

El control biológico, como factor natural de mortalidad de plagas, ha estado íntimamente ligado al desarrollo de la agricultura. Como ecología aplicada es una tecnología que ha mostrado sus beneficios en los diversos países en que se han desarrollado programas de control de plagas utilizando a sus enemigos naturales.

En México, el progreso del control biológico destaca en los programas de manejo integrado de plagas. En consecuencia, presentamos el segundo volumen del libro “Casos de Control Biológico en México”, el cual incluye casos de plagas no tratados en el primer volumen; así como a autores que no participaron en él.

Esta entrega contiene 18 capítulos, a los que contribuyen especialistas en control biológico de México y de Brasil, los cuales desarrollan su investigación en instituciones académicas y gubernamentales. La estructura de cada capítulo es similar a la de los del primer volumen; aunque en este se incluyen imágenes fotográficas. Los temas se presentan por especie plaga, con excepción de algunos capítulos en los que se trata de un complejo de especies; algunos casos históricos tratados son el pulgón manchado de la alfalfa y la chinche café del sorgo; otros son del orden forestal, como es el de la conchuela del eucalipto, donde se describe un programa de control biológico clásico exitoso; así como otros de plagas pecuarias y de salud pública. Se incluye también el estudio de impacto económico y ecológico del gusano terciopelo. Un tema relevante, por su importancia actual, es el programa federal contra el psílido asiático de los cítricos, vector del Huanglongbing; en él se describen todas las fases de desarrollo de implementación de control biológico, así como las acciones y avances que se tienen contra esta plaga en México, misma que es de interés por los efectos negativos que está teniendo en la citricultura mundial.



SAGARPA
SECRETARÍA DE AGRICULTURA,
GANADERÍA, DESARROLLO RURAL,
PESCA Y ALIMENTACIÓN



SENASICA
SERVICIO NACIONAL DE SANIDAD
ANIMAL, FITOSANITARIA Y
AGROALIMENTARIA

inifap
Instituto Nacional de Investigaciones
Forestales, Agrícolas y Pecuarias

bba BIBLIOTECA BÁSICA
DE AGRICULTURA

ISBN 978-607-715-258-3



60

ARREDONDO BERNAL
RODRÍGUEZ DEL BOSQUE

2

CASOS DE CONTROL
BIOLÓGICO EN MÉXICO

bba

CASOS DE CONTROL BIOLÓGICO EN MÉXICO

2

HUGO CÉSAR ARREDONDO BERNAL
LUIS ÁNGEL RODRÍGUEZ DEL BOSQUE

bba

Título de la obra:

Casos de Control Biológico en México, vol. 2

Editores:

© Hugo César Arredondo Bernal

© Luis Ángel Rodríguez del Bosque

1ª Edición, 2015

Biblioteca Básica de Agricultura:

Editorial del Colegio de Postgraduados

Colegio de Postgraduados

Fundación Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas A. C.

Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Universidad Autónoma Chapingo

Dirección editorial: Judith Sandoval Romo

Revisión de estilo: Paola Carola Gómez Lagunes

Fotografía de portada: Jorge Antonio Sánchez González,

Hembra adulta de *Tamarixia radiata* alimentándose de su huésped *Diaphorina citri*

ISBN: 978-607-715-258-3 Colegio de Postgraduados

© Reservados todos los derechos. No se permite la reproducción, total o parcial de este libro ni el almacenamiento en un sistema informático, ni la transmisión de cualquier forma o cualquier medio electrónico, mecánico, fotocopia, registro u otros medios sin el permiso previo y por escrito de los titulares del copyright.

Es responsabilidad del autor el uso de las ilustraciones, el material gráfico y el contenido creado para esta publicación.

Las opiniones expresadas en este documento son de exclusiva responsabilidad de los autores, y no reflejan necesariamente los puntos de vista del Colegio de Postgraduados, de la Editorial del Colegio de Postgraduados, ni de la Fundación Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas.

Impreso en México - Printed in Mexico

PRINTING ARTS MEXICO, S. de R. L. de C. V.

Calle 14 no. 2430, Zona Industrial

Guadalajara, Jalisco, México. C.P. 44940

Fax: 3810 5567

Tiro: 1 000 ejemplares.

Casos de Control Biológico en México

vol. 2

Editores:

Hugo César Arredondo Bernal
Luis Ángel Rodríguez del Bosque



SAGARPA
SECRETARÍA DE AGRICULTURA,
GANADERÍA, DESARROLLO RURAL,
PESCA Y ALIMENTACIÓN



inirap
Instituto Nacional de Investigaciones
Forestales, Agrícolas y Pecuarias

bba BIBLIOTECA BÁSICA
DE AGRICULTURA

Autores

Adriana Guzmán Larralde, *Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, México*

Alejandro González Hernández, *Universidad Autónoma de Nuevo León, México*

César Andrés Ángel Sahagún, *Universidad de Guanajuato, México*

César Guigón López, *Centro de Investigación en Recursos Naturales Agropecuarios, México*

Claudio Chavarín Palacio, *SENASICA, Dirección General de Sanidad Vegetal, México*

Concepción Ramírez Salinas, *El Colegio de la Frontera Sur, México*

David Cibrián Tovar, *Universidad Autónoma Chapingo, México*

Edgardo Cortez Mondaca, *Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, México*

Eduardo Salazar Solís, *Universidad de Guanajuato, México*

Emma Zavaleta Mejía, *Colegio de Postgraduados, México*

Enrique Ruíz Cancino, *Universidad Autónoma de Tamaulipas, México*

Fabián García González, *Universidad Autónoma Chapingo, México*

Fernando A. Valenzuela Escoboza, *Universidad Autónoma de Sinaloa, México*

Fernando Bahena Juárez, *Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, México*

Flávio Moscardi, *Universidade Estadual de Londrina, Brasil*

Francisco Hernández Rosas, *Colegio de Postgraduados, México*

Guadalupe Peña Chora, *Universidad Autónoma del Estado de Morelos, México*

Guadalupe Vejar-Cota, *Compañía Azucarera de Los Mochis, México*

Héctor González Hernández, *Colegio de Postgraduados, México*

Hiram Bravo Mojica, *Colegio de Postgraduados, México*

Hugo César Arredondo Bernal, *SENASICA, Dirección General de Sanidad Vegetal, México*

Humberto Quiroz Martínez, *Universidad Autónoma de Nuevo León, México*

Ilse Alejandra Siller Aguillón, *Universidad Autónoma de Nuevo León, México*

Irma Guadalupe Zepeda Cavazos, *Universidad Autónoma de Nuevo León, México*

Jorge Antonio Sánchez González, *SENASICA, Dirección General de Sanidad Vegetal, México*

Juan Francisco Martínez Perales, *Dirección de Salud Pública, Servicios de Salud de Nuevo León, México*

Joel Ávila Valdez, *Universidad Autónoma de Tamaulipas, México*

José Luis Martínez Carrillo, *Instituto Tecnológico de Sonora, México*

José Refugio Lomelí Flores, *Colegio de Postgraduados, México*

Juan Francisco Barrera Gaytán, *El Colegio de la Frontera Sur, México*

Juana María Coronado Blanco, *Universidad Autónoma de Tamaulipas, México*

Leticia Bravo Luna, *Instituto Politécnico Nacional, México*

Luis Ángel Rodríguez del Bosque, *Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, México*

Marco Antonio Mellín Rosas, *SENASICA, Dirección General de Sanidad Vegetal, México*

Manuel Darío Salas Araiza, *Universidad de Guanajuato, México*

Manuel Fernández Ruvalcaba, *Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, México*

Miguel B. Nájera Rincón, *Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, México*

Nora I. Vizcarra Valdez, *SENASICA, Dirección General de Sanidad Vegetal, México*

Oscar Alejandro Martínez Jaime, *Universidad de Guanajuato, México*

Raquel Alatorre Rosas, *Colegio de Postgraduados, México*

Roberto Montesinos Matías, *SENASICA, Dirección General de Sanidad Vegetal, México*

Roberto Lezama Gutiérrez, *Universidad de Colima, México*

Sotero Aguilar Medel, *Universidad Autónoma del Estado de México, México*

Svetlana Nikolaevna Myartseva, *Universidad Autónoma de Tamaulipas, México*

Trevor Williams, *Instituto de Ecología, México*

Urbano Nava Camberos, *Universidad Juárez del Estado de Durango, México*

Víctor Manuel Hernández Velázquez, *Universidad Autónoma del Estado de Morelos, México*

Violeta Ariadna Rodríguez Castro, *Universidad Autónoma de Nuevo León, México*

Verónica Ávila Rodríguez, *Universidad Juárez del Estado de Durango, México*

Revisores Técnicos

Los editores agradecemos a los siguientes profesionales y especialistas por la invaluable revisión técnica de los capítulos contenidos en este libro.

