

Panorama actual de la producción comercial y aplicación de bioplaguicidas en México



Salvador García de León y Teresa Mier
Departamento de Producción Económica
Departamento de El Hombre y su Ambiente. Universidad Autónoma Metropolitana, México
sleon@correo.xoc.uam.mx



Resumen / Abstract / Résumé

Este trabajo ofrece un panorama general del sector productor de bioplaguicidas en México. Para ello, se revisan los principales actores que participan en la producción y comercialización de agentes de control biológico para el combate de plagas y se analizan los principales organismos benéficos que se ofrecen en el mercado. Finalmente se discute la importancia, utilidad y limitaciones de su empleo en la agricultura del país, como una alternativa ecológica a la aplicación indiscriminada de los contaminantes plaguicidas químicos. UAM, ©2003

Palabras clave:
Bioplaguicidas
organismos benéficos
control biológico
sistemas agrícolas sustentables

This research offers a general overview of the bio-pesticide producing industry in Mexico. We reviewed the main actors in the production and commercialization of biological control agents to fight plagues. We also analyzed the main beneficial organisms for biological control offered in the market. Finally, we discuss the importance, usage and limitations of bioplaguicides in Mexico's agriculture as an ecological alternative to the indiscriminate application of chemical pesticides.

Key words:
Bio-pesticides
beneficial organisms
biological control
supported agricultural systems

Ce travail offre un panorama général du secteur producteur de bioplaguicides, au Mexique. Par conséquent, il étudie les principaux acteurs qui participent à la production et commercialisation d'agents de contrôle biologique pour le combat de fléaux. De même, il analyse les principaux organismes bénéfiques offerts sur le marché. Finalement, il discute l'importance, l'utilité et les limites de son emploi dans l'agriculture du pays, comme alternative écologique face à l'application indiscriminée de plaguicides chimiques polluants.

Mots-clés:
Bioplaguicides
organismes bénéfiques
contrôle biologique
systèmes agricoles durables

Introducción

Posterior a la Segunda Guerra Mundial y como resultado del movimiento agrícola denominado Revolución Verde, impulsado por Estados Unidos y Europa, comenzó a desarrollarse en el mundo un proceso de industrialización y modernización del sector agrícola, el cual condujo a la aparición de un nuevo modelo agrícola que responde fundamentalmente al empleo de abonos y plaguicidas químicos, a la producción de nuevas variedades de plantas y a la progresiva mecanización y extensión del monocultivo, a fin de tratar de garantizar la provisión de alimentos a nivel mundial en un planeta cada vez más poblado y hambriento.

Entre las bases de este modelo de agricultura industrial destaca el uso intensivo de plaguicidas químicos para el combate de las plagas, cuyos mecanismos de control han resultado ser aparentemente muy eficientes (Sevilla et al., 2003). Sin embargo, en el transcurso del tiempo, la aplicación indiscriminada de estos productos químicos y la continua e intensa presión selectiva en los ecosistemas han provocado la aparición de plagas resistentes cuya eliminación está sujeta a dosis de insecticidas cada vez más elevadas o al uso de productos elaborados con sustancias químicas aún más tóxicas. Los insecticidas químicos han propiciado la resurgencia de plagas en número mayor después de los tratamientos, debido a que las aplicaciones continuas eliminan no sólo la plaga, sino también sus enemigos naturales y los de las plagas secundarias, creando las condiciones para que estas últimas puedan rebasar el umbral económico y producir pérdidas considerables al quedar fuera de control.

De igual manera, los plaguicidas químicos han generado otras externalidades negativas como son la degradación progresiva de los ecosistemas y una serie de efectos nocivos, entre los que se puede mencionar la viabilidad de hongos entomopatógenos (Ayala et al., 1999; Mier et al., 1999); la disminución de microorganismos recicladores de nutrientes del suelo; la contaminación de aguas subterráneas debido a la lixiviación de plaguicidas hidrosolubles y diversas sustancias nocivas transferidas al agua potable; la contaminación de productos agrícolas; así como las intoxicaciones en trabajadores agrícolas, originadas durante el proceso de aplicación y manipulación de los agroquímicos, que

en ocasiones pueden ser mortales. (Romero, 2003). Actualmente, a nivel mundial, los plaguicidas químicos usados en mayor volumen son los herbicidas - cuyos efectos han provocado la aparición de más de 300 variedades de malezas resistentes- seguidos, en orden de importancia, por los insecticidas y funguicidas. En el caso de México, un indicador del empleo de agroquímicos es la existencia en el país de aproximadamente 1462 plaguicidas registrados: 795 insecticidas, 311 herbicidas y 356 funguicidas (Varelas, 2003).

En este contexto los sistemas agrícolas sustentables representan una alternativa y un resurgir de los métodos ecológicos tradicionales frente a la agricultura moderna o industrial. Sus propósitos principales contemplan la revaloración del conocimiento campesino local; la diversificación de la crianza de animales y de cultivos, como la milpa (Terán et al., 1998); la preservación y el uso eficiente del agua; una concepción integral de la fertilidad del suelo basada en el empleo efectivo de la materia orgánica y finalmente, el manejo de plagas y enfermedades mediante métodos biológicos preponderantemente (Chiappe, 1995; Muñoz, 1997). Dentro de este enfoque surgen los programas de Manejo Integrado de Plagas (MIP) que plantean el uso racional de métodos culturales, biológicos y químicos para el control de insectos, ácaros y otras plagas. En el MIP el control biológico es el componente primordial, pero se puede justificar o "integrar" el uso adecuado de productos químicos sólo cuando la densidad de la plaga es de tal magnitud que sobrepasa el umbral de daño económico y a la vez, la presencia de enemigos naturales es escasa (Restrepo, 1988).

Este enfoque alternativo o complementario del manejo de las plagas es de importancia fundamental para el desarrollo de sistemas agrícolas acordes con la estabilidad de los agroecosistemas, donde el mantenimiento del equilibrio consiste en la habilidad para mantener su productividad aún cuando sea sometido a una fuerza perturbadora. Asimismo, los aspectos tecnológicos de la sustentabilidad se relacionan con la conservación de los recursos naturales y la calidad ambiental (González, 2003), así como con la preservación de la biodiversidad (Unidad de Comunicación e Información-CIED, 2003). En este sentido, actualmente, existe un resurgimiento de métodos naturales acordes con la agricultura ecológica para combatir las plagas agrícolas. Estas

estrategias contemplan, entre otros aspectos, el uso de bioplaguicidas, productos que contienen como ingrediente activo, organismos o microorganismos vivos o bien se extraen de un ser vivo mediante procedimientos que no alteran su composición química (De Liñán, 2001, Fernández y Juncosa, 2002). La utilización de organismos benéficos o agentes de control biológico para la biorregulación natural de plagas como son hongos, bacterias y virus entomopatógenos, insectos depredadores y parasitoides, así como ácaros y nematodos; disminuye las consecuencias nocivas de los plaguicidas químicos usados en el campo y contribuye a la sustentabilidad de los agroecosistemas.

El presente trabajo tiene como objetivo central ofrecer un panorama general de los productores y comercializadores de bioplaguicidas en México, de los principales organismos benéficos que ofrecen en el mercado, así como de la importancia, utilidad y empleo en la agricultura del país de estos agentes de control biológico en el combate de plagas dentro del marco de los sistemas agrícolas sustentables.

El interés por la realización de esta investigación tiene su origen en la poca información disponible sobre el tema y en la necesidad de establecer las bases para la realización de posteriores trabajos que permitan, bajo perspectivas complementarias, profundizar en el análisis y contribuir a enriquecer el escaso conocimiento que se tiene sobre este sector de la economía del país. Se estima que los resultados obtenidos pueden ser de utilidad para investigadores y docentes relacionados con este campo, profesionales del ramo y oferentes y demandantes de tales productos.

