

Bioinsecticidas: su empleo, producción y comercialización en México

Patricia Tamez Guerra*, Luis J. Galán Wong* , Hiram Medrano Roldán**, Cipriano García Gutiérrez***, Cristina Rodríguez Padilla*, Ricardo A. Gómez Flores* y Reyes S. Tamez Guerra*

Se ha considerado que de la misma forma en que la computación ha impulsado el avance en tecnología y comunicaciones, la biotecnología es la principal responsable del avance científico moderno. La biotecnología engloba principios de ingeniería e investigación científica, para el desarrollo de productos mejorados, elaborados con sistemas que involucran el empleo de organismos vivos o sus productos (enzimas, metabolitos, etc.), bajo procesos que permiten su comercialización.¹

Con el avance de la biotecnología entramos en una nueva era de producción agrícola, con gran ayuda por parte de las nuevas técnicas desarrolladas en ingeniería, tanto genética como química e industrial.²

La biotecnología agrícola está enfocada a dar solución a problemas de baja producción y pérdidas económicas de cultivos, provocadas por factores bióticos y abióticos del campo, y se enfoca principalmente a lograr una agricultura sustentable. En este sentido, un objetivo de la biotecnología es reducir la dependencia de químicos sin afectar, o incluso, incrementar la productividad del campo, lo cual traerá como consecuencia la reducción en costos de los insumos y ayudará a reducir los problemas ambientales.^{3,4}

El proceso requerido para la comercialización de un producto biotecnológico se muestra en la Tabla I. Los costos estimados para la fabricación y la comercialización de un producto biotecnológico en Europa se observan en la figura 1.

El concepto de agricultura sustentable se vislumbra desde tres enfoques diferentes:

- Autosuficiencia alimentaria.
- Calidad y cuidado al ambiente y
- Agricultura sustentable dentro de una comunidad determinada.⁵

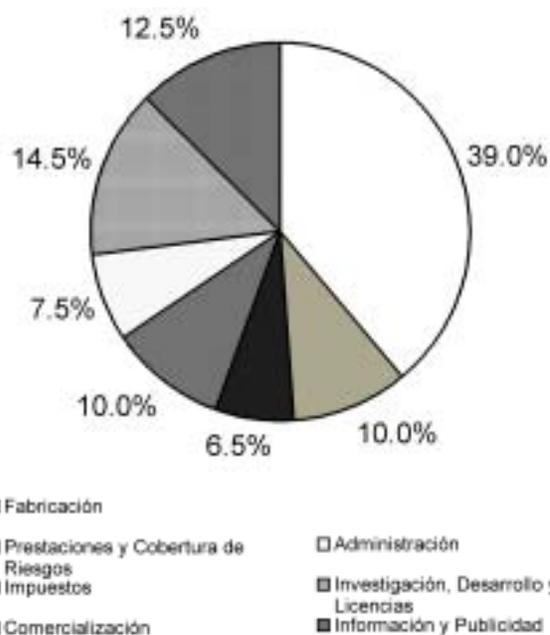


Fig. 1. Estructura del valor porcentual de costos estimados para la fabricación y comercialización de un nuevo producto biotecnológico en Europa.

El sistema de producción de alimentos que integra los aspectos humanos, económicos, recursos naturales y el medio ambiente, para maximizar la calidad de los productos agrícolas y los recursos naturales renovables es conocido como agricultura orgánica. No es de extrañar que algunos conceptos de agricultura sustentable y agronomía orgánica se puedan llegar a confundir. Ambos van encamina-

*Facultad de Ciencias Biológicas, UANL.

**Instituto Tecnológico de Durango, SEP-Durango.

***CIIDIR. IPN. Unidad Durango.

Tabla I. Procedimiento general para la comercialización de bioinsecticidas

Fase de:	Consiste en:	Tiempo (años)
Investigación	Diseño de la metodología a seguir para llegar a los objetivos planteados	4
Desarrollo	Elaboración de un compuesto o modificación genética deseada	4
Evaluación	Evaluación de la seguridad y los efectos secundarios del producto mediante bioensayos en humanos, animales o experimentos de campo	4
Registro	Patente del producto y/o sistema de producción	2
	Vigencia de la patente	20(6)*
Factibilidad económica	Cálculo de pasivos y activos a futuro, sobre la base de demanda y la estimación de ventas, en un periodo determinado de tiempo	0.5
Fabricación	Producción sobre la base de los protocolos establecidos por las agencias gubernamentales correspondientes	0.5
Comercialización	Promoción y venta del producto	6

* La vigencia de la patente es de 20 años. Se ha calculado que un producto tarda de 12-14 años para salir al mercado, según el tiempo de investigación y desarrollo del mismo, pero la vigencia empieza a contar desde su aprobación, así que realmente son de 6 a 8 años durante los que el producto queda protegido por derechos de patente.

dos a elevar la producción y proteger al ambiente. Por esto, para lograr una agricultura sustentable, una parte de la biotecnología está dirigida a la producción y comercialización de bioinsecticidas, ya sea por parte de instituciones públicas como por compañías privadas.

