasitado y si paralizó o no a su hospedante. Luego, continúa la fase de formación de pupa del parasitoide que ha completado su desarrollo larval y puede ocurrir ya sea adentro como afuera del insecto hospedante y normalmente, existe una conducta de los insectos parasitados de buscar hábitats protegidos.

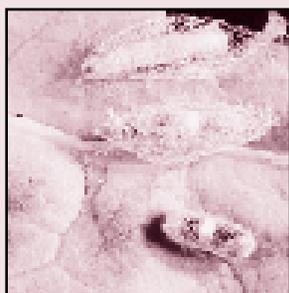
Finalmente, ocurre la emergencia de los adultos y normalmente los machos emergen primero que las hembras y en el caso de parasitoides gregarios, los adultos que emergen permanecen cerca pero, cuando son solitarios, se van lejos de su hospedante.

¿Cuáles son las familias de parasitoides más importantes?

La mayoría de los parasitoides utilizados en el control biológico de plagas pertenece a las familias Braconidae, Scelionidae, Trichogrammatidae, Eulophidae, Encyrtidae, Aphelinidae y Tachinidae, de los cuales existe una gran cantidad de géneros y especies que son reproducidos masivamente y comercializados.

Algunas familias de parasitoides y los organismos que controlan

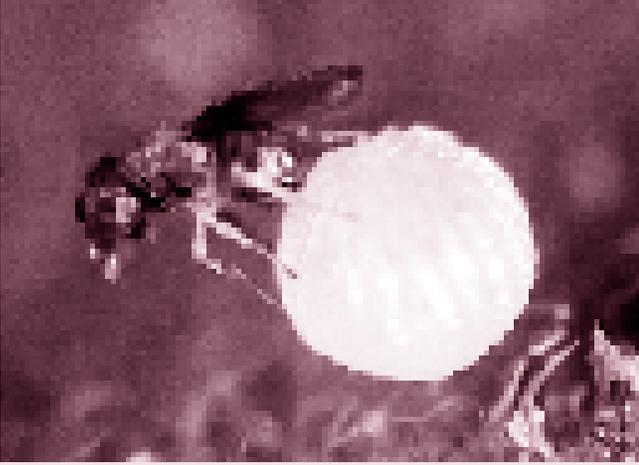
ORDEN	FAMILIA	HOSPEDANTES
Hymenoptera	Braconidae	Son parásitos de áfidos, Lepidópteros, Coleópteros y Dípteros.
	Scelionidae	Parasitoides de huevos chinches
	Trichogrammatidae	Parasitoides de huevos de Lepidópteros, muy importantes en el control biológico inundativo
	Eulophidae	Son muy importantes en el control de larvas de minadores de hojas y barrenadores de madera.
	Mymaridae	Parasitoides de huevos de Heteróptera, Homóptera, Coleóptera, Díptera y Saltatoria.
	Encyrtidae Aphelinidae	Son parasitoides de escamas, cochinillas. Muy importantes parasitoides de escamas, cochinillas, moscas blancas y áfidos.
Diptera	Tachinidae	Son parasitoides de larvas de Lepidópteros.
	Bombyliidae	Parasitoides de larvas de Scarabacidae.



Larva y pupa de *Plutella* parasitadas por *Diadegma*



Apanteles parasitan gusano de mariposa



Trichogramma
parasitando
huevo de un
insecto

Trichogramma spp.

Importancia

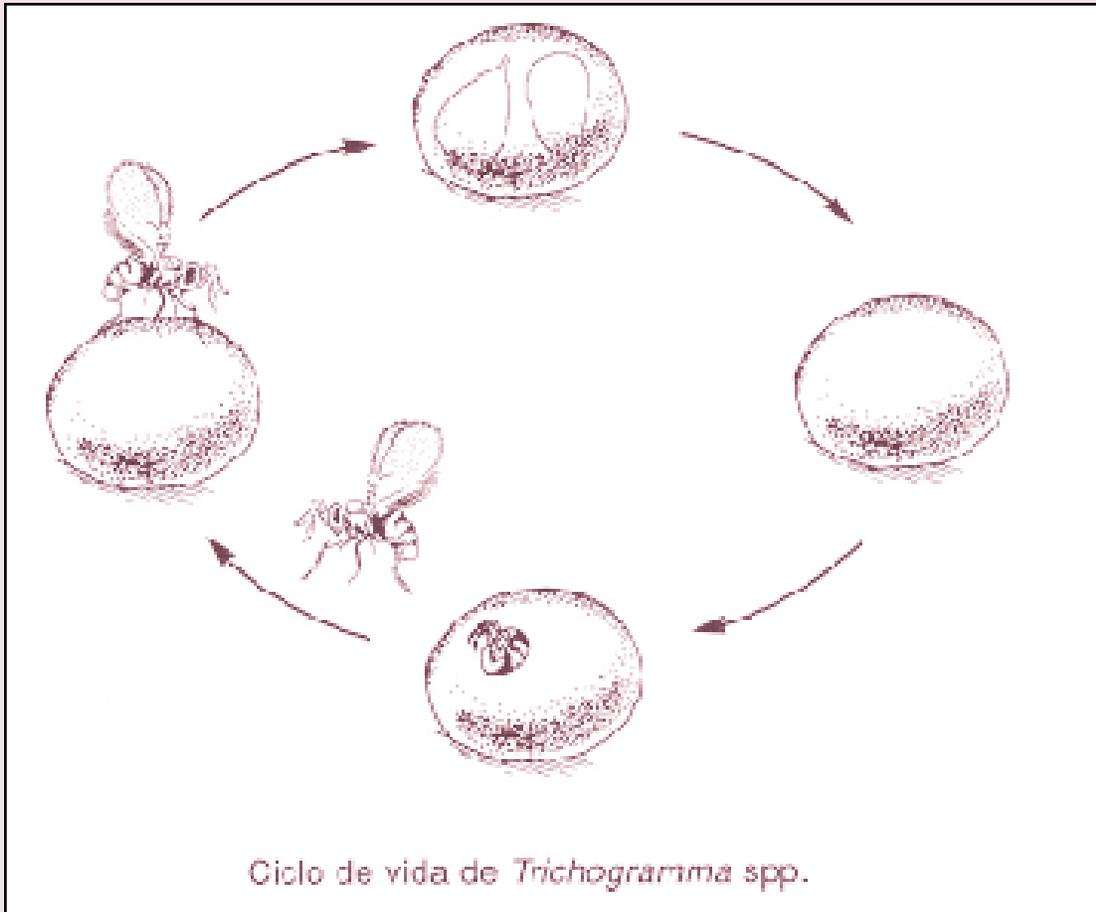
Entre los insectos benéficos más importantes para el control de Lepidópteros están los parasitoides de huevos del género *Trichogramma*. Estas son diminutas avispidas que atacan los huevos de las polillas y mariposas. Su importancia en el control biológico radica en la facilidad con que se pueden producir masivamente, utilizando polillas de granos almacenados y en la facilidad de liberarlos en el campo para el control de Lepidópteros dando altos niveles de control.

Descripción

Es una avispidita de 0.5-0.8 mm de longitud, de color amarillo con marcas pardas en el mesosoma y dorso de los fémures, metasoma más oscuro en el medio del tercio apical. Los machos son de coloración parda más extensa; la antena del macho tiene setas largas y delgadas, el ancho de cada seta disminuye a lo largo de la seta. La longitud de la seta más larga es 2.7 a 3.7 veces tan larga como el ancho máximo de la antena. Los ojos son de color rojo.

Ciclo de vida

Después de que la hembra ha sido fertilizada por el macho, es atraída primero por los olores de la planta y también se orienta hacia las feromonas sexuales femeninas de la polilla hospedante que la atrae al área donde se depositan los huevos. Cuando llega a la planta, la hembra de *Trichogramma* recorre y busca sistemáticamente en las hojas y localiza el área donde las polillas adultas estuvieron y dejaron escamas que contienen kairomonas.



La hembra localiza los huevos y los examina y detecta si están o no parasitados. Ella selecciona los huevos de mejor calidad y los perfora con su ovipositor inyectando un veneno que empieza a digerir el contenido del hospedante. Posteriormente pone uno o más huevos dentro del huevo hospedante. Después de ovipositar la hembra marca el huevo. El huevo parasitado cambia de color blanco a negro a los 3 a 4 días.

Las larvas se desarrollan pasando por tres instares larvales y empupan dentro del hospedante, con un período de duración de 10 a 12 días. Los machos adultos emergen primero y se aparean con las hembras a medida que emergen. Las hembras se dispersan desde el hospedante. El adulto puede volar hasta 100 metros en 48 horas, dependiendo del viento.

Eficacia

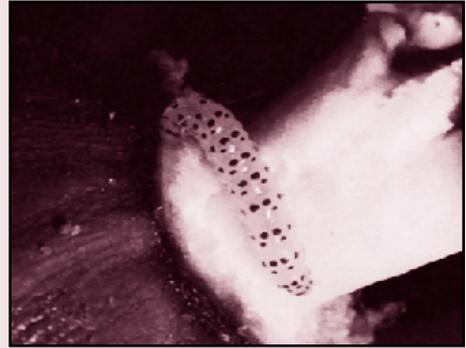
Los resultados de la utilización de *T. pretiosum* en Nicaragua indican un 100% de control para *H. zea* y *Diatraea*, en tomate y caña de azúcar, de 83, 91 y 95% para *H. zea*, *Pseudoplusia includens* y *H. zea* en maíz, frijol y algodón respectivamente, y entre el 64 y 83% para plagas como *Trichoplusia ni*, *Anticarsia gemmatalis*, *Alabama argillacea* y *Diaphania sp.* en frijol, soya, algodón y melón respectivamente.

Susceptibilidad a agroquímicos y factores ambientales

Trichogramma es altamente susceptible a insecticidas químicos de amplio espectro y a factores ambientales adversos como las altas temperaturas y el exceso de lluvia.



La liberación de *Trichogramma* reduce la población de *Trichoplusia ni*



Trichogramma reduce la incidencia del gusano barrenador *Diaphania sp.*



Adulto de *Cotesia* parasitando el gusano de *Diatraea*, una plaga importante de la caña de azúcar

Cotesia flavipes

Importancia

Cotesia flavipes (Hymenoptera: Braconidae) es un parasitoide gregario que tiene su origen en el sur-este de Asia donde ataca a barrenadores de los géneros *Chilo* y *Sesamia*. Fue introducido por primera vez en Costa Rica en 1984, Honduras en 1985 y El Salvador en 1986, para el control del barrenador de la caña de azúcar (*Diatraea saccharalis*).

Descripción

Tiene una longitud de 2 mm, su cuerpo es negro, patas amarillas a castaño pálido, antenas situadas encima de una repisa entre los ojos compuestos; tergito un poco más ancho posteriormente que anteriormente; cubierta del ovipositor mucho más corta que la tibia.

Ciclo de vida

La hembra entra en el túnel del hospedero para parasitar la larva de *Diatraea* del tercer a sexto instar. Cada hembra oviposita entre 60 y 75 huevos por larva. Al terminar su desarrollo, la larva del parasitoide emerge del hospedante y cada una hila un capullo blanco dentro del cual empupa. Algunas especies de *Diatraea* son capaces de encapsular la larva del parasitoide.

Eficacia

El porcentaje promedio de parasitismo de *C. flavipes* para el control de *D. saccharalis* durante 15 años de liberaciones realizadas en Costa Rica es de 29%, con rangos entre 7.8% durante la primera liberación hecha en 1985, hasta 50.8% en 1996.

Susceptibilidad a agroquímicos y factores ambientales

Cotesia flavipes es altamente susceptible a insecticidas químicos de amplio espectro. Sin embargo, es importante señalar que, en la caña de azúcar en Costa Rica, no se emplea más estos productos, ya que todas las plagas se manejan utilizando controladores biológicos. Los factores ambientales como las altas temperaturas y el exceso de lluvia también son adversos para la sobrevivencia de este parasitoide.



Adulto de *Cephalonomia*
parasitoide de la broca del café

Cephalonomia stephanoderis

Importancia

Cephalonomia stephanoderis Betrem (Hymenoptera: Bethyridae), también llamada avispa de Costa de Marfil es uno de los enemigos más promisorios para el control biológico de la broca del café, debido a su comprobada adaptabilidad en varios agroecosistemas cafeteros del Africa y América, a lo específico de su dieta y a la existencia de metodologías apropiadas para su cría. Fue introducido a México y Ecuador en 1988. En 1990, se introdujo a Guatemala, Honduras y el Salvador desde México. A Colombia, se introdujo desde Ecuador e Inglaterra, entre 1989 y 1990.

Descripción

La avispa adulta mide 1.6 a 2 mm de largo, es de color pardo ne-grusco brillante, patas más pálidas, cabeza cuadrada, venación muy reducida; los últimos cuatro tergitos con setas blancas largas

Ciclo de vida

La hembra entra al fruto maduro de café afectado por la broca y allí, se alimenta de todos los estados biológicos de la broca. Después de varios días, dependiendo de la temperatura, la avispa coloca un huevo sobre el cuerpo de las larvas, pre-pupas o pupas de la broca. En larvas del hospe-



Larva de *Cephalonomia* alimentándose del cuerpo de la prepupa de la broca del café

dero, deposita el huevo en la superficie ventral mientras que, en las pupas, el huevo es depositado en la superficie dorsal del abdomen. Una hembra puede depositar hasta 70 huevos.

Antes de ovipositar, la hembra paraliza el hospedero con un veneno inyectado por su aguijón. Luego de la eclosión, las larvas del parasitoide succionan el contenido interno del hospedante dejando la cápsula cefálica e integumento del cadáver. Una vez terminado este proceso, se individualizan y tejen un capullo dentro del cual empupan. Aproximadamente después de 30 días de parasitado el grano, emergen las primeras avispas adultas las cuales abandonan el grano en busca de alimento. La duración del ciclo de vida es de 26 días a 25 °C, siendo para el huevo de 4 días, la larva de 3 días y la pupa de 19 días.

Las evaluaciones de campo realizadas en diferentes lugares, no se han hecho en cafetales con áreas representativas para evaluar el verdadero impacto de estos parasitoides. En Ecuador, se han presentado altos niveles de parasitismo en la época de postcosecha, alcanzando valores de 72% en Pichincha, de 12 a 43% en Manabí, de 40% en Ríos y de 48 a 52% en Pichilingue. En México, se registra su establecimiento con valores de 20 al 80%. Este parasitoide tiene una alta efectividad cuando actúa bajo altos niveles de infestación de broca, alcanzando niveles de parasitismo del 65% de granos parasitados cuando los niveles de infestación de la broca fueron del 80%. Su efectividad a bajos niveles de broca (5%), se ha reportado entre un 3 y 26% de parasitismo. Esto demuestra que la avispa tiene la capacidad para adaptarse y establecerse a bajos niveles de broca.

Susceptibilidad a agroquímicos y factores ambientales

Los estudios sobre compatibilidad de esta avispa con los insecticidas químicos indican que los insecticidas pueden aplicarse solamente 40 días después de la liberación, como límite mínimo para no causar una alta mortalidad a los adultos de *C. stephanoderis*. Cuando los insecticidas se aplican primero, se deben esperar 21 días para liberar las avispas. Estos resultados fueron iguales para los insecticidas clorpirifos, endo sulfan, fenitrotion y perimifosmetil.



Adulto de *Prorops nasuta*
parasitoide de la broca
del café

Prorops nasuta Waterston

Importancia

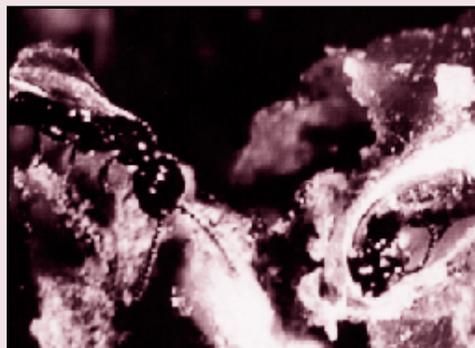
Este parasitoide fue descubierto por Waterston en 1923 y registrado por primera vez por Hargreaves en 1926, en Uganda. Los primeros intentos de introducción y uso de este enemigo natural en Sudamérica, se llevaron a cabo en Brasil en 1929. Después de un año, unos 30,000 adultos fueron distribuidos y establecidos en varias plantaciones de café y en 1940, se consideró posible la cría y liberación de este parasitoide. Sin embargo, el uso intensivo de insecticidas químicos después de los años 40, afectó el interés por el uso de enemigos naturales para el control de la broca en el Brasil. Años más tarde, se estableció en Sao Paulo a pesar de la aplicación continua de productos químicos y de las condiciones climáticas adversas, lo que demuestra la gran capacidad de adaptación por parte del parasitoide. Las introducciones más recientes de este parasitoide en América son: Ecuador en 1987, México en 1988 y Colombia, Guatemala, El Salvador, Honduras y en Costa Rica más recientemente.