Organismos benéficos usados como bioplaguicidas

El control biológico se basa principalmente, en las interacciones de depredación, parasitismo y amensalismo establecidas entre las poblaciones que integran una comunidad; entre sus aplicaciones para la regulación y combate de las plagas destaca el uso de los bioplaguicidas. Estos son productos compatibles con el ambiente, elaborados a partir de organismos benéficos como insectos, hongos, bacterias, ácaros y nematodos; también conocidos como agentes de control biológico, que actúan como enemigos natu-

rales de las plagas. Dichos biorreguladores de plagas forman parte de los recursos naturales renovables propios de los agroecosistemas y son de gran utilidad para lograr la protección sustentable de los cultivos, dado que durante el proceso de interacción con las plagas se reproducen a sí mismos, perpetuando el control ejercido por ellos.

El control biológico pretende, en primer lugar, que las plagas no sean erradicadas sino reguladas o controladas antes de rebasar el umbral económico; en segundo lugar busca que los enemigos naturales pertenecientes al ambiente del cultivo sean conservados mediante el manejo adecuado del agroecosistema (control biológico conservativo o natural) o, en caso necesario, por la adición regular de éstos (control biológico aumentativo). En ocasiones, especies provenientes de otras regiones son introducidas y establecidas para reducir las poblaciones plaga (control biológico clásico).

Los diferentes métodos de control biológico constituyen un componente sustentable y ambientalmente seguro del moderno manejo de plagas; son una alternativa deseable, que se ha ido incrementado en detrimento de la dependencia exclusiva de los plaguicidas químicos (Waage, 1991). A la vez, un componente de control biológico debe ser: a) compatible y complementario con otros componentes del sistema; b) de uso fácil para los productores; c) confiable, reproducible y económico. Igualmente debe contribuir a la reducción de insumos, como insecticidas químicos, elaborados a partir de recursos naturales no-renovables y por otra parte, ayudar a la conservación de los recursos terrestres y acuáticos (Quimby et al., 2002).

El uso de insectos depredadores, parásitos y parasitoides, también conocidos genéricamente como enemigos naturales, forma parte importante del control de las plagas. De hecho, la aplicación del control biológico como método científico surgió en 1888 con la introducción de *Rodolia cardinalis*, procedente de Australia, para el control de la escama algodonosa de los cítricos, *Icerya purchasi*, en California, E.U., hecho que constituyó un éxito rotundo (Simmonds et al., 1976).

Los enfoques básicos para usar los insectos depredadores y parasitoides como agentes de control biológico son la producción masiva, la colo-

nización periódica y el mejoramiento genético. La mayoría de los trabajos pioneros se remiten a la producción masiva de huevecillos de *Trichogramma*. En México, como en Colombia y Cuba, países líderes en control biológico en Latinoamérica, se producen anualmente miles de estos insectos para el combate del gusano del maíz y algodón en insectarios estatales. En Torreón, Coahuila, se lograron abatir las pérdidas en la producción de algodón y reducir el uso de insecticidas químicos con la aplicación de estos organismos benéficos (Olembo, 1991).

Los hongos entomopatógenos, constituidos por más de 500 especies capaces de parasitar insectos, son relativamente específicos, actúan por contacto y no por ingestión, a diferencia de las bacterias y los virus. La producción de biomasa fúngica es fácil y los micoplaguicidas obtenidos son prometedores por su modo de acción, permanencia en el ambiente e inocuidad en mamíferos (Toriello et al., 1999). Los bioplaguicidas elaborados a partir de estos entomopatógenos están compuestos no sólo por el hongo sino por las enzimas proteolíticas y quitinolíticas que degradan la cutícula y toxinas como las dextrusinas, que dañan los insectos (Castellanos et al., 2003; Liu et al., 2003; Vey et al., 2001).

La potencialidad de los hongos para ser usados como biorreguladores de plagas se reconoció desde los tiempos de Pasteur y de Metschnikoff, quien en 1879 produjo una epizootia en el escarabajo del trigo *Anisoplia austriaca* con *Metarhizium anisopliae*. La mayoría de los grupos taxonómicos poseen hongos entomopatógenos; los géneros *Metarhizium*, *Beauveria*, *Verticillium*, *Paecilomyces*, *Nomuraea*, *Hirsutella*, *Neozygites* y *Entomophthora* son comúnmente encontrados en la naturaleza. En la mayoría de los casos sus esporas son el vehículo para diseminar la infección en las poblaciones de insectos.

Existe un amplio espectro de hongos con potencialidad para ser usados como micoplaguicidas por producir metabolitos tóxicos y actuar como antagonistas de hongos fitopatógenos; *Trichoderma* y *Gliocladium* son ejemplos de ellos. Algunos hongos tienen a la vez la capacidad de actuar como patógenos de insectos y como micoparásitos, por ejemplo *Verticillium lecanii*, patógeno de pulgones y de la mosquita blanca, ataca al hongo que produce

la roya del café, *Hemileia vastratix* (Carrión, 1988; Deshande, 1999).

Respecto a las bacterias, existen alrededor de 90 especies entomopatógenas capaces de producir infecciones en insectos, generalmente por vía oral. Algunas matan a los insectos mediante la acción de toxinas, éstas han sido las más estudiadas por su reconocido potencial de uso como insecticidas biológicos, especialmente los bacilos Gram positivos esporulados, pertenecientes a la familia *Bacillaceae*, cuyos plásmidos portan información genética que codifica para formar un cristal proteínico a partir del cual se liberan las toxinas en la plaga. La especie *Bacillus thuringiensis* es el entomopatógeno más usado en el mundo, abarca más del 90% del mercado de bioinsecticidas. *B. thuringiensis* es efectivo para el control de varias plagas agrícolas como larvas de lepidópteros, plagas del maíz, algunas especies de coleópteros, mosquitos y jejenes. Entre sus ventajas están su especificidad sobre determinados insectos hospederos y su inocuidad hacia insectos benéficos, vertebrados y el ambiente. *B. popilliae*, registrada en Estados Unidos como insecticida biológico en los años cuarenta, es un ejemplo clásico de control microbiano de insectos, ataca escarabajos (plaga de pastos y árboles frutales); larvas de escarabajos o "gallinas ciegas"; además del escarabajo japonés (Ibarra, 2002).

Con relación a los virus, más de 450 han sido descritos en más de 500 especies de artrópodos con capacidad de causar epizootias naturales, entre ellos los virus de la poliedrosis nuclear (VPN), poliedrosis citoplasmática (VPC) y granulosis (VG). Los virus entomopatógenos son muy específicos, biodegradables, de fácil aplicación e inocuos para el ambiente. Sin embargo, entre las desventajas de los virus, como agentes de control biológico, están la rápida inactivación en el ambiente, el alto costo de su producción, el que requieran de un huésped vivo para su replicación en el campo y el hecho de que se necesita un tiempo prolongado después de la ingestión de la dosis letal, para que ocurra la muerte del insecto (Del Rincón, 2002).

Existen ácaros y nematodos catalogados como organismos benéficos debido a su valor potencial de uso como agentes de control biológico. Los ácaros pueden actuar como parasitoides (familia *Acarophenacidae*) y depredadores (familia

Phytoseiidae). Estos últimos son los más utilizados, ya que son eficaces controladores de los ácaros tetránquidos y eriófididos, plagas de gran importancia económica en México por afectar plantaciones de cítricos y coco. Los ácaros depredadores se usan para el combate de trips, la araña roja en invernaderos de hortalizas y flores en el Estado de México y la araña de dos puntos en cultivos de fresa en Michoacán y Baja California. En México no se reproducen estos organismos para su comercialización y la demanda de los agricultores es cubierta con ácaros importados (Lomelí y Rodríguez, 2002). Los nemátodos más estudiados como agentes de control biológico pertenecen a las familias Steinernematidae y Heterorhabditidae por su eficacia y rapidez para matar a su hospedero. Los nemátodos entomopatógenos son efectivos contra insectos barrenadores, por ejemplo, *Hexameris albicans* ejerce un control eficaz en larvas de *Spodoptera frugiperda*; la langosta y el chapulín son infectados por *Mermis nigrescens* al consumir las hojas de las plantas que contienen huevecillos del nemátodo (Alatorre, 2002). Estos nemátodos tampoco se producen en México para su comercialización.

