

Visión general de la producción y aplicación de bioplaguicidas en México

Salvador García de León¹ y Teresa Mier²

Resumen. *En este trabajo se presenta una visión actual de los bioplaguicidas en México, esencialmente en aspectos referentes a su relevancia como una de las alternativas ecológicas al empleo de plaguicidas químicos, a las plantas productoras existentes y a los agentes de control biológico reproducidos e importados. Asimismo, a las aplicaciones en campo de amplia cobertura llevadas a cabo durante los años 2008-2009, a las ventajas y limitaciones para el desarrollo de los bioplaguicidas y a propuestas de líneas de acción para fortalecer su desenvolvimiento. El alcance de este artículo representa un esfuerzo de integración de la limitada información disponible sobre el sector de los bioplaguicidas, el cual es una actividad económica cuyo desarrollo debe ser una de las prioridades nacionales.*

Palabras clave: *Agentes de control biológico, agricultura sustentable, bioplaguicidas, plagas agrícolas, plaguicidas químicos.*

¹ Departamento de Producción Económica de la División de Ciencias Sociales y Humanidades de la UAM-Xochimilco, e-mail: sleon@correo.xoc.uam.mx.

² Departamento El Hombre y su Ambiente de la División de Ciencias Biológicas y de la Salud de la UAM-Xochimilco, e-mail: tmier@correo.xoc.uam.mx.

Abstract. *In this work we present a general and current view on biopesticides in Mexico, essentially focusing on aspects regarding their relevance as one of the ecological alternatives to the use of chemical pesticides, dealing with the existing production plants and analyzing the reproduced or imported biological control agents. Likewise, we assess their widely extended applications in the field performed in the years 2008-2009, taking into account the advantages and limitations for the development of biopesticides and the proposed lines of action to strengthen their development. The scope of this article represents an effort to integrate the limited information available on the biopesticides sector, which is an economic activity whose development should be one of the national priorities.*

Keywords: *biological control agents, sustainable agriculture, biopesticides, chemicals pesticides.*

Résumé. *Ce travail présente la vision actuelle sur les insecticides naturels au Mexique, il se centre principalement sur leur importance comme une des alternatives écologiques à l'utilisation d'insecticides chimiques, sur les plantes productrices existantes et sur les agents de contrôle biologique reproduits et importés. De même, il analyse les applications de grande couverture sur le terrain, menées durant la période 2008-2009, ainsi que les avantages et limites du développement des insecticides naturels et les propositions de lignes d'action pour renforcer leur application. Il s'agit d'un effort d'intégration de l'information limitée disponible sur le thème des insecticides biologiques, lesquels constitue une activité économique dont le développement devrait être une priorité nationale.*

Mots-Clés: *agents de contrôle biologique, agriculture durable, insecticides biologiques, fléau agricole, insecticides chimiques.*

INTRODUCCIÓN

En los últimos 50 años, el proceso de modernización de la agricultura se ha venido asociando a la adopción del modelo tecnológico impulsado por el movimiento agrícola denominado “Revolución Verde”, término acuñado en la década de los sesenta del siglo pasado para denominar el aumento espectacular de rendimiento de variedades híbridas “mejoradas” de maíz y trigo que se lograron en el noroeste de México en el marco del programa de ayuda agrícola en el extranjero de la Fundación Rockefeller de Estados Unidos. Este modelo de agricultura moderna, que continúa hasta nuestros días y que rompe con el anterior sistema de policultivos, sitúa la agricultura tradicional en un segundo plano, y tiene entre sus características relevantes la producción en gran escala y extensión de monocultivos; altos rendimientos correspondientes a una agricultura moderna y tecnificada; uso de semillas híbridas, muy productivas, pero vulnerables al ataque de patógenos; explotación de nuevas variedades de plantas, abundante consumo de agua en un gran número de cultivos; y empleo intensivo de fertilizantes y plaguicidas químicos que aparentemente han resultado ser muy eficientes.

Aunque este modelo de producción agrícola ha dado lugar a un sorprendente incremento de la productividad por unidad de superficie, ha generado repercusiones negativas como la erosión y pérdida de fertilidad del suelo, la disminución de microorganismos recicladores de nutrientes del suelo, la contaminación de aguas subterráneas debido a la lixiviación de plaguicidas hidrosolubles, óxidos nitrosos provenientes de la reducción de los nitratos de fertilizantes nitrogenados y sales provenientes principalmente de agua para riego, que contribuyen a la degradación progresiva de los ecosistemas. Además, daño en organismos no blanco, la extinción y pérdida de diversidad genética de especies animales y vegetales causadas por la eliminación de bosques y pastizales biológica y ecológicamente diversos al sustituirlos por monocultivos de una sola

variedad, riesgos para la salud derivados de nitratos, plaguicidas y otras sustancias transferidas al agua potable, los alimentos y la atmósfera, además de severas intoxicaciones en trabajadores agrícolas (Aldana-Madrid *et al.*, 2008; Ayala-Zermeño *et al.*, 1999; Calonge *et al.*, 2002; Mier *et al.*, 1999, 2004; Prado *et al.*, 1998, 2001).

Según la FAO y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (FAO-PNUMA, 2004), todos los años se registran entre 1 y 5 millones de casos de intoxicación por plaguicidas, con varios miles de muertes, entre ellos niños. Casi todos los casos de intoxicación se presentan en las zonas rurales de los países en desarrollo, donde la protección y el correcto manejo de estas sustancias suelen ser inadecuados o inexistentes. Aunque estos países utilizan sólo el 25% de la producción mundial de plaguicidas, es en ellos donde se da el 99% de las muertes por intoxicación con estas sustancias.

En la actualidad está emergiendo, con mayor vigor, un consenso a nivel mundial en cuanto a la necesidad de incorporar ampliamente modelos de desarrollo agrícola que permitan asegurar una producción estable, lograr la inocuidad alimentaria, combatir la pobreza y conservar y proteger el ambiente y los recursos naturales. Entre estos modelos destacan los sistemas agrícolas sustentables, los cuales tienen entre sus propósitos: la revalorización del conocimiento campesino, la diversificación de cultivos y la crianza de animales; preservación y uso eficiente del agua; una concepción integral de la fertilidad del suelo basada en el empleo efectivo de la materia orgánica; manejo de plagas y enfermedades únicamente, o preponderantemente, mediante el manejo agroecológico. Los fundamentos de los sistemas agrícolas sustentables tienen como referente principal el mantenimiento de la biodiversidad de los microorganismos y los invertebrados, entre ellos, la microflora y microfauna para asegurar el reciclaje y aprovechamiento de los recursos del suelo. Desde luego, las alternativas prácticas para la aplicación de los anteriores propósitos, en el proceso de producción agrícola, son diversas y no siempre de aplicación universal, ya que cada agroecosistema responde de diferente manera frente a las metas, aspiraciones,

cultura, conocimientos y acciones específicas del ser humano (Quimby *et al.*, 2002; Shiva, 2003).