Dentro del potencial de la biotecnología agrícola en el control biológico de insectos se puede mencionar la producción de:

- Microorganismos entomopatógenos, tanto *in vitro* como *in vivo*
- Organismos entomófagos, parasitoides o depredadores de insectos
- Compuestos orgánicos producidos por organismos o extractos de plantas con actividad insecticida.
- Microorganismos y plantas modificados genéticamente (transgénicos) con actividad insecticida más eficiente, ya sean por incremento en la actividad o por tener un espectro de toxicidad a insectos más amplio.²⁻⁴

En la actualidad, la biotecnología agrícola ayuda a aumentar la productividad, reducir costos de fabricación, realizar innovaciones y mejorar la calidad de los cultivos producidos, además de realizar prácticas agrícolas más seguras al ambiente.

Bioinsecticidas

La industria de los bioinsecticidas incluye organismos entomopatógenos y entomófagos, además de compuestos con actividad insecticida derivados de plantas (aceite neem, *Chrysantemus* sp, *Tagetes* sp), metabolitos de actinomicetos (spinosid), y organismos y plantas transgénicas.²

De forma general, los organismos entomopatógenos son aquellos que infectan al insecto y se reproducen en él hasta causarle la muerte (hongos, virus, bacterias, protozoarios y nemátodos). Esto último no es necesariamente cierto, ya que en muchas ocasiones el número de organismos que infectan no es suficiente como para ocasionar la muerte del insecto. Esto, que podría considerarse como una desventaja, en realidad no lo es, ya que el insecto vivo continúa dispersando al agente infectivo y provocando la infección de otros insectos en el área. Este fenómeno es conocido como autodiseminación y sus ventajas se han observado principalmente con ciertos baculovirus y protozoarios. En la Tabla II se enlistan los organismos entomopatógenos que más se comercializan en México en la actualidad.

Tabla II. Ejemplos de entomopatógenos comercializados en México

Agente de biocontrol	Tipo ¹	Nombre del producto	Sugerido para el control de:	Compañía productora
<i>Bacillus thuringiensis aizawai</i>	B	XenTari	Palomilla dorso de diamante, gusano falso medidor, gusanos soldados, gusanos defoliadores.	Abbott-DuPont
<i>B. thuringiensis israelensis</i>	B	Skeetal, Vectobac	Dipteros	Abbott-DuPont
<i>B. thuringiensis kurstaki</i>	B	Bactospeine DF	Palomilla dorso de diamante, gusano falso medidor y mariposilla blanca.	Abbott-DuPont
<i>B. thuringiensis kurstaki</i>	B	Biobit HP	Gusano de la yema del tabaco, gusano falso medidor, gusanos soldados, gusanos defoliadores.	Abbott-DuPont
<i>B. thuringiensis kurstaki</i>	B	Dipel	Lepidópteros	Abbott-DuPont
<i>B. thuringiensis kurstaki</i>	B	Javelin, Thuricide	Lepidópteros	Ecogen
<i>B. t. tenebrionis morrisoni</i>	B	Novodor	Coleópteros	Thermo Trilog, Columbia MD., USA
<i>B. thuringiensis tenebrionis</i>	B	Trident	Coleópteros	Ecogen
<i>B. t. thuringiensis</i>	B	Teknar	Dipteros	Ecogen
<i>Beauveria bassiana</i>	H	Bea-Sin	Plagas de cultivos	Agrobionsa, Culiacán, Sin.
<i>B. bassiana</i>	H	BotaniGard	Plagas de invernadero	Mycotech México, DF
<i>B. bassiana</i>	H	Mycotrol	Plagas de cultivos	Mycotech
<i>B. bassiana</i>	H	<i>B. bassiana</i>	Broca del café, mosquita blanca, chapulines, etc	CNRCB ² Tecomán, Col.
<i>B. bassiana</i>	H	Bio-Fung	Chapulín en frijol y maíz	CESAVEG ³ Irapuato, Gto.
H _z NPV	V	Gemstar	<i>Helicoverpa zea</i>	Thermo Trilog
<i>Metarhizium anisopliae</i>	H	Bio-Blast	Termitas y cucarachas	Eco Science
<i>M. anisopliae</i>	H	Meta-Sin	Plagas caseras	Agrobionsa, Culiacán, Sin
<i>M. anisopliae</i>	H	Fitosan-M	Gallina ciega, chapulines.	CESAVEG
<i>Myrothecium verrucaria</i>	H	DiTera ES	Nematodos de las cucurbitáceas	Abbott-DuPont ⁴
<i>P. fumosoroseus</i>	H	Pea-Sin	Plagas de invernadero	Agrobionsa
<i>P. fumosoroseus</i>	H	PFR-97	Plagas de invernadero	Thermo Trilog
<i>P. fumosoroseus</i>	H	<i>P. fumosoroseus</i>	Mosquita blanca, chicharritas,	CESAVEG
<i>Sterinemema</i> sp, <i>Heterorhabditis</i> sp	N	ACB ⁵ Nematodos	Plagas del suelo y barrenadores	Alternagro Texcoco, Mex.
SeNPV	V	Spodex	<i>Spodoptera exigua</i>	Thermo Trilog

¹ B = Bacteria, H = Hongo, V = Virus, N = Nemátodo⁹⁻¹¹

² Centro Nacional de Referencia de Control Biológico

³ Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Guanajuato

⁴ Producido por Abbott (Chicago, IL) y distribuido por DuPont (México, DF).

⁵ Agentes de Control Biológico-nematodos

Por otro lado están los entomófagos, es decir, insectos predadores o parasitoides de insectos plaga. En la Tabla III se enlistan los principales ejemplos de los organismos entomófagos disponibles en el mercado mexicano.