Los productores y comercializadores de bioplaguicidas en México

A continuación se presenta una visión general de los diferentes sectores que participan en la producción y comercialización de organismos benéficos para el mercado nacional. Esta visión se estructuró tomando como base información correspondiente al año 2003, recabada mediante consulta de información interna y entrevistas tanto a funcionarios e investigadores de la Dirección General de Sanidad Vegetal y de la Dirección General de Inocuidad Agroalimentaria, Acuícola y Pesquera de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), como a la Presidenta de la Asociación Mexicana de Reproductores de Organismos Benéficos. Asimismo se consultó bibliografía especializada sobre el tema. Para una mejor comprensión de este panorama, los sectores se agruparon en 4 categorías: Centros Productores dependientes de Organismos Auxiliares de Sanidad Vegetal; Empresas y Laboratorios Privados y Empresas importadoras e Instituciones Públicas de Educación Superior.

Centros Productores dependientes de Organismos Auxiliares de Sanidad Vegetal

En la actualidad se cuenta con 16 centros productores de organismos benéficos para el mercado, los cuales dependen de los denominados Organismos Auxiliares de Sanidad Vegetal (Tabla 1). Estos Organismos se encuentran contemplados en la Ley Federal de Sanidad Vegetal (D.O.F. 5/1/1994); en el Reglamento de la Ley de Sanidad Fitopecuaria de los Estados Unidos Mexicanos en Materia de Sanidad Vegetal (D.O.F. 18/1/1980); en el Reglamento Interior de los Organismos Auxiliares y en disposiciones emitidas por la SAGARPA. Se clasifican en dos figuras: Junta Local de Sanidad Vegetal y Comité Estatal de Sanidad Vegetal, ambos conformados por productores agrícolas y forestales. La mayoría de ellos cuenta con unidades reproductoras de organismos benéficos y coadyuvan con la SAGARPA en el desarrollo de campañas fitosanitarias, programas de inocuidad alimentaria, así como con otros servicios fitosanitarios y sistemas de calidad que la Secretaría implanta en el territorio nacional.

Las unidades de reproducción están formadas por 12 Centros Regionales de Estudios y Reproducción de Organismos Benéficos (CREOB) y 4 Laboratorios y Centros Reproductores. Parte de estas unidades, originalmente pertenecieron al desaparecido Departamento de Control Biológico de la Dirección General de Sanidad Vegetal de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (hoy SAGARPA); pero a principios de los años noventa del siglo pasado fueron transferidos en uso y administración a organizaciones y asociaciones de productores agrícolas del país que, en el presente, corresponden a Organismos Auxiliares.

Para su funcionamiento dichos centros cuentan con financiamiento de los productores agrícolas y financiamiento externo proveniente -en orden de importancia- del Gobierno Federal y de los Gobiernos de los Estados, lo cual es significativo para su labor. En general, se caracterizan por trabajar en pequeña escala, en forma intermitente y con niveles de producción que varían en función de las necesidades del ciclo agrícola de los cultivos; tienen limitaciones en instalaciones y equipamiento y un número reducido de personal técnico y administrativo, parte de él sin la calificación necesaria. Una porción de los productos que elaboran se destina a los miembros

de las Organismos Auxiliares y el resto se comercializa sin marcas o nombres comerciales en tiendas o bodegas de reducidas dimensiones.

A partir de la información interna recabada en la SAGARPA, se concluye que en la actualidad, el número de especies diferentes de organismos benéficos producidos por estas unidades asciende a 16. De ellas, el 23% son hongos y el 67% insectos. En cuanto a la variedad de especies manejadas por los centros reproductores se tiene que el 76% produce de una a tres especies y el 24% de cuatro a siete especies. En función de su ubicación, destaca el hecho de que las unidades productoras localizadas en el norte del país se especializan en su mayoría en la producción de insectos; las del centro en hongos

y las del sur en la reproducción mixta de hongos e insectos.

Geográficamente sólo en 13 de las 32 entidades de la república existe este tipo de unidades: ocho en el norte (47%) ubicadas en Aguascalientes, Baja California Sur, Tamaulipas, Durango, Sonora y Sinaloa; seis en el centro del país (35%) en Jalisco, Guanajuato, Tlaxcala, Puebla y Veracruz y tres en el sur (18%) localizadas en Oaxaca, Yucatán y Chiapas. Tomando en cuenta la diversidad de especies de organismos producidos por las distintas unidades en cuestión, se puede inferir que el 37% de sus esfuerzos están dirigidos a la reproducción de especies correspondientes a hongos entomopatógenos y el 63% restante a insectos benéficos.

Tabla 1. Centros productores de bioplaguicidas dependientes de organismos auxiliares de sanidad vegetal en México, 2003

| Nombre del centro | Localidad y entidad | Organismos benéficos | |
|--|---------------------------|--|---|
| | | Hongos | Insectos |
| CREROB' | Pabellón de Arteaga, Ags. | <i>Beauveria bassiana</i> <i>Metarbizium anisopliae</i> <i>Paecilomyces fumosoroseus</i> | <i>Chrysoperla carnea</i> <i>Muscidifurax</i> sp., <i>Spalangia endius</i> , <i>Trichogramma pretiosum</i> |
| CREROB | Cd. Constitución, B.C.S. | | <i>C. carnea</i> , <i>T. pretiosum</i> |
| Junta Local de Sanidad Vegetal de la Frailesca | Villa de Corso, Chis. | | <i>Telenomus remus</i> |
| Laboratorio de la Junta local de Sanidad Vegetal de la Frailesca | Angel Albino Corso, Chis. | <i>B. bassiana</i> | <i>Cephalonomia stephanoderis</i> |
| CREROB | Durango, Dgo. | | <i>T. exiguum</i> |
| Laboratorio de Reproducción de Organismos Benéficos | Irapuato, Gto. | <i>B. bassiana</i> <i>M. anisopliae</i> | <i>Trichogramma</i> sp. |
| CREROB | Sto. Domingo Etna, Oax. | <i>B. bassiana</i> | <i>C. carnea</i> <i>Habrobracon</i> sp. <i>S. endius</i> <i>T. pretiosum</i> |
| Centro de Reproducción de Agentes de Control Biológico del CESAVEP | San Pedro Cholula, Pue. | <i>B. bassiana</i> , <i>M. anisopliae</i> <i>Nomuraea rileyi</i> <i>P. fumosoroseus</i> | |
| CREROB | Guasave, Sin. | | <i>Chrysoperla</i> sp. <i>T. pretiosum</i> |
| CREROB | Caborca, Son. | | <i>Chrysoperla</i> sp. |
| CREROB | Cd. Obregón, Son. | | <i>C. carnea</i> <i>Habrobracon</i> sp. <i>Trichogramma</i> sp. |
| CREROB | Hermosillo, Son. | | <i>Anagrus pseudococci</i> <i>C. carnea</i> <i>S. endius</i> <i>T. pretiosum</i> |

Tabla 1. Centros productores de bioplaguicidas dependientes de organismos auxiliares de sanidad vegetal en México, 2003 (continuación)

| Nombre del centro | Localidad y entidad | Organismos benéficos | |
|-------------------|---------------------|--|---|
| | | Hongos | Insectos |
| CREROB | Matamoros, Tamps. | | <i>C. carnea</i> , <i>T. pretiosum</i> |
| CREROB | Huamantla, Tlax. | <i>B. bassiana</i> | |
| CREROB | Jalapa, Ver. | <i>B. bassiana</i> <i>M. anisopliae</i> | <i>T. pretiosum</i> |
| CREROB | Mérida, Yuc. | <i>M. anisopliae</i> <i>P. fumosoroseus</i> | |

1Centro Regional de Estudios y Reproducción de Organismos Benéficos.
Fuente: Elaboración propia, 2003

Empresas y laboratorios privados productores de bioplaguicidas

A través del análisis de las diferentes fuentes de información mencionadas anteriormente, se identificaron 51 empresas y laboratorios privados que producen organismos benéficos para el mercado (Tabla 2).