Alejandro Pérez Panduro, *Colegio de Postgraduados, México*

Arturo Díaz Franco, *Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, México*

Beatriz Rodríguez Vélez, *Centro Nacional de Referencia de Control Biológico, Dirección General de Sanidad Vegetal-SENASICA, México*

César Andrés Ángel Sahagún, *Universidad de Guanajuato, México*

Clara Teresa Monreal Vargas, *Universidad Autónoma de San Luis Potosí, México*

Claudio Chavarín Palacio, *Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria, Dirección General de Sanidad Vegetal-SENASICA, México*

Félix García Valente, *Agroproductos del Cabo S.A. de C.V., México*

Ismael Hernández Betancurt, *Centro Nacional de Referencia de Control Biológico, Dirección General de Sanidad Vegetal-SENASICA, México*

Jaime Villa Castillo, *Comisión Nacional Forestal, México*

Javier Trujillo Arriaga, *Dirección General de Sanidad Vegetal, SENASICA, México*

Jesús Loera Gallardo, *Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, México*

Jesús Romero Nápoles, *Colegio de Postgraduados, México*

Jorge E. Ibarra Rendón, *Centro de Investigaciones y Estudios Avanzados, Unidad Irapuato, México*

José Pablo Lara Ávila, *Universidad Autónoma de San Luis Potosí, México*

José Refugio Lomelí Flores, *Colegio de Postgraduados, México*

Juan Antonio Villanueva Jiménez, *Colegio de Postgraduados, México*

Marco Antonio Reyes-Rosas (†), *Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, México*

María Cristina del Rincón Castro, *Universidad de Guanajuato, México*

Martín Palomares Pérez, *Centro Nacional de Referencia de Control Biológico, Dirección General de Sanidad Vegetal-SENASICA, México*

Nancy Inés Medina García, *Centro Nacional de Referencia de Control Biológico, Dirección General de Sanidad Vegetal-SENASICA, México*

Rebeca Peña Martínez, *Escuela Nacional de Ciencia Biológicas-IPN, México*

Rodolfo Osorio Osorio, *Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, México*

Rosalía Servín Villegas, *Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, México*

Sergio Sánchez Peña, *Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, México*

Contenido

1.	Pasado, presente y perspectivas del control biológico en México	17
	L. A. Rodríguez, H. C. Arredondo, T. Williams y J. F. Barrera	
2.	Hymenoptera parasítica de México	29
	A. González, J. M. Coronado, F. García, S. N. Myartseva, V. Ávila, E. Ruíz y A. Guzmán	
3.	Fitopatógenos con origen en el suelo	65
	E. Zavaleta, L. Bravo y C. Guigón	
4.	Impacto económico y ecológico del uso comercial del nucleopoliedrovirus de <i>Anticarsia gemmatalis</i> (AgMNPV) (Lepidoptera: Noctuidae) en soya	93
	J. Ávila, L. A. Rodríguez y F. Moscardi	
5.	Chinche de la panoja del sorgo, <i>Oebalus mexicana</i> (Hemiptera: Pentatomidae)	101
	E. Salazar, M. D. Salas y O. A. Martínez	
6.	Mosca blanca de los cereales, <i>Aleurocybotus occiduus</i> (Hemiptera: Aleyrodidae)	113
	G. Vejar y L. A. Rodríguez	
7.	Gallinas ciegas (Coleoptera: Melolonthidae)	123
	L. A. Rodríguez, V. M. Hernández, M. B. Nájera y C. Ramírez	
8.	Mosca pinta, <i>Aeneolamia</i> spp. y <i>Prosapia</i> spp. (Hemiptera: Cercopidae)	141
	R. Alatorre y F. Hernández	
9.	Pulgón manchado de la alfalfa, <i>Therioaphis trifolii</i> (Hemiptera: Aphididae)	165
	H. Bravo, C. Chavarín y H. C. Arredondo	

10.	Gusano cogollero del maíz, <i>Spodoptera frugiperda</i> (Lepidoptera: Noctuidae)	181
	F. Bahena y E. Cortez	
11.	Minador de la hoja, <i>Liriomyza trifolii</i> (Diptera: Agromyzidae)	251
	E. Cortez y F. A. Valenzuela	
12.	Mosca blanca, <i>Bemisia tabaci</i> (Hemiptera: Aleyrodidae)	269
	J. L. Martínez, U. Nava, H. C. Arredondo y S. Aguilar	
13.	Escamas (Hemiptera: Diaspididae; Coccidae) en Cítricos	295
	H. González, J. R. Lomelí y S. N. Myartseva	
14.	Picudo del plátano, <i>Cosmopolites sordidus</i> (Coleoptera: Curculionidae)	311
	J. F. Barrera	
15.	Psílido asiático de los cítricos, <i>Diaphorina citri</i> (Hemiptera: Psyllidae)	339
	J. A. Sánchez, M. A. Mellín, H. C. Arredondo, N. I. Vizcarra, A. González y R. Montesinos	
16.	Garrapata, <i>Rhipicephalus microplus</i> (Acari: Ixodidae)	373
	M. Fernández, G. Peña, R. Lezama, C. A. Ángel y V. M. Hernández	
17.	Mosquito enano, <i>Chironomus plumosus</i> (Diptera: Chironomidae)	385
	H. Quiroz, V. A. Rodríguez, I. A. Siller, I. G. Zepeda y J. F. Martínez	
18.	Conchuela del eucalipto, <i>Glycaspis brimblecombei</i> (Hemiptera: Psyllidae)	395
	D. Cibrián	

Casos de Control Biológico en México

vol. 2

Editores:

Hugo César Arredondo Bernal
Luis Ángel Rodríguez del Bosque



Editorial del Colegio
de Postgraduados



COLEGIO DE
POSTGRADUADOS



Fundación
Colegio de Postgraduados
en Ciencias Agrícolas A.C.



Universidad Autónoma
CHAPINGO

SAGARPA
SECRETARÍA DE AGRICULTURA,
GANADERÍA, DESARROLLO RURAL,
PESCA Y ALIMENTACIÓN



SENASICA
SERVICIO NACIONAL DE SANIDAD,
INOCUIDAD Y CALIDAD
AGROALIMENTARIA

inirap
Instituto Nacional de Investigaciones
Forestales, Agrícolas y Pecuarias

bba BIBLIOTECA BÁSICA
DE AGRICULTURA

Título de la obra:

Casos de Control Biológico en México, vol. 2

Editores:

© Hugo César Arredondo Bernal

© Luis Ángel Rodríguez del Bosque

1ª Edición, 2015

Biblioteca Básica de Agricultura:

Editorial del Colegio de Postgraduados

Colegio de Postgraduados

Fundación Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas A. C.

Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Universidad Autónoma Chapingo

Dirección editorial: Judith Sandoval Romo

Revisión de estilo: Paola Carola Gómez Lagunes

Fotografía de portada: Jorge Antonio Sánchez González,

Hembra adulta de *Tamarixia radiata* alimentándose de su huésped *Diaphorina citri*

ISBN: 978-607-715-258-3 Colegio de Postgraduados

© Reservados todos los derechos. No se permite la reproducción, total o parcial de este libro ni el almacenamiento en un sistema informático, ni la transmisión de cualquier forma o cualquier medio electrónico, mecánico, fotocopia, registro u otros medios sin el permiso previo y por escrito de los titulares del copyright.

Es responsabilidad del autor el uso de las ilustraciones, el material gráfico y el contenido creado para esta publicación.

Las opiniones expresadas en este documento son de exclusiva responsabilidad de los autores, y no reflejan necesariamente los puntos de vista del Colegio de Postgraduados, de la Editorial del Colegio de Postgraduados, ni de la Fundación Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas.

Impreso en México - Printed in Mexico

PRINTING ARTS MEXICO, S. de R. L. de C. V.

Calle 14 no. 2430, Zona Industrial

Guadalajara, Jalisco, México. C.P. 44940

Fax: 3810 5567

Tiro: 1 000 ejemplares.