Además, en México se comercializan compuestos orgánicos e inorgánicos que no son tóxicos al ambiente (no se consideran dentro de los insecticidas químicos) y ayudan a controlar insectos plaga. Estos compuestos actúan ya sea porque inhiben el crecimiento (afectan el proceso de síntesis de quitina y la larva no puede elaborar la cutícula para pasar

a su estado adulto), son abrasivos y causan lesiones en la cutícula, o porque son deshidratantes y afectan la viabilidad de los huevecillos. Una lista de estos compuestos se observa en la Tabla IV.

Comercialización de bioinsecticidas

En lo que se refiere a comercialización de entomopatógenos (ver tabla II), el mayor mercado mundial lo ocupan productos elaborados a partir de bacterias (principalmente *Bacillus thuringiensis* (Bt), hongos (*Beauveria*, *Metarhizium* y *Paecilomyces*) y virus (princi-

Tabla III. Organismos entomófagos comercializados en México		
Organismo entomófago	Compañía productora	Sugerido para el control de
<i>Trichogramma</i>	AlternaAgro P.I.F.S.V.C.L. ¹	Gusano bellotero, gusano tabacalero, barrenador de la nuez, barrenador de la caña de azúcar, palomilla del manzano, etc.
<i>Chrysoperla</i>	AlternaAgro P.I.F.S.V.C.L.	Pulgones, trips, mosquita blanca, psílido del tomate, gusano falso medidor, gusano descarnador, gusano barrenador de la nuez, gusano bellotero y gusano tabacalero
<i>Spalangia</i> <i>Diaschaminorpha longicaudata</i> <i>Coccinella 7-punctata</i>	AlternaAgro CESAVEG CNRCB	Moscas (en establo) Mosca de la fruta Pulgones (al menos 35 especies diferentes)

¹ Patronato para la Investigación, Fomento y Sanidad Vegetal de la Comarca Lagunera, Torreón, Coahuila.

Tabla IV. Compuestos orgánicos e inorgánicos comercializados para control de insectos en México			
Nombre del producto	Compañía	Agente activo	Control de
Azatina	Thermo Trilogy	RCI ¹	Mosquita blanca, áfidos, trips, gusanos defoliadores, orugas y minadores de hoja
Dimilin 25 PH	Uniroyal Chemical México, DF	RCI	Larvas y ninfas de gusanos diversos, conchuela del frijol, picudo del algodón, mosquitas de los champiñones, ácaro de la negrilla de los cítricos, etc.
Triact	Thermo Trilogy	Deshidratante	Fungicida-Acaricida ²
Bio Crack	Berni Labs Aguascalientes, Ags.	Alomonas (extractos vegetales)	Mosquita blanca, minador de la hoja, picudos, chinches y trips
Bio-agro Controlador biológico	BioTecnología Agropecuaria Querétaro, Qro.	Humus de lombriz	Gallina ciega, palomilla blanca, palomilla dorso de diamante, etc.
Seed Right G	AEB-Agro-Ecología de Querétaro ³ Querétaro, Qro.	Dióxido de sílice, sílice amorfa y gel de sílice anhidro	Previene la proliferación de hongos y evita el daño causado por insectos del grano (ej., gorgojos, palomillas)

¹ Reductor del crecimiento de Insectos
² Aún no está registrado para su uso en México
³ Producido por AEB, distribuido por Agro-Ecología de Querétaro

palmente baculovirus).

Por otro lado, el empleo de organismos entomófagos se realiza en nuestro país de manera generalizada. El empleo de dichos organismos para el combate de plagas se inició hace 50 años en México, pero se ha venido incrementando de forma significativa a partir de 1990. Diversas instituciones de investigación públicas y privadas han aportado conocimientos para la producción y el empleo de dichos organismos. Para aplicar dichos conocimientos científicos en beneficio de los agricultores se im-

pulsó la creación de centros regionales de reproducción de organismos benéficos en todo nuestro país (Tabla V).⁶ Inicialmente dichos organismos eran dependientes del gobierno federal, pero a partir de 1990 fueron transferidos a organismos o asociaciones de productores agropecuarios. Muy probablemente este hecho haya influenciado en el auge que se ha observado en la producción y comercialización de entomófagos a partir de esa fecha.

Existe una variedad de factores que pueden afectar la factibilidad económica y por ende la acepta-