Respecto a la variedad de agentes de control biológico producidos por estas empresas y laboratorios se encontró que el 54% son insectos, el 38% hongos y el 8% bacterias. En relación a la variedad de especies producidas de distintos organismos benéficos, se puede decir que el 84% maneja de una a tres y el 16% de cuatro a siete. En cuanto a su especialización por tipo de especie, el 44% reproduce solamente insectos, el 34% hongos, el 12% bacterias, el 6% hongos y bacterias, el 2% insectos y bacterias y el restante 2%, hongos, insectos y bacterias.

Geográficamente, el 73% de las empresas y laboratorios privados que manejan únicamente insectos se sitúan en los estados del norte: Chihuahua, Coahuila, Nuevo León, Sinaloa, Tamaulipas y Zacatecas. Poco más de la mitad de los que manejan sólo hongos se ubican en las entidades del centro del país: Edo. de México, Distrito Federal, Veracruz, Michoacán, Morelos y Puebla.

A nivel general, el 45% de los establecimientos se localizan en las entidades del centro, un porcentaje igual en las del norte y sólo el 10% en las del sur. Tan solo en 17 de las 32 entidades se cuenta con tales compañías, es decir, en poco más de la mitad. Según la diversidad de especies de organismos benéficos manejadas por éstas se deriva que el 51% de sus esfuerzos se orientan a la reproducción de especies correspondientes a insectos, 41% a hongos y 8% a bacterias.

Tabla 2. Empresas y laboratorios privados productores de bioplaguicidas en México, 2003

| Nombre de la empresa o laboratorio | Localidad y entidad | Organismos benéficos | | |
|--|--|--|--|-------------------------------|
| | | Hongos | Insectos | Bacterias |
| Control Biológico Tiemelonla Nick K Lum (COBI-TNK) | Palenque, Chis. | <i>Beauveria bassiana</i> <i>Metarhizium anisopliae</i> | | |
| Laboratorio de Reproducción de Hongos Entomopatógenos | Tapachula, Chis. | <i>B. bassiana</i> | | |
| Unión de Ejidos San Fernando | San Fernando, Chis. | <i>B. bassiana</i> | | |
| Laboratorio de Control Biológico | Frontera Comalapa, Chis. | | | |
| Laboratorio de Producción de Organismos Benéficos (LAPROB) | Cantón del Carmen, Chis. | <i>B. bassiana</i> <i>M. anisopliae</i> | <i>C. rufilabris</i> <i>Trichogramma sp.</i> <i>T. pretiosum</i> | |
| Laboratorio de Hongos Entomopatógenos de Camargo | Cd. Camargo, Chih. | <i>B. bassiana</i> <i>M. anisopliae</i> <i>Trichoderma barzianum</i> | | |
| Cuproquim de México S.A. de C.V. | Chihuahua, Chih. | | | <i>Bacillus thuringiensis</i> |
| Laboratorio de Reproducción de Organismos Benéficos | (UNIFRUT) Cd. Cuauhtémoc, Chih. | | <i>C. carnea, T. pretiosum</i> | |
| Proveedor de Organismos Biológicos (PRO-O-BIOL) | Torreón, Coah. | | <i>T. pretiosum</i> | |
| Grupo Bioquímico Mexicano S.A. de C.V. | Ramón Arizpe y Saltillo, Coah. | <i>B. bassiana</i> | | |
| Beta Santa Mónica S.P.R. de R.L. de C.V. | Carr. Torreón-Sn Pedro Km 42, Coah. | | <i>Chrysoperla sp.</i> <i>Trichogramma sp.</i> | |
| Centro Reprodutor de Organismos Benéficos | Saltillo, Coah. | | <i>C. carnea, T. pretiosum</i> | |
| Bayer de México S.A. de C.V. | Ecatepec, Edo. de México y D.F. | | | <i>B. thuringiensis</i> |
| Du Pont México S.A. de C.V. | Lerma de Villada, Edo. de México y D.F. | | | <i>B. thuringiensis</i> |
| Laboratorio Reprodutor de Organismos Benéficos (NALET) | Coacalco, Edo. de México | <i>Trichoderma sp.</i> <i>T. barzianum</i> <i>T. fasciculatum</i> | | |
| Internacional Química de Cobre, S.A. de C.V. | San V Chicoloapan, Edo. de México y D.F. | <i>Coniothyrium minitans</i> | | <i>B. thuringiensis</i> |
| NOCON, S.A. de C.V. | Texcoco, Edo. de México | <i>Trichoderma barzianum</i> <i>T. viridae</i> | | |
| CECAFE, Laboratorio de Reproducción de Entomopatógenos | Atoyac de Alvarez, Gro. | <i>Beauveria bassiana</i> | | |
| Dynámic Natural Agriculture S.P.R. de R.L. | Tlajomulco, Jal. | <i>Beauveria bassiana</i> <i>Metarhizium anisopliae</i> <i>Trichoderma barzianum</i> <i>C. Minitans</i> | | |

Tabla 2. Empresas y laboratorios privados productores de bioplaguicidas en México, 2003 (continuación)

| Nombre de la empresa o laboratorio | Localidad y entidad | Organismos benéficos | | |
|--|--------------------------------|--|--|--------------------|
| | | Hongos | Insectos | Bacterias |
| Organismos Benéficos para la Agricultura (OBA) | Autlán, Jal. | | | |
| Laboratorio de Control Biológico "Dr. Federico Sánchez Navarrete" | Tamazula, Jal. | | <i>Trichogramma sp.</i> <i>T. pretiosum</i> | |
| Insectos Benéficos de Occidente | Guadalajara, Jal. | | <i>C. carnea</i> | |
| SEHUSA, S.A.de C.V. | Zapopan, Jal. | <i>B. bassiana</i> <i>M.anisopliae</i> <i>Verticillium lecanii</i> <i>Paecilomyces fumosoroseus</i> | | |
| Productos Orgánicos Integra, S.A. | Uruapan, Mich. | <i>B. bassiana</i> <i>M. anisopliae</i> | <i>C. rufilabris</i> | |
| Bio-Control | Uruapan, Mich. | | <i>C. carnea</i> , <i>T. pretiosum</i> <i>Habrobracon sp.</i> | |
| Centro Reprodutor de Organismos Benéficos Biocontrol | Cuernavaca, Mor. | | | |
| Buckman Laboratories, S.A. de C.V. | Jiutepec, Mor. | <i>T. lignorum</i> | | |
| Centro Reprodutor de Organismos Benéficos e Investigación | Gral. Terán, N.L. | | <i>C. carnea</i> , <i>C. rufilabris</i> <i>Trichogramma sp.</i> <i>T. pretiosum</i> , <i>T. platneri</i> <i>Harmonia axyridis</i> | |
| Asociación Ganadera Local de Gral. Bravo | Gral. Bravo, N.L. | | | |
| Laboratorio de Control Biológico e Investigación Agropecuaria | Hidalgo, N.L. | | <i>T. minutum</i> | |
| Asesoría e Insumos Agropecuarios "José Luis Hernández Mendoza" | San Nicolás de los Garza, N.L. | <i>B. bassiana</i> <i>M. anisopliae</i> <i>Paecilomyces fumosoroseus</i> | | |
| Centro Rep. de Organismos Benéficos de Productores de San Pedro Petlacotla | San Pedro Petlacotla, Pue. | <i>B. bassiana</i> | | |
| Laboratorio Fondo Regional "Cachiquín Limaxtún" | Ahuacatlán, Pue. | <i>B. bassiana</i> | | |
| Agroindustria Fungi-Agrícola de Oriente, S.PR. de R.L. | Tepeaca, Pue. | <i>Beauveria bassiana</i> <i>Metarbizium anisopliae</i> | | |
| Agraquest de México, S.A. de C.V. | Tehuacan, Pue. | | | <i>B. subtilis</i> |

