

Control biológico de plagas agrícolas de insectos

Alejandra Bravo y Mario Soberón

La agricultura depende de la protección de los cultivos contra el ataque de insectos y, en el contexto de la agricultura sustentable, es una área activa de I&D en entomología, agronomía y biotecnología. Algunas de las principales plagas de insectos que infestan los cultivos más importantes en México, son prevenidas o reducidas básicamente, utilizando insecticidas sintéticos ('químicos') para asegurar los rendimientos adecuados [Tabla 1]. Sin embargo, la mayoría de los ingredientes activos de estas formulaciones resultan tóxicas para otros organismos, como son los insectos benéficos, aves, mamíferos y también, los seres humanos. Factores agravantes resultan de las aplicaciones inseguras y de su acumulación en el medio ambiente; por tanto, es preciso transitar hacia otras formas de manejo de estas plagas. En este sentido, los enemigos naturales de los insectos plaga, han resultado una buena estrategia para su control y para lograr un decremento significativo en el uso de plaguicidas tóxicos en los agroecosistemas. Ahora bien, para desarrollar un insecticida alternativo sustentable, podemos considerar tres propiedades deseables: (1) tener una toxicidad selectiva, es decir, con un 'principio activo' altamente específico dirigido a un 'blanco' de insecto-plaga en particular; (2) no persistir en el medio ambiente (residuos degradables) y, (3) presentar mecanismo(s) de acción que NO promuevan la selección frecuente de resistencia. El estudio y desarrollo de patógenos microbianos de insectos han brindado alternativas para el desarrollo de (bio)insecticidas con las características anteriores.

¿Quiénes son los enemigos naturales de las plagas de insectos?

En general, los miembros de este enorme Orden biológico (con al menos 1 millón de especies

conocidas), padecen enfermedades infecciosas provocadas por diferentes microbios, como virus, hongos o bacterias y, para el caso de los que son plagas agrícolas, hay alternativas de uso en formas de control biológico. Los patógenos microbianos muestran convenientemente, una alta especificidad y no son tóxicos para insectos benéficos ni para otros organismos incluyendo a los seres humanos. Sin embargo, su uso como control biológico aún es limitado: a pesar del aporte académico y las ventajas prácticas evidentes de esta estrategia, a nivel comercial (procesos, productos y servicios), tal alcance se limita como máximo, al 2% del mercado total de insecticidas. Es necesario entonces, ponderar las propiedades de los bioinsecticidas mencionadas anteriormente, como son su selectividad y baja persistencia en el medio ambiente; éstas son consideradas actualmente, como desventajas por los productores. En cambio, las razones que lo justifican son que los gobiernos aplican regulaciones estrictas sobre las cantidades de residuos de agroquímicos que se permiten en los cultivos y los alimentos; así como la vigencia de controles fitosanitarios para la exportación e importación de muchos productos. Además, el impulso a las prácticas agroecológicas abre oportunidades para la expansión de la aplicación de bioinsecticidas, ya que para los tres tipos de patógenos de insectos mencionados, se

Tabla 1. Principales insectos plaga de lepidópteros y coleópteros en México

Cultivo que infestan	Insecto plaga Especie biológica (nombre común cuando es plaga)	Orden biológico
Maíz	<i>Spodoptera frugiperda</i> (gusano cogollero)	Lepidóptero (mariposas y palomillas)
	<i>Phyllophaga</i> , <i>Cyclocephala</i> y <i>Anomala</i> , (gallina ciega)	Coleóptero (escarabajos)
Algodón	<i>Pectinophora gossypiella</i> (gusano rosado)	Lepidóptero
	<i>Heliothis virescens</i> (gusano bellotero)	Coleóptero
	<i>Anthonomus grandis</i> (picudo del algodón)	Coleóptero
Frijol	<i>Xenochalepus signaticollis</i> (minador del frijol)	Coleóptero
	<i>Epilachna varivestis</i> (conchuela del frijol)	Coleóptero
Chile	<i>Anthonomus eugenii</i> (barrenillo del chile)	Coleóptero

han desarrollado y comercializado diferentes formulaciones (ver también págs. 12, 16, 24 y 30 en este número).

Virus y hongos para controlar hexápodos (=seis-patas) dañinos.

En el caso de los virus de insectos, se han desarrollado formulaciones con múltiples especies de virus que muestran especificidad para diferentes Órdenes biológicos de insectos. Para infectarse, las larvas ingieren las partículas virales (viriones), que luego infectan células intestinales. La multiplicación del virus en la larva resulta en la liberación de millones de viriones en los sitios de la aplicación, que pueden infectar más individuos, resultando en un control eficiente de la plaga. Los llamados Baculovirus se han aplicado con éxito para la protección de cultivos en países como Brasil, Estados Unidos y Canadá, entre otros; en México se han evaluado varios aislados contra plagas del maíz y la soya. Este grupo es importante por el aporte tecnológico en I&D del IBt-UNAM, ya que estos virus modificados, creciendo en cultivos de células de insecto, contribuyen especialmente a la producción de vacunas (ver *BiotecMov* No. 21, p.9). En el caso del control biológico con hongos y para ciertas plagas relevantes en diversas etapas de su vida, la infección ocurre por la penetración de la hifa del hongo a través de la cutícula del insecto, permitiendo la diseminación y proliferación del patógeno en todo el cuerpo del insecto, resultando en su muerte. Aunque la producción de preparaciones de hongos para esta estrategia insecticida es aún poco eficiente, los hongos del género *Beauveria* —que infecta una amplia gama de especies de insectos— se han utilizado con éxito para el desarrollo de formulaciones comerciales para el control biológico (ver pp. 11-12 y 15-16 en este número).