Tabla V. Instituciones y compañías privadas productoras y comercializadoras de organismos benéficos para el control de insectos en México reportadas en 1999			
Estado	Institución productora	Entomófagos	Entomopatógenos
Aguascalientes	CREROB ³ de Pabellón de Arteaga, Aguas.	Chc, Msp, Ssp, Tp	Bb, Ma, Pf
Baja California N.	CREROB de Mexicali, BCN. Quimical, S.A. de C. V. Ensenada, BCN.	Chc Aa, Chr, Cp, Di, Ef, Hc, Nv, Pp, Tp	
Baja California S.	CREROB de Cd. Constitución, BCS.	Chc, Tp	
Coahuila	CREROB de Torreón, Coah. Centro Reprodutor de OB Saltillo, Coah. Probiomex, S. C. Torreón, Coah. Seguridad Agropecuaria, S.C. de R.L. Arteaga, Coah	Chc, Te Chc, Te Ssp, Tsp Chc, Ssp, Tp	
Campeche	Laboratorio para Producción e Investigación de OB ⁴ (LAPIOB), Campeche, Camp.	Chr, Tsp	
Chiapas	CREROB de Tapachula, Chis. CRE de CANCUC, Chis. ⁵ Laboratorio de Producción de OB, CIICA, Chis. ⁶ Laboratorio de Producción de OB, Villa Corso Chis. LRHE ⁷ , Tapachula, Chis. LRHE Tiemelonla Nick k Lum S. se S.S., Palenque, Chis.	Chc, Tp Chc, Chr, Se, Tp Tr	Bb Hsp, Sf, Sg Bb Bb
Chihuahua	CREROB de Cd. Juárez, Chih. BIOTECNO S. A. de C. V., Chihuahua, Chih. Laboratorio de Producción de Insectos Benéficos, Cd. Delicias, Chih. Laboratorio de Producción de OB de la Unión Agrícola Regional de Fruticultores del Edo. de Chihuahua, A. C. , Cd. Cuauhtémoc, Chih.	Chc, Tm, Tp Chc, Chr, Mr, Mz, Sc, Sn, Tp Chsp, Tp Chr, Tp Tp	
Colima	Insumos y Servicios Agropecuarios de Occidente, S.A. de C.V. Villa de Álvarez, Col. Lab. de Control Biológico del Patronato para la Inv. y Exp. Agrícola del Edo. de Colima, Los Asmoles, Col.		Pf
Distrito Federal	Koppert de México, S. A. de C. V. México D. F.	Ac, Acu, Ad, Aa, Apc Aap, Cf, Cm, Cr, Chc, Ds, Si Ef, Ec, Ld, Oi, Pp,Pm	Sf
Durango	CREROB de Durango, Dgo.	Te	
Estado de México	Laboratorio Reprodutor de OB, Nocón, S. A. de C.V. Texcoco, Edo. de Méx.	Tsp	
Guanajuato	CREROB, CESAVEG, Irapuato, Gto.	Tp	Ma, Bb
Guerrero	CREROB de Chilpancingo, Gro. Laboratorio de Producción de Entomopatógenos del Consejo Estatal del Café. Atoyac de Álvarez, Gro.	Tp	Bb
Jalisco	CREROB de Zapotlanejo, Jal. BIOGRAL, S. A. de C. V. Zapopan, Jal. Insectos Benéficos de Occidente. Guadalajara, Jal. Laboratorio de Control Biológico de Tamazula, Jal. OB para la Agricultura, S.A. de C.V. Autlán, Jal.	Tp Tp Se Tp Tp	
Michoacán	CREROB de Apatzingán, Mich.	Tp	
Nayarit	CREROB de Nayarit	Tp	Bb, Pf
Nuevo León	Laboratorio de Reproducción de OB de Nuevo León	Chc, Ha, Ssp, Tpl, Tp	
Oaxaca	CREROB de Oaxaca LRHE del Ins. Tec. Agro. No. 33, Xocotlán, Oax.	Chc, Hh, Ssp, Tp	Bb Bb
San Luis Potosí	CREROB de Cd. Fernández, SLP.	Chc, Tp	
Sinaloa	CREROB de Culiacán, Sin. CREROB de Guasave, Sin. Agrobiológicos del Noroeste, S. A. de C. V., Culiacán, Sin. Agrobiosol de México, S. A. de C. V., Culiacán, Sin.	Chc Chc, Tp Aap, Ac, Chc, Chr Cm, Dp, Ef, Hc, Mz, Tp	Bb, Bt, Ma, Pf, Vsp Sc

Tabla V. (Continuación) Instituciones y compañías privadas productoras y comercializadoras de organismos benéficos para el control de insectos en México reportadas en 1999			
Estado	Institución productora	Entomófagos	Entomopatógenos
Sinaloa (continúa)	Biosol, S. A. de C. V., Culiacán, Sin. Insectos Benéficos de Sinaloa, S. A. de C. V., Guasave, Sin. Laboratorio de Producción de OB, Culiacán, Sin. Laboratorio Reprodutor de Fauna Benéfica, S. A. de C. V., Guasave, Sin. Laboratorio de Reproducción de Insectos Benéficos de Alimentos Del Fuerte, Los Mochis, Sin. Laboratorio de Reproducción de Insectos Benéficos de Campbell's Sinalopasta, Guasave, Sin. Laboratorios de Reproducción de Insectos Benéficos del Consorcio AGA, Div. Azúcar, Los Mochis, Sin.	Aap, Ab, Ac, Al, Chc, Chr, Cm, Di, Ef, Go, Mz, Nv, Tm Chc, Ta, Tp Chc, Tp Tp Tp Cf, Mp, Ta	Sf
Sonora	CREROB de Caborca, Son. CREROB de Cd. Obregón, Son. CREROB de Hermosillo, Son.	Chc, Tp Bk, Chc, Cg, Mr, Tp Chc, Mr, Tp	
Tamaulipas	CREROB de Cd. Victoria, Tamps. CREROB de Matamoros, Tamps. CREROB Ing. Antonio Toledo Elorga, Xicoténcatl, Tamps.	Tp, Se Chc, Tp Tp	
Tlaxcala	CREROB de Huamantla, Tlax. LHRE del Instituto Tecnológico Agropecuario No. 29, San Diego Xocoyocan, Tlax.		Bb, Ma Bb
Veracruz	CREROB de Xalapa, Ver. LRHE de BIOS-COBI Inc., Xalapa, Ver. LRHE del Ingenio Tres Valles, Ver. LRHE del Ins. Tec. Agro. No. 18, Úrsulo Galván, Ver. LRHE, Zentla, Ver. Unidad Reproductora de Hongos Entomopatógenos, Colegio de Postgraduados Campus Córdoba, Ver.		Ma, Mf, Pf Bb, Ma, Pf Bb, Ma Bb, Ma Bb Ma
Yucatán	CREROB de Mérida, Yuc.		Ma, Pf