Descripción

El adulto es negrusco-marrón con antenas y patas pálidas marrón y la hembra alcanza aproximadamente 2.3 mm

Ciclo de vida

La hembra entra en una cereza infestada en donde se alimenta preferiblemente de los huevos y larvas de la broca. La avispa prefiere cerezas infestadas en el árbol pero, puede entrar también en



Adulto de *Prorops nasuta* buscando la broca para parasitarla dentro del grano del café

aquellas que están en el suelo. Una vez en la cereza, deposita uno o dos huevos por día y permanece en la cereza siempre y cuando haya alimento suficiente para ella y tenga que proteger su descendencia. El hospedante es punzado y paralizado antes de la oviposición y los huevos, normalmente, son depositados sobre la superficie ventral de una larva de la broca o sobre la región dorso abdominal de la pupa. Generalmente, deposita un solo huevo por hospedante pero, en ocasiones, deposita dos y ambos pueden desarrollarse exitosamente y producir adultos del parasitoide. Los huevos eclosionan de dos a 7 días y las larvas se alimentan externamente. Cuando maduran, cada una teje un capullo y entra al estado prepupal. La duración de los estados de larva prepupa y pupa a 24 °C es de 8, 3 y 9 días respectivamente. Después de abrir los capullos para su emergencia, los adultos permanecen dentro hasta tres días. Una vez emergidos del capullo, los adultos permanecen en los capullos por unos pocos días y posiblemente copulan. La relación de sexos de la progenie es de 3:1.

Eficacia

En algunos municipios cafeteros del departamento de Nariño en Colombia, ubicados entre 1,380 a 1,750 m.s.n.m. se realizaron liberaciones del parasitoide entre 1991 a 1993. Los resultados indicaron que el parasitoide tiene un alto grado de adaptación a los cafetales de la zona y presenta un parasitismo de 1.5 a 3.8% con un promedio de 11.2 capullos del parasitoide por fruto parasitado. En Ecuador, se logró su establecimiento y se registraron niveles de parasitismo del 25 al 28% con altas infestaciones de broca

Susceptibilidad a agroquímicos y factores ambientales

En Brasil, a pesar del uso continuo de insecticidas, en 1978 se recuperó este parasitoide en Minas Gerais con un parasitismo del 27 al 33.2%. También, en Piracicaba en Sao Paulo, en 1975, sobrevivió a sequías severas y a la helada de ese año, cuando incluso murieron la mayor parte de los cafetales

¿Cómo se utilizan? *Trichogramma*

Entre las plagas que se controlan mejor con este parasitoide están *Helicoverpa zea*, *Trichoplusia ni*, *Anticarsia gemmatalis*, *Diaphania sp.*, *Alabama argillacea*, *Diatraea sacharalis*, *Spodoptera sp.* y *Mocis latipes*.

¿Cómo se crían?

Este parasitoide se reproduce masivamente en el laboratorio utilizando huevos de una palomilla de los cereales llamada *Sitotroga cerealella*, la cual es criada masivamente en granos de trigo. Posteriormente, estos huevos son expuestos a los adultos de *Trichogramma* para su parasitación.

¿Cómo se liberan?

El parasitoide se puede liberar en el campo utilizando el sistema de cono de papel en donde se coloca una pulgada cuadrada de huevos parasitados. También, se usa el sistema de porrón en el cual se utiliza un envase plástico de capacidad de 3 a 4 litros donde se depositan entre 150 y 200 pulgadas de huevos. Cuando las avispidas hayan emergido, se llevan al campo. La liberación se realiza empezando 10 surcos adentro del cultivo. Se camina sobre el surco cada 20 pasos y se abre el porrón por espacio de 4-5 segundos al nivel del follaje. Se sigue caminando otros 20 pasos hasta terminar el surco. Luego, se cuentan otros 20 surcos y se repite la operación. El día siguiente, se hace la liberación en sentido contrario al día anterior.

¿Cómo se logra una buena actividad?

Este parasitoide sobrevive mejor cuando existen plantas con flores que les proporcionan fuentes de alimento a los adultos, en los sitios de la liberación. Para obtener una mejor actividad, no se deben utilizar insecticidas químicos en los campos de cultivo donde se liberen estos parasitoides debido a que estos son muy susceptibles a este tipo de productos.

¿Cuáles son los proveedores?

Actualmente la Universidad de León en Nicaragua cuenta con un laboratorio que produce y vende estas avispidas.

Ejemplos de uso exitoso

Uso de *Trichogramma* en Nicaragua

La Universidad de León en Nicaragua produce masivamente *Trichogramma pretiosum*, lo que ha permitido realizar liberaciones en diferentes cultivos en León y Chinandega, contra insectos plagas como *Helicoverpa zea*, *Trichoplusia ni*, *Pseudaletia includens*, *Anticarsia gemmatalis*, *Alabama argillacea*, *Manduca sexta* y *Diaphania spp.* en cultivos de algodón, maíz, caña de azúcar, pepino, melón, pipián y tomate,

Los resultados obtenidos demuestran que el parasitoide es altamente eficiente, puesto que ha logrado aumentar el parasitismo en algunos casos, hasta 100%, (en el caso del cultivo de tomate contra *Helicoverpa zea*, 1990-2001).

Plagas y cultivos en las que se ha utilizado *Trichogramma* en Nicaragua

PLAGA	NOMBRE COMÚN	CULTIVO	CONTROL
<i>Helicoverpa zea</i>	Bellotero	Maíz	85%
<i>Diaphania spp.</i>	Gusano de fruto, cucurbitáceas	Melón	65%
<i>Anticarsia gemmatalis</i>	Gusano de soya	Soya	60%
<i>Diatraea saccharalis</i>	Barrenador de la caña	Caña de azúcar	100%
<i>Trichoplusia ni</i>	Falsa langosta medidora	Frijol	70%
<i>Manduca sexta</i>	Gusano cachudo de la yuca	Tomate	100%
<i>Alabama argillacea</i>	Langosta medidora	Algodón	95%

Cotesia flavipes

Este parasitoide es muy específico para el control de gusanos barrenadores del tallo de la familia Pyralidae, entre ellos el barrenador de la caña de azúcar (*Diatraea sacharalis*) y el barrenador del maíz (*Diatraea lineolata*).

¿Cómo se crían?

La producción de este parasitoide se realiza en laboratorios especializados utilizando larvas de *Diatraea sacharalis* como larva hospedante, la cual es criada masivamente en forma artificial, utilizando dietas artificiales. La parasitación se realiza en larvas de tercer instar las cuales son criadas hasta que emergen las larvas del parasitoide y formen sus capullos.

¿Cómo se liberan?

Su utilización en campos de caña de azúcar se realiza mediante liberaciones periódicas de adultos después de realizar un monitoreo para definir los niveles poblacionales de la plaga en el campo.

¿Cómo se logra una buena actividad?

Para obtener una buena actividad de este parasitoide en el campo, se debe utilizar el monitoreo poblacional como un requisito para hacer las liberaciones. Se debe considerar también la época o estado fenológico del cultivo, el momento del día para hacer la liberación y la cantidad a liberar.

¿Cuáles son los proveedores?

En Costa Rica, el laboratorio de la dirección de investigaciones en caña de azúcar produce este parasitoide para su utilización en el manejo de *Diatraea sacharalis* en caña de azúcar.

Ejemplos de uso exitoso

Uso de *Cotesia flavipes* para el control de *Diatraea* spp. en caña de azúcar en Costa Rica

En el año 1994, se estableció el programa de control biológico de *Diatraea* spp., de la cual hay varias especies en el país, mediante el uso del parasitoide *Cotesia flavipes*, el cual fue introducido y está siendo reproducido en los laboratorios de la dirección de investigación en caña de azúcar (DIECA).



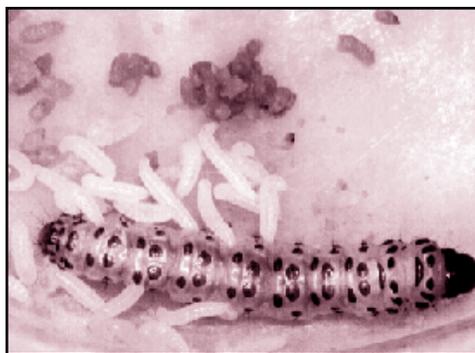
Monitoreo de plagas para determinar el momento de liberación

La estrategia de utilización del parasitoide consiste en un monitoreo previo de los campos en que se va a liberar y determinar los niveles de plaga y el momento de aplicación, según un umbral y finalmente la evaluación, de la efectividad del parasitoide.

El monitoreo se realiza en plantaciones de 2 a 6 meses de edad, tanto en ciclo planta o de primer año como en rebrote. Consiste en establecer 5 puntos de 4 metros lineales por hectárea, al azar. En los 4 metros, se revisa y cuantifica la presencia de daño (brote muerto o síntoma de corazón muerto). Los tallos con corazón muerto son cortados en la base de la cepa y abiertos longitudinalmente para cuantificar la presencia de larvas. Se estima la densidad poblacional de larvas de *Diatraea* por hectárea y con base a esto, se ajusta la dosis de parasitoides a usar que normalmente es de 4 avispitas adultas por cada larva, iniciando las aplicaciones cuando se supera el umbral de 1,500 larvas de *Diatraea* por hectárea, lo que equivale a decir 6,000 avispitas por hectárea.

La liberación se efectúa en las primeras horas de la mañana o últimas de la tarde, buscando con ello las condiciones más adecuadas para que el parasitoide funcione. Las avispitas se proveen al usuario en vasos plásticos debidamente rotulados y para su liberación, se destapan y se camina distribuyéndolas en el área a tratar lo más homogéneo posible. Se recomienda realizar una segunda liberación 15 días después de la primera, usando la misma dosis (6,000 avispitas) como un refuerzo y no dependiendo de un nuevo muestreo. Treinta días después de la primera liberación, hacemos otro monitoreo de la plaga para determinar el nivel de parasitismo, la población de la plaga y la necesidad de una nueva liberación.

La evaluación se realiza mediante monitoreos, utilizando la misma metodología y recolectando larvas del barrenador u otras formas biológicas del parasitoide, las cuales serán acondicionadas en el laboratorio para obtener el parasitismo total.



Larvas maduras de *Cotesia* saliendo del cuerpo de *Diatraea*

Importancia de *Cotesia flavipes* en el control de *Diatraea* spp. en caña de azúcar en Costa Rica

AÑO	PRODUCCION	CANTIDAD LIBERADA	AREA CUBIERTA (HA)	% DE PARASITISMO			
				C. FLAVIPES	TAQUÍNIDOS	OTROS	TOTAL
1985	516.520	262.500	17.5	7.8	2.7	3.3	13.8
1986	5,398.447	4,319.000	287.9	18.2	5.1	1.0	24.3
1987	22,964.557	20,500.000	1,366.7	21.1	4.4	0.3	25.8
1988	25,165.865	22,810.000	1,520.6	23.7	4.3	0.2	28.2
1989	24,542.280	21,963.000	1,464.2	32.2	5.9	1.8	39.9
1990	22,584.840	20,007.000	1,533.1	35.9	6.0	0.5	42.4
1991	15,404.946	13,429.000	1,081.0	37.3	3.6	0.1	41.0
1992	17,985.660	14,612.000	967.0	39.9	1.5	—	41.4
1993	20,475.660	16,309.000	1,499.5	34.2	2.1	—	36.3
1994	28,767.450	26,053.500	1,811.1	39.6	2.9	—	42.5
1995	32,979.240	29,737.500	1,850.0	39.1	—	—	39.1
1996	28,522.500	25,902.000	1,688.3	50.8	15.8	—	66.6
1997	26,998.320	25,462.500	2,911.0	27.4	14.7	7.4	49.5
1998	32,086.380	28,283.000	4,557.6	21.8	3.5	0.7	26.0
1999	28,111.140	25,033.000	4,065.4	21.0	14.0	2.5	37.5
2000	21,503.820	19,528.000	2,612.1	25.5	13.6	2.9	42.0
2001	25,926.960	23,098.000	4,131.0	21.8	10.1	1	32.9
TOTAL	379,934.585	337,309.000	33,364	29.3	5.8	1.6	36.6

Cephalonomia stephanoderis

Es un parasitoide específico para el control de la broca del café (*Hypotenemus hampei*) que es el insecto plaga de mayor importancia en las plantaciones de café del mundo. Estos parasitoides están dirigidos a la broca presente en los frutos maduros, sobremaduros y secos infestados que no fueron recolectados y quedaron en los árboles.

¿Cómo se crían?

Estos parasitoides se crían masivamente sobre broca que ha sido criada previamente sobre granos de café pergamino infestados artificialmente en proporción de 3-4 brocas por grano. Se utilizan granos que tengan más de dos perforaciones para realizar la parasitación.



Cephalonomia se crían sobre la broca en laboratorio

¿Cómo se liberan?

Para este proceso, se colocan 200 granos brocados por 400 adultos de la avispa en frascos de conserva y se tapan con una tela fina. Un 75% del grano brocado parasitado se utiliza para hacer las liberaciones en el campo y el resto para continuar la cría en el laboratorio.

Para la liberación, se utilizan bolsas de tela (tulu organza) o canastillas de organdí que permitan la salida de las avispas pero no de la broca, conteniendo de 200 a 400 granos pergamino brocados y parasitados protegidos de la lluvia con un plástico. Estas bolsas se cuelgan de la parte media de los árboles de café, ubicando una canastilla cada 15 árboles y entre 3 y 5 surcos. Estas son retiradas 15 días después.

¿Cómo se logra una buena actividad?

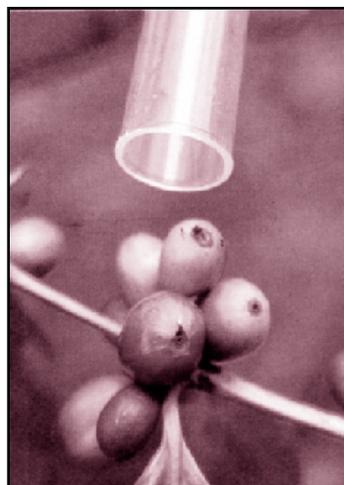
Para lograr una buena actividad, se recomienda hacer la liberación inmediatamente terminada la cosecha principal y la mitaca. También, se pueden liberar después de realizadas las recolecciones permanentes de frutos maduros. Se recomienda hacer las liberaciones en los focos o puntos calientes de los cafetales, o sea los sitios en donde los porcentajes de infestación de broca son más altos y en-

¿Cuáles son los proveedores?

Ejemplos de uso exitoso

tre las 8 y 14 horas que es cuando las avispas están más activas. Finalmente, se recomienda no aplicar ningún producto químico después de la liberación y si por motivo de una alta infestación se debe realizar, hacerla 40 días después de la liberación de las avispas. Así mismo, no se deben aplicar insecticidas 21 días antes de la liberación.

Se produce en los institutos de café de la región. El centro nacional de investigaciones en café (CENICAFE) en Colombia, también produce este parasitoide.



Liberación de avispas *Cephalonomia* en cafetales

Se realizó un estudio en Colombia, utilizando ocho campos experimentales en cuatro fincas localizadas a altitudes de 1080, 1240, 1485 y 1630 m, en el departamento de Nariño. Los lotes consistieron de 200 árboles. La primera liberación de *C. stephanoderis* se realizó a los 140 días de formación de los frutos, en relación 1:1 (parasitoide:fruto brocado), la segunda cuando los frutos tenían 90 a 130 días, en relación 1:2 y la tercera durante la cosecha principal. El total de parasitoides liberados fue de 504,800 especímenes. Los resultados indicaron que este parasitoide se estableció en todos los lugares donde se liberó. El nivel de parasitismo fue mayor en los sitios de menor altura, siendo a 1,630 m.s.n.m del 29% de parasitismo mientras que a 1,080 alcanzó el 65%. Se observó que además de su acción parasítica, la avispa ejerció una acción depredadora bastante eficiente sobre los adultos de la broca (93.8%) que se encontraban en el interior de los frutos, sugiriendo así una acción total sobre la población de todos los estados de la broca, en la cual se estimó una mortalidad del 94.8%. Es importante destacar que, aún después de tres años de realizadas las liberaciones, las avispas siguieron realizando su efecto de parasitismo sobre la broca en los lotes iniciales. El parasitoide se recuperó de cafetales distantes a los sitios de liberación hasta 4.2 km poco tiempo después de la liberación.

Prorops nasuta

Este parasitoide es específico para el control de la broca del café.

¿Cómo se crían?

La cría de *Prorops nasuta*, es similar a la de *C. stephanoderis* descrita anteriormente

¿Cómo se liberan?