Asimismo, han cobrado mayor impulso las soluciones basadas en plaguicidas bajo la imagen del Manejo Integrado de Plagas (MIP), pero con una óptica en la que sus fundamentos ecológicos originales pierden su relevancia y reducen su alcance a un sistema sustentado, básicamente, en la aplicación “racional” de compuestos químicos combinándolo con los métodos cultural y biológico, sin que se pretenda eliminar su uso. Es por ello que algunos críticos opinan que frecuentemente el MIP es más un “manejo integrado de plaguicidas” que de plagas (Bejarano-González, 2002).

Bajo la perspectiva de los modelos agrícolas sustentables y como parte del manejo agroecológico de plagas, el control biológico es una técnica que ocupa un papel preponderante en el combate de las mismas. El control biológico es una estrategia de control de plagas en la que se utilizan enemigos naturales, antagonistas o competidores vivos u otras entidades bióticas inocuas capaces de mantener la densidad de población de un organismo plaga a un nivel que no cause daños relevantes y mantenga la sustentabilidad de los agroecosistemas (Arredondo-Bernal y Sánchez-González, 2009; Rodríguez del Bosque, 2007; Swaminathan, 1991).

Este trabajo tiene como objetivo central presentar una visión de los bioplaguicidas en México, esencialmente en aspectos referentes a su relevancia como una de las alternativas ecológicas al empleo de plaguicidas químicos, a las plantas productoras existentes y agentes de control biológico reproducidos; a sus aplicaciones en la agricultura, a las ventajas y limitaciones para su crecimiento y a propuestas de líneas de acción para fortalecer su desenvolvimiento. El alcance de este objetivo representa, principalmente, un esfuerzo de integración de la limitada información disponible sobre el sector de los bioplaguicidas como es el caso de la carencia de datos estadísticos relativos a la producción y su consumo a nivel nacional en una actividad económica cuyo desarrollo debe ser una de las prioridades del país.

Plantas productoras de bioplaguicidas

El control biológico se basa en el empleo de bioplaguicidas o plaguicidas biológicos, de los cuales no hay una definición universal debido a que la mayoría de ellas está ligada a los atributos particulares requeridos para su registro en cada país. Por ejemplo, en el caso de Francia, Alemania y Países Bajos las definiciones de bioplaguicida se restringen a los basados en microorganismos; en Dinamarca a los microorganismos y macroorganismos; en Italia, además de los agentes anteriores, se incluyen los reguladores del crecimiento de insectos y los naturales como los extractos de plantas y semioquímicos como feromonas para la detección, monitoreo de poblaciones de insectos y para alteración del apareamiento. La Agencia de Protección Ambiental (EPA) de los EUA reconoce las siguientes categorías de bioplaguicidas: microorganismos, plantas transgénicas y semioquímicos (Evans, 2003). En este trabajo el concepto bioplaguicida se aplica para designar productos biológicos para el control de plagas agrícolas a base de insectos entomófagos, hongos (entomopatógenos y antagonistas), bacterias, nemátodos y virus entomopatógenos.

La producción comercial de bioplaguicidas en México es realizada en aproximadamente 68 plantas, en su mayoría pequeñas y medianas y de capital nacional. De los 37 agentes de control biológico reproducidos en las plantas, 14 hongos y 6 bacterias de diferentes especies son utilizados como ingredientes activos en la formulación de los bioplaguicidas, a los cuales se les adiciona un ingrediente inerte, una sustancia o coadyuvante que facilita su manejo, aplicación y efectividad. Entre los tipos de formulaciones se encuentran los siguientes: polvo soluble, polvo humectante, granulado dispersable e hidrosoluble y suspensión acuosa (equivalentes en gramos de ingrediente activo: I.A./Kg o I.A./L) (Couch, 2000; Wraight *et al.*, 2001). Quince de estos 37 agentes de control biológico son insectos (8 parasitoides, 3 depredadores y 4 fitófagos) que se comercializan en presentaciones que contienen huevecillos en cartulinas o a granel mezclados con alguna sustancia inerte o también como insectos adultos (machos y hembras, en partes

proporcionales). Por último, 2 nemátodos que comercialmente se presentan en millones de unidades infectivas (juveniles infectivos)(Cuadro 1).

Cuadro 1. Agentes de control biológico reproducidos por las plantas

INSECTOS PARASITOIDES	HONGOS
1. <i>Anagyrus Jamali</i>	18. <i>Acremonium zonatum</i>
2. <i>Lixophaga diatraeae</i>	19. <i>Alternaria eichnorniae</i>
3. <i>Muscidifurax raptor</i>	20. <i>Beauveria bassiana</i>
4. <i>Spalangia endius</i>	21. <i>Paecilomyces fumosoroseus</i>
5. <i>Tetrastichus howardi</i>	22. <i>Verticillium lecanii</i>
6. <i>Trichogramma exiguum</i>	23. <i>Metarhizium anisopliae</i> var. <i>acidum</i>
7. <i>Trichogramma pretiosum</i>	24. <i>Metarhizium anisopliae</i> var. <i>anisopliae</i>
8. <i>Trichogramma</i> sp.	25. <i>Paecilomyces lilacinus</i>
INSECTOS DEPREDADORES	26. <i>Paecilomyces</i> sp.
9. <i>Chrysoperla carnea</i>	27. <i>Rhodotorula minuta</i>
10. <i>Cryptolaemus montrouzieri</i>	28. <i>Trichoderma fasciculatum</i>
11. <i>Geocoris punctipes</i>	29. <i>Trichoderma harzianum</i>
INSECTOS FITÓFAGOS	30. <i>Trichoderma</i> spp.
12. <i>Cyrtobagous salvinae</i>	31. <i>Trichoderma viride</i>
13. <i>Neochetina bruchi</i>	BACTERIAS
14. <i>Neochetina eichhorniae</i>	32. <i>Bacillus amyloliquefaciens</i>
15. <i>Rhizaspidiotus donacis</i>	33. <i>Bacillus pumilus</i>
NEMÁTODOS	34. <i>Bacillus</i> sp.
16. <i>Heterorhabditis bacteriophora</i>	35. <i>Bacillus stearothermophilus</i>
17. <i>Steinernema carpocapsae</i>	36. <i>Bacillus subtilis</i>
	37. <i>Bacillus thuringiensis</i>

Fuente: Elaborado con base en información de la Subdirección de Control Biológico del Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria de la Dirección General de Inocuidad Agroalimentaria, Acuícola y Pesquera de la Sagarpa, e investigación directa.

Entre los hongos y bacterias empleados como ingredientes activos en la producción de bioplaguicidas se distinguen por su relevancia los hongos *Beauveria bassiana* que se utiliza en 26 plantas, *Metarhizium anisopliae* var. *anisopliae* en 23, *Bacillus subtilis* en 8, *Trichoderma harzianum* en 13, *Paecilomyces fumosoroseus* en 8 y la bacteria *Bacillus thuringiensis* en 7 plantas productoras. Asimismo, entre los insectos sobresale la reproducción de *Chrysoperla carnea* en 22 plantas, *Trichogramma pretiosum* en 24 y *Spalangia endius* en 5 laboratorios productores (Cuadro 2).