¹ Claves de organismos entomófagos: *Amblyseius barkeri* Ab, *A. californicus* = Ac, *A. cucumeris* = Acu, *A. degenerans* = Ad, *Aphelinus abdominalis* = Aa, *Aphidius colemani* = Apc, *Aphidoletes aphidomyza* = Aap, *Aphytis linganensis* = Al, *Bracon kirkpatricki* = Bk, *Chrysoperla* sp = Chsp, *Ch. carnea* = Chc, *Ch. rufilabris* = Chr, *Cotesia flavipes* = Cf, *C. plutellae* = Cp, *Cryptolaemus mountrouzieri* = Cm, *Cryptopeltis modestus* = Cr, *Dacnusa sibirica* = Ds, *Delphastus pusillus* = Dp, *Diglyphis isaea* = Di, *Eretmocerus californicus* = Ec, *Encarsia formosa* = Ef, *Galendromus occidentalis* = Go, *Harbrobracon hebetor* = Hh, *Harmonia axyridis* = Ha, *Hippodamia convergens* = Hc, *Leptomastix dactylopii* = Ld, *Macrocentrus proflificus* = Mp, *Musudifurax* sp = Msp, *M. raptor* = Mr, *M. zaraptor* = Mz, *Nasonia vitripennis* = Nv, *Phytoseiulus persimilis* = Pp, *Podisus maculiventris* = Pm, *Spalangia* sp. = Ssp, *S. endius* = Se, *S. cameroni* = Sc, *S. nigroaenea* = Sn, *Trichogramma* sp. = Tsp, *T. atopovirilia* = Ta, *T. exiguum* = Te, *T. minutum* = Tm, *T. pintoi* = Tpi, *T. platneri* = Tpl, *T. pretiosum* = Tp, *Telenomus remus* = Tr.

² Claves de organismos entomopatógenos: *Bacillus thuringiensis* = Bt, *Beauveria bassiana* OBb, *Heterorhabditis* sp = Hsp, *Metharhizium anisopliae* = Ma, *M. flavoviride* = Mf, *Paecilomyces fumosoroseus*, = Pf, *Sterinernema* sp = Stsp, *S. feltiae* = Sf, S glaseri = Sg, *S. carposapsae* = Sc, *Verticillium* sp = Vsp.,

³ CREROB = Centro Regional de Estudios y Reproducción de Organismos Benéficos.

⁴ OB = Organismos benéficos.

⁵ Centro de Reproducción de Entomopatógenos.

⁶ Centro Internacional de Investigación y Capacitación Agrícola, Cantón del Carmen, Chiapas.

⁷ LHRE = Laboratorio de Reproducción de Hongos Entomopatógenos.

ción y empleo de los bioinsecticidas. Estos factores incluyen el tipo de plaga, el tamaño del mercado, el espectro de plagas que se pueden controlar con un producto y el impacto que el bioinsecticida pueda tener con los insectos benéficos.

Además, es importante considerar la variación de resultados que se pueden observar en campo y el grado de los avances tecnológicos del producto, incluyendo producción, formulación (si se requiere),

envasado y distribución del mismo, así como el tipo de aplicación en campo.⁷ Además, y debido a que los agricultores difícilmente adquieren nuevos equipos para la aplicación de productos para control biológico, los agentes microbianos se deben formular de forma que sea compatible con los equipos de aspersión o aplicación y con la metodología de aplicación de la mayoría de los productos agrícolas. Todos estos son los requisitos que, aunados a la

efectividad y aceptación de los mismos, por parte de los agricultores e industriales, determinarán el mercado futuro de dichos productos.⁸

Como ya se mencionó, el producto final deberá de competir en precio y efectividad con los productos químicos disponibles en el mercado. Por esto es muy importante que la producción se realice de manera eficiente y económica. La producción de bacterias y hongos entomopatógenos generalmente se lleva a cabo por fermentación líquida, semisólida o sólida,⁹ mientras que la de virus (baculovirus), protozoarios y organismos entomófagos pueden requerir de insectos o cultivos de células de insectos, lo cual conlleva a costos de producción más elevados.¹⁰

En la actualidad, la industria de bioinsecticidas representa una fracción muy pequeña del mercado mundial de pesticidas. Por poner un ejemplo, las ventas de pesticidas en 1995 fueron de 29 billones de dólares, mientras las de biopesticidas sólo de 380 millones de dólares. El mercado de biopesticidas representa sólo un 1.3% del mercado global, donde los bioinsecticidas representan un 7.5% del total. De manera contraria, se espera que en las próximas décadas el crecimiento de productos químicos será del 2%, en contra de un 10-15% de biopesticidas.²

Hablando específicamente de Bt, la posibilidad de su empleo para el control de una amplia variedad de plagas de campo o de interés en salud pública, ha permitido un incremento de este tipo de productos en el mercado. Se ha estimado que en 1999, el empleo de bioinsecticidas a base de Bt en México se incrementó en un 15-20%. Algunas referencias indican que de un mercado internacional estimado de 120-140 millones de dólares (mdd) en

productos a base de Bt, aproximadamente de 50-60 mdd se consumen en América, principalmente en Estados Unidos y Canadá. Así tenemos que, mientras Canadá y los Estados Unidos llegan a consumir el 50% de los bioinsecticidas comercializados, en México, Centro y Sudamérica sólo se consumen de un 8-10% del mercado en América.