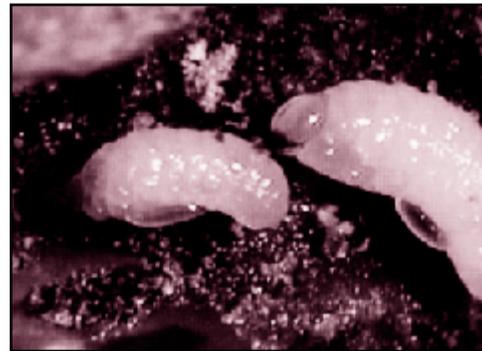
Para la liberación, se utiliza la misma técnica usada para la liberación de *C. stephanoderis*.

¿Cuáles son los proveedores?

Son los institutos de café de la región. El centro nacional de investigaciones en café (CENICAFE) en Colombia, también produce este parasitoide.

Ejemplos de uso exitoso

La información publicada hace referencia a liberaciones de *P. nasuta* realizadas en diferentes lugares de América Latina, más que todo con el propósito de lograr su establecimiento. Las primeras liberaciones de *P. nasuta* en Colombia se realizaron en 1990 y 1993 en fincas localizadas en el departamento de Nariño. Durante los años 1996 y 1997, se hizo un seguimiento a las liberaciones realizadas hasta 1993, en fincas donde se habían realizado las liberaciones y en algunas aledañas donde no se liberaron los parasitoides. La información recopilada indicó que *P. nasuta* se encontró en un 72.7% de los sitios donde fue liberado y en un 52.5 en los sitios aledaños. Los niveles de parasitismo estuvieron entre 0.23 y 8.25% durante un primer muestreo y entre 0.1 y 5.4% en un segundo muestreo. En ambas evaluaciones se evidenció el establecimiento de este parasitoide cuatro años después de su liberación. La mayor presencia de *P. nasuta* y su distribución prácticamente uniforme en la zona lo convierten en una alternativa factible para ser usado dentro de un programa de manejo integrado de plagas. Sin embargo, debe evaluarse su efectividad como agente de control biológico de la broca, puesto que el establecimiento de un enemigo no garantiza su efectividad como control pero, es un pre requisito para un control biológico exitoso.



Huevos de *Prorops* sobre larva de la broca del café



Bibliografía

- Aristizábal, L. F., Bustillo, A. E., Orozco, J., Chaves, B. 1998. Efecto del parasitoide *Cephalonomia stephanoderis* (Hymenoptera: Bethyilidae) sobre las poblaciones de *Hypotenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae) durante y después de la cosecha. *Revista Colombiana de Entomología* 24(3/4):149-155.
- Benavides, M., Portilla, M. 1990. Uso del café pergamino para la cría de *Hypotenemus hampei* y de su parasitoide *Cephalonomia stephanoderis* en Colombia (Nota Técnica). *Cenicafé* 41(4): 114-116.
- Bustillo, A. E., Orozco, J., Benavides, P., Portilla, M. 1996. Producción masiva y uso de parasitoides para el control de la broca del café en Colombia. *Cenicafé* 47(4): 215-230.
- Cano, e. 1988. Cría masiva y liberación de *Trichogramma pretiosum* Riley con técnica mejorada en Nicaragua. Tesis M. Sc. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua. León, Nicaragua.
- Cave, D. R. 1995. Manual para el reconocimiento de parasitoides de plagas agrícolas en América Latina. Primera Edición. Zamorano, Honduras. 202 p.
- Cave, R. D. 1995. Manual para la enseñanza del control biológico en América Latina. Primera edición, Zamorano, Honduras; Zamorano Academic Press. 188 p.
- Navarro, A., Zenner, I. 1976. Estudios básicos tendientes a mejorar el uso de *Trichogramma* sp. en el control integrado de plagas en Colombia. *Revista Colombiana de Entomología* 2(1):13-24.
- Nicholls, C. I., Altieri, M. A., Sánchez E, J. 1999. Manual práctico de control biológico para una agricultura sustentable. Universidad de California. 77 p.
- Orr, D. B., Suh, C. 2000. Parasitoids and Predators. In: Rechcigl J. E., Rechcigl, N. A. (Eds). *Biological and Biotechnological control of Insect pests*. Lewis Publishers. pp 3-34.
- Quintero, C., Bustillo, A., Benavides, P., Chaves, B. 1998. Evidencias del establecimiento de *Cephalonomia stephanoderis* y *Prorops nasuta* (Hymenoptera: Bethyilidae) en cafetales del departamento de Nariño, Colombia. *Revista Colombiana de Entomología* 24(3/4):141-147.
- Vaughan, M. A. 1993. Control biológico de plagas. Anales del curso y foro subregional Centroamericano y del Caribe. León, Nicaragua. p. i.

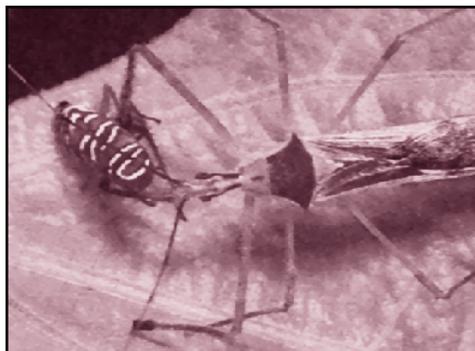
7

CONTROL BIOLÓGICO DE INSECTOS MEDIANTE DEPREDADORES

Cano Enilda • UNAN-LEÓN
Carballo Manuel • CATIE

¿Qué son los depredadores?

Los depredadores son organismos carnívoros invertebrados (insectos y arañas) que, en su estado inmaduro o adulto, buscan y capturan gran cantidad de presas para alimentarse y completar su ciclo de vida, causándoles una muerte violenta. Son de tamaño mayor que el de su presa. Son poco específicos. Se concentran más en especies de presas abundantes. No son efectivos a bajas densidades de presas y son de gran importancia en el control natural de plagas.



Depredador de la familia Reduviidae

¿Cómo se clasifican los depredadores?

Especialistas:

Estos depredadores consumen presas de la misma familia o género y han coevolucionado con su presa. Tienen la desventaja de reducir su sobrevivencia cuando la presa es escasa. Su alta especificidad les confiere la capacidad de ser más exitosos en el control de plagas. Los Coccinellidae



Depredador de la familia Vespidae

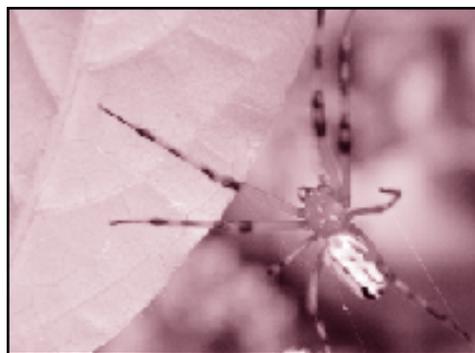


Los insectos Coccinellidos depredan un grupo específico de presas

son ejemplos de depredadores bastante específicos principalmente de insectos del orden Homóptera como áfidos, escamas, moscas blancas y cochinillas.

Generalistas:

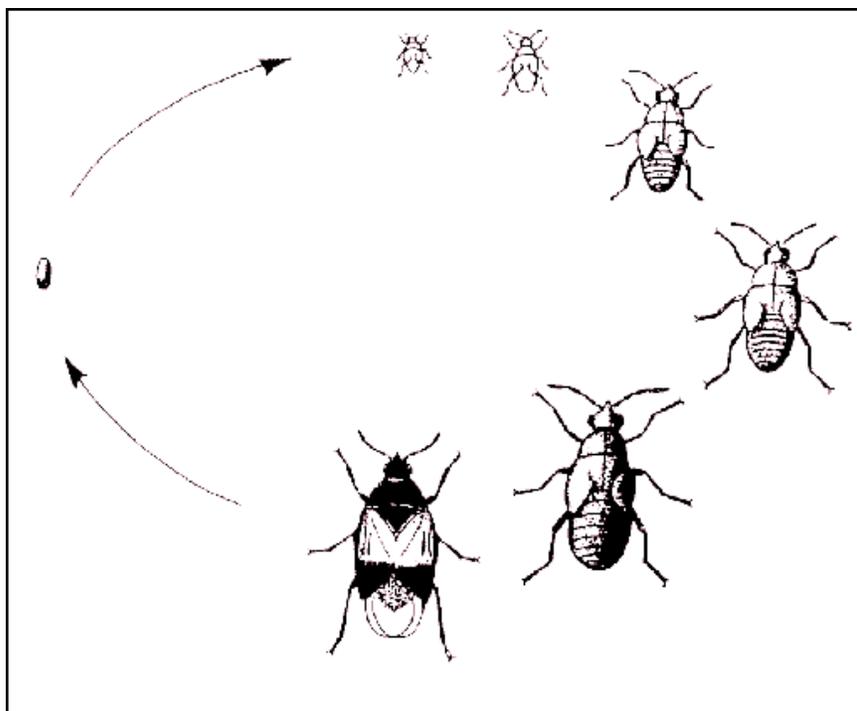
Son depredadores que consumen un amplio rango de presas, lo que les confiere la ventaja de poder sobrevivir mejor en condiciones de escasez, sin embargo, por ser generalistas, se le resta valor en el control biológico. Así por ejemplo, las larvas de *Chrysoperla carnea* y *C. rufilabris*, se alimentan de muchos insectos de cuerpo blando, tales como áfidos, trips, cochinillas, huevos de mariposas y cigarras. Un ejemplo típico de este tipo de depredador es la Mantis religiosa, sin embargo, este depredador no es la mejor opción, ya que se come todo lo que encuentra en su camino, incluyendo los insectos benéficos y las abejas.



Las arañas depredan las larvas y huevos de un amplio grupo de insectos

¿Cómo actúan los depredadores?

El ciclo de vida de los depredadores comprende menos fases que los parasitoides. Estas incluyen la búsqueda y localización de las presas para lo cual utilizan medios de atracción y captura similares a los parasitoides. Una vez en el hábitat de la presa, si son adultos, localizan la presa visualmente y ovipositan cerca de las presas, como sucede por ejemplo con las Chrysopidae en colonias de áfidos y continúan con la fase de alimentación y desarrollo, en la cual, tanto en estado larval o ninfal como de adulto, según sea la especie de depredador, devoran gran cantidad de presas para completar su desarrollo. Realizan las fases de oviposición cerca del sitio donde se encuentran las presas.

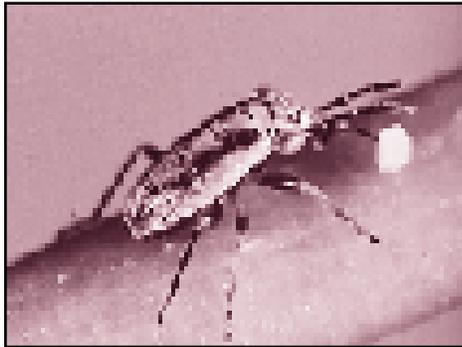


El ciclo de vida de los depredadores es más sencillo que el de los parasitoides

La mayoría de los depredadores necesita presas en estado adulto para mejorar la producción de huevos, pero, en algunas especies, los adultos se alimentan del néctar, como es el caso de los Syrphidae y Chrysopidae.

¿Cuáles son las familias de depredadores más importantes?

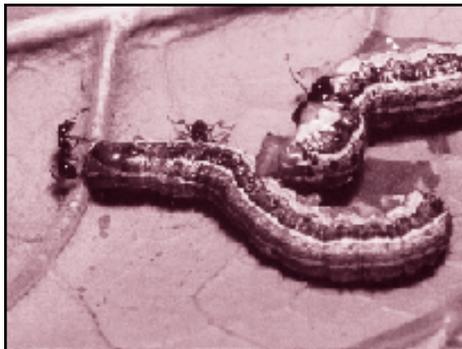
La mayoría de los depredadores utilizados en el control de plagas son insectos pertenecientes a familias tales como Coccinellidae, Vespidae, Syrphidae, Chrysopidae, Hemipterae, Formicidae, sin embargo, también hay ácaros depredadores y las arañas tienen también un alto potencial.



Chinche depredando un huevo



Chinche depredando un gusano



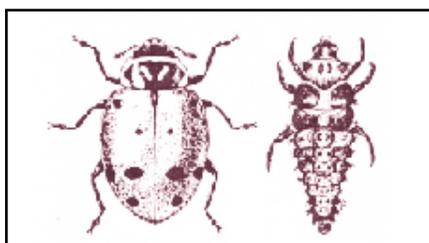
Hormigas depredando un gusano



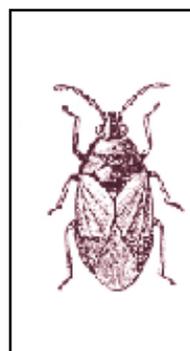
Mariquita comiendo áfidos

Algunas familias de insectos depredadores de importancia

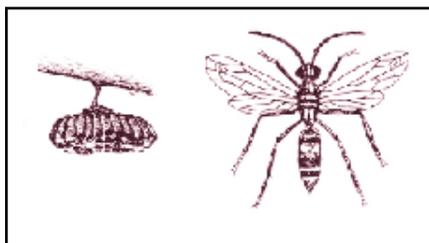
ORDEN	FAMILIA	PRESAS PRINCIPALES
Heteroptera	Anthoridae	Depredadores importantes de trips, huevos y pulgones
	Miridae	Pocas especies son depredadoras de áfidos u otros insectos
	Pentatomidae	Pocas especies son depredadas
	Reduviidae	Depredadores de áfidos, saltahoja, gusanos y Coleopteros.
Planipennia (Neuroptera)	Chrysopidae	Depredadores de pulgones, moscas blancas y huevos de Lepidópteros.
Coleptera	Coccinellidae	Depredadores de áfidos, escamas, cochinitas y moscas blancas
Hymenoptera	Formicidae	La mayoría son depredadores generalistas.
Diptera	Syrphidae	Las rivas son depredadores importantes de áfidos.
Acarí (ácaros)	Phytoseiidae	Importantes depredadores de Tetranychidae
Aranae (arañas)	Araneidae	Telarañas horizontales.



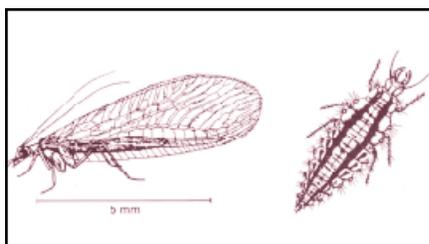
Depredador de la familia Coccinellidae



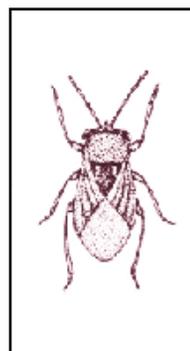
Depredador de la familia Anthoridae



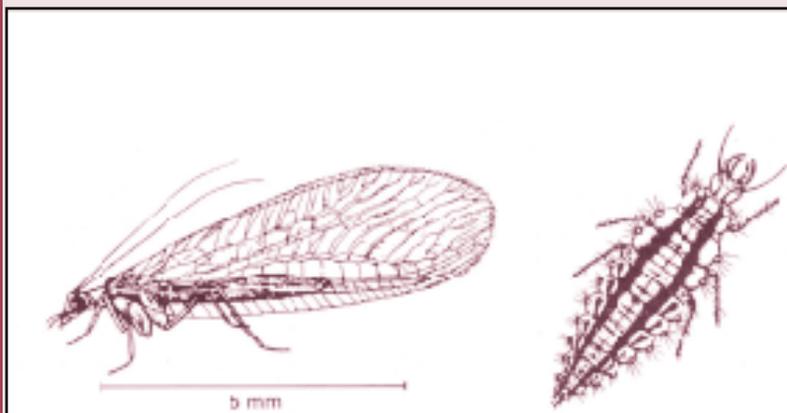
Depredador de la familia Vespidae



Depredador de la familia Chrysopidae



Depredador de la familia Lygaeidae



Adulto y larva
de depredador
Chrysopa

Chrysoperla (Chrysopa) externa

Importancia

Este insecto es un depredador muy importante en muchos sistemas agrícolas alrededor del mundo. Los adultos se alimentan únicamente de néctar, polen y mielecilla de los áfidos pero, sus larvas son depredadores muy activos. En otros países como Estados Unidos, se ha usado para el control de plagas en el algodón, en los primeros 60 días.

Descripción

Los adultos son de color verde pálido, con alas largas y transparentes, presentando una red interconectada de finas venas y un cuerpo delicado. Los ojos son dorados. La longitud del adulto es de 15 a 22 mm. Son voladores activos, particularmente durante la noche cuando son atraídos por la luz artificial. Los huevos son de forma oval, color verde y son puestos al final de un pedúnculo sedoso en las hojas y ramas de la planta. Las larvas son muy activas y son llamadas “león de áfidos”. Son de color gris, poseen patas bien desarrolladas y mandíbulas muy fuertes que les permiten capturar y aprisionar la presa y absorber los fluidos corporales de sus víctimas. Miden de 6-8 mm de longitud. La pupa tiene forma de esfera de color blanco que se adhiere a los árboles.