Cuadro 2. Plantas productoras de bioplaguicidas

Agraquest de México S.A. de C.V., Tlax. ^{33,36,37*}	Insectos Benéficos de Occidente C.B. de Plagas Agrícolas y Ganaderas, Jal. ³⁴
Agricultura Nacional S.A. de C.V., Pue. ²⁹	Insectos Benéficos de Sinaloa S.A. de C.V., Sin. ^{6,7}
Agro & Biotecnía S.A. de R.L.MI., Mor. ^{27,26}	Insumos y Servicios Agropecuarios de Occidente S.A. de C.V., Col. ^{3,4,6,7,9}
Agro Fisher S.P.R. de R.L., Mich. ^{24,30,36,37}	Islavel S.A. de C.V., Pue. ^{2,5,16,31}
Agro UX Biocontrol S. de R.L. de C.V., DF. ¹⁷	Laboratorio de Control Biológico de la Unión de Ejidos de San Fernando, Chis. ²⁰
Agrobiológicos del Noroeste S.A. de C.V., Sin. ^{20,21,22,24,25,29}	Laboratorio de Control Biológico del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Mor. ^{12,13,14,15,18,19}
Agrobiosol de México S.A. de C.V., Sin. ^{29,36,37}	Laboratorio de Facultad de Ciencias Agrotecnológicas de la Universidad Autónoma de Chihuahua, Chih. ^{20,24}
Agro-Grow de México S.A. de C.V., Qro. ³⁷	Laboratorio de Investigación y Reproducción de Insectos Benéficos de UNIFRUT, Chih. ^{7,9}
Agroindustria Fungi-Agrícola de Oriente S.P.R. de R.L., Tepeaca, Pue. ^{20,21,24,30,36}	Laboratorio de Producción de Entomopatógenos de CECAFE, Gro. ²⁰
Alta Tecnológica Agrotécnica S.P.R. de R.L. de C.V., Jal. ^{20,22,24,29}	Laboratorio de Producción Masiva de Agentes de Control Biológico, Chis. ²⁴
Beta Santa Mónica S.P.R. de R.I. de C.V., Coah. ^{7,9}	Laboratorios del CESAVE de Delicias, Chih. ^{7,9} ; Saltillo, Coah. ^{7,9} ; Irapuato, Gto. ^{7,9,20,23,24} ; Pachuca, Hgo. ²¹ ; Toluca, Méx. ^{20,24} ; Cuernavaca, Mor. ²⁰ ; Montemorelos, N.L. ^{7,9} ; Etlá, Oax. ^{7,9,20} y Mérida, Yuc. ^{20,23,24,26}
Bio-Bich Uruapan, Mich. ^{20,24,25,29}	
Biocombate, Coah. ⁸	
Bios Cobi Inc. Sistemas de Control Biológico Integrado, Ver. ^{7,20,21,24}	
Biotecnología Agroindustrial S.A. de C.V., Mich. ³⁴	
Biotecnología Andreb S.A. de C.V., Pue. ^{20,24}	
Biozentla, Ver. ^{20,21}	
Centro de Desarrollo y Producción Ita Teku Flor y Vida, S.C. de R.L., Oax. ²⁰	

<p>Centro de Reproducción de Agentes de Control Biológico de Alimentos del Fuerte, Sin.⁷</p> <p>Centro de Reproducción y Estudio de Organismos Benéficos del Ingenio Pujilic, Chis.^{7,24}</p> <p>Centro Reprodutor de Organismos Benéficos, Zac.^{20,24}</p> <p>Control Biológico A.C., Chih.^{20,24,29,36,37}</p> <p>CREROB de Cd. Constitución, B.C.S.^{7,9};</p> <p>Cd. Obregón, Son.^{4,7,9}; Guasave, Sin.^{7,9};</p> <p>Hermosillo, Son.^{4,7,9}; Huatabampo, Son.^{8,9};</p> <p>Matamoros, Tams.^{7,9}; Navojoa, Son.^{7,9};</p> <p>Torreón, Coah.^{6,7,9} y Zapotlanejo, Jal.^{7,9}</p> <p>Desarrollo Lácteo S.P.R. de R.L., Dgo.^{4,7,9,20,21,24,29}</p> <p>Gaia Asesoría Integral Ambiental, Mich.^{20,22,24,25,26,30}</p> <p>Greencorp Biorganiks de México S.A. de C.V., Coah.^{30,32,36}</p> <p>Insectario de Cambell's Sinalopasta S.A. de C.V., Sin.^{6,7,9}</p>	<p>Laboratorio Nafex, Edo. de Méx.^{28,29}</p> <p>Laboratorio Regional de Reproducción de Agentes de Control Biológico, Nay.¹</p> <p>Laboratorio Reprodutor de Fauna Benéfica S.A. de C.V., Sin.^{7,9}</p> <p>Laboratorios y Servicios Agrobiológicos S.A. de C.V., Sin.^{20,21,24,29,35,37}</p> <p>Leticia de Paz Hernández, Edo. Méx.^{28,29,31}</p> <p>Naturalmente Puresa S.A. de C.V., Dgo.²⁹</p> <p>Nocon S.A. de C.V., Edo. Méx.^{29,31}</p> <p>Organismos Benéficos de Nayarit, Nay.^{9,10,20,24,29}</p> <p>Organismos Benéficos para la Agricultura S.A. de C.V., Jal.^{7,9,10,11}</p> <p>Sinquímica S.A. de C.V., Sin.^{20,24,25,36}</p> <p>Tielonla Nick K Lum S. de S.S., Chis.^{20,24}</p> <p>Ultraquimia Agrícola S.A. de C.V., DF.^{20,21,22,23,24,25,30,36,37}</p> <p>Unidad Reprodutora de Entomopatógenos del Colegio de Postgraduados Campus Córdoba, Ver.^{20,24}</p>
---	---

* Los superíndices corresponden a los agentes de control biológico reproducidos (ver Cuadro 1).

Fuente: Elaborado con base en información de la Subdirección de Control Biológico del Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria y de la Dirección General de Inocuidad Agroalimentaria, Acuícola y Pesquera de la Sagarpa, e investigación directa.

A manera de ejemplo entre los nombres comerciales de bioplaguicidas se encuentran Ballad PLUS y Sonata ASO formulados a base de la bacteria entomopatógena *Bacillus pumilus*; Bacillus 1537 de *Bacillus stearothermophilus*; Basub, Impression WP, Serenade ASO, Serenade MAX, Serenade WPO, Serenade Garden y Rhapsody de *B. subtilis* y Bathur, Labsa BT y Thuringiensis técnico 90% de *B. thuringiensis*. Los producidos a base de hongos entomopagógenos como Bauba, Bea-Sin y Labsa BEA de *B. bassiana*; Metar, Meta-Labsa y Meta-Sin de *M. anisopliae*; Labsa PF, Nemaagro y Pae-Sin de *P. fumosoroseus*; Spectrum Pae L de *Paecilomyces lilacinus*; Spectrum Verti L y Verti-Sin de *Verticillium lecanii*; Agroderma, Pro-Selective y

Trichor del hongo antagonista de fitopatógenos fúngicos *Trichoderma harzianum* y Ninja SC del nemátodo entomopatógeno *Steirnermema carpocapsae*.