Hormigas comiendo pulgones. Los pulgones, también conocidos como piojos de las plantas son pequeños insectos chupadores de savia y miembros de la superfamilia *Aphidoidea*. Los pulgones se encuentran entre las plagas de insectos más destructivas de las plantas cultivadas en las regiones templadas

Bacterias y sus productos vs. cogolleros, belloteros, barrenadores y rizófagos

La bacteria *Bacillus thuringiensis* (Bt) produce el bioinsecticida más exitoso. Durante un proceso de resistencia de su ciclo vital llamada la esporulación, Bt produce proteínas insecticidas Cry como estructuras cristalinas que son tóxicas para diferentes Órdenes biológicos de insectos. Además, algunas cepas de Bt producen otras proteínas insecticidas llamadas toxinas Vip durante su crecimiento 'vegetativo', asociadas con otros organismos, las cuales son muy eficaces contra insectos del Orden de los lepidópteros (mariposas y palomillas). En general, las especies son sus-

ceptibles y, en su etapa larvaria (como orugas o gusanitos), ingieren las esporas con los cristales y estos se disuelven en el intestino larvario. Las proteínas Cry son macromoléculas 'formadoras de poros' que se insertan en las membranas de las células intestinales de las larvas, lo que provoca deshidratación, dejan de comer y mueren. Hay una amplia diversidad de variantes moleculares en cada familia de bioinsecticidas Cry y Vip; las diferentes cepas de Bt producen varias clases de proteínas Cry, que se han clasificado y nombrado según su similitud [Tabla 2]. Aunque son específicas para insectos, presentan una efectividad diferencial; es decir, el gusano cogollero, principal plaga del maíz, es poco susceptible a la toxina Cry1A pero sucumbe en presencia de la Cry1Fa. Actualmente se han identificado y caracterizado más de 700 genes *cry* diferentes con distintas especificidades. Los Bt se han aplicado desde hace tiempo sobre los cultivos como polvos de esporas; sin embargo, el uso a gran escala todavía es limitado, principalmente debido a sus altos costos de producción y a dificultades en su aplicación. Por esta razón, unos cuantos genes bacterianos *cry* o *vip* que codifican las toxinas insecticidas, se han aislado, modificado e introducido dentro del genoma de algunas variedades vegetales, desarrollando plantas transgénicas (GM) resistentes a insectos, conocidos como cultivos Bt, en algunas variedades comerciales de algodón, maíz, soya, papa y berenjena. De hecho, los denominados cultivos Bt son la aplicación mundial más exitosa de Bt. Se estima que, en comparación con los cultivos convencionales, los cultivos de plantas Bt usan alrededor de un 80% menos insecticidas químicos. Sin embargo, es un hecho que las plagas de insectos también desarrollan resistencia a estas proteínas, lo que ha limitado el uso de algunos cultivos Bt en ciertos países. Esto ha impulsado la búsqueda de nuevos genes *cry* (y la evaluación agronómica de mutaciones en las proteínas Cry), para controlar insectos plaga que han desarrollado resistencia. Asimismo, para retrasar aún más el surgimiento de resistencia se han encontrado otras especies bacterianas que producen proteínas insecticidas, tales como *Pseudomonas chlororaphis*, *P. mosselii* y *Alcaligenes faecalis*. El aprovechamiento de variantes o nuevas proteínas con actividad insecticida (así como de otras estrategias relatadas en otros artículos en este número), continuará siendo una alternativa para la protección eficaz de los cultivos a través de un Manejo Integral de Plagas, que reduce significativamente la necesidad del control químico con plaguicidas sintéticos.