Pasado, presente y perspectivas del control biológico en México

L. A. Rodríguez del Bosque¹, H. C. Arredondo Bernal², T. Williams³ y J. F. Barrera Gaytán⁴

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Río Bravo, Km 61 Carretera Matamoros-Reynosa, Río Bravo, Tamaulipas, México 88900. rodriguez.luis@inifap.gob.mx

²Centro Nacional de Referencia en Control Biológico, CNRF-DGSV, Km 1.5 Carretera Tecomán-Estación FFCC, Tecomán, Colima, México 28120. hugo.arredondo@senasica.gob.mx

³Instituto de Ecología A.C., Xalapa, Veracruz, México 91070. trevor.inecol@gmail.com

⁴El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), Carretera Antigua Aeropuerto km 2.5, Tapachula, Chiapas, México 30700. jbarrera@ecosur.mx

RESUMEN

Se presenta una síntesis histórica del control biológico en México como disciplina científica y estrategia de combate de plagas agrícolas. Aunque las acciones de control biológico en México datan desde hace más de un siglo, el estudio y aplicación de esta disciplina en nuestro país ha incrementado notablemente durante las últimas dos décadas. El renovado interés por el control biológico en México es producto de diversos factores, entre ellos la fundación de la Sociedad Mexicana de Control Biológico en 1989; el apoyo gubernamental para la investigación y becas de posgrado en esta disciplina; y a la labor de numerosas instituciones y organismos como el Centro Nacional de Referencia en Control Biológico, así como los centros de investigación y de enseñanza superior de nuestro país, que han intensificado los estudios y transferencia de tecnología sobre control biológico durante los últimos años. Se analiza la situación actual y las perspectivas del control biológico de plagas en México.

ABSTRACT

We present a brief history of biological control as a scientific area of study and a method for controlling insect pests in Mexico. Although biological control activities in Mexico started nearly a century ago, the study and application of biological control has greatly increased during the last 20 years. The renewed interest in biological control in Mexico is the result of several factors, including the founding of the Mexican Society of Biological Control in 1989; government funding of research projects and graduate scholarships in this area; and research and technology transfer activities by the Centro Nacional de Referencia en Control Biológico, research institutions and universities in Mexico. The current activities and perspectives for biological control in Mexico are analyzed.

INTRODUCCIÓN

La primera vez que el término «control biológico» se utilizó fue por Harry S. Smith en 1919, en California, E.U.A., para referirse al uso de enemigos naturales para el control de insectos plaga (Smith, 1919). Su alcance se ha extendido con el tiempo, a tal grado que ahora se presentan problemas para definirlo adecuadamente, en particular porque el término implica aspectos académicos y aplicados (Wilson y Huffaker, 1976; García *et al.*, 1988; Eilenberg *et al.*, 2001; Lazaro-vits *et al.*, 2007). En esta ocasión nos referiremos al control biológico como el «uso de organismos vivos como agentes para el control de plagas», tal y como lo definen Greathead y Waage (1983). Eilenberg *et al.* (2001) acotan el concepto al señalar que el término «organismos vivos» incluye a los virus, pero excluye los genes o fragmentos de genes, así como los metabolitos obtenidos en la ausencia de los organismos que los producen. Por lo tanto, el control biológico de plagas se realiza mediante parasitoides, depredadores y patógenos, pero no a través de cultivos transgénicos. En el caso del control biológico de maleza se incluye el uso de organismos fitófagos y patógenos. A los agentes de control biológico de fitopatógenos, causantes de enfermedades, se les conoce comúnmente como antagonistas.

Existe evidencia del uso de hormigas depredadoras para el control biológico de plagas de cítricos en China desde el siglo IV (Huang y Yang, 1987), actividad que prevalece hoy en día. Sin embargo, se reconoce a nivel mundial que la disciplina del control biológico como estrategia de combate de plagas inició a fines del siglo XIX. En 1889 se reportó el primer caso exitoso de control biológico, al lograrse un control espectacular de la escama algodonosa de los cítricos, *Icerya purchasi* Maskell, en California, E.U.A.; después de introducir desde Australia a la catarinita depredadora «*Vedalia*», *Rodolia cardinalis* (Mulsant) (Simmonds *et al.*, 1976; Barrera, 2006). Desde entonces, han surgido muchos más casos exitosos, aunque el gran auge de los plaguicidas, de 1940 a 1970, provocó un olvido temporal del control biológico. No obstante, los efectos secundarios

negativos de estos compuestos xenobióticos; las inquietudes del público respecto a la presencia de residuos de plaguicidas en los alimentos; y el movimiento ambientalista en los últimos años, han provocado un renovado interés por el control biológico a nivel mundial.

Aunque el control biológico presenta múltiples ventajas económicas y ecológicas, éste no es la panacea y también es justo reconocer sus desventajas (Summy y French, 1988). Históricamente se dio por hecho que la introducción de agentes exóticos de control biológico era ambientalmente segura y sin riesgos, lo que no siempre fue cierto. Aunque este tema no es nuevo, los debates sobre los riesgos del control biológico continúan con mayor frecuencia en años recientes.

En el contexto específico de la problemática de las invasiones biológicas (Soberón *et al.*, 2001; Louda *et al.*, 2003; Soares *et al.*, 2008; Barratt *et al.*, 2010; Funasaki *et al.*, 1988), se analizó el impacto del control biológico sobre organismos no blancos en Hawaii; y encontraron que en alrededor de 100 años (1890-1985) se habían logrado establecer 243 especies de 679 introducidas para el control de insectos, malezas y otros organismos. En total, el 8.2% de estas introducciones afectaron especies nativas hacia las cuales no iba dirigido el control; incluso el 7% atacaron organismos benéficos. De acuerdo con estos autores, la mayoría de los «errores» se cometieron por la ausencia de planificación y la pobre evaluación de los enemigos naturales, previa a su introducción. Asimismo, mediante un meta-análisis, Lynch y Tomas (2000) concluyeron que el 11% de las introducciones de agentes de control biológico exóticos probablemente tuvieron un impacto importante no deseado en las especies nativas; ya que en la mayoría de estos casos se debió a la ausencia de un proceso riguroso de evaluación de los hábitos polívoros de los enemigos naturales exóticos antes de su liberación. En algunos casos extremos se ha provocado la extinción de especies, como la palomilla del cocotero *Levuana iridescens* Bethune-Baker, debido a la introducción en 1925 del taquinido *Bessa remota* Aldrich en Fiji (Kuris, 2003). La literatura mundial que aborda los casos exitosos, así como los aspectos controver-

siales del uso de agentes de control biológico, es numerosa. Basta citar algunos ejemplos: DeBach (1968, 1977), Laing y Hamai (1976), Simmonds *et al.* (1976), Clausen (1978), Hokkanen (1985), Waage y Greathead (1988), Funasaki *et al.* (1988), Howarth (1983, 1991), Simberloff y Stiling (1996), Louda (2003).

Hoy en día, la comunidad científica, y las autoridades de fitosanidad y protección ambiental, exigen que cada acción de control biológico desarrollada en cualquier parte del mundo se haga de manera legal, planificada, con análisis de riesgos, ética, apego al método científico, pertinencia, factibilidad económica y que no afecte especies o comunidades que no son el blanco de dichas acciones (Barratt *et al.*, 2010).

DESARROLLO HISTÓRICO

Existen diversos registros antiguos sobre el interés en el control biológico en México. Alzate y Ramírez (1791) observaron la utilidad de los camaleones como depredadores de insectos en la Nueva España. Anónimo (1889) informó sobre el beneficio de los parasitoides en el combate de plagas. Anónimo (1892) sugirió la posibilidad del cultivo artificial de hongos entomopatógenos contra las plagas. También se sugirió la cría de murciélagos para combatir los mosquitos (Anónimo, 1914). Sin embargo, el control biológico como disciplina y método de combate de plagas inició en México prácticamente después del éxito de la catarinita *Vedalia*, cuando este caso ocurrió en Estados Unidos (Barrera 2006).

Con la fundación de la Comisión de Parasitología Agrícola en 1900, se planearon programas enfocados al reconocimiento de hongos entomopatógenos para el control de chapulines y langosta; el desarrollo de metodologías para la cría masiva de *Pyemotes ventricosus* (Newport) (Prostigmata: Pyemotidae) y su uso en el control del picudo del algodón *Anthonomus grandis* Boheman (Coleoptera: Curculionidae); la explotación de enemigos naturales de la mosca pinta *Aeneolamia postica* (Walker) (Hemiptera: Cercopidae); y la importación desde Europa de *Salmonella typhi murinum* Loeffler para el control de

rata de campo. Durante ese tiempo, también se propuso utilizar un hongo entomopatógeno que ataca, en condiciones naturales, a la langosta, y tras la evolución de la enfermedad que les causa la muerte los adultos quedan momificados en los árboles donde se posan durante la noche. Este hongo se conocía en esa época como *Empusa grilli* y actualmente forma parte del género *Entomophthora* (Jiménez, 1999). Otros trabajos realizados fueron la producción y aplicación de la bacteria *Aerobacter aerogenes* var. *acridiorum* (d'Herelle) (Enterobacteriaceae), para provocar epizootias contra la langosta, sin lograr resultados satisfactorios (Coronado, 1965).