Geográficamente, las plantas productoras se localizan en 25 entidades del país, de las cuales el 45.5% se ubica en estados del norte, 36.7% en la Región Centro, 5.8% en la Región Golfo y 11.7% en la Región Pacífico Sur. (Cuadro 3).

Cuadro 3. Distribución regional de las plantas productora de bioplaguicidas

Región	Núm. de plantas
Pacífico Norte	17
Norte	14
Centro	25
Golfo	4
Pacífico Sur	8

Pacífico Norte: Baja California Sur, Nayarit, Sinaloa, Sonora.

Norte: Chihuahua, Coahuila, Durango, Nuevo León, Tamaulipas, Zacatecas.

Centro: Distrito Federal, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, Edo. de México, Michoacán, Morelos, Puebla, Querétaro, Tlaxcala.

Golfo: Veracruz, Yucatán.

Pacífico Sur: Chiapas, Colima, Guerrero, Oaxaca.

Fuente: Elaborado con base en información del Cuadro 2.

Cabe señalar que la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (Sagarpa) cuenta, en el estado de Chiapas, con una planta de gran capacidad (Moscafrut) de reproducción masiva de dos especies de moscas de la fruta, *Anastrepha ludens* y *A. obliqua* (machos estériles) y del parasitoide *Diachasmimorpha longicaudata*, para ser utilizados en sus campañas fitosanitarias de combate a la mosca del mediterráneo, considerada una de las plagas de mayor importancia económica a nivel mundial.

Bioplaguicidas importados

Con base en información de la Dirección General de Inocuidad Agroalimentaria, Acuícola y Pesquera de la Sagarpa, e investigación directa, se tiene que actualmente ocho empresas importan bioplaguicidas a base de diversos agentes de control biológico (Cuadro 4). Algunos de estos productos se comercializan con nombres como Javelin, Able 50 WDG, Delta BT, Dipel DF/Biobit y NewBT-2X WP, formulados a base de la bacteria entomopatógena *B. thuringiensis*; Naturalis L del hongo entomopatógeno *B. bassiana*; Biostat del hongo entomopatógeno y nematocida *P. lilacinus*; Ditera DF del hongo nematocida *Myrothecium verrucaria*; Mycobac del hongo antagonista de fitoparásitos fúngicos *Trichoderma lignorum*; Contans WG del hongo mycoparásito *Coniothyrium minitans* y Granupón del virus de la granulosis de *Cydia Pomonella*.

Cuadro 4. Empresas importadoras de bioplaguicidas

Empresa	Ingrediente activo del producto importado
Advan de México S.A.	<i>Bacillus thuringiensis</i>
Agricultura Nacional de Jalisco S.A. de C.V.	<i>Bacillus thuringiensis</i>
Agro Alpina S.A. de C.V.	Virus de la granulosis de <i>Cydia pomonella</i>
Buckman Laboratorios S.A. de C.V.	<i>Trichoderma lignorum</i> y <i>Paecilomyces lilacinus</i>
Dinámica Agrícola y Ambiental S.A. de C.V.	<i>Coniothyrium minitans</i>
Distribuciones Imex S.A. de C.V.	<i>Bacillus thuringiensis</i>
El Vergel de Occidente S.A. de C.V.	<i>Beauveria bassiana</i>
Valent de México S.A. de C.V.	<i>Bacillus thuringiensis</i> y <i>Myrothecium verrucaria</i>

Fuente: Elaborado con base en información de la Dirección General de Inocuidad Agroalimentaria, Acuícola y Pesquera de la Sagarpa, e investigación directa.

Aplicación de bioplaguicidas

Entre los usos relevantes de bioplaguicidas se encuentran los aplicados en la agricultura orgánica, en la cual no se permite el uso de plaguicidas químicos (FAO, 2009; Zamorano-Ulloa y Ríos-Suárez, 2005) y en la que, por su continua evolución, la convierte en un sector con alto potencial de demanda. Al respecto, en los últimos 15 años la superficie cultivada de productos orgánicos como café, hortalizas, frijol, ajonjolí, manzana, papaya, aguacate, mango, piña, plátano, naranja, maíz, nopal y plantas medicinales, entre otros, que en cerca del 90% se destinan al comercio exterior, aumentó de 25 mil a cerca de 400 mil hectáreas (Sagarpa, 2009).

Asimismo, las aplicaciones de bioplaguicidas de mayor alcance en el país, por su magnitud y cobertura, son las realizadas en las campañas fitosanitarias que sistemáticamente llevan a cabo de manera conjunta el Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (Senasica) de la Sagarpa, los gobiernos de los estados y los Organismos Auxiliares de Sanidad Vegetal que de manera tripartita aportan recursos para su implementación.

Entre tales campañas fitosanitarias se encuentran las de "Importancia Económica" denominadas así por Senasica, las cuales dan seguimiento anual a las plagas agrícolas mediante métodos de control y acciones específicas dirigidas a plagas que atacan cultivos agrícolas extensivos de determinadas regiones y que, además de afectar la producción, disminuyen la calidad de los productos y limitan su comercialización nacional e internacional.

En las Campañas Fitosanitarias de Importancia Económica realizadas durante los años 2008 y 2009 el número total de hectáreas tratadas con bioplaguicidas fue de 557,624. De ellas, 327,347 ha correspondieron al 2008 y 230,277 ha al 2009. Del total de hectáreas tratadas en estos dos años, 31.7% se aplicó en estados del norte del país, 51.3% en entidades de la Región Centro, 5.6% en entidades de la Región Golfo y el restante 11.3% en estados de la Región Pacífico Sur (Cuadro 5).

Cuadro 5. Distribución regional de las hectáreas tratadas con bioplaguicidas en las campañas fitosanitarias 2008-2009

Región	Hectáreas tratadas
Pacífico Norte	132,927
Norte	44,131
Centro	286,006
Golfo	31,352
Pacífico Sur	63,208

Pacífico Norte: Baja California, Nayarit, Sinaloa, Sonora; **Norte:** Chihuahua, Coahuila, Durango, Nuevo León, San Luis Potosí, Zacatecas; **Centro:** Distrito Federal, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, Edo. de México, Michoacán, Puebla, Querétaro, Tlaxcala; **Golfo:** Campeche, Tabasco, Quintana Roo, Veracruz, Yucatán; **Pacífico Sur:** Chiapas, Colima, Guerrero, Oaxaca.

Fuente: Elaborado con base en información de la Dirección General de Sanidad Vegetal de la Sagarpa.