Tabla 2. Empresas y laboratorios privados productores de bioplaguicidas en México, 2003 (continuación)

| Nombre de la empresa o laboratorio | Localidad y entidad | Organismos benéficos | | |
|--|------------------------|---|---|-------------------------|
| | | Hongos | Insectos | Bacterias |
| Agro-Grow de México, S.A. de C.V. | Querétaro, Qro. y D.F. | | | <i>B. thuringiensis</i> |
| Agazúcar, S.A. | Guasave, Sin. | | <i>Cotesia flavipes</i> | |
| Agrobiológicos del Noroeste, S.A. de C.V. | Cualicán, Sin. | <i>B. bassiana</i> <i>M. anisopliae</i> <i>Paecilomyces fumosoroseus</i> <i>Verticillium lecanii</i> | | |
| Centro Rep. de Agentes de Control Biológico de Alimentos del Fuerte | Los Mochis, Sin. | | <i>T. pretiosum</i> | |
| Laboratorio de Producción de Organismos Benéficos (BIOSOL) | Culicán, Sin. | | <i>Chrysoperla sp.</i> | |
| Insectario de Cambell's Sinalopasta, S.A. de C.V. | Guasave, Sin. | | <i>T. pretiosum</i> | |
| Insectos Benéficos de Sinaloa | Guasave, Sin. | | | |
| Laboratorio Rep. de Fauna Benéfica, S.A. de C.V. | Guasave, Sin. | | <i>C. carnea</i> <i>Trichogramma sp.</i> <i>T. pretiosum</i> | |
| Laboratorio de Prod. de Organismos Benéficos "Ing. Luis A. Gallardo Trejo" | Culiacán, Sin. | | <i>C. carnea</i> <i>T. pretiosum</i> | |
| Bio-Control | Cd. Victoria, Tamps. | | <i>Chrysoperla sp.</i> <i>Trichogramma sp.</i> | |
| Centro de Prod. de Organismos Benéficos "Enrique Toledo Elorga" | Xicotencatl, Tamps. | <i>B. bassiana</i> <i>M. anisopliae</i> <i>Hirsutiella thompsonii</i> | <i>C. carnea</i> <i>Trichogramma sp.</i> <i>Muscidifurax zaraptor</i> | <i>B. thuringiensis</i> |
| Dow Agrosoluciones de México, S.A. de C.V. | Tetla, Tlax. y D.F. | | | <i>B. thuringiensis</i> |
| Bio-Zentla, S.R.P. de R.I. | Zentla, Ver. | <i>B. bassiana</i> | | |
| Bios-Cobi Inc. Sistema de Control Biológico Integrado | Jalapa, Ver. | <i>B. bassiana</i> <i>M. anisopliae</i> <i>P. fumosoroseus</i> | <i>Chrysoperla sp.</i> <i>T. pretiosum</i> | |
| Laboratorio Rural Rep. de Hongos Entomopatógenos | Zentla, Ver. | <i>B. bassiana</i> | | |
| Centro Rep. de Organismos Benéficos | Calera, Zac. | | <i>C. carnea</i> , <i>T. pretiosum</i> | |

Empresas importadoras de organismos benéficos y bioplaguicidas

Entre las empresas que son exclusivamente importadoras de organismos benéficos se encuentran compañías como:

1. Certis de México, S.A. de C.V. (Nuevo León); ISK Biosciences, S.A. de C.V. (D.F.); Plant Health Care de México, S. de R.L. de C.V. (D.F.) y Distribuidora IMEX, S.A. de C.V. (Zapopan, Jal.): obtienen del extranjero *B. thuringiensis* y *Streptomyces avermitilis* para el combate de insectos y ácaros.
2. Mycothec de México, S.A. de C.V.: importa el hongo entomopatógeno *B. Bassiana*.
3. BASF Mexicana S.A. de C.V. (D.F.) e Industrias Gustafson, S.A. de C.V. (D.F.): importan organismos como *B. thuringiensis* y *B. Bassiana*.
4. Biological Systems (Zapopan, Jalisco): compañía con sede en Bélgica, importa una gran variedad de insectos depredadores y parasitoides, así como nemátodos y bacterias.

Cabe señalar que estas empresas no son las únicas importadoras, pues algunas de las que aparecen en la Tabla 2, además de producir también importan.

Estimativamente, en el decenio pasado se importaron más de 45 especies con una inversión superior a los 33 millones de dólares. Con estos agentes, se atendieron en el periodo referido, 367,928 hectáreas las cuales representan cerca del 2% de la superficie cultivada del país (Universidad Autónoma de Guadalajara, 2001).

Instituciones que realizan investigación sobre agentes de control biológico

En el país existe un número importante de centros e instituciones de Educación Superior e investigación dedicados al estudio de organismos benéficos que actúan como agentes de control biológico de plagas. Tales estudios se insertan en las siguientes líneas de investigación: Biología, Biosistemática y Taxonomía, Biotecnología y Genética, Cría Masiva y Control de Calidad, Ecología y Comportamiento, Evaluación e Impacto de Entomófagos y Entomopatógenos (Sociedad Mexicana de Control Biológico, 2003; Rodríguez y Arredondo, 1999).

Entre estos centros e instituciones destacan el Colegio de Posgraduados en Ciencias Agrícolas en sus diferentes campus; el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) en sus diversos centros y campos experimentales (Aguascalientes, Chihuahua, Durango, Jalisco, Michoacán, Oaxaca, Sonora, Tamaulipas, Zacatecas, etc.); el Instituto Politécnico Nacional (CINVESTAV-Unidad Irapuato, Centro de Biotecnología Genómica, Centro de Desarrollo de Productos Bióticos, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, CIIDIR en sus unidades de Oaxaca y Durango.); la Universidad Autónoma de Nuevo León (Laboratorio de Microbiología Industrial y del Suelo, Departamentos de Microbiología e Inmunología); El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR) en Chiapas; la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro de Coahuila (Departamento de Parasitología); el Centro Nacional de Referencia de Control Biológico en Colima (DGSV-SAGARPA); la Universidad Autónoma del Estado de Morelos (Centro de Investigación en Biotecnología); la Universidad de Guadalajara (Centro Nacional de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Departamento de Botánica y Zoología y Departamento de Producción Agrícola); la Universidad de Guanajuato (Instituto de Ciencias Agrícolas); el Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Guanajuato, A.C.; la Universidad Autónoma de Chapingo (Departamento de Parasitología Agrícola); la Universidad Autónoma Metropolitana (Unidad Xochimilco: Departamento El Hombre y su Ambiente y Departamento de Producción Agrícola y Animal; Unidad Ixtapalapa: Departamento de Biotecnología); la Universidad Nacional Autónoma de México (Departamento de Microbiología y Parasitología de la Facultad de Medicina, Instituto de Biotecnología, Laboratorio de Acarología de la Facultad de Ciencias) y finalmente, la Universidad de Colima (Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias y Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia).

Cabe aclarar que existen también algunas compañías comerciales que realizan este tipo de estudios, tal es el caso de la Compañía Azucarera de Los Mochis, S.A. de C.V. (Sinaloa); de Industrias Gustafson, S.A. de C.V. (Jalisco) y de Buckman Laboratories, S.A. (Morelos), entre otras.

Uso y aplicación de bioplaguicidas disponibles en el mercado en México

Los bioplaguicidas y organismos benéficos disponibles en el mercado constituyen, aunque en forma reducida por su limitado empleo, una opción para el control efectivo de plagas de importancia económica. Entre éstos tenemos hongos entomopatógenos y antagonistas de fitopatógenos del suelo e insectos entomófagos y bacterias entomopatógenas.