Durante la década de 1920, se realizaron otros estudios sobre el control biológico de la langosta mediante *Scelio fuscipennis* Ashmead (Hymenoptera: Scelionidae), un sceliónido parasitoide de huevos (Dampf, 1929). Al final de esa década, los problemas fitosanitarios causados por el gusano barrenador de la caña de azúcar en El Dorado, Sinaloa, provocaron que los administradores de ese ingenio tomarán la decisión de importar parasitoides de huevos. Debido a esto, Piero Temistocles Vogliotti, responsable del proyecto, produjo y liberó *Trichogramma minutum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) en el área de abasto del ingenio, sin obtener los resultados esperados (Abarca, 1976; Salazar *et al.*, 1976). Nuevos intentos para controlar poblaciones de langosta fueron realizados utilizando *Aerobacter aerogenes* var. *acridiorum* con resultados desalentadores; al parecer esta bacteria no es entomopatógena, sino un habitante común del tracto digestivo de muchos insectos (Bucher, 1959). De 1922 a 1929, se introdujeron los taquinidos *Lixophaga diatraeae* Towns (Diptera: Tachinidae) y *Parateresia claripalpis* Wulp, debido a las pérdidas en caña de azúcar provocadas por los barrenadores *Diatraea* spp. (Lepidoptera: Crambidae); aunque se desconoce si llegaron a establecerse en las zonas donde fueron liberadas.

Independientemente de estas acciones que tuvieron lugar al inicio del siglo xx, los programas formales de control biológico iniciaron en la década de 1940 con la introducción de *Aphelinus mali* (Haldeman) para el control del pulgón laní-

gero del manzano, *Eriosoma lanigerum* (Hausmann), en Coahuila. En 1938 se hizo el primer intento de control biológico en la mosca prieta de los cítricos, *Aleurocanthus woglumi* Ashby. Sin embargo, entre 1949 y 1950 el Departamento de Agricultura de los EE.UU. (USDA), y la entonces Dirección de Defensa Agrícola de México, llevaron a cabo un programa para la introducción de enemigos naturales provenientes de la India y Pakistán con resultados contundentes en el control de esta plaga (Jiménez, 1958; Smith *et al.*, 1964; Carrillo, 1985; Arredondo *et al.*, 2008). Más adelante se establecieron diferentes programas de introducción de enemigos naturales previamente importados a Estados Unidos. Las plagas consideradas y sus enemigos naturales fueron la escama algodonosa de los cítricos *I. purchasi* con *R. cardinalis* (Jiménez, 1999); la escama purpúrea *Lepidosaphes beckii* (Newman) con el parasitoide *Aphytis lepidosaphes* Compere; la escama roja de Florida *Chrysomphalus aonidum* (L.) con el parasitoide *Aphytis holoxanthus* DeBach y *Pseudhomalopoda prima* Girault; la escama algodonosa de los pastos *Antonina graminis* (Mask.) con los parasitoides *Anagyrus antoninae* Timb. y *Neodusmetia sangwani* (Rao); y el pulgón manchado de la alfalfa *Therioaphis trifolii* (= *maculata*) (Buckton) con las especies *Praon palitans* Muesebeck, *Aphelinus semiflavus* Howard y *Trioxys utilis* Muesebeck (Jiménez, 1967; Carrillo, 1985).

Merecen mención especial las moscas de la fruta, uno de los problemas fitosanitarios más importantes en México. Los esfuerzos por controlar a las poblaciones de estas especies, particularmente del género *Anastrepha*, se han realizado desde 1929 por el Gobierno Federal. Las pérdidas económicas derivadas de las infestaciones incrementó los costos de producción y creó un retraso en el desarrollo de la industria frutícola, cerrando las posibilidades del comercio internacional. Aunque existían acuerdos de cooperación con Estados Unidos, encaminados a detección y control de esta plaga desde principios del siglo xx no fue sino hasta 1954 cuando la entonces Dirección General de Defensa Agrícola, después de fundar el Departamento de Control Biológico, dio inicio a la introducción de 12 especies de parasitoides. Los

agentes de control biológico importados son nativos de la región indo-australiana y atacan originalmente a moscas del género *Dacus* y *Ceratitis*, por lo que se pensó que sería difícil su colonización.

El concepto neoclásico de control (uso de enemigos naturales exóticos para el control de plagas nativas) fue aplicado desde entonces; así las liberaciones de parasitoides en Cuernavaca, Morelos, el 20 de mayo de 1954, determinan el inicio del control biológico de moscas de la fruta en México. De los parasitoides importados *Opius oophilus* Fullaway (Hymenoptera: Braconidae) ataca huevos y es un factor importante de mortalidad de algunas especies de *Dacus*, aunque no se logró su establecimiento en las regiones frutícolas del país. Las otras especies pertenecen a los géneros *Diachasmimorpha* y *Opius*, y son parasitoides de larvas de los primeros instares; los muestreos en años posteriores indicaron la recuperación de *O. taiensis* Ashmead (Hymenoptera: Braconidae), *O. formosanus* Fullaway (Hymenoptera: Braconidae), el cinípido *Trybliographa daci* Weld (Hymenoptera: Eucoilidae) y *Dirhinus giffardii* Silvestri (Hymenoptera: Chalcididae). Las especies que lograron su colonización y mayor impacto en las poblaciones de moscas de la fruta fueron *Diachasmimorpha longicaudatus* (Ashmead) (Hymenoptera: Braconidae), *Pachycrepoideus vindemiae* Rondani (Hymenoptera: Pteromalidae) y *Aceratoneuromyia indica* (Silvestri) (Hymenoptera: Eulophidae). La historia y perspectivas del control biológico de moscas de la fruta en México fueron discutidos recientemente por Aluja *et al.* (2008).

Como consecuencia de las experiencias adquiridas a lo largo de la historia en la erradicación de la mosca del mediterráneo, y el desarrollo de tecnología para controlar plagas, existe una campaña nacional contra moscas de la fruta que incluye prácticas culturales, utilización de insecticidas químicos, control autocida, control mecánico, trampeo, muestreo y control biológico (Gutiérrez *et al.*, 2013). El control biológico se realiza basándose principalmente en liberaciones inundativas de *D. longicaudatus*. Actualmente esta campaña la desarrolla la Dirección General de Sanidad Vegetal (DGSV) y cuenta con un esquema organizacional y altos niveles de infraestructura y recursos

humanos (Gutiérrez *et al.*, 2013). El apoyo económico proviene del Gobierno Federal, Estatal y productores; además del Gobierno de Estados Unidos y organizaciones donantes como la FAO y la Agencia Internacional de Energía Atómica.

Entre los casos más recientes de control biológico se incluyen el de la cochinilla rosada del hibisco, *M. hirsutus* (Arredondo, 2006); la broca del café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Barrera *et al.*, 2008); el del lirio acuático, *Eichhorniae crassipes* (Mart.) Solms; el pulgón café de los cítricos, *Toxoptera citricida* (Kirkaldy); la langosta, *Schistocerca piceifrons* Walker (Arredondo y Hernández, 2002); y el psílido asiático de los cítricos, *Diaphorina citri* Kuwayama (Sánchez *et al.*, 2010).

La historia del control biológico de plagas agrícolas en México ha estado íntimamente ligada al desarrollo de las instancias de defensa agrícola que precedieron a lo que en la actualidad es la DGSV, tal es el caso de la Comisión de Parasitología Agrícola, creada en 1900. En la década de 1940, eventos importantes, como el control biológico de la mosca prieta de los cítricos, reactivaron el interés por esta tecnología. Como consecuencia, en 1949 se volvió necesario contar con una estructura orgánica que incluyera al control biológico como una Sección de la Oficina de Campañas Fitosanitarias de la Dirección General de Defensa Agrícola; posteriormente en 1954 la Sección pasó a ser Oficina de Control Biológico. Esta Oficina tuvo el objetivo principal de iniciar la búsqueda e introducción de enemigos naturales de plagas de importancia económica, y en colaboración con el USDA se realizaron las primeras importaciones de enemigos naturales de dos plagas no presentes en México: la mosca del Mediterráneo, *Ceratitis capitata* (Wiedemann), y la mosca oriental de la fruta, *Bactrocera dorsalis* (Hendel). El propósito fundamental de esta importación fue establecer el control de moscas nativas de la fruta del género *Anastrepha* spp. (Carrillo, 1985; Arredondo *et al.*, 2011).