Ciclo de vida

Los adultos son atraídos por la miecilla de los áfidos y ponen sus huevos cerca de sus colonias. Los huevos son puestos individualmente y cada hembra puede poner entre 400 y 500 huevos. Las larvas emergen de tres a seis días. La etapa larval tiene tres estadios y dura

de dos a tres semanas. Las larvas maduras forman una pupa circular. La emergencia de los adultos ocurre entre los 10 y 14 días.



Huevos de Chrysopa

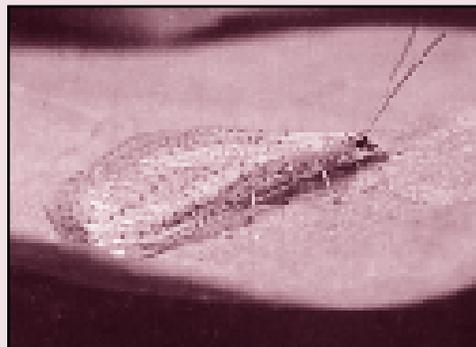
Eficacia

Estos insectos son extremadamente efectivos bajo ciertas condiciones principalmente en invernaderos, pero pueden fracasar bajo condiciones desfavorables. Pueden alimentarse de 100 a 600 áfidos durante su ciclo larval.



Larva de Chrysopa

Han sido reportadas poblaciones naturales de Chrysoperla en cultivos de papa, alimentándose de áfidos. En Nicaragua, se indican niveles de depredación de áfidos en melón de un 84%, Trips de un 52-62% y de mosca blanca del 42%.



Adulto de Chrysopa

Porcentaje de control de áfidos por *Chrysoperla externa* en cultivos de melón en Nicaragua.

ESTACIONES	ÁFIDOS/PULG ² ANTES DE LA LIBERACIÓN	ÁFIDOS/PULG ² DESPUÉS DE LA LIBERACIÓN	% DE CONTROL POR DEPREDACIÓN
1	25	10	60
2	30	0	100
2	25	0	64
4	28	0	100
5	18	3	83
6	13	0	100

Susceptibilidad a agroquímicos y factores ambientales

Estos depredadores son afectados negativamente por los insecticidas químicos, principalmente los de amplio espectro. Así mismo, son afectados por los factores ambientales adversos como son las altas temperaturas, el exceso de viento y la precipitación.

¿Cómo se utilizan? *Chrysoperla externa*

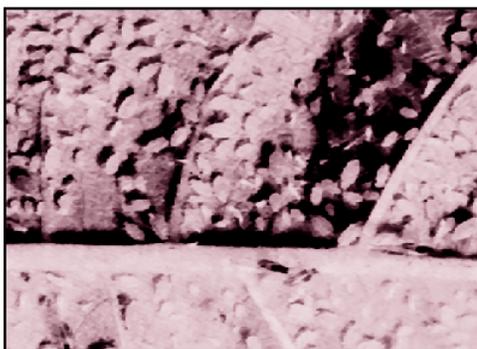
Este depredador tiene gran importancia en el control de varias especies de áfidos como *Aphis gossypii*, ácaros (especialmente los rojos), trips, moscas blancas, huevos de saltamontes, polillas, cochinillas, minadores y orugas como *Helicoverpa zea*, *Diaphania* sp., *Heliothis virescens*, *Anticarsia gemmatalis*, *Diatraea saccharalis* y *Spodoptera frugiperda*.

Forma de uso

La liberación de huevos se realiza en un portador que puede ser afrecho, aplicándolos en las plantas infestadas. Para grandes áreas, se puede realizar mediante vehículos o aviones. En Nicaragua, se hacen liberaciones de larvas utilizando 2,000 a 5,000 larvas por manzana o bien, como estado de huevo, utilizando entre 2,000 y 5,000 huevos por manzana. Cuando se usan larvas, se les suministra huevos de *Sitotroga* como alimento. Estas liberaciones se deben realizar muy temprano en la mañana o por la tarde, cuando el clima está fresco o bien durante días nublados. La distribución se hace en forma uniforme en la plantación. Cuando se libera como adultos, debemos asegurar su establecimiento en el campo. Los adultos requieren una fuente constante de néctar y polen o bien de mielecilla para alimentarse y así estimular la producción de huevos y sobrevivir. La presencia de pequeños parches de vegetación con floración en el área, proporciona una fuente de alimento, humedad y refugio para los adultos.

¿Cuáles son los proveedores?

Chrysoperla externa es producido en los laboratorios de cría de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua de León (UNAN-León).



Chrysopa es útil para controlar a los áfidos



Mosca blanca es depredada por Chrysopa

Bibliografía

- Cano, E. 2001. Cría masiva de *Trichogramma pretiosum*, *Sitotroga cerealella* y *Chrysoperla externa*. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) 60:93–96.
- Cave, R. D. 1995. Manual para la enseñanza del control biológico en América Latina. Primera edición, Zamorano, Honduras; Zamorano Academic Press. 188 p.
- Nicholls, C. I., Altieri, M. A., Sánchez E, J. 1999. Manual práctico de control biológico para una agricultura sustentable. Universidad de California. 77 p.
- Orr, D. B., Suh, C. 2000. Parasitoids and Predators. In: Rechcigl J. E., Rechcigl, N. A. (Eds). Biological and Biotechnological control of Insect pests. Lewis Publishers. pp 3-34.
- Ospina, H. F. (Editor). 1990. Manual de capacitación en control biológico. CIBC/CENICAFE. 173 p
- Reyes, B. 1995. Crianza masiva de *Chrysoperla externa* y liberación en el campo. Tesis Lic. UNAN, León, Nicaragua.
- Vaughan, M. A. 1993. Control biológico de plagas. Anales del curso y foro subregional Centroamericano y del Caribe. León, Nicaragua. p. i.

8

CONTROL BIOLÓGICO DE INSECTOS MEDIANTE FEROMONAS Y ATRAYENTES

Gonzáles Liana • CHEM TICA INTERNACIONAL S.A.

López P. José Antonio • BASF

Rodríguez Carlos • CHEM TICA INTERNACIONAL S.A.

¿Qué son las feromonas?

La palabra feromona describe un fenómeno que representa la señal química transmitida entre miembros de una misma especie. Este término fue empleado por primera vez, en 1959 por Peter Karlson y Martin Lüscher, para describir el fenómeno recién descubierto por el químico alemán y premio Nobel Adolph Butenandt del aislamiento e identificación de la sustancia química volátil, bombykol, atrayente sexual producido por la hembra de la polilla del gusano de seda (*Bombyx mori*). La palabra se originó de dos palabras Griegas: pherein (transferir) y hormon (excitar).

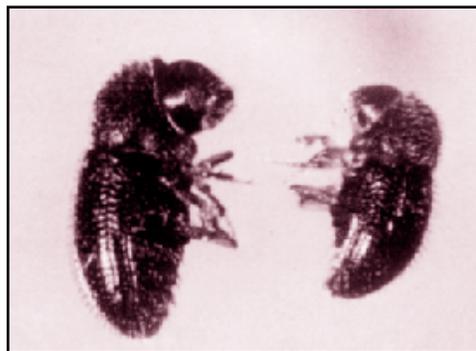


Se capturan a los adultos de mosca del Mediterráneo con el uso de feromonas

La feromona es una sustancia química o mezcla de sustancias químicas que emana un organismo y que induce una respuesta en otro individuo de la misma especie. Las feromonas son uno de los semioquímicos más conocidos. El término semioquímico, indica sustancias químicas que afectan el comportamiento de ciertos organismos, usualmente insectos.

Existen otros semioquímicos diferentes a las feromonas denominados aleloquímicos que son producidos por una especie pero que afectan a otra especie. Entre estos, tenemos las alomonas, kairomonas y sinomonas. Las alomonas benefician al productor, mientras que las kairomonas benefician al receptor.

En 1999, Arn y colaboradores reportaron que hasta entonces se han identificado los componentes de las feromonas de más de mil quinientas especies de polillas.



Los adultos de broca son atraídos por semioquímicos

Una feromona comercial es un compuesto químico igual o casi idéntico a la estructura de la feromona original producida por el insecto, mientras que un atrayente es un compuesto químico que induce una respuesta parecida, pero que no tiene relación química con la feromona original.

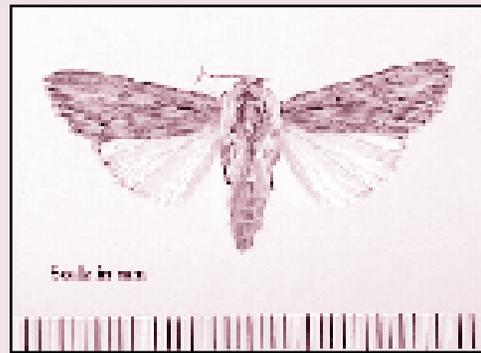


Trampa para
Spodoptera sunia
con feromonas

Feromonas

Importancia

Las feromonas juegan un rol muy importante y bien establecido en el control de plagas, especialmente como un componente del manejo integrado de plagas. El MIP consiste en utilizar todas las alternativas tendientes a controlar o mitigar determinada plaga o enfermedad, involucra el



Adulto de *Spodoptera sunia*

uso combinado de prácticas culturales, control biológico, resistencia genética, control etológico (feromonas) y la aplicación de agroquímicos. Las feromonas se pueden utilizar como un componente del manejo integrado de plagas para monitorear los niveles de población de determinada plaga y con base a ello, utilizar otras medidas de control. También, se puede utilizar como trapeo masivo para reducir la población de una determinada plaga. ChemTica Internacional, S.A. ubicada en Costa Rica produce una serie de feromonas y otros productos incluyendo diferentes tipos de trampas para el control de diferentes plagas.

Tipos de feromonas existentes

Feromonas sexuales.

Las feromonas de atracción sexual son producidas y liberadas principalmente por las hembras con el propósito de aparearse. Consisten de una mezcla de diferentes compuestos, salvo algunas excepciones. Estos componentes son volátiles, específicos a una o a un pequeño número de especies relacionadas y son muy potentes para actuar a través de grandes distancias. Esta especificidad permite manejar las plagas sin afectar al resto del ecosistema. La estructura química de las feromonas de Lepidópteros es más simple que la de Coleópteros y Dípteros.

Feromonas afrodisíacas.

Estimulan los apareamientos. Algunas feromonas son atrayentes sexuales en bajas concentraciones y afrodisíacas en altas concentraciones.

Feromonas de agregación.

Las feromonas de agregación son atractivas para ambos sexos, funcionan a grandes distancias y pueden atraer miles de individuos de ambos sexos. Ellas estimulan a los insectos a agregarse. Su estructura química es muy compleja y han sido menos usadas que las feromonas sexuales en el manejo de plagas.

Otras feromonas.

- **Feromonas de coordinación** que interfieren con las complejas interacciones que se dan en los insectos sociales para dar información acerca de fuentes de alimentos y sus enemigos naturales.
- **Feromonas de oviposición** en las que las hembras de una determinada especie marcan un territorio apto para ovipositar.
- **Feromonas de alarma** producidas para proteger a individuos de la misma especie en caso de situaciones de peligro.
- **Feromonas de trayecto** como las empleadas por las hormigas para que individuos de su especie sigan una ruta en particular.

¿Cómo se utilizan las feromonas?

Existen diferentes estrategias para utilizar las feromonas, entre las que podemos mencionar la detección de insectos en localidades específicas, el monitoreo en el campo, el trapeo masivo y la confusión e interrupción del apareamiento.

Detección de insectos

Esta estrategia consiste en el rastreo rápido y eficaz de determinados insectos en el campo o en lugares específicos como en aduanas internacionales. Es comúnmente usado para mosca del mediterráneo, diversidad de picudos, palomilla del repollo e insectos de cuarentena en productos de almacén. Se debe utilizar la feromona conjuntamente con un sistema para retener los insectos, para lo cual existen diferentes tipos de trampas.



Trampa para broca (Costa Rica)

Monitoreo



Trampa para broca (El Salvador)

Los insectos pueden ser atraídos rápidamente usando feromonas u otros atrayentes como señuelos. Se debe combinar el poder atrayente con un sistema para retener los insectos y esto se logra usando trampas. Entre los diversos tipos de trampas, se pueden mencionar las que tienen una superficie pegajosa para atrapar a los insectos atraídos por el señuelo, las que tienen una clase de barrera de vuelo como trampas de embudo y aquellas con un medio líquido (agua) para atrapar a los insectos. Los señuelos o difusores de la sustancia semioquímica

ca son portadores de hule semejante a una cápsula, o de membrana porosa que pueden tener forma de “sachet” o de burbuja.

El monitoreo se ha usado para un amplio rango de especies de insectos y cultivos, en todo el mundo, para determinar la presencia, fenología estacional, distribución, densidad y dispersión de la plaga. También, puede servir para monitorear la presencia, fenología y abundancia relativa de algunos agentes de biocontrol. El monitoreo puede darnos una indicación temprana de brotes de la plaga, así mismo, se han desarrollado niveles de captura para un gran número de insectos y esta información se puede usar como un criterio de decisión para realizar las medidas de manejo de la plaga pertinente, con el objetivo principal de alcanzar un control con un reducido número de aplicaciones de insecticidas.

Los principales objetivos del monitoreo son: determinar y cuantificar la presencia de insectos en determinado cultivo, almacén o granero, como herramienta de lectura para decidir la aplicación de otra técnica de control y para predecir con certeza el período de un ataque de larvas o insectos adultos.

Trampeo masivo

Es un tipo de control directo con el cual buscamos capturar una elevada proporción de la población de la plaga. En el caso de las polillas, se realiza antes de que ocurra la cópula y oviposición con el objetivo de reducir el daño que su población larval introduce en los cultivos. Para este caso



Daño de picudo en coco

de captura de Lepidoptera, se utiliza un gran número de trampas en un área de cultivo para capturar una población significativa de insectos. En las trampas, se utilizan feromonas sexuales y es esencial que los machos sean capturados antes de la cópula. Este método es más exitoso en insectos que copulan sólo una vez. Esta técnica es empleada en Costa Rica con éxito en el cultivo de melón con la plaga *Spodoptera sunia* en el marco de un programa de manejo integrado de esta plaga. La captura de machos de esta especie permitió a los investigadores determinar que, en un ciclo de cultivo, se

presentan dos generaciones del insecto y además, relacionar las capturas en trampas con feromonas con la oviposición y realizar las aplicaciones de larvicidas (*Bacillus thuringiensis*) de una manera precisa y económica que permitió reducir las aplicaciones de B.t. entre un 60% a un 90%.

En el caso de los Coleópteros, el trampeo más bien está basado en feromonas de agregación con lo que se busca reducir el número de ambos sexos de la especie para que la reducción de la población subsecuentemente represente una ganancia económica del cultivo, que en el caso del banano y plátano mediante el trampeo masivo de *Cosmopolites sordidus*, se traduzca en un incremento en la producción de fruta. Otro ejemplo clásico y el mejor documentado que existe es el de *Rhynchophorus palmarum* en plantaciones de palma aceitera en Costa Rica en que el trampeo masivo logró disminuir, en un año, 91% del daño incurrido por la enfermedad del anillo rojo en las palmas. Esta enfermedad es causada por un nematodo transportado por el insecto e incubado en las palmas con la oviposición o la actividad de alimentación de los adultos, en los tejidos expuestos de las palmas, por efecto de la cosecha del fruto principalmente. Este ejemplo de trampeo masivo es tan exitoso que actualmente es utilizado para enseñanza en cursos de manejo de plagas en universidades alrededor del mundo.

Cuando se utilizan feromonas para trampeo masivo, las trampas se deben colocar lo más pronto posible para capturar insectos y mantenerlas en el campo por todo un ciclo del cultivo. En cultivos perennes como el del café, las trampas para trampeo masivo de la broca se deben colocar en post cosecha que es cuando el insecto anda en busca de otro hospedero y el trampeo debe continuar hasta el mes previo a la cosecha. En cultivos cíclicos como el banano, la captura masiva del *Cosmopolites sordidus* se realiza durante todo el ciclo del cultivo. Hay insectos de estación como los abejones de mayo, para los cuales la captura se realiza solamente cuando el adulto vuela, lo que corresponde, en su forma más intensa, con los dos primeros meses de la época lluviosa

Se debe considerar que la eficiencia del trampeo masivo estará ligada a la densidad de trampas en el área y a la distancia entre ellas. La densidad y distribución de las trampas es particular para cada insecto y para cada cultivo. Si el



Trampa para picudo del plátano

insecto es plaga en un cultivo muy denso, es muy probable que se requiera un mayor número de trampas por unidad de área. El proveedor de estos productos ya tiene definido estas variables y proveerá la información en las instrucciones de uso de las feromonas comerciales. Se debe considerar también la capacidad de la trampa para sostener el volumen de insectos capturados y finalmente el nivel de la población insectil.