Cabe señalar que tales tratamientos se realizaron como parte del MIP. En estas campañas se utilizaron 18 agentes de control biológico: 9 especies de insectos entomófagos (4 parasitoides y 5 depredadores); 6 bioplaguicidas formulados con hongos (5 entomopatógenos y una especie antagonista de hongos fitopatógenos del suelo); 2 con bacterias entomopatógenas y un bioplaguicida a base de una especie de nemátodo entomopatógeno. Entre las plagas que fueron reguladas por estos organismos benéficos destacan los ácaros, gusanos barrenadores, cogollero y elotero; langosta voladora, chapulín, trips, cochinilla rosada del hibiscus, conchuela del frijol, broca del café, mosquita blanca, moscas de la fruta, mosca negra, salivazo de los pastos, picudo barrenador, piojo harinoso, pudriciones de hongos fitopatógenos y plagas rizófagas como gallina ciega.

Los bioplaguicidas empleados se aplicaron a leguminosas como frijol, garbanzo y soya; gramíneas como caña de azúcar, cebada, maíz y sorgo; hortalizas y verduras como berenjena, calabaza, chile, jitomate, papa y tomate; frutales como aguacate, cítricos, durazno, guanábana, mango, manzana, papaya, piña, plátano y vid; ornamentales como clavel y tulipán, y a cultivos considerados como estratégicos por su importancia económica como café, agave, algodón, nogal, nopal, amaranto, entre otros (Cuadro 6).

Cuadro 6. Agentes de Control Biológico aplicados en Campañas Fitosanitarias de Importancia Económica en los años 2008-2009

Agente y plaga a la que se aplicó	Cultivo tratado	Agente y plaga a la que se aplicó	Cultivo tratado
<p>Anagyrus kamali (P) aplicado a:</p> <p>Cochinilla rosada del hibiscus (<i>Maconellicoccus hirsutus</i>)</p>	<p>Coco, frutales (cítricos, mango, guanábana, plátano), hortalizas, jamaica, ornamentales (tulipán, clavel)</p>	<p>Beauveria bassiana (H) aplicado a:</p> <p>Broca del café (<i>Hypothenemus hampei</i>), chapulín (<i>Sphenarium purpurascens</i>), chinche café, conchuela del frijol (<i>Epilachna varivestis</i>), gusanos: barrenador de ramas (<i>Copturus aguacatae</i>), barrenador grande del hueso (<i>Heilipus lauri</i>), barrenador pequeño del hueso (<i>Conotrachelus</i> sp.); mosquita blanca (<i>Trialeurodes vaporariorum</i>, <i>Bemisia tabaci</i>, <i>B. argentifolii</i>), paratrioza (<i>Bactericera cockerelli</i>), picudo barrenador (<i>Cactophagus spinolae</i>, <i>Metamasius spinoale</i>), pulgones (<i>Aphis</i> sp.), trips (<i>Frankliniella occidentalis</i>), trips oriental (<i>Thrips palmi</i>)</p>	<p>Agave, aguacate, café, frijol, frutales (sandía, melón), gramíneas (maíz, sorgo, cebada), hortalizas (chile, cucurbitáceas, jitomate, tomate), nopal, ornamentales, papa</p>

<p><i>Diachasmimorpha longicaudata</i> (P) aplicado a:</p> <p>Mosca de la fruta (<i>Anastrepha</i> spp.)</p>	<p>Mango</p>	<p><i>Metarhizium anisopliae</i> var. <i>acidum</i> (H) aplicado a:</p> <p>Chapulín (<i>Sphenarium purpurascens</i> y <i>S. purpurascens</i>), langosta (<i>Schistocerca piceifrons</i>), <i>Leptophobia aripa elodia</i>, plagas rizófagas (<i>Phyllophaga</i> sp., <i>Anomala</i> sp., <i>Cyclocephala</i> sp.)</p>	<p>Agave gramíneas (caña de azúcar, maíz, sorgo), leguminosas</p>
<p><i>Trichogramma pretiosum</i> (P) aplicado a:</p> <p>Barrenador de la caña de azúcar (<i>Diatraea magnifactella</i>), gusano elotero (<i>Helicoverpa zea</i>), paratrioza (<i>Bactericera cockerelli</i>), pulgones (<i>Aphis</i> sp.), trips (<i>Frankliniella occidentalis</i>)</p>	<p>Caña de azúcar, frutales, hortalizas, maíz, papa</p>	<p><i>Metarhizium anisopliae</i> var. <i>anisopliae</i> (H) aplicado a:</p> <p>Chapulín (<i>Sphenarium purpurascens</i>), gusanos barrenadores: de ramas (<i>Copturus aguacatae</i>), grande del hueso (<i>Heilipus lauri</i>), pequeño del hueso (<i>Conotrachelus</i> sp.), gusano soldado (<i>Mythimna unipuncta</i>), langosta (<i>Schistocerca piceifrons</i>), mosca negra (<i>Bradysia</i> sp.), mosca pinta (<i>Aeneolamia postica</i>, <i>Prosapia simulans</i>), mosquita blanca (<i>Trialeurodes vaporariorum</i>, <i>Bemisia tabaci</i>, <i>B. argentifolii</i>), picudo barrenador (<i>Cactophagus spinolae</i>, <i>Metamasius spinole</i>), trips (<i>Frankliniella occidentalis</i>), trips oriental (<i>Thrips palmi</i>)</p>	<p>Aguacate, berenjena, frutales (jicama, melón, papaya, piña, sandía), gramíneas (caña de azúcar, maíz, sorgo), leguminosas (frijol, garbanzo, soya), nopal</p>

<p><i>Trichogramma</i> sp. (P) aplicado a:</p> <p>Gusanos barrenadores: de la nuez (<i>Acrobasis nuxvorella</i>), del tallo (<i>Diatraea saccharalis</i>), del ruezno (<i>Cydia caryana</i>), cogollero (<i>Spodoptera frugiperda</i>), del fruto (<i>Heliothis zea</i>), gusano soldado (<i>Mythimna unipuncta</i>, <i>Pseudaletia unipuncta</i>, <i>Spodoptera exigua</i>), gusano trazador (<i>Euxoa obeliscoides</i>), palomillas de la manzana y oriental (<i>Cydia pomonella</i> y <i>Grapholita molesta</i>)</p>	<p>Caña de azúcar, frijol, frutales (durazno, manzana), gramíneas (cebada, maíz), hortalizas (chile, jitomate), nogal, nopal</p>	<p><i>Paecilomyces fumosoroseus</i> (H) aplicado a:</p> <p>Escama blanca del mango (<i>Aulacaspis tubercularis</i>), mosquita blanca (<i>Trialeurodes vaporariorum</i>, <i>Bemisia tabaci</i>, <i>B. argentifolii</i>), pulgón café (<i>Toxoptera citricida</i>)</p>	<p>Cítricos</p>
<p><i>Chilocorus</i> sp. (D) aplicado a:</p> <p>Escama armada (<i>Acutaspis agavis</i>)</p>	<p>Agave</p>	<p><i>Paecilomyces</i> sp. (H) aplicado a:</p> <p>Mosquita blanca (<i>Trialeurodes vaporariorum</i>), paratrioza (<i>Bactericera cockerelli</i>), pulgones (<i>Aphis</i> sp.), trips</p>	<p>Hortalizas</p>