En 1957 se construyó el primer Laboratorio de Control Biológico en los terrenos de la Dirección General de Defensa Agrícola, ubicada en los Viveros de Coyoacán, en México, D.F. Para 1964, ya establecida como la DGSV, se creó el Departamento

de Control Biológico, el cual estuvo en operación durante 27 años, y en mayo de 1991 pasó a ser el Centro Nacional de Referencia de Control Biológico (CNRCB), ubicado en Tecomán, Colima. En el periodo que comprendió la creación de la Sección de Control Biológico, hasta que se convirtió en el Departamento de Control Biológico, se construyeron 21 Centros Reproductores de Insectos Benéficos a cargo del Gobierno Federal. Estos centros representaron la red nacional de laboratorios reproductores de agentes de control biológico coordinados por la DGSV, los cuales más adelante fueron conocidos como Centros Regionales de Estudios y Reproducción de Organismos Benéficos (CREROB's). En 1991 la administración y operación de los CREROB's fue transferida a asociaciones de productores en las distintas regiones del país (Arredondo, 2006). A partir de 1963, y hasta la fecha, se cría al parasitoide *Trichogramma* spp. en estos centros. Desde 2006 se cuenta con más de 60 laboratorios que producen y distribuyen un total de 34 especies de agentes de control biológico, de los cuales el 12% son depredadores, el 32% parasitoides, 26% microorganismos entomopatógenos, el 21% fitófagos y fitopatógenos como agentes de control biológico de maleza, y el 9% antagonistas (Arredondo, 2006; Arredondo *et al.*, 2012).

La Sociedad Mexicana de Control Biológico (SMCB) ha jugado un papel importante en la difusión y capacitación del control biológico en México, desde su fundación en 1989. A partir de ese año, y hasta 2013, la SMCB ha organizado de manera ininterrumpida 24 Congresos Nacionales en diferentes localidades del territorio mexicano, con el apoyo local de diversas instituciones y organismos. En los congresos anuales se han presentado cerca de 2,500 trabajos (orales y carteles) en las diferentes mesas y secciones, incluyendo los simposios especiales que se organizan de forma paralela al congreso. En estos congresos se han reunido más de 6 mil productores, técnicos, investigadores, docentes y estudiantes, quienes han tenido la oportunidad de conocer los avances más relevantes de la disciplina en México y el mundo. Previo a los congresos, la SMCB ha organizado cursos y talleres, donde se han capacitado cerca de

4 mil estudiantes, técnicos y productores. La difusión del control biológico que ofrece la SMCB se realiza a través de las memorias de congresos y cursos, las revistas *Entomófago* y *Vedalia*, así como la página web que desde su creación ha tenido más de 60 mil visitas de diversos países. Una labor importante de la SMCB es fomentar la coordinación con asociaciones de productores, organizaciones gubernamentales, instituciones de investigación y enseñanza superior, tanto de México como del extranjero (Rodríguez *et al.*, 2009).

Diversos autores han documentado el desarrollo histórico del control biológico en México (Coronado, 1965-1975; Otero y Muñiz, 1981; Carrillo, 1985; Alatorre, 1992; Bernal y Quezada, 1999; Jiménez, 1999; Badii *et al.*, 2000; Arredondo y Rodríguez, 2008; Barrera, 2011; Williams *et al.*, 2013). Hace tres décadas Otero y Muñiz (1981) concluyeron que «el control biológico de insectos en México está aún en sus fases iniciales y que, a pesar de la fuerte expansión durante los últimos 30 años, el esfuerzo invertido aún no tiene resultados plenamente satisfactorios». En esa época, también Carrillo (1985) comentó que «se han realizado muchos trabajos y se han obtenido grandes logros en el control biológico, aun cuando estamos lejos de alcanzar todos sus beneficios; indudablemente todavía queda mucho por hacer en este campo». Por su parte, Alatorre (1992) concluyó hace dos décadas que «el control microbiano en México es un área activa en la investigación para la industria, el gobierno y la academia; se espera que el desarrollo de bioinsecticidas se incremente en un futuro cercano».

Las tendencias del estudio y aplicación del control biológico en nuestro país se discutieron con base en un análisis bibliométrico de 3,150 referencias (Rodríguez y Arredondo, 2007). Las conclusiones más relevantes de este trabajo incluyen: (1) El 86% de los autores han publicado entre uno y tres artículos, lo que representa el 49% de todas las citas; el 10% de los autores han publicado entre cuatro y nueve trabajos (24% de las citas); y el 4% de los autores han publicado más de 10 artículos (27% de las citas). (2) El 80% de los trabajos se han publicado en las últimas dos décadas. (3) La coautoría (autores/artículo) en los

trabajos ha aumentado gradualmente, con un promedio de 1.1 antes de la década de 1950 hasta 3.4 en la actualidad. (4) El 56% de los trabajos se han publicado en memorias de congresos, 25% en revistas científicas, 7% en memorias de cursos, 5% en revistas técnicas, 5% en folletos técnicos y 2% en libros. (5) El 91% de los autores son mexicanos y 9% extranjeros, principalmente de Estados Unidos. (6) Antes de 1990 se registraban 40 instituciones, organismos y empresas nacionales, y 16 extranjeras; en la actualidad se registran 128 nacionales y 62 extranjeras. (7) El 88.7% de las publicaciones son de agricultura, el 4.8% del sector salud, el 3.5% de recursos naturales y el 3% de ganadería. (8) Los organismos dañinos que se combaten son artrópodos (90%), patógenos (5.9%), maleza (3.8%) y vertebrados (0.3%). (9) Los agentes de control biológico estudiados son los parasitoides (33%), entomopatógenos (31%), depredadores (13%), fitófagos (2%) y vertebrados (1%). (10) El 87% de los trabajos sobre entomopatógenos se han publicado a partir de 1990. (11) El 83% de las publicaciones se refieren a trabajos básicos y exploratorios y 17% a estudios aplicados o avanzados.

SITUACIÓN ACTUAL

El renovado interés por el control biológico en México se deriva de diversos factores, entre ellos la fundación de la SMCB; el apoyo gubernamental para la investigación y becas de posgrado en esta disciplina; y a la labor de numerosos organismos e instituciones de investigación y enseñanza superior de nuestro país, los que han intensificado los estudios y transferencia de tecnología sobre control biológico durante los últimos años. Desde el punto de vista comercial, actualmente se importan a México 58 especies de parasitoides y depredadores (insectos y ácaros) para el control de un sinnúmero de plagas, sobre todo en cultivos protegidos (NAPPO, 2012).

Diversos centros de investigación y el Gobierno Federal, a través del CNRCB, conducen en la actualidad varios programas de control biológico. Recomendamos revisar los avances de estos programas en las memorias de los congresos orga-

nizados por la SMCB durante los últimos años. A continuación, se presenta una breve reseña de los avances de los siguientes cuatro casos:

Barrenadores del tallo de la caña de azúcar, *Diatraea* spp. y *Eoreuma loftini* Dyar. En los últimos 15 años, en Los Mochis, Sinaloa, se han movilizado, estudiado y liberado un total de 13 parasitoides nacionales e importados contra el barrenador de la caña de azúcar *Diatraea consoderata* Heinrich. Se estima que la disminución del daño causado por el barrenador, como resultado del control biológico, representa un ahorro de 25 millones de pesos anuales en la región (Rodríguez y Vejar, 2008). Actualmente, el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), en coordinación con diversas instituciones, conduce un proyecto nacional sobre barrenadores de la caña financiado por la SAGARPA; uno de los objetivos de dicho proyecto es el control biológico del barrenador. Hasta la fecha se han identificado 15 parasitoides y diversos entomopatógenos, los cuales causan una mortalidad acumulada de hasta un 90%. Se ha aislado una cepa específica (Ma181) del hongo *Metarhizium anisopliae* (Metschn.) Sorokin, que tiene potencial para ser utilizada comercialmente como insecticida biológico contra el barrenador (Rodríguez et al., 2012).