El trapeo masivo tiene una serie de ventajas, como la reducción en el uso de insecticidas, con las subsecuentes ventajas al ambiente y un gran ahorro en costos de los agroquímicos y su aplicación. Se logra un nivel efectivo de control y un restablecimiento de las poblaciones de insectos benéficos y finalmente, las feromonas no afectan los insectos benéficos ya que son sumamente específicas.

Confusión de apareamiento

Con el uso de esta técnica el objetivo es prevenir el apareamiento y con esto, reducir la incidencia de larvas en la próxima generación. Esto se logra liberando feromonas sexuales en grandes cantidades en el área a tratar. Se supone que la alta concentración de feromona, en el medio, afecta la conducta normal de comportamiento, lo cual ocurre porque los machos de las mariposas buscan activamente a las hembras pero, fracasan en su localización debido al gran número de señales emitidas por la feromona liberada.

En este caso, se satura el área en los alrededores del cultivo con la feromona de la especie específica, lo cual impide que los machos y hembras de la especie se encuentren evitando de esta forma que haya reproducción. Es también llamada “confusión del macho”. El ejemplo clásico de éxito de uso de esta técnica se da en el combate de la plaga *Cydia pomonella* L., en cultivos comerciales de manzana, peras, albaricoques y melocotones. Un segundo buen ejemplo de uso comercial de esta técnica es en cultivo de tomate para el gusano de alfiler (*Keiferia lycopersicella*), en México.

Señuelo e infección.

En este método, se busca combinar patógenos de insectos con las feromonas u otro señuelo. Esta técnica consiste en capturar insectos con la feromona, infectarlos con algún patógeno o agente microbiano y liberar de nuevo los insectos contaminados para que ellos dispersen la enfermedad en la población de la plaga. El objetivo de esta táctica no es matar a los insectos sino usarlos como vectores de la enfermedad dentro de la población. Se pueden usar patógenos como los baculovirus, hongos como *Zootera radicans*, *Metarhizium anisopliae* y *Beauveria bassiana* o bien, bacterias como *Serratia entomophila*, así como nematodos entomopatógenos.

¿Qué otros factores se deben considerar para el uso de feromonas?

Señuelo y muerte.



Trampa para leipoderos

Otro método de acción directa es el de atracción y muerte que combina la feromona o atrayente con trampas especiales conteniendo insecticidas.

Un ejemplo del uso de esta técnica es en el cultivo de algodón, con la plaga

Anthonomus grandis. En este caso en particular, se preparan estacas impregnadas de insecticida y en cada estaca, se le adjunta un difusor con la feromona de este insecto. En el combate de la mosca del Mediterráneo, se utiliza otra estrategia similar. En este caso, se mezcla proteína hidrolizada (NuLure) con agentes insecticidas y luego se aplica en las hileras de árboles: la hilera de árboles, en ese momento, se convierte en un cultivo trampa.

¿Cuáles son las ventajas y desventajas de las feromonas

Entre los factores a considerar para usar las feromonas están: la identificación adecuada de la especie causante del problema, la síntesis precisa de la feromona a usar, el conocimiento de ciclo de vida del insecto y la selección adecuada de la mejor trampa. Es importante destacar que las formulaciones comerciales de feromonas vienen listas para su uso. Se recomienda además, comprar la cantidad exacta de feromonas a utilizar en el campo, para evitar el almacenamiento del producto por largo tiempo. En caso que sea necesario almacenar el producto por largo tiempo, se debe congelar, mientras que para períodos cortos, se recomienda la refrigeración normal. En ambos casos, se debe guardar el producto en lugares oscuros. Si no se van a utilizar todas las feromonas contenidas en el paquete, este se debe volver a sellar y guardar en refrigeración.



Trampa para mosca del Mediterráneo

Entre las ventajas de las feromonas, tenemos que estas no afectan el ambiente, no afectan la fauna benéfica, ni crean resistencia, no afectan la salud, son de fácil empleo, se utilizan en dosis muy bajas, son de bajo costo y son muy aceptadas en programas de manejo integrado de plagas. Entre las desventajas están la alta especificidad, el manejo adecuado de los señuelos y el buen mantenimiento de las trampas, requisitos importantes para un uso exitoso.

Algunas feromonas aprobadas para uso en cultivos orgánicos:

FEROMONA	COMPAÑÍA	OMRI STATUS
MSTRS OFM	MSTRS Technologies Inc.	A
MSTRS BFW	MSTRS Technologies Inc.	A
MSTRS-ECB-2	MSTRS Technologies Inc.	A
MSTRS-SS	MSTRS Technologies Inc.	A
Checkmate OFM Dispenser	Suterra LLC	A
Checkmate OLR	Suterra LLC	A
Checkmate PTB-XL Dispenser	Suterra LLC	A
Checkmate SF Dispenser	Suterra LLC	A
Checkmate TPW	Suterra LLC	A

Tomado de OMRI Brand insecticides.htm

Además de la información aquí presentada sobre feromonas por OMRI, también se dispone de listas de semioquímicos reconocidos en el manual de bioplaguicidas de British Crop Protection Council.

Cosmopolites sordidus y Metamasius hemipterus

El picudo negro (*Cosmopolites sordidus*) es una plaga de gran importancia en el banano y plátano. Los adultos de *C. sordidus* son atraídos hacia las trampas mediante señuelos de *Cosmolure+1*, que es una feromona de agregación. Los insectos son retenidos en la trampa (trampa Rampa R) mediante agua con detergente (1-3%) en el fondo de la misma. Se recomiendan 4 trampas/ha para las dos especies.



Adulto de picudo del plátano (*Cosmopolites sordidus*)

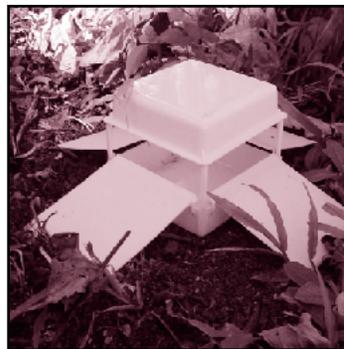
Como *C. sordidus* no vuela, se recomienda remover regularmente las trampas a lo largo de las áreas infestadas. Al inicio, se debe colocar una fila de trampas a lo largo de los cables con 20 metros entre trampas y cada mes mover cada fila, 100 metros hacia delante. Utilizando 4 trampas/ha y con este movimiento de las mismas cada mes, se logra atraer los insectos en toda el área trapeada durante 4 a 5 meses. Las trampas deben ser revisadas una vez por semana, lo cual implica la remoción de los insectos atrapados, el conteo, la revisión del nivel de agua, el cual debe mantenerse en unos tres centímetros en el caso de las trampas para *C. sordidus* y los señuelos de *Cosmolure* deben cambiarse cada mes.



Adulto del picudo de la caña de azúcar
(*Metamasius hemipterus*)

Metamasius hemipterus es una plaga de menor importancia en banano y plátano que *C. sordidus*. También, es plaga común en el cultivo de caña de azúcar, el cual es causado principalmente en la semilla y el efecto del insecto se nota en el porcentaje de semilla germinada.

Para atrapar *M. hemipterus*, se utiliza el señuelo de Metalure en una trampa que puede ser un galón con ventanas laterales colocadas a 0.5 o 1 metro sobre el suelo y como agente retenedor, se utiliza caña de azúcar o banano verde. Esta fuente alimenticia se trata con un insecticida. La fuente alimenticia se debe reemplazar cada dos semanas y el señuelo de Metalure, cada tres semanas.



Trampa para picudo

En un estudio de campo realizado en Costa Rica, utilizando 4 lotes de banano comercial de 5 hectáreas, en los cuales se colocaron 4 trampas/ha para *C. sordidus* y *M. hemipterus*, permitió reducir el daño al cormo en un 61% y un incremento en el peso del racimo del 23% después de cuatro meses de trampeo. En el caso de plátano, después de un año, el daño al cormo se redujo en un 66% y el peso del racimo se incrementó en un 24% en comparación con áreas sin trampear.

Phyllophaga elenans

Este insecto en su estado larval se alimenta de las raíces de diferentes cultivos, principalmente la caña de azúcar. El período del estado larval del insecto es muy largo, en unas especies es un año, en otras de dos. En abril y mayo, emergen los adultos para el apareo y la oviposición. Las trampas cebadas con la feromona pueden utilizarse para monitoreo o para trampeo masivo. Para trampeo masivo, las trampas se colocan cada 50 metros a lo largo de los caminos con hospederos de los cuales los adultos se alimentan durante el período de mayor vuelo (árboles de guácimo, malinche o zacate). El trampeo masivo busca remover miles de adultos de *P. elenans* en la estación lluviosa, tanto machos como hembras. La adición de cebos de feromona a las trampas de luz produce un incremento del 65% en la tasa de captura.



Adulto de *Phyllophaga elenans*

La feromona se emite a través de una membrana plástica de una burbuja que la contiene durante 4 a 6 semanas, hasta que el líquido desaparezca. La trampa más efectiva es el balde con venillas, conteniendo agua con detergente o embudos para retener los insectos. Los se-

ñuelos deben de colocarse en el centro de los huecos de las venillas de la trampa, para facilitar la dispersión de los vapores de la feromona. Esta se debe cambiar cuando vence su período de duración. La feromona se puede mantener hasta por un año si se conserva en refrigeración. ChemTica también produce otras feromonas para otras especies de Phyllophaga como *P. visina*, *P. cinnamomea*, *P. hondura*, *P. diquina* y otras.

Spodoptera frugiperda

Las poblaciones de *S. frugiperda* aumentan durante el ciclo de crecimiento de los cultivos, siendo sus larvas consideradas como plagas muy importantes en muchos cultivos. Las hembras de este insecto producen una feromona sexual que atrae las palomillas machos. Las trampas con esta feromona, se pueden utilizar tanto para monitorear, como para capturar poblaciones de *S. frugiperda* machos con la finalidad de bajar la frecuencia de apareamiento y obtener una reducción de la población. Para monitoreo, las trampas se colocan, en la época de siembra, a una altura de 5 a 10 cm, monitoreando hasta que no haya peligro de ataque de las larvas. Se colocan cada 100 metros en el perímetro del cultivo y cada 200 metros en diseño de bloques.

Para el trapeo masivo, el cual tiene como objetivo reducir el apareamiento, se utilizan de 4 a 6 trampas por hectárea, en diseño de bloques. El conteo se debe realizar cada 3 a 4 días o semanal. Si la captura es mayor que un promedio de 10 machos/semana, se debe duplicar el número de trampas, aumentando el número de estas en el área de mayor captura. Es recomendable utilizar insecticidas como el Bt cuando la captura excede 10 machos/trampa/semana.

Las trampas a utilizar en este caso son galones perforados a los lados a manera de ventanas y en el fondo se debe usar agua con detergente como agente retenedor. La feromona se coloca debajo de la tapa del recipiente. Las feromonas se deben guardar en un lugar fresco y oscuro. Estas se conservan hasta por un año en refrigeración.

Bibliografía

- Alpizar, D., Fallas, M., Oehlschlager, A. C., Gonzalez, L. M., Chinchilla C. M., Bulgarelli, J. 2002. Pheromone Mass Trapping of the West Indian Sugarcane Weevil, and the American Palm Weevil in Palmito Palm, Florida Ent. 85: 426-430.
- Alpizar, D., Fallas, M., Oehlschlager, A. C., Gonzalez, L. M., Jayaraman, S. 1999. Pheromone Based Mass Trapping of the Banana Weevil and the West Indian Sugarcane Weevil in Plantain and Banana, 5th International Conference on Plant Protection in the Tropics, Malaysian Plant Protection Society, Kuala Lumpur, Malaysia, March 15-18.
- Alpizar, D., Fallas, M., Oehlschlager, A. C., Gonzalez, L. M., Jayaraman, S. 2000. Pheromone-Based Mass Trapping of the Banana Weevil, *Cosmopolites sordidus* (Germar) in Plantain and Banana, Assoc. for Coop. in Banana Research in the Caribbean and Tropical America bi-annual conference, San Juan, Puerto Rico, July 25-31, 2000.
- Andrade, R., Rodriguez, C., Oehlschlager, A. C. 2000. Optimization of a pheromone lure for *Spodoptera frugiperda* in Central America, Brazilian Journal of Chemistry 11: 609-613.
- Arn, H., Tóth, M., and Priesner, E. 1999. The Pherolist: List of sex pheromones of Lepidoptera and related attractants. Internet edition. <http://www.nyasaes-cornell.edu/pheronet>.
- Carson R. 1962. Silent Spring. Houghton Mifflin, Boston. p. 247
- Copping. L.G. 2001 The BioPesticide Manual Second Edition, British Crop Protection Council
- Dunkleblum, E.; Rodríguez, V.C.L; Oehlschlager A.C., VARGAS, M. G. 1995. Desarrollo de la feromona sexual de *Spodoptera sunia* (Lepidoptera: Noctuidae) en melón. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) . 37: 34-38.
- García, K ; Cartín V., Rodríguez, C.L; Corrales, G. 1995. Fluctuación poblacional de *Spodoptera sunia* Guenée (Lepidoptera, Noctuidae) según la edad del cultivo de melón (*Cucumis melo*). En: Segundo Congreso Centroamericano y del Caribe y Tercero Costarricense de Entomología. Resúmenes. San José, CR, 17-21 julio. 1995, p. 33.
- Karlson, P. and Lüscher, M. 1959. 'Pheromones' a new term for a class of biologically active substances. Nature, 183:155-156.
- Leal, W.S., Oehlschlager, A. C., Zarbin, P. H. G., Hidalgo, E. Shannon, P. J., Murat a, Y, Gonzalez, L. M., Andrade, R., Ono. M. 2003. Sex Pheromone of the Scarab Beetle *Phyllophaga elenans* and Some intriguing Minor Components, J. Chem. Ecol. 29: 15-26.
- Oehlschlager, A. C., Chinchilla, C. M., Castillo G., Bulgarelli J., González L. 2002. Control of Red Ring Disease by Mass Trapping of *Rhynchophorus palmarum* (Coleoptera: Curculionidae), Florida Entomologist V85, No 3, pp 507-513.
- Oehlschlager, A. C., Chinchilla, C. Castillo, M. G., Gonzalez, L. M. 2002. Control of Red Ring Disease in Oil Palm by Mass Trapping *Rhynchophorus palmarum*, Florida Ent. 85: 507-513.
- Oehlschlager, A. C. 2003. información personal.
- Oehlschlager, A. C., Gonzalez, L. M., Gomez, M., Andrade, R. 2002. Pheromone-based Trapping of the West Indian Sugarcane Weevil, *Metamasius hemipterus* (Coleoptera: Curculionidae) in Sugarcane, J. Chem Ecol, 28: 1653-1664.
- Oehlschlager, A. C., Leal, Gonzalez, W. S., Chacon, L. M., M., Andrade R. 2003. Trapping of *Phyllophaga elenans* with a Female-Produced Pheromone, J.Chem. Ecol. 29: 27-36.
- Suckling, D. M., Karg, G. 2000. Pheromones and other semiochemicals. In. Rehcigl, J. E., Rehcigl, N. A. Biological and biotechnological control of insects pests. Lewis Publishers. pp 63-99.
- Thomson, D. R., Gut, L. J., Jenkins, J. W. 1999. Pheromones for insect control: Strategies and successes. In. Hall, F. R., Menn, J. J. Biopesticides, Use and delivery. Humana press. pp 385-412.
- Trumble, J. T., Alvarado Rodríguez, B. 1993. Development and economic evaluation of an IPM program for fresh market tomato production in Mexico, Agriculture, Ecosystems and Environment, 43:267-284.
- Velasquez, R., Oehlschlager A. C., González L. 2003. Comunicación personal de Investigación Finca San Dionisio, Santa Rosa, Carazo, Nicaragua.
- Waldner, W. 1997. Three years of large scale control of codling moths by mating disruption in the South Tyrol, Italy. Technology transfer in mating disruption. IOBC wprs Bulletin 20(1):35-44.

9

CONTROL BIOLÓGICO DE INSECTOS MEDIANTE EXTRACTOS BOTÁNICOS

Gruber Anne Kathrina • INVESTIGACIONES ORGÁNICAS
López P. José Antonio • BASF

¿Qué son los insecticidas botánicos?