<p><i>Chrysoperla carenea</i> (D) aplicado a:</p> <p>Ácaros, chicharrita cantora del espárrago (<i>Diceroprocta semicincta</i>), mosca de la fruta (<i>Anastrepha</i> sp.), mosquita blanca (<i>Trialeurodes vaporariorum</i>, <i>Bemisia tabaci</i>, <i>B. argentifolii</i>), palomillas dorso de diamante (<i>Plutella xylostella</i>, <i>Trichoplusia ni</i>) y oriental (<i>Grapholita molesta</i>), paratrioza (<i>Bactericera cockerelli</i>), piojo harinoso de la vid (<i>Planococcus ficus</i>), pulgones (<i>Aphis</i> sp.), trips (<i>Frankliniella occidentalis</i>), trips del nopal (<i>Neohydatothrips opuntiae</i>)</p>	<p>Algodón, calabaza, frijol, frutales (durazno, guayaba, manzano, melón, naranja, sandía), gramíneas (maíz, sorgo), hortalizas (chile, jitomate, tomate), nogal, nopal, papa, vid</p>	<p><i>Trichoderma harzianum</i> (HA) aplicado a:</p> <p>Mancha negra (<i>Pseudocercospora opuntiae</i>), pudriciones por hongos fitopatógenos (<i>Pythium</i> sp., <i>Fusarium</i> sp., <i>Rhizoctonia</i> sp.), tizón tardío (<i>Phytophthora infestans</i>)</p>	<p>Amaranto, hortalizas, nopal</p>
--	--	--	------------------------------------

<p><i>Chrysoperla</i> sp. (D) aplicado a:</p> <p>Ácaros, gusanos: barrenador de la nuez (<i>Acrobasis nuxvorella</i>), barrenador del ruezno (<i>Cydia caryana</i>), palomilla de la manzana (<i>Cydia pomonella</i>), paratrioza (<i>Bactericera cockerelli</i>), pulgones (<i>Aphids</i> sp.), trips (<i>Frankliniella occidentalis</i>)</p>	<p>Frutales y hortalizas</p>	<p><i>Bacillus subtilis</i> (B) aplicado a:</p> <p>Barrenadores de la planta: tortuguillas, catarinas, chinches, pulga saltona, chapulín de la milpa (<i>Sphenarium purpurascens</i>)</p>	<p>Amaranto</p>
<p><i>Cryptoloemus montrouzieri</i> (D) aplicado a:</p> <p>Cochinilla rosada del hibiscus (<i>Maconellicoccus hirsutus</i>)</p>	<p>Café, coco, frijol, frutales (cítricos, mango, plátano), gramíneas (maíz, sorgo), hortalizas, ornamentales (tulipán, clavel)</p>	<p><i>Bacillus thuringiensis</i> (B) aplicado a:</p> <p>Blanquita de la col (<i>Pieris rapae</i>), gusanos barrenadores de la planta, catarinas, chinches, chapulín de la milpa (<i>Sphenarium purpurascens</i>), palomilla dorso de diamante (<i>Plutella xylostella</i>, <i>Trichoplusia ni</i>), pulga saltona, tortuguillas</p>	<p>Amaranto y hortalizas</p>
<p><i>Cybocephalus nipponicus</i> (D) aplicado a:</p> <p>Escama blanca del mango (<i>Aulacaspis tubercularis</i>)</p>	<p>Mango</p>	<p><i>Steinernema feltiae</i> (N) aplicado a:</p> <p>Mosca negra (<i>Bradysia</i> sp.), mosquita blanca (<i>Trialeurodes vaporariorum</i>)</p>	<p>Ornamentales</p>

P = insecto parasitoide; D = insecto depredador; H = hongo entomopatógeno; HA = hongo antagonista de fitopatógenos fúngicos; B = bacteria entomopatógena; N = nemátodo entomopatógeno.

Fuente: Elaborado con base en información de la Dirección General de Sanidad Vegetal de la Sagarpa.

Ventajas de los bioplaguicidas

Entre las ventajas del empleo de bioplaguicidas en el control de plagas agrícolas se encuentran las siguientes:

- Son de origen natural con baja o ninguna toxicidad intrínseca y el que no afecten la biodiversidad por carecer de los efectos biocidas de los plaguicidas químicos (Bejarano-González, 2002; Waage, 1991). Su selectividad, a veces sólo hacia una plaga, también los hace inocuos o seguros para el hombre y organismos no blanco de la fauna silvestre y doméstica. Además, no son contaminantes del ambiente, ya que no se acumulan en los niveles más elevados de las cadenas alimenticias que conforman las redes tróficas de productores y consumidores, ni en los microorganismos del subsistema de descomposición, como ocurre con los plaguicidas sintéticos. Asimismo, no dejan residuos recalcitrantes en el suelo y agua como sucede con los plaguicidas químicos que pueden ser degradados a compuestos aún más tóxicos que los originales, como sucede con el malatión que se transforma en una sustancia 40 veces más tóxica: el malaoxón. Igualmente, el bajo perfil toxicológico de los bioplaguicidas incide positivamente en la seguridad alimentaria y a la vez facilita su manipulación y aplicación en jardines y zonas urbanas.
- A diferencia de los compuestos sintéticos, la aplicación de bioplaguicidas no elimina completamente las poblaciones plaga ya que actúan como reguladores de las dinámicas poblacionales, evitando que éstas rebasen el umbral de daño económico. Este modo de acción asegura la regulación de las plagas, no sólo a corto plazo sino a mediano y largo plazo debido a que los ingredientes y agentes activos de los bioplaguicidas son capaces de persistir en los agroecosistemas.
- Otra de las ventajas de los bioplaguicidas es la sustentabilidad de su reproducción a largo plazo ya que se basan en recursos naturales

renovables (macro y micro-organismos), mientras que la producción de los productos químicos dependen de fuentes de energía derivadas de recursos no-renovables.

- Los bioplaguicidas no provocan la aparición de resistencia en los insectos (Harvell, 2004; Mesquita y Lacey, 2001; St. Leger *et al.*, 1997) a diferencia de los insecticidas químicos que inducen plagas insectiles resistentes, capaces de sobrevivir a dosis del insecticida que anteriormente les causaban la muerte.
- Los bioplaguicidas, en contraste con los plaguicidas químicos, no inducen la resurgencia de plagas ni la aparición de nuevas o secundarias como resulta con la aplicación de insecticidas de amplio espectro que eliminan también los insectos benéficos que controlan de forma natural, tanto a las plagas como a poblaciones de plagas potenciales, mismas que sin sus reguladores naturales llegan a causar daños aún mayores que las plagas primarias.
- Los costos de su desarrollo son comparativamente menores con respecto a los plaguicidas sintéticos debido, en parte, al gran número y complejidad de las pruebas requeridas para asegurar la eficacia y seguridad de estos últimos bajo condiciones de campo.