Gusano terciopelo de la soya, *Anticarsia gemmatilis* Hübner. Es el defoliador más importante de la soya en México, con pérdidas en el rendimiento de hasta un 40%. Durante la última década, el INIFAP ha desarrollado un sistema de manejo integrado de *A. gemmatilis*, en el que una cepa del virus AgNPV, importada de Brasil, es el principal componente. El virus es capaz de matar hasta el 100% de las larvas de *A. gemmatilis* en campo, con las ventajas adicionales de no afectar la presencia de insectos depredadores (crisopas, chinches y arañas); no influir en la resurgencia de plagas secundarias; y reducir el costo del control en un 50%, en comparación con el control químico de esta plaga. Esta tecnología se ha popularizado entre los productores de soya en la región, y actualmente se utiliza en 10 mil hectáreas (Ávila

y Rodríguez, 2008). En el presente libro se incluye un capítulo que describe el impacto económico y ecológico del uso del AgNPV.

Broca del café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari). La broca es un insecto originario de África, catalogada como la plaga más común del café (*Coffea* spp.) en el mundo. Las hembras perforan los frutos y ovipositan en las semillas o granos del café, donde transcurre todo su ciclo biológico. Como consecuencia de la alimentación de larvas y adultos, se reduce el rendimiento y se demerita la calidad de los granos. El primer reporte de la broca en México data de 1978, cuando fue descubierta en algunos cafetales del Soconusco, Chiapas, colindantes con Guatemala. Actualmente esta plaga se encuentra presente en todos los estados productores de café del país. Entre 1988 y 1992 se introdujeron desde África a Tapachula, Chiapas (vía Inglaterra), dos parasitoides de larvas y pupas de la familia Bethyridae, *Cephalonomia stephanoderis* Betrem y *Prorops nasuta* Waterston. Posteriormente, en 1992 (vía Inglaterra) y en 2000 (vía Colombia y Guatemala), fue introducido *Phymastichus coffea* LaSalle, un parasitoide de adultos de la familia Eulophidae (Barrera et al., 2008). Un muestreo realizado por Gómez et al. (2010) en el Soconusco mostró que solo *C. stephanoderis* se encontraba establecido, con presencia en el 68% de las muestras revisadas y del 0.3 al 26% de parasitismo. Con el fin de mejorar la efectividad de estos parasitoides se sugiere criarlos y liberarlos periódicamente (Barrera et al., 1992). Las tres especies de parasitoides se crían en los laboratorios de El Colegio de la Frontera Sur en Tapachula. Por otro lado, el hongo *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin puede causar epizootias naturales sobre la broca, por lo que ha sido usado contra esta plaga mediante aspersiones dirigidas a focos de infestación (Barrera et al., 2008).

Cochinilla rosada del hibisco, *Maconellia coccus hirsutus* (Green). Esta plaga es considerada una amenaza para la agricultura, así como para la industria forestal y de invernaderos. Ataca a una gran diversidad de plantas entre las que se encuentran la anona, cafeto, calabaza, cacao, ca-

rambolo, chirimoya, cítricos, espárrago, frijol, guanávana, guayaba, hibisco, mango, mora, neem, soya, parotas y teca, por mencionar algunas. En 1999 se presentó en el sur de California, E.U.A., y Mexicali, Baja California, en México. La cochinilla rosada del hibisco ataca a más de 200 plantas de 75 familias (Santiago *et al.*, 2008). En agosto de 1996 el parasitoide exótico *Anagyrus kamali* Moursi fue liberado en la isla de Saint Kitts, donde en un periodo de dos años la densidad de población se redujo el 94% en toda la isla. En 1997, la misma tecnología fue transferida a las Islas Virgenes (E.U.A.), donde la densidad de población se redujo el 90% en Saint Thomas y el 94% en Saint Croix (Meyerdirk *et al.*, 2000). El parasitoide *Gyranoidea indica* Shafee de Egipto también fue liberado, no obstante predomina *A. kamali* (Meyerdirk *et al.*, 2000).

Tomando en cuenta la posible dispersión de la cochinilla rosada en México, los atributos de los parasitoides y la experiencia obtenida en las islas caribeñas, se ejecutaron medidas sanitarias de protección, donde se establecieron estrategias de aplicación de insecticidas, así como tala y quema de árboles infestados. De igual manera, se liberaron en septiembre de 1999, 1,600 especímenes de *A. kamali* y 600 de *G. indica* en nueve sitios de Mexicali, Baja California, sobre plantas de mora, obelisco, toronja y algarrobo. Dichos parasitoides fueron traídos de Puerto Rico, logrando recuperar poblaciones de ambas especies. No conforme al plan de protección establecido, en enero de 2004 se diagnosticó la presencia de cochinilla rosada en Bahía de Banderas, Nayarit, y posteriormente en Puerto Vallarta, Jalisco, por lo que se estableció un plan emergente fitosanitario contra esta plaga, incluyendo al control biológico como parte de la estrategia de combate. Para ello, desde abril de 2004, se importaron poblaciones de *A. kamali* desde Belice y Puerto Rico; en 2005, el número de insectos liberados ascendió a más de 385 mil insectos, incluyendo poblaciones de *G. indica* importadas de Puerto Rico. Los parasitoides fueron más eficientes cuando las poblaciones de cochinilla eran bajas. Como parte del plan, se trabajó también con el depredador *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant, que es efectivo cuando las

densidades poblacionales de la cochinilla son altas. Las poblaciones del depredador fueron importadas desde Canadá y California, además se usaron especímenes reproducidos a nivel nacional. Las liberaciones iniciaron en junio de 2004, y desde entonces se han recuperado poblaciones de este depredador. En los sitios de liberación del depredador las poblaciones de *M. hirsutus* se han reducido hasta el 95% (Santiago *et al.*, 2008). Actualmente se realizan liberaciones en nuevos sitios de invasión en los estados de Baja California Sur, Sinaloa, Colima, Michoacán, Guerrero, Oaxaca, Chiapas, Tabasco, Quintana Roo, Yucatán, Veracruz, Tamaulipas, San Luis Potosí y Campeche.

RETOS Y PERSPECTIVAS

El análisis bibliométrico de Rodríguez y Arredondo (2007) evidenció algunas limitantes en la literatura publicada sobre control biológico en México; entre ellas la falta de claridad en los aspectos metodológicos y la carencia, en la mayoría de los casos, de un análisis económico donde se detalle la relación beneficio/costo (Barrera, 2011). Se detectó además un desequilibrio entre los estudios básicos y los aplicados, y se sugirió transitar más rápido del laboratorio hacia la validación y transferencia de tecnología en el campo (Barrera *et al.*, 1992; Rodríguez, 1996; Jarquín *et al.*, 1999). Por último, se observó una baja proporción de publicaciones en revistas científicas, en relación a los trabajos publicados en memorias de congresos y cursos.

Por otro lado, antes de liberar cualquier organismo, los programas de control biológico deberán cumplir con los requisitos y normas establecidas (Trujillo, 1995; Arredondo, 1998; Arredondo y Perales, 1998), además de realizar análisis de riesgos exhaustivos para evitar el impacto negativo en especies que no son el objeto del control (Louda *et al.*, 2003). Se deberá aprovechar la biotecnología para la producción de microorganismos como agentes de control biológico, y asegurar así su calidad y bioseguridad (Mier *et al.*, 1989, 1994; Berlanga y Hernández, 1997; De la Rosa y López, 1998; Toriello, 2003; Toriello y Mier, 2006).

En los próximos años el control biológico puede incrementar debido a la concurrencia de factores como: (1) Incremento en el costo de los insecticidas. (2) Incremento en el número de plagas resistentes a los plaguicidas. (3) Preocupación de la sociedad sobre la contaminación del ambiente por plaguicidas. (4) Incremento de las normas que limitarán el uso de plaguicidas (Summy y French, 1988). De acuerdo con Hoy (1985), los programas de control biológico clásico continúan siendo necesarios, porque: (1) Las plagas exóticas seguirán entrando a los países de manera continua. (2) Los programas previos que no fueron exitosos se podrían volver a intentar. (3) Los enemigos naturales exóticos podrían ser utilizados con mayor énfasis para el control de plagas nativas. Algunos datos en relación a las plagas exóticas indican que desde 1800 un total de 1,683 especies se habían establecido en Estados Unidos, y de estas, 837 se introdujeron desde 1910 (Kim, 1991).

En gran medida, el futuro del control biológico clásico lo constituirá la habilidad de las plagas para invadir nuevas regiones (Waage y Greathead, 1988). Aunque el control biológico clásico continúa fascinando a los ecólogos, recientemente se ha puesto mayor atención sobre los métodos inundativos, en particular en el potencial comercial de los bioplaguicidas. Muchos inversionistas en proyectos de alto riesgo económico, están poniendo su capital en el desarrollo de patógenos; sin embargo, cabe mencionar que las empresas pequeñas deben competir contra las grandes, y muchas de ellas están cerrando después de poco tiempo de operar. Debido a esta situación, no se visualiza un salto grande en la industria de los productos microbiales (Waage y Greathead, 1988).