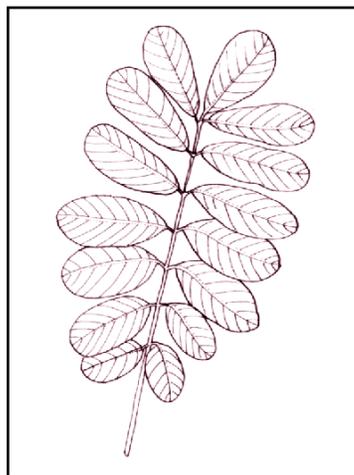
Los insecticidas botánicos fueron muy populares, entre los años 30 y 40, pero fueron completamente desplazados por los insecticidas sintéticos producidos en los países industrializados, en los años 50 y 60. Sin embargo, el interés en desarrollar y usar productos botánicos para el manejo de plagas se está incrementando nuevamente en los últimos años, debido al impacto negativo de los productos sintéticos en el ambiente y la salud humana, a las estrictas regulaciones gubernamentales e internacionales y a la creciente demanda por productos alimenticios sanos y sin residuos de plaguicidas.



Chrysanthemum cinerariaefolium

El mercado de los insecticidas botánicos ha estado dominado por dos productos comerciales: Pyrethrum y Rotenona. Las piretrinas naturales derivadas de *Chrysanthemum cinerariaefolium*: Asteraceae, ha mantenido un mercado estable aunque pequeño. Rotenona (derivada de *Derris elliptica* y *Lonchocarpus* spp.: Leguminosae), es todavía usada para el control de insectos en pequeña escala. Otros insecticidas botánicos usados

en pequeña escala son: Nicotina de *Nicotiana tabacum*: Solanaceae, cuasia de *Quassia amara*: Simaroubaceae, *Ryania* de *Ryania speciosa*: Flacourtaceae y *Sabadilla* de *Schoenocaulon officinale*: Liliaceae. El neem, *Azadirachta indica*: Meliaceae, ha sido una de las plantas de mayor importancia en los últimos años



Derris elliptica

La información disponible sobre la caracterización, modo de acción, toxicología y efectos en el ecosistema para la mayoría de las sustancias con efecto repelente, insecticida o nematocida es escasa. Uno de los casos es *Quassia amara*,

la cual ha sido probada desde hace mucho tiempo con buenos resultados, pero no ha alcanzado el nivel de producción industrial o semi-industrial, por falta de un suministro permanente de materia prima.

Otras plantas como el tabaco, crisantemo, derris, anona y ryania con sustancias de acción muy fuerte, presentan grados diferentes de toxicidad para humanos y mamíferos en general, por lo que se recomienda su uso con precaución.

La única planta que hasta la fecha ha sido investigada plenamente comprobándose que es medicinal, no tóxica y a la vez contiene un grupo de poderosas sustancias insecticidas es el árbol del neem (*Azadirachta indica* A. Juss).

¿Cuáles son las ventajas de usar insecticidas botánicos?

Las ventajas en la aplicación de los insecticidas botánicos son:

- ▶ La bio-degradabilidad rápida de las sustancias provenientes de plantas, lo que permite fumigar hasta poco tiempo antes de la cosecha.
- ▶ En el caso de los insecticidas con base en neem, “hombre grande” (*Quassia*) y otras sustancias, es factible aplicar sin equipo de protección, almacenar los insecticidas en la casa con riesgos mínimos y poder obtener el sello de certificación orgánica.
- ▶ La posibilidad de fabricar el insecticida botánico en la misma finca a bajo costo, siempre y cuando se disponga del material vegetal apropiado y que las sustancias sean solubles en agua.
- ▶ Otra ventaja de mucha importancia es que no causan la destrucción de la fauna benéfica y que el riesgo de que las plagas desarrollen resistencia es muy reducido, lo que en conjunto permite minimizar las aplicaciones.
- ▶ En el caso de la producción orgánica, es necesario consultar los listados actualizados de las diferentes agencias certificadoras para saber, cuáles sustancias de plantas están permitidas, restringidas o prohibidas.

¿Cuáles son las desventajas de usar insecticidas botánicos?

Entre las desventajas de los insecticidas botánicos están:

- ▶ Son de acción más lenta que los sintéticos.
- ▶ Tienen una baja persistencia en los cultivos.
- ▶ El precio para productos disponibles en el mercado es más elevado.
- ▶ Los botánicos no tienen acción sistémica, de manera que no logran controlar muy bien los barrenadores de tallos y frutos, picudos de cápsulas y tejidos internos y moscas que inyectan sus huevos en los frutos.

¿Cómo actúan los insecticidas botánicos?

Se pueden distinguir tres niveles que describen el modo de acción de una sustancia de origen botánico sobre el insecto.

Acción repelente, fagodisuasiva o insecticida

En el primer nivel, se incluyen las sustancias que actúan como repelentes, fagodisuasivas (anti-alimentarias) o insecticidas, en el sentido propio de la palabra, conduciendo a la muerte del insecto por vía de intoxicación.



Meliaceae

Algunas sustancias o compuestos de plantas actúan en varias formas a la vez. Por ejemplo, los extractos con base en neem actúan como insecticidas y a la vez como repelentes y ligeramente como fagodisuasivos.

Acción por contacto o por ingestión

En el segundo nivel, se distingue si la sustancia actúa por contacto o por ingestión. Las que actúan por contacto como la nicotina, roteno-

na, pyrethrina impactan en el sistema nervioso, que es accesible para estas sustancias en toda la superficie del insecto y por la vía respiratoria, conduciendo rápidamente a la muerte. Los insecticidas botánicos (así como los químicos) que actúan sobre los nervios de los insectos son también tóxicos para los seres humanos. Estos también inhiben la respiración celular, lo que conduce a síntomas como parálisis y a la muerte según la concentración del veneno. Las sustancias repelentes como las del ajo solo actúan por contacto pero, por contacto con los quimiorreceptores del insecto y no por contacto con la cutícula y los nervios.

Las sustancias que actúan por ingestión como la capsicina (del chile), cuasina (*Quassia amara*), azadirachtina (neem) y phenyl-alanin (*mucuna*) impactan en el sistema de digestión, en el sistema de biosíntesis de las hormonas de muda o en la formación de la cutícula de quitina.

Esta forma de actuar es mucho más específica porque está restringida a insectos herbívoros y por lo tanto, no presenta toxicidad humana o esta es mínima, a veces debido a otras sustancias de la misma planta en la mezcla o a los ingredientes de la formulación. Las sustancias fagodisuasivas solo actúan por ingestión. Por ejemplo, el salannin, ingerido con los extractos de neem, provoca una reducción de los movimientos de las paredes del intestino y por ende, ocasiona una pronunciada pérdida de apetito del insecto, lo que puede conducir finalmente a su muerte por falta de alimentación.

Acción sobre órganos y moléculas blanco (“target”)

En el tercer nivel, se distinguen las sustancias que, según su modo de acción, actúan sobre distintos órganos, grupos de células, glándulas o hasta determinadas moléculas dentro del cuerpo del insecto. Una precondición para describir una sustancia insecticida de plantas en este nivel es que haya sido aislada y caracterizada en su estructura molecular. Luego, se realizan una serie de estudios endocrinológicos, neurológicos y de metabolismo para poder encontrar el sistema u órgano del insecto, donde interfiere la sustan-



Capsicum frutescens

cia. El objetivo final de estas investigaciones es poder determinar donde se adhiere la molécula de origen botánico para inhibir un proceso metabólico normal del insecto indispensable para su desarrollo, vida y reproducción.

Se supone que las sustancias insecticidas de contacto como pyrethrina, rotenona y nicotina interfieren con el transmisor neuronal acetylcholina, inhibiendo la transmisión de los impulsos neuroeléctricos a través de los nervios hacia los músculos, lo que conduce a la parálisis del insecto.

Se conoce el lugar donde actúa la azadirachtina en el sistema de las hormonas, esto es, en las glándulas anexas al cerebro del insecto también llamadas corpora cardíaca y corpora alata, donde se produce la neurohormona PTTH que regula la biosíntesis de las hormonas de metamorfosis y gonadotropie: ecdysona, la hormona juvenil. Azadirachtina inhibe la biosíntesis del PTTH y como consecuencia, no hay biosíntesis de las dos hormonas, lo que imposibilita los pasos normales de la muda en forma y tiempo y también inhibe la maduración de huevos. Los primeros estados larvales de los insectos afectados perduran a veces hasta por 3 semanas en el mismo estadio hasta morir, mientras que los estados L4 y L5 pueden lograr empupar pero salen de las pupas con alas deformadas y otras deficiencias. Los estados adultos que ingieren demasiado azadirachtina demuestran una fecundidad reducida.

Se sabe también que el aminoácido no-proteico, el dihidroxy phenylalanin (L-Dopa) interfiere con el amino ácido proteico tyrosin: el insecto lo incorpora por equivocación en la síntesis de sus proteínas, las cuales resultan inservibles y los insectos se mueren por falta de buenas proteínas, más que todo aquellas que se necesitan para formar la cutícula o exoesqueleto de quitina.



Quassia amara

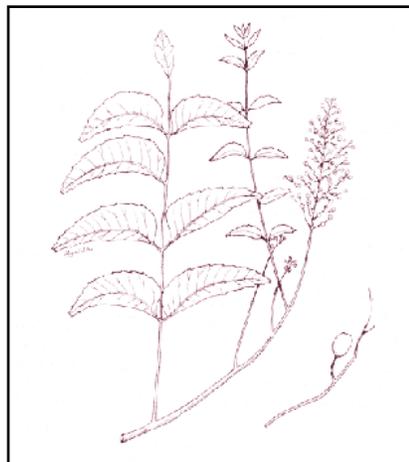


Nicotiana tabacum

¿Cuáles son los insecticidas botánicos de mayor importancia?

Neem (*Azadirachta indica*)

Es un producto botánico con amplio espectro de acción. Durante los últimos años, se han aislado 25 diferentes ingredientes activos del neem y al menos nueve afectan el crecimiento y el comportamiento de los insectos. Los ingredientes típicos de *Azadirachta indica* son triterpenoides, también llamados limonoides, de los cuales la azadiractina, nimbin y salannin son los más importantes, con efectos específicos en las diferentes fases de crecimiento de los insectos.



Azadirachta indica

La composición y la proporción entre azadiractina, nimbin y salannin depende de la parte del árbol y por lo tanto, los efectos del extracto varían según la materia prima. Generalmente, en las semillas la concentración de los tres ingredientes es la más alta, pero depende de las condiciones ambientales y del tratamiento durante el procesamiento, del despulpado, secado y del análisis.



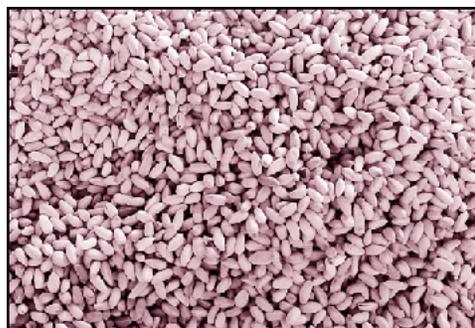
Ingredientes activos de la semilla de neem (Azadirachta indica A. Juss) y sus efectos principales contra las plagas

	Limón	Sabón	Azadiractinas		Azadiractol		
	Asesinato	Alimentación	Desorientación	Reproducción	Desorientación	Alimentación	Alimentación
1. <i>Trialeurodes vaporariorum</i>							
2. <i>Trialeurodes vaporariorum</i>							
3. <i>Trialeurodes vaporariorum</i>							
4. <i>Trialeurodes vaporariorum</i>							
5. <i>Trialeurodes vaporariorum</i>							
6. <i>Trialeurodes vaporariorum</i>							
7. <i>Trialeurodes vaporariorum</i>							
8. <i>Trialeurodes vaporariorum</i>							
9. <i>Trialeurodes vaporariorum</i>							
10. <i>Trialeurodes vaporariorum</i>							
11. <i>Trialeurodes vaporariorum</i>							
12. <i>Trialeurodes vaporariorum</i>							
13. <i>Trialeurodes vaporariorum</i>							
14. <i>Trialeurodes vaporariorum</i>							
15. <i>Trialeurodes vaporariorum</i>							
16. <i>Trialeurodes vaporariorum</i>							
17. <i>Trialeurodes vaporariorum</i>							
18. <i>Trialeurodes vaporariorum</i>							
19. <i>Trialeurodes vaporariorum</i>							
20. <i>Trialeurodes vaporariorum</i>							
21. <i>Trialeurodes vaporariorum</i>							
22. <i>Trialeurodes vaporariorum</i>							
23. <i>Trialeurodes vaporariorum</i>							
24. <i>Trialeurodes vaporariorum</i>							
25. <i>Trialeurodes vaporariorum</i>							
26. <i>Trialeurodes vaporariorum</i>							
27. <i>Trialeurodes vaporariorum</i>							
28. <i>Trialeurodes vaporariorum</i>							
29. <i>Trialeurodes vaporariorum</i>							
30. <i>Trialeurodes vaporariorum</i>							
31. <i>Trialeurodes vaporariorum</i>							
32. <i>Trialeurodes vaporariorum</i>							
33. <i>Trialeurodes vaporariorum</i>							
34. <i>Trialeurodes vaporariorum</i>							
35. <i>Trialeurodes vaporariorum</i>							
36. <i>Trialeurodes vaporariorum</i>							
37. <i>Trialeurodes vaporariorum</i>							
38. <i>Trialeurodes vaporariorum</i>							
39. <i>Trialeurodes vaporariorum</i>							
40. <i>Trialeurodes vaporariorum</i>							
41. <i>Trialeurodes vaporariorum</i>							
42. <i>Trialeurodes vaporariorum</i>							
43. <i>Trialeurodes vaporariorum</i>							
44. <i>Trialeurodes vaporariorum</i>							
45. <i>Trialeurodes vaporariorum</i>							
46. <i>Trialeurodes vaporariorum</i>							
47. <i>Trialeurodes vaporariorum</i>							
48. <i>Trialeurodes vaporariorum</i>							
49. <i>Trialeurodes vaporariorum</i>							
50. <i>Trialeurodes vaporariorum</i>							
51. <i>Trialeurodes vaporariorum</i>							
52. <i>Trialeurodes vaporariorum</i>							
53. <i>Trialeurodes vaporariorum</i>							
54. <i>Trialeurodes vaporariorum</i>							
55. <i>Trialeurodes vaporariorum</i>							
56. <i>Trialeurodes vaporariorum</i>							
57. <i>Trialeurodes vaporariorum</i>							
58. <i>Trialeurodes vaporariorum</i>							
59. <i>Trialeurodes vaporariorum</i>							
60. <i>Trialeurodes vaporariorum</i>							
61. <i>Trialeurodes vaporariorum</i>							
62. <i>Trialeurodes vaporariorum</i>							
63. <i>Trialeurodes vaporariorum</i>							
64. <i>Trialeurodes vaporariorum</i>							
65. <i>Trialeurodes vaporariorum</i>							
66. <i>Trialeurodes vaporariorum</i>							
67. <i>Trialeurodes vaporariorum</i>							
68. <i>Trialeurodes vaporariorum</i>							
69. <i>Trialeurodes vaporariorum</i>							
70. <i>Trialeurodes vaporariorum</i>							
71. <i>Trialeurodes vaporariorum</i>							
72. <i>Trialeurodes vaporariorum</i>							
73. <i>Trialeurodes vaporariorum</i>							
74. <i>Trialeurodes vaporariorum</i>							
75. <i>Trialeurodes vaporariorum</i>							
76. <i>Trialeurodes vaporariorum</i>							
77. <i>Trialeurodes vaporariorum</i>							
78. <i>Trialeurodes vaporariorum</i>							
79. <i>Trialeurodes vaporariorum</i>							
80. <i>Trialeurodes vaporariorum</i>							
81. <i>Trialeurodes vaporariorum</i>							
82. <i>Trialeurodes vaporariorum</i>							
83. <i>Trialeurodes vaporariorum</i>							
84. <i>Trialeurodes vaporariorum</i>							
85. <i>Trialeurodes vaporariorum</i>							
86. <i>Trialeurodes vaporariorum</i>							
87. <i>Trialeurodes vaporariorum</i>							
88. <i>Trialeurodes vaporariorum</i>							
89. <i>Trialeurodes vaporariorum</i>							
90. <i>Trialeurodes vaporariorum</i>							
91. <i>Trialeurodes vaporariorum</i>							
92. <i>Trialeurodes vaporariorum</i>							
93. <i>Trialeurodes vaporariorum</i>							
94. <i>Trialeurodes vaporariorum</i>							
95. <i>Trialeurodes vaporariorum</i>							
96. <i>Trialeurodes vaporariorum</i>							
97. <i>Trialeurodes vaporariorum</i>							
98. <i>Trialeurodes vaporariorum</i>							
99. <i>Trialeurodes vaporariorum</i>							
100. <i>Trialeurodes vaporariorum</i>							



Plantaciones de neem

Los nimbines y salannines causan efectos repelentes y anti alimentarios en el caso de varios insectos de los órdenes Coleóptera, Homóptera, Heteróptera, Orthóptera, etc..., dependiendo también del estado de desarrollo de los insectos.