Los hongos entomopatógenos, *Metarhizium anisopliae* y *M. anisopliae* var. *acidum* (= *M. flavoviridae*) son aplicados para el control de plagas como el chapulín y la langosta que devastan enormes extensiones de cultivos básicos como el maíz, trigo, frijol, caña de azúcar, algodón, soya, sorgo, henequén, alfalfa, frutales y pastizales en explotaciones pecuarias. Son efectivos en el control de la mosca pinta o salivazo de los pastos y la gallina ciega, coleóptero rizófago asociado al maíz y frijol. *Beauveria bassiana* es usado para el control de la broca del café, mosquita blanca en hortalizas y gallina ciega y chapulines en cultivos básicos (Hernández et al., 2000). *Verticillium lecanii* y *Paecilomyces fumosoroseus* son patógenos de mosquitas blancas y pulgones, plagas de cultivos como el frijol; hortalizas en general como el jitomate, chile, calabacita, pepino, berenjena, coliflor; cultivos de invernaderos y flores de ornato como la nochebuena y el crisantemo (Castellanos et al., 2003a; García et al., 1999; Mier et al., 1991). *V. lecanii* también ha sido descrito como hiperparásito de la roya del café y la roya blanca del crisantemo y como patógeno del psílido del eucalipto. *Nomuraea rileyi* es patógeno de lepidópteros que atacan cultivos como la soya y el maíz. *Hirsutella thompsonii* ataca ácaros de los cítricos y del cocotero, que afectan la producción de los frutos y de la copra en el caso del cocotero (Mier, 1990).

Especies fúngicas pertenecientes al género *Trichoderma* como *T. harzianum*, *T. viridae* y *T. fasciculatum* son usadas en el control de malezas, así como de una gran variedad de hongos fitopatógenos pertenecientes a los géneros *Phytophthora*, *Rhizoctonia*, *Fusarium*, *Botrytis*, *Nectria*, *Armillaria*, *Collectotrichum*, *Gaeumannomyces*, *Collectotrichum* y *Sclerotinia*, entre otros. El hongo *Coniothyrium minitans* es usado para el control de *Sclerotinia esclerotiorum*, fitopatógeno causante de la podredumbre húmeda de la lechuga (Fernández y Juncosa, 2002).

Con relación a los organismos entomófagos, diversas especies parasitoides, pertenecientes al género *Trichogramma* atacan larvas de lepidópteros que afectan cultivos como el sorgo, cártamo, maíz, frijol, algodón, soya, el gusano barrenador de la caña de azúcar y soya. Insectos depredadores como *Chrysoperla* sp. y *C. carnea* se usan en el control de la mosquita blanca; *Telenomus remus* es útil para el control del gusano cogollero del trigo. La catarinita *Harmonia axyridis* es un depredador eficaz para el control del pulgón café de los cítricos y para el pulgón negro y amarillo del nogal, plaga importante en regiones del norte de México productoras de nuez. Los parasitoides *Spalangia endius*, *Muscidifurax* sp. y *M. zaraptor* se usan en el control de la mosca doméstica, la mosca del establo y del cuerno, insectos que inciden en la disminución de la producción de leche provocada por la reducción del consumo de alimento y la transmisión de enfermedades en el ganado vacuno de granjas lecheras. Los parasitoides *Cephalonomia stephanoderis* y *Anagyrus pseudococcii*, son utilizados en el control de la broca del café y la escama del zacate, respectivamente. *Cotesia falvipes* ataca la palomilla de dorso de diamante, plaga de las crucíferas. Otro insecto benéfico, *Habrobracon* sp., es usado para el control de larvas de lepidópteros (Arredondo y Hernández, 2002).

Respecto a las bacterias entomopatógenas, *Bacillus thuringiensis* tiene un uso muy extendido en el control de larvas de lepidópteros, dípteros, coleópteros, ácaros, nemátodos y protozoarios que atacan cultivos de importancia económica de diferente índole como la caña de azúcar que, después del maíz, del frijol y del sorgo, tiene el cuarto lugar en importancia económica.

Entre los consumidores relevantes de agentes de control biológico destacan los agricultores del norte del país, los cuales los utilizan para producciones a gran escala de cultivos como el jitomate, algodón, chile y hortalizas en general; los agricultores del norte y centro los emplean en la caña de azúcar. Parte de los productores dedicados a la agricultura orgánica, cuya superficie total cultivada en el año 2000 fue de cerca de 103 mil hectáreas, los aplican en productos como el café, maíz azul y blanco, ajonjolí, hortalizas, maguey, mango, naranja, frijol, manzana, papaya, aguacate, soya, plátano y cacao (Gómez et al., 2003).

Los agricultores se benefician de los esfuerzos realizados en forma conjunta por el Gobierno Federal a través de la Dirección General de Sanidad Vegetal y sus Delegaciones Estatales dependientes de la SAGARPA; por los Gobiernos de los Estados y por los propios productores agrícolas, pertenecientes a los Organismos Auxiliares de Sanidad Vegetal mediante las campañas fitosanitarias que se llevan a cabo año con año y en las que, además de utilizar plaguicidas químicos, han introducido la aplicación de organismos benéficos.

Por lo general, los Comités Estatales de Sanidad Vegetal se encargan de elaborar los programas anuales de trabajo en cada una de las entidades con base en diagnósticos que, con el apoyo de profesionales y técnicos fitosanitarios, realizan para identificar las zonas infestadas y con mayor riesgo de plagas y enfermedades. Las Juntas Locales de Sanidad Vegetal son las facultadas para operar las campañas fitosanitarias, coordinadas por los Comités Estatales de Sanidad Vegetal, sin demérito de la intervención de la SAGARPA a través de las Delegaciones Estatales de Sanidad Vegetal y de los Distritos de Desarrollo Rural respectivos.

Las campañas que se realizan se clasifican en campañas nacionales, de prevención y voluntarias. Las primeras se dirigen a plagas de alto potencial destructivo, 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. Las campañas de prevención operan en contra de plagas que aparecen eventualmente, en forma cíclica, que en corto plazo incrementan rápidamente sus poblaciones y tienen un alto potencial destructivo y de dispersión, convirtiéndose en un serio problema socioeconómico por los cultivos que dañan. Por lo general, este tipo de campañas se aplica en zonas en donde existe una baja capacidad de respuesta por parte de los productores. Las campañas voluntarias corresponden al combate de plagas con recursos propios de los productores en cultivos establecidos en el ámbito local en cada uno de los Estados.

Con base en información interna de la SAGARPA sobre campañas realizadas en 27 estados en el 2002, en las cuales se utilizaron para el control de plagas, tanto plaguicidas químicos como organismos bené-

ficos, se calculó que solo en el 3%, de alrededor de 1,350,000 ha. Tratadas, se aplicó el control biológico. En 21 de las 27 entidades federativas beneficiadas con las campañas se emplearon organismos benéficos, principalmente para combatir mosquita blanca, langosta, chapulín y mosca pinta. De éstas, el 43% se aplicó en estados del centro del país, 38% del norte y 19% del sur.

Ventajas y limitaciones de los agentes de control biológico usados como bioplaguicidas

Entre las ventajas del uso de los organismos benéficos para el control biológico de plagas está el hecho de que son agentes seguros debido al limitado o nulo efecto nocivo colateral de estos enemigos naturales hacia el hombre, las plantas cultivadas, los animales domésticos y la vida silvestre. La aparición de resistencia de las plagas hacia los agentes control biológico no se conoce; el tratamiento con plaguicidas químicos puede ser eliminado por completo o de manera parcial; se evita el surgimiento de plagas secundarias; no existen los problemas de intoxicaciones que implica el manejo de insecticidas químicos; son usados en programas de MIP; pueden persistir y ofrecer un control duradero, dado que muchos patógenos de insectos se reproducen en sus hospedadores permaneciendo en el ambiente donde viven, infectando paulatinamente a las generaciones siguientes.

Además, los organismos benéficos, usados como componentes de los bioplaguicidas, no provocan los efectos de los productos químicos sobre el equilibrio biológico, ya que por su especificidad, no eliminan a todos los enemigos naturales que ayudan a mantener al patógeno controlado. Asimismo, los agentes de control biológico no se acumulan en la cadena alimenticia como ocurre con los plaguicidas químicos, debido a que se descomponen de manera rápida y natural sin dejar residuos; pueden actuar con éxito tanto en hábitats naturales como artificiales (invernaderos); es posible emplearlos en lugares en los que los pesticidas químicos no están permitidos como son las áreas urbanas, lagos y zonas cercanas a urbanizaciones y son efectivos en pequeñas cantidades.