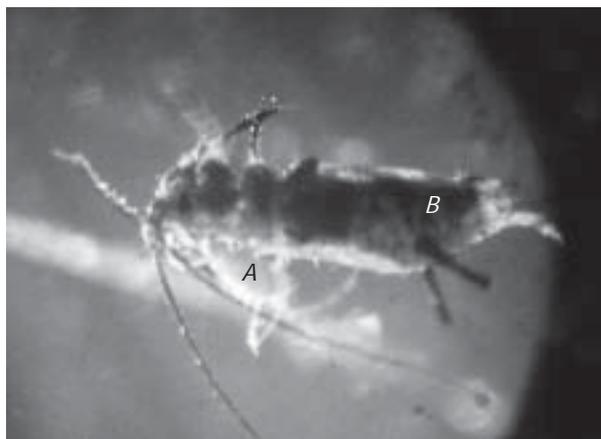
Las principales firmas que controlan el mercado mundial son Abbott, Sandoz y Thermo Trilog. Se tiene estimado que Abbott comercializa de un 30-40% del total de los biopesticidas, Sandoz un 20%, Thermo Trilog de 15-20%, y entre Ecogen y Mycogen un 10%.

Empleo de bioinsecticidas en México

Como ya se mencionó, en el mercado nacional el incremento de bioinsecticidas es lento pero continuo. Entre los entomopatógenos, Bt es el bioinsecticida de mayor aceptación y empleo, con una aplicación estimada de 100,000 ha. de maíz, 174,000 en algodón, y otras 200,000 ha. en hortalizas y otros cultivos. Para dar un ejemplo específico podemos considerar el cultivo de maíz. Se estima que en México se siembran alrededor de 10 millones de hectáreas al año, de las cuales, unos dos millones corresponden a cultivos de riego. Para cubrir un 5% de la superficie del maíz de riego, que se siembra en México, se requieren 100 toneladas del producto comercial. Sólo en la región del Bajío Guanajuatense se estima que se tendrá una aplicación de 37 toneladas de Bt para el año 2001. En base a esta información, muy probablemente el empleo de bioinsecticidas a base de Bt en México oscile entre un 4-10% del total de insecticidas.

Las principales compañías productoras de Bt que comercializan en México son transnacionales. El precio del producto es de US \$ 19/ha, por lo cual puede competir con los productos químicos del mercado.

Con respecto a hongos entomopatógenos, la producción de *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisoplae*, *Paecilomyces fumosoroseous* y *Verticillium lecanii* se viene realizando en los estados de Colima, Guanajuato, Oaxaca y Sinaloa, para el control de plagas en cultivos de hortalizas, gramíneas y leguminosas (Tabla II). La única empresa mexicana independiente que produce y comercializa bioinsecticidas es Agrobionsa (Culiacán, Sin.). Además de Bt, dicha empresa comercializa los hongos *B. bassiana*, *M. anisoplae* y *P. fumosoroseous* para su aplicación



Vista del entomófago *Erythraeidae* [A] parasitando a *Uroleucon* (*Aphidae*) [B].

Foto: Rebeca Peña.

en diferentes cultivos, control de plagas caseras y en invernaderos. Existe también la producción de hongos a nivel estatal en ciertas regiones agrícolas (Tabla III y IV).⁶ Un ejemplo lo constituye el producto BioFung (BbChc-LBIH-28), elaborado por el Centro de Reproducción de Organismos Benéficos del Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Guanajuato, A. C., y cuyo agente activo son esporas de *B. bassiana*. Ellos también están produciendo *M. anisoplae*. Así también, el Centro Nacional de Referencia de Control Biológico. CNRCB-DGSV (Tecomán, Col.) se encarga de producir diferentes tipos de hongos para investigación sobre el control de plagas de insectos en el país, además de entomófagos.

El empleo de baculovirus para control biológico es casi nulo en México, pero existen diferentes proyectos donde se estudia la factibilidad económica y las ventajas del empleo de dichos agentes para plagas que son difíciles de controlar con hongos o bacterias. Es muy probable que en el futuro se incremente paulatinamente el consumo de productos a base de estos microorganismos en países en desarrollo.¹⁰

Los nemátodos que se emplean como bioinsecticidas son *Heterorhabditis* y *Sterinernema* (Tabla V). Es importante aclarar que son bacterias simbióticas que coexisten con estos microorganismos las que infectan al insecto, no el nemátodo en sí. Además de éstos, el nemátodo *Romanomermis* spp se está produciendo a nivel de laboratorio en el CIIDIR Unidad Oaxaca, de manera similar a las mencionadas para el caso de hongos. La producción está dirigida al control de mosquitos de importancia en salud pública (*Anopheles* sp y *Culex* sp).

La producción de organismos entomófagos se realiza en toda la república (Tabla V), y los organismos que más se distribuyen son *Chrysoperla carnea* y *Trichogramma pretiosum*. Extractos vegetales de las plantas *Chrysanthemum* sp y *Tagetes* sp también se emplean en control biológico. Las ventas anuales de estos productos en México se han estimado en \$ 30,000.00 anuales, con un precio del producto a \$ 80.00/litro o Kg. Sin embargo, estos productos no han tenido el impacto y la aceptación en la agricultura tradicional que han tenido los organismos entomófagos.