Las invasiones biológicas son un tema que merece especial consideración debido al papel que puede tener el control biológico. Las especies invasoras constituyen una de las causas más importantes de pérdida de biodiversidad, degradación de los ecosistemas y pérdida de los servicios ecosistémicos. Debido a la globalización del comercio, el turismo, los medios modernos de transporte y el cambio climático, entre otros, las invasiones biológicas han incrementado de

manera significativa a partir de la mitad del siglo pasado (Pysek y Richardson, 2010). El proceso de la invasión es relevante para el control biológico, tanto por la introducción no intencional de plagas exóticas, como por la introducción intencional o planeada de enemigos naturales (Ehler, 1998). En una era de cambios globales, como la actual, la ecología y manejo de las invasiones, así como el control biológico, son campos de la ciencia que podrán beneficiarse mutuamente.

En los países en desarrollo, donde es altamente elevado el costo de los insecticidas y frecuente la resistencia de las plagas a éstos, el control biológico tiene una aplicación especial que no ha sido explotada lo suficiente (Greathead y Waage, 1988). Por lo tanto, el control biológico representa, para América Latina, el método de control de plagas más viable, ecológicamente recomendable y autosostenido (Altieri *et al.*, 1989). En especial, el control biológico por conservación es importante para países como México, cuya agricultura se basa principalmente en la siembra de los cultivos nativos; además, esta estrategia de control biológico tiene la capacidad de promover el control de más de una especie plaga (Trujillo, 1991). También es importante señalar que la posibilidad de privatizar grandes superficies ejidales, la globalización de la economía, la inocuidad alimentaria, la agricultura orgánica y la introducción de plantas transgénicas con propiedades insecticidas, podrían alterar el marco ecológico y social dentro del cual se desarrolla el control biológico en México (Bernal y Quezada, 1999; Arredondo y Hernández, 2002).

En un análisis reciente de los factores que favorecen y limitan el control biológico en México, Williams *et al.* (2013) identificaron la necesidad de establecer una política nacional que promueva al control biológico en programas de manejo integrado de plagas. Dicha política debería estar basada en las fortalezas que ya existen, y también deberá dirigirse a fortalecer las debilidades del país en esta materia. Específicamente identificaron una serie de fortalezas: (1) Una historia de casos exitosos en el pasado. (2) Mayor conciencia en las agencias financiadoras respecto al valor de proyectos de investigación interinstitucionales. (3) Algunos investigadores altamente capacitados.

(4) Uso actual de programas de insecto estéril a nivel regional. (5) Interés de autoridades federales (SAGARPA) en el financiamiento de programas de control biológico. (6) Acceso a colaboradores internacionales, como USDA-APHIS. (7) El apoyo de la SMCB en la capacitación de estudiantes y productores. (8) Una producción importante de enemigos naturales, criados por laboratorios abastecedores presentes en distintas partes del país. (9) Amenazas de plagas exóticas como posibles candidatas al control biológico clásico. (10) El trabajo del CNRCB y otras instituciones para implementar y evaluar programas de control biológico. El mismo estudio identificó los siguientes factores como limitantes para el desarrollo del control biológico en México: (1) Muchos proyectos con financiamiento de corto plazo (2 a 3 años). (2) En gran medida el apoyo a la investigación se otorga a proyectos pequeños de instituciones individuales. (3) La carencia generalizada de científicos activos experimentados. (4) Alto grado de heterogeneidad en la tecnología aplicada a los sistemas de producción en México. (5) El uso generalizado de plaguicidas de amplio espectro. (6) Limitado monitoreo de residuos de plaguicidas en alimentos de consumo nacional. (7) Amenazas importantes de plagas exóticas (también se puede considerar una ventaja). (8) Poca experiencia en la evaluación del impacto no deseado de enemigos naturales exóticos. (9) Pocos incentivos para la adopción de prácticas de control biológico por parte de los productores. (10) Carencia de un sistema de evaluación de la eficiencia de los enemigos naturales liberados en el país. (11) Ausencia de evaluaciones costo-beneficio del control biológico para la mayoría de los sistemas de producción en México. (12) Poca apreciación del valor del control biológico y la conservación de la biodiversidad en los cultivos por parte de productores, extensionistas y público en general.

Finalmente, Williams *et al.* (2013) recomendaron el desarrollo de paquetes tecnológicos para la protección de cultivos. Para enfrentar los diversos retos de la agricultura mexicana, cada uno deberá de contar con el control biológico como base, así como el uso de programas intensivos de educación y capacitación de productores y

técnicos; cada paquete tecnológico deberá de adecuarse a sus experiencias y conocimiento acerca de las relaciones cultivo-plaga. Estos paquetes podrían tener un marcado éxito en México y otras partes del mundo (Andrews *et al.*, 1992; Mota *et al.*, 2003).

LITERATURA CITADA

- Abarca, M. (1976). El barrenador de la caña de azúcar. En: *Memoria del IV Simposio Nacional de Parasitología Agrícola. Ingenieros Agrónomos Parasitólogos e Instituto para el Mejoramiento de la Producción de Azúcar* (pp. 211-218). Veracruz, octubre de 1976.
- Alatorre, R. (1992). Importancia del control microbiano en México. *Ceiba*. 33(1), 155-159.
- Altieri, M. A., Trujillo, J., Campos, L., Klein-Koch, C., Gold, C. S. y Quezada, J.R. (1989). El control biológico clásico en América Latina en su contexto histórico. *Manejo Integrado de Plagas*, 12, 82-107.
- Aluja, M., Montoya, P., Cancino, J., Guillén, L. y Ramírez, R. R. (2008). Moscas de la fruta, *Anastrepha* spp. (Diptera: Tephritidae). En: H.C., Arredondo y L.A., Rodríguez (Eds.), *Casos de Control Biológico en México* (pp. 193-222). México-España: Mundi-Prensa.
- Alzate y Ramírez, J. (1791). Utilidad de los camaleones de Nueva España. *La Naturaleza* (Torno VI) (p. 195) (Tornada de la Gaceta de Literatura de 22 de marzo y 5 de abril de 1791).
- Andrews, K. L., Jeffery, W., Bentley, J. W. y Cave, R. (1992). Enhancing biological control's contributions to integrated pest management through appropriate levels of farmer participation. *Fla. Entomol.* 75, 429-39.
- Anónimo. (1889). Parásitos contra parásitos. *Boletín de la Sociedad Agrícola Mexicana*, 13, 624.
- Anónimo (1892). Cultivo artificial de los hongos insecticidas. Destrucción del abejorro y de su larva por el *Botrytis tenella*. *Boletín de la Sociedad Agrícola Mexicana*, 16, 177.
- Anónimo (1914). Cría de murciélagos para combatir los mosquitos. *Boletín de la Sociedad Agrícola Mexicana*, 38, 176.
- Arredondo, H. C. (1998). La normatividad relativa al control biológico en México. En: J.M. Vázquez (Ed.), *Memoria del Curso «Métodos Alternativos para el Control de Plagas»* (pp. 6-8) Comarca Lagunera, México, marzo de 1998.
- Arredondo, H. C. (2006). Aportaciones del control biológico en México. En: C.A. Ángel (Ed.), *XVII Curso Nacional de Control Biológico. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria-Sociedad Mexicana de Control Biológico* (pp. 218-232).
- Arredondo, H. C. y Perales, M. A. (1998). La normalización del control biológico en México. *Centro Nacional de Referencia de Control Biológico. Dirección General de Sanidad Vegetal*. (p. 2). Ficha Técnica CB-11.
- Arredondo, H. C., Mellín, M. A. y Jiménez, E. (2008). Mosca prieta de los cítricos, *Aleurocanthus woglumi* Ashby (Hemiptera: Aleyrodidae). En: H. C. Arredondo y L. A. Rodríguez (Eds.), *Casos de Control Biológico en México* (pp. 333-346). México-España: Mundi-Prensa.
- Arredondo, H. C., Mellín, M. A., y Sánchez, J. A. (2012) Control Biológico en México. En: J. Ibarra y P. Martínez (Eds.), *Memorias del XXIII Curso Nacional de Control Biológico. Sociedad Mexicana de Control Biológico y Benemérita Universidad Autónoma de Puebla*. (pp. 222-245).
- Arredondo, H. C., Sánchez J. A., Mellín M. A., Hernández, I. y Naranjo, J. M. (2011). *20 Aniversario del Centro Nacional de Referencia de Control Biológico* (p. 67) SENASICA.