La semilla de neem es la mejor fuente del ingrediente activo

La azadiractina y sus derivados causan, generalmente, una inhibición del crecimiento y alteran la metamorfosis. Actúa como repelente, fagodisuasivo, ovidisuasivo y regulador de crecimiento. Estas sustancias provocan un desorden hormonal en diferentes etapas del proceso de crecimiento del insecto, afectando las hormonas de la muda (ecdisona) y de la juvenilidad. Así, los insectos no son capaces de desarrollarse de una manera normal y resultan deformaciones de la piel, de las alas, patas y otras partes del cuerpo. La mayoría de estos efectos se puede notar en el estado larval, que es el estado de los insectos que más se alimenta de las sustancias tratadas con neem.

La azadiractina también puede reducir la fecundidad de las hembras y causar la esterilidad parcial o total de los huevos. Cuando los insectos lo ingieren paran de comer y mueren después de varios días. También, actúa como un repelente, manteniendo los insectos alejados de las áreas donde pueden causar daños. El efecto residual dura de 2–7 días y provee efectivo control para varias clases de plagas, entre ellas Bemisia tabaci, Liriomyza sativae, Keiferia lycopersicella, Spodoptera spp., Helicoverpa zea, Heliothis virescens y Aculops lycopersici.

Efectos principales del neem contra plagas

Los derivados del neem afectan alrededor de 200 especies pertenecientes a los órdenes Coleóptera, Díptera, Heteróptera, Hemíptera, Homóptera, Hymenóptera, Lepidóptera, tres especies de ácaros, cinco especies de nematodos y una especie de crustáceo.

Estudios realizados en los cultivos de tomate, pepino y repollo demostraron que el extracto acuoso de neem controla eficazmente las larvas de Lepidópteros chupadores, como la mosca blanca (*Bemisia tabaci*), áfidos de la especie *Aphis gossypii* y *Lysaphis erysimi*.

Los chupadores (Afidae, Aleirodidae, Tingidae) presentan menos vulnerabilidad a los efectos del neem, muy especialmente los efectos hormonales. En cambio, el efecto repelente y fagodisuasivo es fuerte o moderado y varía dependiendo del ritmo de crecimiento del cultivo y del tipo de tejido que éste tenga. Un listado de insectos sensibles a la azadirachtina y demás sustancias de neem se encuentra en el siguiente cuadro.

Plagas que controla el neem (extracto acuoso)

CULTIVO	PLAGA	NOMBRE COMÚN	DOSIS(g r/l t)
Berenjena (<i>Solanum melongena</i> L.)	<i>Bemisia tabaci</i>	Mosca blanca	50
	<i>Spodoptera</i> spp.	Gusano cortador	25
	<i>Phthorimea operculeta</i>	Polilla de la papa	25
	<i>Corythaia cyathicolis</i>	Chinche de encaje	50
	<i>Scrobipalpula abroleta</i>	Polilla de la papa	25
Tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i>)	<i>Bemisia tabaci</i>	Mosca blanca	37
	<i>Spodoptera</i> spp.	Gusano cortador	25
	<i>Keiferia lycopersella</i>	Gusano alfiler	25
	<i>Mandua sexta</i>	Gusano cachudo	25
	<i>Helicoverpa zea</i>	Gusano cortador	25
	<i>Heliothis virescens</i>	Gusano de las cápsulas	25
	<i>Liriomyza trifolii</i>	Minador de la hoja	25
	<i>Liriomyza sativae</i>	Minador de la hoja	25
	<i>Trichoplusia ni</i>	Gusano medidor	25
<i>Pseudoplusia includens</i>	Falso medidor	25	
Chile (<i>Capsicum anuum</i>)	<i>Spodoptera</i> spp.	Gusano cortador	25
	<i>Mandua sexta</i>	Gusano cachudo	25
	<i>Bemisia tabaci</i>	Mosca blanca	50
	<i>Heliothis virescens</i>	Gusano de las cápsulas	25
	<i>Aphis gossypii</i>	Pulgón	50

Plagas que controla el neem (extracto acuoso)

CULTIVO	PLAGA	NOMBRE COMÚN	DOSIS (g r/t)
Pepino (<i>Cucumis sativus</i>)	<i>Bemisia tabaci</i>	Mosca blanca	50
	<i>Diaphania hyalinata</i>	Perforador del pepino	25
Melón (<i>Cucumis melo</i>)	<i>Diaphania nitidalis</i>	Perforador del melón	25
	<i>Liriomyza trifolii</i>	Minador de la hoja	25
Sandía (<i>Citrullus vulgaris</i>)	<i>Liriomyza sativae</i>	Minador	25
	<i>Aphis gossypii</i>	Pulgón	50
Repollo coliflor (<i>Brassica spp.</i>)	<i>Lypaphis erysimi</i>	Piojillo	50
	<i>Plutella maculipennis</i>	Palomilla dorso diamante	25
	<i>Brevicorye brassicae</i>	Pulgón del repollo	50
	<i>Trichoplusia ni</i>	Gusano medidor	25
	<i>Spodoptera frugiperda</i>	Gusano cogollero	25
Fijol (<i>Phaseolus vulgaris</i>)	<i>Bemisia tabaci</i>	Mosca blanca	50
	<i>Hedylepta indicata</i>	Pega hoja	25
Habichuela (<i>Vicia faba</i>)	<i>Urbanus proteus</i>	Enrollador de la hoja	25
	<i>Liriomyza trifolii</i>	Minador de la hoja	25
Maíz (<i>Zea mays</i>)	<i>Spodoptera frugiperda</i>	Gusano cogollero	25
	<i>Helicoverpa zea</i>	Gusano cortador	25
	<i>Aphis maidis</i>	Pulgón	50
Remolacha (<i>Beta vulgaris</i>)	<i>Spodoptera exigua</i>	Gusano soldado	25



El aceite de neem ayuda a manejar el daño de la mosca blanca



Aceite de neem

El ingrediente activo del neem tiene una muy baja toxicidad dermal (DL 50 > 10,000 g/kg). No se ha encontrado resistencia o tolerancia a este producto después de varios años de uso. El tiempo de aplicación apropiado es por la mañana o por la tarde.

Los efectos secundarios sobre depredadores (míridos, *Cyrtopeltis tenuis*, arañas y otras) y parasitoides de moscas y polillas minadoras (Hymenoptera: ej. Braconidae y Eulophidae) varían dependiendo de la especie, concentración y del producto, desde no existentes hasta aceptables.



El neem controla el cogollero del maíz

¿Cuáles son los diferentes productos disponibles a base de neem?

El extracto acuoso de semillas molidas.

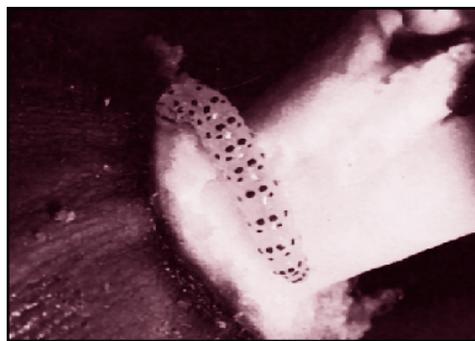
Las sustancias insecticidas se encuentran concentradas en los cotiledones de la semilla del neem. Para elaborar el insecticida, éstas deben ser trituradas con un mortero o preferiblemente con un molino ya sea manual o eléctrico. La harina debe ser lo más fina posible para lograr una mejor mezcla.

La mezcla de las semillas de neem molidas con el agua debe hacerse varias horas antes de la aplicación, preferiblemente de 10-12 horas, de tal modo que las sustancias puedan desprenderse bien, para pasar al agua y luego aplicarse.

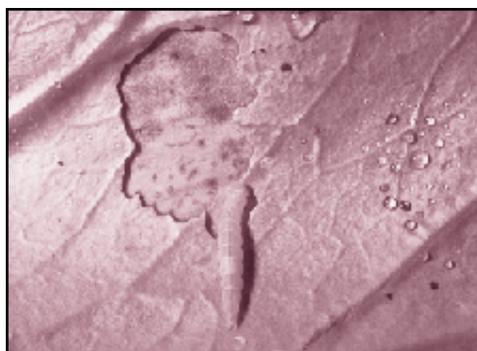
La cantidad de semillas molidas para la mezcla va a depender de la calidad de la semilla (contenido de azadirachtina) y del tipo y cantidad de plagas presentes en los cultivos. Generalmente, se recomienda de 25 a 50 gramos de semillas molidas por litro de agua.

El aceite crudo.

El aceite de neem se obtiene del prensado de las semillas de neem descascaradas. Estas contienen un 40% de aceite de su masa total. Existen métodos caseros para la extracción de aceite sin necesidad de equipos. Hay métodos más sofisticados, como son el uso de una prensa eléctrica que calienta el material antes del prensado. Otro método es la extracción con solventes orgánicos, en este caso se usa un equipo a vapor. Este método tiene el inconveniente de que solamente extrae las sustancias más volátiles.



Aplicaciones de neem ayuda a reducir el daño de *Diaphania* en melón



Con neem, podemos manejar la *Plutella* en repollo

El aceite de neem contiene 0.1% de azadirachtina (1,000 ppm) y tiene propiedades insecticidas. Es empleado para la conservación de granos almacenados contra plagas de almacén, como los Coleópteros. Las semillas de leguminosas almacenadas son fácilmente atacadas por los gorgojos (*Bruchidae*), que son pequeños insectos cuyas larvas penetran y comen los granos.

Estos gorgojos pueden combatirse fácilmente mezclando los granos de las leguminosas con aceite de neem. La cantidad de aceite es relativamente pequeña: 300 ml por cada 100 kg de semillas almacenadas. El tratamiento de los granos en general, se puede realizar en una cubeta, usando 3 ml de aceite por cada kilogramo de granos.

El aceite formulado

Existen en el mercado formulaciones concentradas que contienen 50% de aceite de neem, emulsificadores orgánicos y agua. Al momento de aplicar, se mezcla con agua a una proporción de 5 cc (0.25% aceite) o 10 cc (0.5% aceite) por litro de agua. Esto significa 2.5 litros o 5 litros respectivamente para la aplicación de una hectárea de terreno.

La torta de neem

Es usada en la preparación del extracto acuoso, ya que ésta es el residuo de la obtención de aceite de neem a través del prensado y contiene los principios activos en forma más concentrada, por lo cual requiere menos materia prima para la preparación del insecticida. La dosis recomendada es de 15 gramos por litro de agua, lo que significa 7.5 kg/ha (en 500 litros de agua). Esta torta es útil para incorporarla al suelo del semillero para el control de plagas. Se puede usar a razón de 1-2 libras por tarea como repelente de plagas del suelo como gusanos cortadores, grillo y nematodos.

El extracto alcohólico

Se prepara a partir de la torta de semillas de neem descascaradas, resultante de la separación del aceite de neem. Se obtiene a través del uso de solventes, como etanol y alcohol etílico. Para el proceso de extracción, se requiere de un equipo sofisticado y costoso.

Se han probado diferentes emulsificadores hasta obtener un concentrado formulado con 1.8 ppm (0.18 mg/litro de azadiractina). Esta formulación no se ha usado ampliamente. Las dosis recomendadas son de 4.5 cc/litro de agua (0.45%).

Marcas comerciales conteniendo neem, aprobadas (OMRI, 2001) para su uso en cultivos orgánicos

EXTRACTO DE NEMEM	COMPAÑÍA	OMRI STATUS
Agro neem	Agro Logistic Systems, Inc.	R
Amazin 3% EC	AMVAC Chemical Corporation	R*
AZA-Direct	Gowan Company	A
Ecozin 3% EC	AMVAC Chemical Corporation	R*
Neemix	Thermo Trilogy Company	R*
Neemix 4.5	Thermo Trilogy Company	R*
Ornazim 3% EC	AMVAC Chemical Corporation	R*
Triact 70 EC	Thermo Trilogy Company	A*
Trilogy Broad Spectrum	Thermo Trilogy Company	R*
Fungicide/Miticide		

A=permitido, R=Restringido,

* Condicionalmente listado hasta Enero 1 del 2002, pendiente acatamiento con las políticas de ingredientes inertes.

Pyretrum y piretrinas

Pyretrum es un polvo obtenido moliendo flores secas de *Chrysanthemum cenerariifolium* y especies relacionadas como *C. coccineum*. Polvos crudos de piretrinas fueron introducidos en Europa alrededor de 1800 y estuvieron en uso en el mundo alrededor de 1850. La actividad insecticida de pyretrum es proporcionada por seis esteres constituyentes conocidos como piretrinas. Ellas son la piretrina I y piretrina II, el jasmolin I y jasmolin II, el cinerin I y cinerin II. Las piretrinas I y II se presentan en mayores cantidades. La mayor producción actual esta en Kenia, ya que, en esa región, las flores presentan una concentración más alta de piretrinas (1.3-3.0%) comparadas con las producidas en países como Japón o la antigua Europa del Este. El polvo puro de piretrinas es todavía usado como insecticida pero los extractos obtenidos con éter, acetona, ácido acético glacial, dicloruro de etileno o metanol, son más efectivos.

Aunque las piretrinas derivadas de plantas son muy tóxicas y de acción rápida contra los insectos, ellas no son muy tóxicas a mamíferos por vía oral o dermal, con DL50 mayores a 1,000 mg/kg. Las piretrinas son muy usadas para el control de ectoparásitos en humanos y mascotas, aerosoles para moscas y en invernaderos y granos almacenados. Su uso en cultivos en el campo se ha limitado por su baja actividad residual. Pyretrum interfiere con la transmisión nerviosa, interfiriendo con el movimiento de iones Na y K, por lo que los insectos tratados se muestran hiperactivos y convulsionados.

Rotenona

Es un compuesto insecticida presente en plantas del género *Lonchocarpus* en Sur América y *Derris* en Asia así como en otras leguminosas tropicales. Es extraído de las raíces mediante solventes orgánicos como el éter o acetona. Sus características insecticidas fueron reconocidas desde el siglo XIX. Para preparar insecticidas comerciales se utiliza la resina extraída de la planta con la cual se preparan concentrados líquidos o formulados sobre polvos inertes u otros vehículos. Así mismo, las raíces de *Lonchocarpus* o *Derris*, se pueden secar, pulverizar o mezclar directamente con un vehículo para producir una formulación en polvo.

La rotenona interrumpe el metabolismo energético en las mitocondrias. Es moderadamente tóxica para mamíferos y el valor de toxicidad oral y dermal con base en la DL50 es de 60 mg/kg y 1,000 mg/kg respectivamente. Los síntomas en insectos afectados inclu-

yen el cese de su alimentación, pérdida de funciones locomotoras, parálisis y la muerte ocurre en poco tiempo. Es usado contra escarabajos que se alimentan de hojas y frutos y sus plagas objetivo incluyen *Leptinotarsa decemlineata*, *Diabrotica* y *Acalymma*.

Sabadilla

Es derivado de semillas de *Schoenocaulon officinale*, un lirio tropical que crece en Centro y Sur América. Produce el alcaloide veratrina que tiene acción insecticida. De estos alcaloides, cevadina y veratrodina son los de mayor actividad insecticida. Perú y Venezuela son los principales suplidores de sabadilla.

Las semillas deben ser calentadas o tratadas con álcali para activar los alcaloides. Los alcaloides activos se pueden extraer con kerosene y usarse asperjados o bien aplicados como polvo en vehículos inertes. Los extractos deben ser almacenados en la oscuridad para evitar su deterioro. Su modo de acción es similar al de las piretrinas. Los insectos afectados presentan parálisis y mueren en poco tiempo. Aunque su toxicidad para los mamíferos es muy baja, son muy irritantes para la piel y membranas mucosas de los humanos. Se ha usado para el control de insectos en varios cultivos, así como contra insectos en animales y humanos. Es muy efectiva para chinches como *Anasa tristis* y *Blissus leucopterus*.

Ryania

Los preparados insecticidas con base en *Ryania*, son derivados de la madera de *Ryania speciosa* Fam: Flacourtiaceae que es nativa de Sur América. De 11 compuestos alcaloides identificados en los extractos de esta planta, los más abundantes son ryanodina y 9.21-dehidroranodina. Se ha usado en los Estados Unidos desde 1940. La principal producción proviene de plantas creciendo en Trinidad. La mayoría de las formulaciones comerciales son polvos crudos (50% polvo de ryania), aunque los componentes alcaloides pueden extraerse en agua, alcohol, acetona, éter o cloroformo para producir formulaciones líquidas o polvos mojables. Afecta los canales Ca^{+2} en los músculos causando parálisis muscular. La toxicidad oral en mamíferos (DL 50) es de 1,000 mg/kg y la dermal es de 4,000 mg/kg. La toxicidad en los insectos puede ser por contacto o por ingestión. Es usado para controlar larvas en frutos como *Cydia pomonella* y trips en cítricos.