Contacto: alejandra.bravo@ibt.unam.mx,
mario.soberon@ibt.unam.mx

Nombre comercial del producto	Compañía fabricante	Serovar de <i>Bacillus thuringiensis</i>	Proteínas Cry que contiene
Dipel, Biobit XL, Foray, Florbac, Xentari, Futura	Abbott Labs.	<i>kurstaki</i> <i>aizawai</i> <i>kurstaki</i>	Cry1Aa, Cry1Ab, Cry1Ac, Cry2Aa, Cry2Ab Cry1Aa, Cry1Ab, Cry1Ba, Cry1Ca, Cry1Da Cry1Aa, Cry1Ab, Cry1Ac, Cry2Aa, Cry2Ab
Bernan Bt	Bactec	<i>kurstaki</i>	Cry1Aa, Cry1Ab, Cry1Ac, Cry2Aa, Cry2Ab
Bathurin	Chamapol-Biokra	<i>thuringiensis</i>	ND
Bactis	Compagnia di Ricerca chim. CRC	<i>kurstaki</i>	Cry1Aa, Cry1Ab, Cry1Ac, Cry2Aa, Cry2Ab
Biospor	Farbwerke-Hoechst	<i>kurstaki</i>	Cry1Aa, Cry1Ab, Cry1Ac, Cry2Aa, Cry2Ab
Cutlass	Fermenta ASC Co.	<i>kurstaki</i>	Cry1Aa, Cry1Ab, Cry1Ac, Cry2Aa, Cry2Ab
Muscabac	Farmos	<i>thuringiensis</i>	β-exotoxina
DendroBacillin EndoVacterin Insektin	Glavmikro-bioprom	<i>dendrolimus galleriae</i> <i>thuringiensis</i>	ND Cry1Cb Cry1Ba
Mianfeng pesticide, Shuangdu preparation	Huazhong Agricultural University	<i>YBT-1520</i> <i>chinesensis Ct-43</i>	ND ND
Bitayon	Jewin-Joffe Industry Limited	ND	ND
Larvo-Bt	Knoll Bioproducts	<i>kurstaki</i>	Cry1Aa, Cry1Ab, Cry1Ac, Cry2Aa, Cry2Ab
Bt	Korea Explosives	<i>kurstaki</i>	Cry1Aa, Cry1Ab, Cry1Ac, Cry2Aa, Cry2Ab
Selectgyn	Kyowa-Hakko Kogyo Co.	<i>aisawai</i>	Cry1Aa, Cry1Ab, Cry1Ba, Cry1Ca, Cry1Da
Sporoine	LIBEC	<i>kurstaki</i>	Cry1Aa, Cry1Ab, Cry1Ac, Cry2Aa, Cry2Ab
M-Peril	Mycogen	<i>Kurstaki</i>	Cry1Aa, Cry1Ab, Cry1Ac, Cry2Aa, Cry2Ab
Biobit Foray	Novo Nordisk	<i>kurstaki</i> <i>kurstaki</i>	Cry1Aa, Cry1Ab, Cry1Ac, Cry2Aa, Cry2Ab Cry1Aa, Cry1Ab, Cry1Ac, Cry2Aa, Cry2Ab
SOK	Nor-Am Chemical	<i>kurstaki</i>	Cry1Aa, Cry1Ab, Cry1Ac, Cry2Aa, Cry2Ab
Bactospeine	Philips	<i>kurstaki</i>	Cry1Aa, Cry1Ab, Cry1Ac, Cry2Aa, Cry2Ab
Plantibac	Procida	<i>kurstaki</i>	Cry1Aa, Cry1Ab, Cry1Ac, Cry2Aa, Cry2Ab
Baturad Nubilacid	Radonja	<i>kurstaki</i> <i>kurstaki</i>	Cry1Aa, Cry1Ab, Cry1Ac, Cry2Aa, Cry2Ab Cry1Aa, Cry1Ab, Cry1Ac, Cry2Aa, Cry2Ab
Bt 8010, Rijan	Scientific & Technology Developing	ND	ND
Delfin	SDS Biotech K.K.	ND	ND
Able	Thermo	<i>kurstaki</i>	ND
Thuricide Javelin, Delfin CoStar Steward Vault	Trilogy Corporation	<i>kurstaki</i> <i>kurstaki</i> <i>kurstaki</i> <i>kurstaki</i> <i>kurstaki</i>	Cry1Aa, Cry1Ab, Cry1Ac, Cry2Aa, Cry2Ab Cry1Aa, Cry1Ab, Cry1Ac, Cry2Aa, Cry2Ab Cry1Aa, Cry1Ab, Cry1Ac, Cry2Aa, Cry2Ab Cry1Aa, Cry1Ab, Cry1Ac, Cry2Aa, Cry2Ab Cry1Aa, Cry1Ab, Cry1Ac, Cry2Aa, Cry2Ab Cry1Aa, Cry1Ab, Cry1Ac, Cry2Aa, Cry2Ab
Bacillex	Shionogi Co	<i>thuringiensis</i>	β-exotoxina
Bactur	Thompsoni Hayward Co.	<i>kurstaki</i>	Cry1Aa, Cry1Ab, Cry1Ac, Cry2Aa, Cry2Ab
Toaro, Toaro-Ct	Towagosei Chem	<i>kurstaki</i>	Cry1Aa, Cry1Ab, Cry1Ac, Cry2Aa, Cry2Ab
Spicturin	Tuticorin Alkali Chemicals and Fertilisers Limited	<i>galleriae</i>	Cry1Cb

Tabla 2. Ejemplos de diferentes formulaciones de bioinsecticidas de Bt granuladas contra lepidópteros, disponibles en el mercado



Microbiólogo cultivando en laboratorio el hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* en granos de arroz

La Dra. Alejandra Bravo y el Dr. Mario Soberón son investigadores titulares del Departamento de Microbiología Molecular del IBT.