No obstante, las ventajas que representa el uso de bioplaguicidas existe una serie de factores que limitan su crecimiento, tales como la insuficiente articulación de los esfuerzos de investigación con el sector productor y consumidor de bioplaguicidas, la poca expansión de la industria, la baja disponibilidad de canales de comercialización, el desconocimiento de los productores agrícolas sobre la forma en que actúan y los métodos para su aplicación, la carencia de suficientes recursos humanos calificados, los moderados apoyos gubernamentales y la ausencia de una política de Estado para la reducción y/o eliminación de agroquímicos. Lo anterior en un contexto nacional caracterizado por la fortaleza económica, política, productiva, comercial y de penetración en las labores agrícolas de las empresas fabricantes de plaguicidas sintéticos, particularmente

de las grandes empresas trasnacionales. Ello reflejado en aspectos como el crecimiento en México de sus volúmenes de producción, que de 45 mil toneladas en 1995 aumentaron a 64 mil toneladas de plaguicidas en el 2007. De estas últimas, el 25% correspondió a insecticidas agrícolas, 31% a funguicidas y el restante 44% a herbicidas y defoliantes (Semarnat, 2009). Asimismo, el que en la actualidad la mayoría de los agricultores del país emplean una o más de estas clases de compuestos, generalmente sin ningún tipo de restricciones, con poca asesoría técnica e insuficiente o nula protección para su manejo y aplicación. Además, en que los avances en la implementación de mecanismos legales para su uso y manejo se derivan, principalmente, de presiones de organismos internacionales o restricciones impuestas por los países a los que exportamos los productos agrícolas, y no del reconocimiento local de la necesidad de proteger a los trabajadores, la inocuidad alimentaria y el medio ambiente. Tal es el caso de los productos que son rechazados por los países a los que exportamos por contener residuos de plaguicidas que rebasan los máximos permisibles o están prohibidos en esas naciones. Por otra parte, los datos con los que se cuenta en el país sobre la magnitud de los daños causados por tales agroquímicos son parciales e incompletos, ya sea porque evaluar riesgos de tal índole no es conveniente para la imagen de nuestros gobernantes o debido a que pueden afectar los intereses económicos de la industria y agroindustria (Albert, 2005).

CONSIDERACIONES FINALES

Frente a los riesgos para la salud y el medio ambiente que ocasiona el uso de agroquímicos, es necesario que el gobierno de México impulse de forma amplia y programada alternativas viables dirigidas a reducir y/o eliminar una dependencia de tales compuestos que nos sitúan actualmente en una posición relevante como consumidores a nivel mundial. Entre estas alternativas se encuentra el fomento a la producción y

aplicación de bioplaguicidas en el marco de un Programa de Desarrollo Agrícola Sustentable y como parte de las actividades concernientes al control agroecológico de plagas. Para ello, se considera necesario el instrumentar una política de carácter integral de corto, mediano y largo plazos, basada en un amplio diagnóstico y en la que se contemplen líneas de acción como las siguientes:

Investigación y desarrollo tecnológico. Es prioritaria la realización de estudios de bioseguridad para la evaluación cuidadosa de los insectos parasitoides o depredadores usados como agentes de control biológico que prevengan la liberación de organismos no nativos que puedan ocasionar efectos indeseados y dañar el ambiente (Evans, 2003). Además, por estudios a largo plazo de los entomopatógenos con modelos animales en organismos blanco y no blanco a fin de poder evaluar posibles riesgos en la salud animal y humana que pudieran surgir en el futuro como resultado de la variabilidad interespecífica (Goettel *et al.*, 2001; Mier *et al.*, 2005; Strasser *et al.*, 2000; Toriello y Mier, 2007; Toriello *et al.*, 2009); estudios de caracterización geno/fenotípica para la selección y mantenimiento de cepas, de preferencia autóctonas; consolidación de las colecciones de cultivos de referencia de microorganismos con valor potencial para el desarrollo de bioplaguicidas; implementación de procesos biotecnológicos para su producción con estándares de calidad y bajo costo a pequeña escala y a nivel industrial; fortalecimiento y creación de laboratorios de investigación con la infraestructura y personal capacitado para su operación, entre ellos de insectarios donde se reproduzcan y mantengan colonias de depredadores y parasitoides con las técnicas entomológicas más actuales; promoción del intercambio científico y tecnológico a nivel nacional y con otros países; transferencia de tecnología y capacitación teórico-práctica a empresarios y organizaciones de productores agrícolas por parte de instancias de investigación científica y desarrollo tecnológico.

Producción. Consolidación y desarrollo de las pequeñas y medianas plantas de bioplaguicidas existentes, creación de nuevas plantas pequeñas y medianas y a escala artesanal.

Comercialización y comunicación. Ampliación de los canales de comercialización de forma tal que el producto sea de fácil acceso para los clientes. Instrumentación de extensas campañas publicitarias a través de medios como los impresos, radio local, electrónicos y comunicación personal con la finalidad de dar a conocer los bioplaguicidas y promover significativamente su venta.

Asistencia técnica. Configuración de programas de asistencia técnica que mejor respondan a las necesidades específicas de los productores de bioplaguicidas y de los agricultores; elaboración de manuales y guías técnicas y metodológicas para el manejo de agentes de control biológico.

Formación de recursos humanos. Reforzamiento de las actividades de la formación de personal calificado para llevar a cabo las tareas de investigación básica y aplicada, de producción, manejo y aplicación en campo de los bioplaguicidas, así como para la asistencia técnica.

Campañas fitosanitarias. Reorientación de las campañas fitosanitarias coordinadas por Senasica de forma tal que sistemáticamente se disminuya la dependencia del uso de plaguicidas químicos y se incremente el empleo de bioplaguicidas. Lo anterior dentro del marco de la política de inocuidad alimentaria y las guías sobre prácticas sustentables que recomienda la *Ley de Desarrollo Rural Sustentable*.

Sistemas de información. Construcción de sistemas con la capacidad para generar y difundir información periódica, oportuna y confiable sobre el sector de bioplaguicidas en aspectos como investigación y desarrollo tec-

nológico, producción, comercialización, aplicación, marcos regulatorios, apoyos gubernamentales y privados, y tendencias internacionales.

Instrumentos de política. Diseño de instrumentos de política crediticios, fiscales y presupuestarios en cuanto a aspectos como financiamiento a tasas preferenciales, estímulos fiscales a la producción y subsidios a los precios y la asignación de recursos económicos. Asimismo, definición del papel que los sectores privado y social tendrán en este esfuerzo conjunto.

Por último, estimamos que en la configuración de lineamientos como los propuestos se deberá contar con la participación tanto del sector público y privado como de las organizaciones sociales y económicas de los productores agrícolas, las agrupaciones profesionales, colegios, asociaciones y sociedades civiles; universidades e institutos, entre otros, relacionados con el desarrollo agrícola sustentable.