Nicotina

Es un alcaloide derivado de varias plantas, principalmente Nicotina tabacum, N. rustica y otras Solanáceas. Los extractos de tabaco fueron usados desde 1690, en Inglaterra, para matar insectos. En 1890, fue reconocido el principal ingrediente activo como nicotina. Este compuesto puede ser removido del tabaco mediante solventes como agua o hidrocarburos o por destilación. El modo de acción es a través de acetilcolina, ocurriendo sobreestimulación de las células receptoras causando convulsiones y parálisis. La DL50 oral en mamíferos es de 3,188 mg/kg y la dermal 50-60 mg/kg. Se ha usado como fumigante y asperjado en invernaderos contra áfidos, trips y ácaros.

Extractos de ajo

Su modo de acción es como repelente, por una acción sistémica del ajo ya que el extracto de ajo es absorbido por la planta y su sistema radicular. El olor de ajo cambia el olor natural que produce cada planta, engañando así a los insectos. Estos productos funcionan a pH 6.5-7.5, siendo estables en aguas duras, no alteran ni el olor ni el sabor de los productos tratados, son altamente solubles en agua, y tienen registro EPA (Agencia Federal Protectora del Ambiente de los Estados Unidos). Se usan como repelentes de insectos, son de amplio espectro, formulados para el uso en agricultura biológica y orgánica. Controlan problemas de plagas de insectos de diversas especies, ejerciendo control preventivo sobre todo en los minadores, chupadores, barrenadores y masticadores.

Las marcas comerciales conteniendo ajo aprobadas para su uso en cultivos orgánicos son:

PRODUCTOS	COMPAÑÍA	OMRI STATUS
Allityn Insect Repellent	Helena Chemical Company	A
Crop Guard	American Biodynamics	A
Envirepel	Cal. Crop USA, L.L.C.	A
Envirepel 20	Cal. Crop USA, L.L.C.	A
Garlic Barrier AG	Garlic Research Labs	A
Garlic Grow	Garlic Research Labs	A
Repeller	Natural Resources Group	A
Repellex AG	American Biodynamics	A

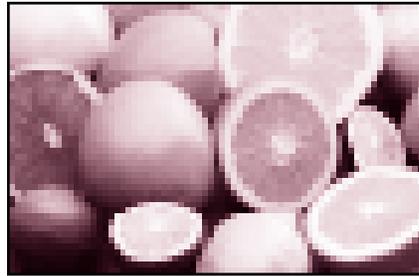
A=permitido

Extractos de semillas de cítricos

El ingrediente activo de este tipo de producto proviene de extractos de semilla de cítricos constituidas por trazas de elementos naturales provenientes de las semillas de los cítricos tales como ácidos grasos, aminoácidos, bioflavonoides (vitamina P), carbohidratos, grupo metil-hidroxy no identificado, proteínas (como nitrógeno energético) peptinas, Vitamina C y E.

Las formulaciones basadas en extractos de semillas de cítricos presentes en Centro América son el Kilol y Long Life. Kilol es un bactericida-fungicida sistémico formulado al 11% con efectos preventivos y curativos.

Kilol actúa sobre el dióxido de carbono de la célula microbiana reduciendo y oxidando con altísima potencia y eficacia, dañando el citoplasma y la pared celular, impidiendo así la multiplicación y la aparición de cepas resistentes. Controla enfermedades fungosas y bacteriales causadas por: *Pseudomonas carotovora* y *Xanthomonas cucurbitae*, *Xanthomonas campestris*, *Erwinia tracheiphila*, entre otras bacterias, así como algunos problemas causados por *Fusarium* spp.



Plantas con sustancias plaguicidas, su toxicidad humana y forma de preparación

NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	PROPIEDAD	SUSTANCIAS ACTIVAS	TOXICIDAD HUMANA	FORMA DE PREPARAR
<i>Allium sativum</i> L.	Ajo	Fungicida, antibacterial, nematocida, insecticida		No	Extracto acuoso del bulbo y de las hojas
<i>Allium squarrosae</i> L.	Anono	Insecticida		Si	Extracto acuoso de las semillas
<i>Arenaria ciliolata</i> L.	Ajería, alcanfor, al tamisa		Cámpfor, cineol	No pero alérgico	Extracto alcohólico de las hojas
<i>Arctostaphylos uva-ursi</i> L. Jus	Mesón	Insecticida, nematocida	Azadiractina, rimbín, salannin y más de 5 otros terpenoides	No	Extracto acuoso o extracto alcohólico (semilla y hoja), prensa del aceite (semilla)
<i>Artemisia nigra</i> L. <i>Artemisia juvenc</i> L.	Muñaca		Sinigrin	No	
<i>Capsicum frutescens</i> L.	Chile picante	Antifúngica, insecticida	Capsaicin, capsaicin, carotínoides	Irritante para ojos y piel	Extracto acuoso de los frutos
<i>Cassia populea</i> L.	Isapaño	Nematocida	Repsain		Látex de la planta irritante
<i>Citrus aurantium</i> L.	Naranja agria	Repelente para insectos		No	Extracto acuoso de hojas cáscara y semilla del fruto
<i>Cyperus tenuis</i> <i>Cyperus tenuis</i> Trin. & Wis	Cirsantema	Insecticida	Pyrethrin	Si UI 90 oral 600-900 mg/kg	Extracto alcohólico de los pétalos
<i>Derris elliptica</i> Benth. <i>Derris</i> spp.	Denis	Insecticida	Rotenona	Si, también para peces	Extracto alcohólico de doronin a de las raíces
<i>Eucalyptus</i> spp.	Eucalipto		Diferentes terpenoides	No	

Plantas con sustancias plaguicidas, su toxicidad humana y forma de preparación

HOMBRE CIENTÍFICO	HOMBRE COMÚN	PROPIEDAD	SUSTANCIAS ACTIVAS	TOXICIDAD HUMANA	FORMA DE PREPARAR
<i>Glinóida sepium</i> (Jacq) Steud	Madero negro	Insecticida rodenticida	Rotenona	3, para caballos y pequeños mamíferos	Extracto acuoso y alcohólico de las hojas, corteza, raíz
<i>Lonicera xylosteum</i> (Aubl.) DC. y L. spp.		Insecticida	Rotenona	3, también para peces	Extracto alcohólico de doriforma de las raíces
<i>Morveria charantifolia</i> L.	Manzanilla			No	Extracto acuoso de las flores
<i>Miconia rostrata</i> Benth.	Mucuna	Insecticida (inhibidor de quitina)		1 (hydroxy-phenylalanin) (L-DOPA)	Extracto acuoso y alcohólico de la semilla
<i>Quercus agrifolia</i> L.	Horn bregrande	Insecticida	Cusain	No	Extracto acuoso y alcohólico de la corteza y madera molida
<i>Schinus molle</i> L.	Higuera	Insecticida, fungicida nematocida	Ricin (proteína tóxica)	3 (semillas)	Extracto acuoso de las hojas Extracto acuoso a 70% de las semillas
<i>Sida acuta</i> L. Rich & Sprengel	Bayeta	Insecticida	Ryanodh	3	Extracto acuoso y alcohólico de raíz y madera molida
<i>Solanum mammosum</i> <i>Solanum glaberrimum</i> Dural	Chigua huevos de paloma	Malusquida		3	Extracto (?) de los frutos
<i>Tapeetesenta</i> L.	Flor de muerto	Nema toxicoinsecticida			Extracto de las raíces
<i>Tephrosia</i> spp.	Tefrosia	Insecticida	Rotenona	3, también para peces	Extracto alcohólico de las raíces

Esta lista sólo refleja algunas de las plantas con propiedades repelentes. Es de destacar o realmente insecticidas. En los comentarios de Asia y África, se conocen muchos más. (Harborne, 1983)

¿Qué insecticidas botánicos se encuentran en el mercado?

El problema de los insecticidas botánicos, para llegar al mercado como productos terminados es el registro. Por lo general, no se trata de una sola sustancia de origen vegetal sino de todo un complejo de sustancias bioquímicamente similares pero con distintas estructuras moleculares, de manera que las instituciones de registro en todos los países solicitan la aclaración de todas las sustancias una por una y además las correspondientes pruebas toxicológicas.

En Alemania, el proceso de registrar un extracto de neem (con azadirachtina como ingrediente activo) como insecticida permitido en todos los cultivos ha tardado 8 años, a un costo de medio millón de dólares. Esos altísimos costos no permiten todavía registrar y comercializar extractos de plantas de menor eficacia como ajo o chile. Actualmente, existen en el mercado internacional, sólo insecticidas botánicos registrados con base en rotenona, pyrethrina y azadirachtina, y en mercados locales, productos con base en ajo, nicotina, ryanodina, cuasina y otras sustancias botánicas de los cuales no se sabe si tienen registro.

Algunos insecticidas botánicos en el mercado.

INGREDIENTE ACTIVO	NOMBRE COMERCIAL	EMPRESA	PAÍS
Azadirachtina	AZATINA	ThermoTrilogy	EEUU
	PHCTM NEEEMTM	Plant Health Care (PHC)	México
	NIM NATURAL (6 productos)	Investigaciones Orgánicas	Nicaragua
	NeemAzal-T/S	TRIFOLIO-M	Alemania
	BIO NEEM	(Bruno Donati)	Suecia
	BIO-175	AGROMED	España
	Varios productos	diferentes empresas	India
Pyrethrina	Pyrenone Crop Spray (+piperonylbutoxid)	Aventis Environmental Science	EEUU
	Diatect	Prentiss Incorporated	EEUU
	Prentox Fogging Insecticide		EEUU
Rotenona + pyrethrina	Pyrellin EC	Webb Wright Corporation	EEUU
Rotenona	Cube Powder	TIFA Ltd	EEUU
	BIO-4000 ROTEN	AGROMED	España
Nicotina	BIO-3000 NICOTIN	AGROMED	España
Extracto de ajo	BIO-125 AJOBRALIC	AGROMED	España
	BRAVO	Ingenieria Industr.	México
Cuasina	BIO-50 GRANDE	AGROMED	España

¿Cuál es el espectro de acción de los insecticidas botánicos?

El espectro de las plagas controlables con sustancias de origen botánico es bastante amplio: insectos masticadores (tanto gusanos, como escarabajos), minadores (tanto larvas de moscas, como de mariposas) y chupadores (ácaros, trips, áfidos y chinches).

¿Cómo se aplican los insecticidas botánicos?

La aplicación de los diferentes insecticidas botánicos, normalmente, no presenta mayores problemas. Por lo general, las diferentes empresas que producen o distribuyen estos productos dan indicaciones y recomendaciones adecuadas como:

- Aplicar cuando los insectos plagas se encuentran todavía en los primeros estadios larvales o ninfales, preferiblemente en horas de poca radiación solar y sin la amenaza de lluvias,
- Calibrar bien el equipo de aplicación,
- Dar una cobertura adecuada, que cubra desde la parte baja de la planta y arriba de las hojas o en las yemas, el cogollo, los tallos, según sea la especialidad de las plagas que queremos controlar,
- hacer las aplicaciones utilizando un recuento de la plaga y evaluar el daño después de las aplicaciones,
- No aplicar en riego de goteo o aspersión,
- No mezclar con insecticidas sintéticos, aunque es posible realizar aplicaciones en combinación con fungicidas y fertilizantes foliares.



La Plutella en repollo es fácilmente controlada por el neem



Repollo producido con aplicaciones de neem

Bibliografía

- Bonilla Rivera, P. E. 1994. Obtención y utilización de los componentes activos de plantas con propiedades biocidas. *Plantas para proteger cultivos*. Lima, Perú. pp. 67-72.
- Brechelt, Andrea., Fernández, Clara Luz. 1995. El Nim, un árbol para la Agricultura y el medio Ambiente. Experiencias de la República Dominicana.
- Brones R., A. 1994. Conocimiento campesino del uso de plantas insecticidas en ecosistemas andinos. *Plantas para proteger cultivos*. Lima, Perú. pp.191-204.
- CATIE. 2002. Plantas Insecticidas producidas en casa. *Enlaces (Nicaragua)* 12: 10-13.
- Crespo, J.; Silva J.; Salas M., Estrada J. 1994. Uso de insecticidas botánicos para el control de *Heliothis virescens* Fabricius, (Lepidoptera: Noctuidae) en el cultivo del tabaco (*Nicotiana tabacum* L.). VII Jornada Científica del INIFAT. *Bio-Plag'94*. Resúmenes, p. 62.
- De Faz, A. B. 1987. Principios de Protección de Plantas. Editorial Científico-Técnica. Ciudad de La Habana, Cuba. pp: 8-35.
- Eckert, S., Wübker, S. M. 1991. Control natural de plagas en el Paraguay. Ediciones CECTEC. Asunción, Paraguay. pp. 39-41.
- Golob, P.; Moss, C.; Dales, M.; Fidge, A.; Evans, J.; Gudrups, I. 1999. The use of spices and medicinals as bioactive protectants for grains. *Food and Agriculture Organization of the United Nations. Agricultural Services Bulletin*. No 137. Rome. 242 p.
- Gomero O., L. 1994. Plantas para proteger plantas tecnología para el desarrollo de la agricultura sustentable. *Plantas para proteger cultivos*. Lima, Perú. pp. 47-56.
- González, M., Chiang, M.; Avilés, R.; Estrada, J.; Fraga, S.; Martín, M. 1995. Efecto insecticida de dos extractos obtenidos a partir de crisantemo (*Chrysanthemum* sp.) sobre *Mocis latipes*. Primer Taller Internacional y Tercero Nacional de Plaguicidas Biológicos de Origen Botánico, *Bio-Plag'95*. Resúmenes, p. 74.
- Greinge, M., Ahmed, S. 1988. Handbook of plants with pest-control properties. Eds. John Wiley & Sons, Inc. USA. 470 pp.
- GTZ. s/a. NIM un insecticida natural. República Dominicana. 35 pp.
- Hernández, E. M.; Fuentes, F. V.; Alfonso, H. M.; Avilés, P. R.; Perera, A. E. 1999. Plaguicidas naturales de origen botánico. Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical "Alejandro Humboldt" (INIFAT). Cuba. 105 p.
- Isman, M. B. 1999. Neem and related natural products. In. Hall, F. R., Menn, Julius. (Eds) *Bio-pesticides. Use and delivery*. Humana Press, New Jersey. Pp 139-153.
- Morales, A.; Avilés, R.; Estrada, J.; Sotomayor, E.; Guibert, G.; Fraga, S. 1994. Utilización de polvo de semillas de paraiso (*Melia azedarach* L.) y un formulado contra larvas de *Diaphania hyalinata* L. (Lepidoptera: PyraMidae). VII Jornada Científica del INIFAT. *BioPlag'94*. Resúmenes, p. 64.
- Organic Materials Review Institute. 2002. OMRI Brand Name Products List. 67 p.

Pascual-Villalobos, M. J. 1996. Plaguicidas naturales de origen vegetal: Estado actual de la investigación. Monografías INIA. Núm. 92. Edil Inst. Nac. De Inv. y Tecnología Agraria y Alimentaria. Madrid, España. 35 pp.

Rojas, A. s/a. Plaguicidas orgánicos de origen botánico. Cartilla No. 170, Proyecto: Desarrollo forestal integrado en la cuenca media del río Chicamocha. Bogotá, Colombia. 44 pp.

Sabillón, A., Bustamante, M. 1994. Evaluación de extractos botánicos para el control del cogollero *Spodoptera frugiperda* Smith. Congreso Latinoamericano y del Caribe sobre Nim y otros insecticidas vegetales. Santo Domingo, (s/p).

Sabillón, A., Bustamante, M. 1996. Guía fotográfica para la identificación de Plantas con Propiedades Plaguicidas. Parte I. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. 110 p.

Schmutterer, H. 1995. The Neem Tree, *Azadirachta indica* A. Juss.: Source of unique natural products for integral pest management, medical, and other purposes. Cambridge. VCH. 696 pp.

Schmutterer H., Ascher, K: R. S., Rembold, A. H. 1981. Natural pesticides from the neem tree (*Azadirachta indica* A. Juss). Proceedings of the first international neem conference. Rottach-Egern, Federal Republic of Germany. 16-18 june, 1980. 297 p

Weinzierl, R. A. 2000. Botanical insecticides, soaps, and oils. In. Rechcigl J. E., Rechcigl, N. A. (Eds). Biological and Biotechnological control of Insect s pests. Lewis Publishers. pp 101-121.