Legislación

Existen tres organizaciones que establecen las normas requisitos, especificaciones y procedimientos,

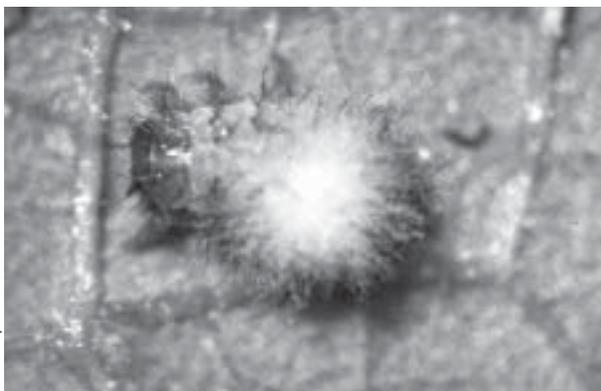
nacionales e internacionales, para la importación o distribución de organismos para el control biológico de plagas: la Organización para la Agricultura y la Alimentación (FAO), la Organización Norteamericana de Protección a las Plantas (NAPPO), la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural (SAGAR), y la Dirección General de Sanidad Vegetal (DGSV).⁶

La FAO tiene una norma de referencia que es conocida como Código de Conducta para la Importación y Liberación de Agentes de Control biológico (Anónimo, 1996, Publicación No. 3, Secretariat of the International Plant Protection Convention. Food and Agricultural Organization of the United Nations. Rome, Italy). Específicamente, el código trata de las agencias gubernamentales y privadas que se encargan de la importación de los organismos biológicos, pero aclaran que la empresa productora es la única responsable de asegurar la calidad del producto. Básicamente, el código se refiere a la importación de agentes con capacidad de autorreproducción, e incluye parasitoides, depredadores, parásitos, artrópodos fitófagos (para control de malezas) y entomopatógenos.

La NAPPO está constituida por los gobiernos de México, Estados Unidos y Canadá, y está suscrita a la FAO. Dentro de sus principales objetivos está el desarrollo de procedimientos para la protección y cuarentena vegetal en América del Norte, vista como entidad geográfica. Algunos de los lineamientos generados incluyen a los organismos de control biológicos mencionados por la FAO, en donde se encuentran contenidos los alcances, referencias, definiciones, perfil de la norma y requerimientos generales. Estos últimos incluyen la propuesta de acción, información sobre la plaga y el agente de control biológico, pruebas de especificidad y el impacto económico y ambiental (Guidelines for the Petition for Release of Non-Native Phytophagous Agents for the Biological Control of Weeds, 1998; and Guidelines for Petition for Import and Release of Non-Native Entomophagous Agents -Insects and Mites- for the Biological Control of Weeds, 1999; The Secretariat of the North American Plant Protection Organization, 59 Camelot Dr., Nepean, Ontario, Canada K1A 0Y9).

La SAGAR-DGSV es la instancia que promueve y elabora las Normas Mexicanas de Sanidad Vegetal, incluyendo control biológico. La NOM-070-FITO-1995, establece los requisitos para la importación o

Foto: Cipriano García.



Vista del hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* creciendo sobre un alrva de *Epilachna varivestis*.

movilización de agentes de control biológico de plagas y se aplica a entomófagos y entomopatógenos; y la NOM-072-1995 se refiere y aplica al control de malezas. No existe una norma que regularice a plantas resistentes, organismos transgénicos, organismos útiles en el control autocida, feromonas, aleloquímicos, extractos de origen vegetal, reguladores de crecimiento productos formulados o derivados tóxicos de microorganismos patógenos. De cualquier forma, para su empleo se solicita toda la información pertinente acerca del modo de acción, área de aplicación, insectos blanco, etc, según cada caso y producto. En los años 1999-2000, se realizaron propuestas para la introducción normas nuevas, más específicas y que cubrieran un mayor número de organismos o compuestos, pero en el Congreso Nacional de Control Biológico del 2000 (noviembre, Guanajuato, Gto.) se discutieron las dificultades de aplicarlo y, al parecer, se harán algunas modificaciones antes de que se regularicen (punto de vista personal, P. Tamez-Guerra).

Para solicitar cualquier información de estos organismos, las personas interesadas se pueden dirigir al Centro Nacional de Referencia de Control Biológico de Tecomán, Col. Tel. (332) 407-45, Fax (332) 427-73, o al correo electrónico cnrcb@volcan.ucol.mx.

Conclusiones

Los datos de producción y comercialización de bioinsecticidas en México es comparable al de países desarrollados. Esto refleja la comunicación entre los investigadores y agricultores en nuestro país. Es también importante hacer mención de la conciencia que

existe en el daño potencial del uso irracional de insecticidas químicos y ha ayudado al progreso de la biotecnología agrícola, misma que ha permitido el incremento en la producción de entomopatógenos y entomófagos en México.

Además, para continuar con el incremento en la comercialización y la aplicación de productos bioinsecticidas en áreas extensivas, es necesario realizar más investigación, tanto científica como de mercados, enfocada a mejorar la producción, calidad y distribución de los mismos, y así poder asegurar su efectividad después del almacenado y aplicación en el campo. Esta no es una tarea fácil ni exclusiva para nuestro país, sino el esfuerzo que se viene realizando a nivel mundial, por las ventajas que conlleva.