BIBLIOGRAFÍA

- Albert, A., 2005, "Panorama de los plaguicidas en México", en *Revista de Toxicología* en línea, 8:1-17.
- Aldana, M. *et al.*, 2008, "Determinación de insecticidas organofosforados en nopal fresco y deshidratado", en *Revista Fitotecnia Mexicana*, 31(2):133-139.
- Arredondo, H. y J. Sánchez, 2009, Situación actual del control biológico en México, XX Curso Nacional de Control Biológico. Sociedad Mexicana de Control Biológico, 2-4 nov., Villahermosa, Tabasco, México.
- Ayala, M. *et al.*, 1999, "Effect of three insecticides used in Mexico on whiteflies (Homoptera: Aleyrodidae) and a fungicide on the viability and morphology *in vitro* of *Verticillium lecanii* (Zimm.) Viégas", en *Revista Latinoamericana de Microbiología*, 41:217-222.

- Bejarano, F., 2002, *La espiral del veneno. Guía crítica ciudadana sobre plaguicidas*, Red de Acción sobre Plaguicidas y Alternativas en México/RAPAM, México.
- Calonge, M. *et al.*, 2002, "Determinación de residuos de siete insecticidas organofosforados en frutas mediante cromatografía de gases con detector de nitrógeno-fósforo y confirmación por espectrometría de masas", en *Revista de Toxicología*, 19:55-60.
- Couch, L., 2000, "Industrial fermentation and formulation of entomopathogenic bacteria", en Charles, F., A. Delécluse, C. Nielsen-Le Roux (eds.), *Entomopathogenic bacteria: from laboratory to field application*, Kluwer Academic Publishers, Holanda.
- Evans, F., 2003, "¿Qué son los bioplaguicidas?", en *Memorias del Simposio Internacional de Bioplaguicidas para Países en Desarrollo*, Costa Rica.
- FAO, 2009, *Glosario de Agricultura Orgánica*, en <http://www.fao.org/organicag/es>, consultado el 15/09/2010.
- FAO-PNUMA, 2004, "ONU insta a proteger a los agricultores de los plaguicidas", en <http://www.un.org/spanish/News/fullstory.newsasp?>, consultado el 05/05/2010.
- Goettel, S. *et al.*, 2001, "Safety of Fungal Biocontrol Agents", en Butt, M., C. Jackson y N. Magan (eds.), *Fungi as Biocontrol Agents*, CAB International, Londres.
- Harvell, D., 2004, "Ecology and evolution of host-pathogen interactions in nature", en *The American Naturalist*, 164: S1-S5.
- Mesquita, L. y A. Lacey, 2001, "Interactions among the entomopathogenic fungus, *Paecilomyces fumosoroseus* (Deuteromycotina: Hyphomycetes), the parasitoid *Aphelinus asychis* (Hymenoptera: Aphelinidae) and their aphid host", en *Bio Control*, 22: 51-59.
- Mier, T. *et al.*, 2005, "Acute oral intragastric pathogenicity and toxicity in mice of *Paecilomyces fumosoroseus* isolated from whiteflies", en *Antonie van Leeuwenhoek*, 88:103-111.
- _____, *et al.*, 2004, "Efecto de la citrolina sobre la viabilidad y la producción de proteasas y quitinasas del hongo entomopatógeno

- Metarhizium anisopliae* var. *acridum*", en *Revista Mexicana de Micología*, 19:113-115.
- _____, *et al.*, 1999, "Effect of three insecticides used in Mexico on whiteflies (Homoptera: Aleyrodidae) and a fungicide on the viability and morphology *in vitro* of *Verticillium lecanii* (Zimm.) Viégas", en *Revista Latinoamericana de Microbiología*, 41:217-222.
- Prado, G. *et al.*, 2001, "Factores de participación en el contenido de plaguicidas organoclorados persistentes en leche humana de una población suburbana de la Ciudad de México", en *Agro Sur*, 29:128-140.
- _____, *et al.*, 1998, "Residuos de plaguicidas organoclorados en leches pasteurizadas comercializadas en la Ciudad de México", en *Archivos de Medicina Veterinaria*, 30: 55-66.
- Quimby, C. *et al.*, 2002, "Biological control as a means of enhancing the sustainability of crop/land management systems", en *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 88:147-152.
- Rodríguez del Bosque, L.A., 2007, "Fundamentos ecológicos del control biológico", en Rodríguez del Bosque, L. y H. Arredondo (eds.), *Teoría y Aplicación del Control Biológico*, Sociedad Mexicana de Control Biológico, México.
- Sagarpa, 2009, "En franco crecimiento la agricultura orgánica en México", en <http://www.presidencia.gob.mx/prensa/?contenido=50144>, consultado el 19/04/2010.
- Semarnat, 2009, *Compendio de Estadísticas Ambientales 2009*, Semarnat, México.
- Shiva, V., 2003, "Sostenibilidad y bioagricultura en las pequeñas granjas familiares", en *The Ecologist*, 13:28-31.
- St. Leger, J. *et al.*, 1997, "Adaptations of proteases and carbohydrases of saprophytic, phytopathogenic and entomopathogenic fungi to the requirements of their ecological niches", en *Microbiology*, 143: 1983-1992.
- Strasser, H. *et al.*, 2000, "Are there any risks in using entomopathogenic fungi for pest control, with particular reference to the bioactive

- metabolites of *Metarhizium*, *Tolypocladium* and *Beauveria* species?", en *Biocontrol Science and Technology*, 10:717-735.
- Swaminathan, S., 1991, "Conclusions. Chairman's Remarks", en Hawksworth, L. (ed.), *The biodiversity of microorganisms and invertebrates: its roles in sustainable agriculture*, C.A.B. International, Reino Unido.
- Toriello, C. y T. Mier, 2007, "Bioseguridad de agentes de control microbiano", en Rodríguez del Bosque, A. y H. Arredondo (eds.), *Teoría y Aplicación del Control Biológico*, Sociedad Mexicana de Control Biológico, México.
- Toriello, C. et al., 2009, "Lack of pathogenicity and toxicity of the mycoinsecticide *Metarhizium anisopliae* var. *acridum* following acute gastric exposure in mice", en *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 72:2153-2157.
- Waage, K., 1991, "Biodiversity as a resource for biological control", en Hawksworth, L. (ed.), *The biodiversity of microorganisms and invertebrates: its roles in sustainable agriculture*, C.A.B. International, Reino Unido.
- Wraight, P. et al., 2001, "Production, stabilization and formulation of fungal biocontrol agents", en Butt, T. M., C. Jackson, N. Magan (eds.), *Fungi as Biocontrol Agents*, CAB International, Reino Unido.
- Zamorano, J. y H. Ríos, 2005, "Evolución y perspectivas de la agricultura orgánica en México", en *Claridades Agropecuarias*, 140: 3-19.