Como se ha mencionado anteriormente, el uso de bioplaguicidas para el control de plagas es una de las herramientas principales de los programas de MIP dentro del marco de los sistemas agrícolas sustentables. En este tenor, al comparar la productividad de los sistemas agrícolas industriales respecto a los sustentables, en términos de unidades de alimentos producidos respecto a los insumos utilizados, resulta evidente que los niveles de eficiencia de los primeros es superior. Sin embargo, si a los insumos agrícolas industriales usados (maquinaria, gasolina, fertilizantes y plaguicidas químicos, etc.) le agregamos los costos ambientales (valor económico que se le asigna a los efectos negativos de una actividad productiva para la sociedad), resulta mayor la productividad alcanzada por los sistemas sustentables debido a que, en este caso, el costo ambiental es considerablemente menor. En la valoración de los costos ambientales es necesario determinar los efectos de degradación y la consiguiente pérdida de la fertilidad del suelo, la afectación de la biodiversidad, la liberación de metano y óxido nitroso, el efecto invernadero y la contaminación de aguas subterráneas, entre otros. Por ende, desde este punto de vista y dentro del enfoque de sustentabilidad ecológica y económica (Socorro, 2003) la producción total de un agroecosistema se da por la relación establecida entre las unidades de alimentos producidos respecto a los insumos agrícolas utilizados, más el costo ambiental que ello implica (Bray, 1994; González, 2003; Shiva, 2003; Swaminathan, 1991).

Sin embargo, los organismos benéficos presentan también limitaciones o desventajas. Por ejemplo, que tardan más tiempo en eliminar la plaga objetivo, lo cual puede limitar su uso en los cultivos que no toleran un cierto grado de daño. Otra desventaja es que para que los bioplaguicidas resulten efectivos es necesario, en la mayoría de los casos, conocer el ciclo de las plagas, ya que estos deben ser aplicados cuando la plaga objetivo se encuentra en una etapa específica de su ciclo de vida, aspecto no fácil de determinar en condiciones de campo; algunos tienen que ser ingeridos por la plaga para causar efecto, lo que limita su efectividad. Igualmente, debido a su alta especificidad, es necesario utilizar un agente microbiano contra cada agente fitopatógeno específico, característica que los hacen menos competitivos frente a los plaguicidas químicos de amplio espectro; en ocasiones, la falta de per-

sistencia de algunos de estos organismos, debido a su labilidad ante ciertas condiciones naturales extremas, genera la necesidad de realizar varias aplicaciones.

Por otra parte, el financiamiento externo para apoyar las plantas reproductoras es reducido, hay carencias de personal calificado para el sector, su disponibilidad en los diferentes canales comerciales es muy limitada y existe un amplio desconocimiento entre los posibles consumidores sobre las bondades de su empleo (Jiménez et al., 2003).

Reflexiones finales

El desarrollo del sector productor de bioplaguicidas en México debe ser concebido como parte integrante de las políticas agraria, ambiental y de salud de la población. Asimismo, su problemática y posibilidades de evolución deben visualizarse desde diferentes ángulos, entre ellos, el social, cultural, económico, ecológico y tecnológico; en los cuales necesariamente deben confluir los voluntades de los organismos públicos, privados y sociales.

En función de lo anterior, se esbozan líneas generales de acción consideradas como favorables para el desenvolvimiento de este sector.

- Fortalecer las campañas fitosanitarias impulsadas por el Gobierno Federal y Estatal asignándoles, dentro de los presupuestos disponibles para tal fin, mayores recursos destinados al manejo y aplicación de organismos benéficos para el control de plagas, especialmente en aquellos cultivos de importancia económica de consumo nacional y exportación.
- Fomentar la producción de organismos benéficos instalando nuevos Centros, especialmente en las entidades que no cuentan con ellos y afianzando la infraestructura y tareas realizadas por los Centros de Reproducción y Estudio de los Organismos Benéficos, dependientes de los Organismos Auxiliares de Sanidad Vegetal. Igualmente, poniendo a disposición de los interesados financiamientos en condiciones preferenciales, destinados a la creación de nuevas empresas y en el caso de las que ya se encuentran en operación, a capital de trabajo y a proyectos de modernización, ampliación de capacidades y capacitación de personal.

- Intensificar las actividades de capacitación y asistencia técnica, dirigidas a los productores agrícolas, para el manejo y aplicación de bioplaguicidas.
- Apoyar con mayor decisión la formación, desarrollo y adiestramiento de cuadros técnicos especializados en la producción y manejo de agentes de control biológico.
- Reforzar, especialmente en las licenciaturas y posgrados de Agronomía y Biología, contenidos relativos a las bases conceptuales y metodológicas de los sistemas agrícolas sustentables y del control biológico de plagas.
- Consolidar la investigación científica y tecnológica sobre la biología, ecología, genética y comportamiento fisiológico de los organismos benéficos para su manejo en laboratorio y campo, a fin de mejorar y generar nuevos procesos de producción de bioplaguicidas a escala industrial, que permitan abatir costos y asegurar su calidad.
- Promover de manera extensa, mecanismos de enlace entre investigadores, productores, importadores, organizaciones de agricultores e instituciones civiles y gubernamentales para abordar en forma conjunta problemáticas relativas al control biológico de plagas.
- Establecer un sistema de información e intercambio de conocimientos a nivel nacional e internacional que permita captar, sistematizar y difundir los avances científicos y tecnológicos en materia de control biológico, así como los logros relevantes alcanzados en el país en aspectos de producción, comercialización y consumo.
- Impulsar más ampliamente las organizaciones que realizan tareas encaminadas a fomentar entre los agricultores formas de producción que estén en armonía con la preservación del medio ambiente, que ayuden a revertir su degradación y propicien el cambio de valores y actitudes de los campesinos hacia su ámbito natural.
- Estimular vigorosamente, a través de diferentes vías, cambios en la población, orientados a crear una cultura ecológica que favorezca nuevas formas de relación con el medio ambiente y una mayor conciencia de la importancia del desarrollo sustentable.
- Implementar campañas dirigidas a la población, sobre la conveniencia de consumir, preferentemente, alimentos provenientes del campo libres de sustancias tóxicas como los agroquímicos para salvaguardar su salud.