Así también, es posible que en el futuro las compañías nacionales ya existentes, e incluso empresas nuevas, serán capaces de aumentar la producción de bioinsecticidas, con lo cual se podrían reducir los costos e incrementar el consumo de estos productos en nuestro país. Cada vez existe mayor interés por el empleo de productos biológicos en lugar de químicos, contemplados como una alternativa dentro del manejo integrado de plagas (MIP) en diferentes cultivos y principalmente en sistemas de cultivos conocidos como "agricultura orgánica". Por estos motivos, nosotros creemos que el mercado de bioinsecticidas en México es incipiente, y que permitirá reducir el empleo de insecticidas químicos paulatinamente.

Resumen

Una de las ventajas de la biotecnología agrícola ha sido el impulso del empleo de bioinsecticidas, los cuales tienen como objetivo primordial proteger al ambiente y mejorar la calidad de los alimentos. La industria de los bioinsecticidas incluye agentes microbianos de control (bacterias, hongos, virus, protozoarios y nemátodos), organismos entomófagos (depredadores y parasitoides), compuestos orgánicos y organismos y plantas transgénicas. Se tiene estimado que en México el empleo de *Bacillus thuringiensis* para control de plagas en campo es de un 4% al 10% del total de insecticidas, y la producción y el empleo de diferentes hongos entomopatógenos y organismos entomófagos es cada vez mayor, principalmente en las regiones agrícolas. Además, se ha iniciado la producción de otro tipo de bacterias, baculovirus, nemátodos y extractos de

plantas, aunque con un mercado nacional muy pequeño. Para incrementar el consumo de bioinsecticidas en México se requiere de mayor investigación científica y de factibilidad económica, que se enfoquen a mejorar la producción y calidad de los mismos, con el fin de garantizar la efectividad del producto final.

Palabras claves: bioinsecticidas, control biológico, agricultura sustentable, entomopatógenos, entomófagos.

Abstract

Among the advantages of agricultural biotechnology one is the use of bioinsecticides. The major purpose of bioinsecticides are to protect the environment and to improve food quality. The bioinsecticide industry includes microbial control agents (bacteria, fungi, viruses, protozoa, and nematodes), entomophagous organisms (depredators and parasitoids), organic compounds, as well as transgenic organisms and plants. It has been estimated that the utilization of *Bacillus thuringiensis* as pests control in field in Mexico is from 4% to 10% of all the available insecticides, and that the production and use of several entomophagous and entomopathogenic fungi is increasing. Although the production of other types of bacteria, baculoviruses, nematodes, and plant extracts has recently been increased, they represent only a small share of the national market. In order to increase the consumption of bioinsecticides in Mexico, it is essential to promote scientific research and study financial feasibility focused on the improvement of the production of bioinsecticides and quality control technology. This will probably improve efficacy and sales of the final product.

Keywords: bioinsecticides, biological control, sustainable agriculture, entomopathogens, entomophagous organisms.

Referencias

1. Pueppke, S. G. 1999. Biotechnology and the land grant institution: Future roles and responsibilities. Proceedings In: Illinois Crop Technology Conference. University of Illinois. Urbana-Champaign, IL. USA. pp 1-2.
2. Baum, J. A., T. B. Jonson, and Bruce C Carlton. 1999. *Bacillus thuringiensis*: Natural and recombinant bioinsecticide products. In: Biopesticides: Use and Delivery. Ed. F. R. Hall and J. J. Menn. Humana Press. Totowa, NJ. pp 189-209.
3. Menn, J. J. and F. R. Hall. 1999. Biopesticides: present status and future prospects. In: Biopesticides: Use and Deliver. Ed. F. R. Hall and J. J. Menn. Humana Press. Totowa, NJ. pp 301-320.
4. Saik, J. E., L. A. Lacey and C. M. Lacey. 1990. Safety of microbial insecticides to vertebrates-domestic animals and wildlife. In: Safety of microbial insecticides. Ed. M. Laird, L. A. Lacey, and E. W. Davidson. CRC Press. Boca Raton, FL. pp 115-132.
5. Anderson, M. W. 1988. Biotechnology, alternative agriculture, and public research in Maine. University of Maine, Ag. Experiment Station, Vol. 1, No. 4.
6. Rodríguez del Bosque, L. A., y H. C. Arredondo Bernal. 1999. Quién es quién en control biológico en México. Directorio de especialistas, instituciones y laboratorios de organismos benéficos. INIFAP, SAGAR, CNSA, IICA. Folleto Técnico No. 23. División Agrícola. México.
7. Boyetchko, S., E. Pedersen, Z. Punja, and M. Reddy. 1999. Biopesticides: present status and future prospects. In: Biopesticides: Use and Delivery. Ed. F. R. Hall and J. J. Menn. Humana Press. Totowa, NJ. pp 487-507.
8. Miller, L. K., A. J. Lingg, and L. A. Bulla. 1983. Bacterial, viral, and fungal insecticides. Science. 219: 715-721.
9. Bryant, J. E. 1994. Commercial production and formulation of *Bacillus thuringiensis*. Agric. Ecosys. Environ. 49: 31-35.
10. Federici, B. A. 1999. Naturally occurring baculoviruses for insect pest control. In: Biopesticides, Use and Delivery. Ed. F. R. Hall, and J. J. Menn. Humana Press, Totowa NJ. USA. pp. 301-320.
11. Wright, S. P., and R. I. Carruthers 1999. Production, delivery, and use of mycoinsecticides for control of insect pests on field crops. In: Biopesticides: Use and Delivery. Ed. F. R. Hall and J. J. Menn. Humana Press. Totowa, NJ. pp 233-269.