Referencias

- Alatorre R., R. 2002. Nemátodos parásitos de insectos. III Curso de Control Biológico. Sociedad Mexicana de Control Biológico. México, pp. 106-111.
- Arredondo B., V.H. y Hernández V., V.M. 2002. Sinopsis actual del control biológico de plagas en México. III Curso de Control Biológico. Sociedad Mexicana de Control Biológico. México, pp. 175-186.
- Ayala Z., M.A., Navarro B., H., Mier, T. y Toriello, C. 1999. Effect of agro-chemicals on in vitro growth of the entomopathogenic fungi *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) Sorokin and *Paecilomyces fumosoroseus* (Wixe) Brown & Smith. *Revista Latinoamericana de Microbiología*, 41:223-229.
- Bray, F. 1994. Agriculture for the developing nations. *Scientific American*, Julio:33-35.
- Carrión, G. 1988. Estudio sobre el control biológico de la roya del café mediante *Verticillium lecanii* en México. *Micología Neotropical Aplicada*, 1:79-86.
- Castellanos M., J., Mier, T., Reyes M., R. y Toriello, C. 2003. Identificación de actividad de subtilisina (Pr1) y tripsina (Pr2) en *Paecilomyces fumosoroseus* (Ascomycota mitospórico) de México. XXVI Congreso Nacional de Control Biológico. Sociedad Mexicana de Control Biológico. México, pp. 83-86.
- 2003a. Comparación de la virulencia de aislados de *Paecilomyces fumosoroseus* (Ascomycota mitospórico) de México hacia la mosquita blanca por el índice de crecimiento fúngico. XXVI Congreso Nacional de Control Biológico. Sociedad Mexicana de Control Biológico. México, pp. 105-108.
- Chiappe, M.B. 1995. ONGs, Estado y Agricultura sustentable: El caso uruguayo, XX Congreso de la Asociación Latinoamericana de Sociología. UNAM. México.
- De Liñán, C. 2001. *Vademécum de productos fitosanitarios y nutricionales*. Ediciones Agrotécnicas S.L. Madrid. 670 pp.
- Del Rincón C., M.C. 2002. *Virus entomopatógenos*. III Curso de Control Biológico. Sociedad Mexicana de Control Biológico. México, pp. 112-126.
- Deshande, M.V. 1999. Mycopesticides production by fermentations: potential and challenges. *Critical Reviews in Microbiology*, 25(3):229-243.
- Fernández, C. y Juncosa, R. 2002. Biopesticidas de la agricultura del futuro? *Phytoma* 141:14-19.
- Gómez C., M.A., Gómez T., L. y Schwentesius R., R. 2003. México como abastecedor de productos orgánicos. *Comercio Exterior*, 53(2):128-138.
- García J., M.; Ramírez, C., Rivera, F. y Mier, T. 1999. Evaluación en campo de *Verticillium lecanii* (Zimmermann) Viégas para el control de *Trialeurodes vaporariorum* (West.) (Homoptera: Aleyrodidae) en un cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Revista Mexicana de Micología*, 15:1-9.
- González, V. La sostenibilidad y seguridad alimentaria de la Agricultura Ecológica. En http://www.caib.es/medi_ambiente/DG_residuosier/forum/gonzalez.pdf (Consultado: 25/09/2003).
- Hernández V., V.M., Berlanga P., A.M. y Barrientos L., L. 2000. Vegetable and mineral oil formulations of *Metarhizium anisopliae* var. *acridum* to the control the central american locust (*Schistocerca gregaria* Walker) (Orthoptera: Acrididae). *Journal of Orthoptera Research*, 9:223-227.
- Ibarra, J. 2002. Las bacterias entomopatógenas y el control biológico de insectos. III Curso de Control Biológico. Sociedad Mexicana de Control Biológico. México, pp. 81-94.
- Jiménez, A., López, S. y Sáenz, E. *Control biológico de plagas y enfermedades de plantas*. En <http://webcd.usal.es/web/trnsgen00/otrdoc/controlbiolplagas/biotecnolog%92a.htm> (Consultado: 25/09/2003).
- Liu, B.L., Kao, P.M. y Feng K., Ch. 2003. Production of chitinase from *Verticillium lecanii* FO91 using submerged fermentation. *Enzyme and Microbial Technology*, 33:410-415.
- Lomelí F., J.R. y Rodríguez N., S. 2002. *Ácaros depredadores*. III Curso de Control Biológico. Sociedad Mexicana de Control Biológico. México, pp. 67-80.
- Mier, T. 1990. *Estudio sobre patogenicidad, fisiología e identificación de hongos potencialmente útiles en el control biológico de plagas, Entomophthorales e Hirsutella thompsonii* Fisher. Tesis Doctoral. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, IPN, México.
- Mier, T., Rivera, F., Bermúdez, J.C., Domínguez, Y., Benavides, C. y Ulloa, M. 1991. Primer reporte en México del aislamiento de *Verticillium lecanii* a partir de la mosquita blanca y pruebas de patogenicidad in vitro sobre este insecto. *Revista Mexicana de Micología*, 7:149-156.

- Mier, T., Silva R., C., Méndez, E., Ulloa, M. y Toriello, C. 1999. Effect of three insecticides used in México on whiteflies (*Homoptera: Aleyrodidae*) and a fungicide on the viability and morphology in vitro of *Verticillium lecanii* (Zimm.) Viégas. *Revista Latinoamericana de Microbiología*, 41:217-222.
- Muñoz, E. 1997. Principios y fundamentos de la integración agrícola-ganadera *Agricultura Orgánica*, Abril, pp. 11-13.
- Olembo, R. 1991. Importance of microorganisms and invertebrates as components of biodiversity. En Hawksworth, D.L., (ed.), *The biodiversity of microorganisms and invertebrates: its roles in sustainable agriculture*. C.A.B. International, U.K., pp. 7-15.
- Quimby, P.C., King, I.R. y Grey, W.E. 2002. Biological control as a means of enhancing the sustainability of crop/land management systems. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 88:147-152.
- Restrepo, I. 1988. *Naturaleza Muerta. Los plaguicidas en México*. Ediciones Océano. México.
- Rodríguez Del B., L.A. y Arredondo B., H. 1999. *Quién es quién en control biológico*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional del Noreste, México. 147 pp.
- Romero, H.P. *Agricultura ecológica*.
En <http://www.infoagro.com/agriculturaecologica/agriculturaecologica02.asp>
(Consultado: 6/09/2003).
- Sevilla G., E., Sánchez De P., F. y Alonso M., F. *Propuestas, alternativas a la agricultura industrializada: el caso de la agricultura ecológica en España*.
En www.jornadadeagroecologia.com.br/textos/artigo231001-1.pdf
(Consultado: 20/08/2003)
- Shiva, V. 2003. Sostenibilidad y bioagricultura en las pequeñas granjas familiares. *The Ecologist*, Abril-Mayo-Junio, No. 13:28-31.
- Simmonds, F.J., Franz, J.M. y Sailer, R.I. 1976. History or biological control. En Huffaker, C.B. y Messenger, P.S. (eds.), *Theory and practice of biological control*. Academic Press, N.Y., pp. 17-39
- Sociedad Mexicana de Control Biológico, A.C. 2003. *Memorias del XXVI Congreso Nacional de Control Biológico*. México, 469 pp.
- Socorro, A.R. 2003. *El significado del desarrollo sostenible para la agricultura*.
En <http://www.geocities.com/arsocorro/agricola/capitulo1significado.htm>
(Consultado: 25/08/2003).
- Swaminathan, M.S. 1991. Conclusions. Chairman's Remarks. En Hawksworth, D.L., (edit.), *The biodiversity of microorganisms and invertebrates: its roles in sustainable agriculture*. C.A.B. International, U.K., pp. 273-282.
- Terán, S., Rasmusem, C. y May, O. 1998. *Las plantas de la milpa entre los mayas. Etnobotánica de las plantas cultivadas por campesinos mayas en las milpas del noreste de Yucatán, México*. Fundación Ben Kin, A.C., México.
- Toriello, Navarro B., H. y Mier, T. 1999. Seguridad en ratones de *Metarbizium anisopliae* (Metsch.) Sorokin aislado de *Aeneolamia* sp. (*Homoptera: Cercopidae*) en México. *Revista Mexicana de Micología*, 15:123-125.
- Unidad de Comunicación e Información-CIED. *Técnicas Agroecológicas y el uso de recursos*. Abstract No. 4—
Técnicas Agroecológicas.
En <http://www.ciedperu.org/cendoc/biblio4.htm>
(Consultado: 22/08/2003).
- Universidad Autónoma de Guadalajara. 2001. El control biológico de plagas. *Revista Electrónica Nexo Universitario en la Línea*. Núms. 1-2.
En <http://www.uag.mx/Nexo/mexoant.htm>
- Varelas Fuentes, S.E. *Manejo integrado de plagas*.
En <http://uamac-postgrado.uat.mx/manejointegrado.htm>
(Consultado: 01/09/2003).
- Vey, A., Hoagland, R.E. y Butt, T.M. 2001. Toxic metabolites of fungal biocontrol agents. En Butt, T.M., Jackson, C. y Magan, N., (eds.), *Fungi as Biocontrol Agents*. C.A.B. International, U.K., pp. 311-346.
- Waage, J.K. 1991. Biodiversity as a resource for biological control. En Hawksworth, D.L., (edit.), *The biodiversity of microorganisms and invertebrates: its roles in sustainable agriculture*. C.A.B. International, U.K., pp. 149-163.