- Arredondo, H. C. y Hernández, V. M. (2002). Sinopsis: situación actual del control biológico de plagas en México. En: *XIII Memoria del Curso Nacional de Control Biológico. Sociedad Mexicana de Control Biológico*. (pp. 175-186).
- Arredondo, H. C. y Rodríguez, L. A. (Eds.). (2008). *Casos de Control Biológico en México*. México-España: Mundi-Prensa. 423 p.
- Ávila, J. y Rodríguez, L. A. (2008). Gusano terciopelo de la soya, *Anticarsia gemmatilis* (Lepidoptera: Noctuidae). En: H. C. Arredondo y L. A. Rodríguez (Eds.), *Casos de Control Biológico en México* (pp. 89-100). México-España: Mundi-Prensa.
- Badii, M. H., Tejeda, L. O., Flores, A. E., López, C. E., Ruiz, E. y Quiroz, H. (2000) Historia, fundamentos e importancia. *Fundamentos y Perspectivas de Control Biológico* (pp. 3-17). México: Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Baratt, B. I., Howarth, F. G., Withers, T. M., Kean, J. M. y Ridley, G. S. (2010). *Progress in risk assessment for classical biological control*. *Biol. Control*, 52, 245-254.
- Barrera, J. F. (2006). La vedalia, *Rodolia cardinalis*: 120 años después. *Vedalia*, 13, 1-2.
- Barrera, J. F. (2011). Introducción, filosofía y alcance del control biológico. En: *XXII Curso Nacional de Control Biológico*. Monterrey, Nuevo León, México, noviembre de 2011.
- Barrera, J. F., Infante, F., Castillo, A., Gómez, J. y De la Rosa, W. (1992). Descripción de la cría rural de parasitoides para el control biológico de la broca del café y análisis de su adopción y transferencia. En: *Memoria del XV Simposio Latinoamericano de Cafecultura*. SARH-INMECAFE-IICA/PROMECAFE. Xalapa, Veracruz, México, julio de 1992.
- Barrera, J. F., Gómez, J., Castillo, A., López, E., Herrera, J. y González, G. (2008). Broca del café, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae). En: H. C. Arredondo y L. A. Rodríguez (Eds.), *Casos de Control Biológico en México* (pp. 101-120). México-España: Mundi-Prensa.
- Berlanga, A. M. y Hernández, V. M. (1997). Control de calidad en la producción masiva de *Paecilomyces fumosoroseus* (Wize) Brown y Smith, enemigo natural de «mosquita blanca». En: *Memoria del XXXII Congreso Nacional de Entomología, Sociedad Mexicana de Entomología*. (pp. 52-53). Metepec, Puebla, México, mayo de 1997.
- Bernal, J. S. y Quezada, J. R. (1999). Perspectivas y desafíos para el control biológico en México. *Vedalia*, 6, 3-14.
- Bucher, G. E. (1959). The bacterium *Coccobacillus acridiorum* d'Herelle: its taxonomic position and status as a pathogen of locust and grasshoppers. *J. Insect Pathol.* 1, 331-346.
- Carrillo, J. L. (1985). Evolución del control biológico de insectos en México. *Folia Entomología Mexicana*, 65, 139-146.
- Clausen, C. P. (1978). Introduced parasitoids and predators of arthropod pest and weeds: A world review. *United States Department of Agriculture, Agriculture Research Service, Agriculture Handbook*, 480, 545.
- Coronado, R. (1965). Breve historia del uso de enemigos naturales para el combate de plagas agrícolas en México. *Fitófilo*, 45, 5-10.
- Coronado, R. (1975). Aspectos históricos del control biológico en México. En: *III Simposio Nacional de Parasitología Agrícola, Ingenieros Agrónomos Parasitólogos* (pp. 319-331).
- Dampf, A. (1929). La avispa *Scelio fuscipennis* Ashrn. como parásito de los canutos de la langosta en México. *Bol. Men. de la Ofna. Federal para la Def. Agrícola*, Año III, 18.
- De la Rosa, W. y López, M. I. (1998). Producción de unidades infectivas de *Beauveria bassiana* (Moniliales: Moniliaceae) en medios líquidos y determinación de parámetros de control de calidad de productos biológicos. En: *Memoria del XXI Congreso Nacional de Control Biológico, Sociedad Mexicana de Control Biológico* (pp. 244-246). Río Bravo, Tamaulipas, México, noviembre de 1998.
- DeBach, P. (1968). Éxitos, tendencias y posibilidades futuras. En: P. DeBach (Ed.), *Control biológico de las plagas de insectos y malas hierbas* (pp. 789-831). México: CECSA.
- DeBach, P. (1977). *Lucha biológica contra los enemigos de las plantas*. Madrid: Mundi-Prensa.
- Ehler, L. E. (1998). Invasion Biology and Biological Control. *Biol. Control*, 13, 127-133.
- Eilenberg, J., Hajek, A. y Lomer, C. (2001). Suggestions for unifying the terminology in biological control. *BioControl*, 46, 387-400.
- Funasaki, G. Y., Lai, P. Y., Nakahara, L. M., Beardsley, J. W. y Ota, A. K. (1988). A review of biological control introductions in Hawaii. *Proc. Hawaii Entomol. Soc.*, 28, 105-160.
- García, R., Caltagirone, L. E. y Gutiérrez, A. P. (1988). Comments on a redefinition of biological control. *BioScience*, 38, 692-694.
- Gómez, J., Santos, A., Valle, J., Montoya, P. J. (2010). Determinación del establecimiento de parasitoides de la broca del café *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae) en cafetales del Soconusco, Chiapas, México. *Entomotropica*, 25, 25-35.
- Greathead, D. J. y Waage, J. K. (1983). Opportunities for biological control of agricultural pests in developing countries. *World Bank Technical Paper*, 11, 44. Washington, D.C.: The World Bank.
- Gutiérrez, J. M., Santiago, G., Villaseño, A., Enkerling, W. R. y Hernández, F. (2013). Los programas de moscas de la fruta en México: su historia reciente. *Publicación Especial de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, SENASICA*, 89.
- Hokkanen, H. M. T. (1985). Success in classical biological control. *CRC Crit. Rev. Plant Sci.*, 3, 35-72.
- Howarth, F. G. (1983) Classical biocontrol: panacea o Pandora's box. *Proc. Hawaii Entomol. Soc.*, 2/3, 239-244.
- Howarth, F. G. (1991). Environmental impacts of classical biological control. *Annu. Rev. Entomol.*, 36, 485-509.
- Hoy, M. A. (1985). Improving establishment of arthropod natural enemies. En: M. A. Hoy y D. C. Herzog (Eds.), *Biological control in agriculture IPM systems* (pp. 151-166). New York: Academic Press.
- Huang, H. T. y Yang, P. (1987). The ancient cultured citrus ant. *BioScience* 37, 665-671.
- Jarquín, R., Barrera, J. F., Nelson, K. C. y Martínez, A. (1999). Métodos no químicos contra la broca del café y su transferencia tecnológica en Los Altos de Chiapas, México. *Agrociencia*, 33(4), 431-438.
- Jiménez, E. (1958). El empleo de enemigos naturales para el control de insectos que constituyen plagas agrícolas en la República Mexicana. *Fitófilo*, 21, 5-24.
- Jiménez, E. (1967). Comportamiento de *Aphythis holoxanthus* DeBach en México. *Fitófilo*, 20(54), 42-48.
- Jiménez, E. (1999). 50 años de combate biológico de plagas agrícolas en México. *Publicación Especial de la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural. Dirección General de Sanidad Vegetal*. (p. 55).
- Kim, K. C. (1991). Immigrant arthropod pests. *Crop Prot.*, 10, 4-5.
- Kuris, A. M. (2003). Did biological control cause extinction of the coconut moth, *Levuana iridescens*, in Fiji? *Biological Invasions*, 5, 133-141.
- Laing, J. E. y Hamai, J. (1976). Biological control of insect pests and weeds by imported parasites, predators, and pathogens. In: C. B. Huffaker y P. S. Messenger (Eds.), *Theory and practice of biological control* (pp. 685-743). New York: Academic Press.
- Lazarovits, G., Goettel, M. S. y Vincent, C. (2007). Adventures in biocontrol. En: C. Vincent, M.S. Goettel y G. Lazarovits (Eds.), *Biological control: a global perspective* (pp 1-6). London: CAB International.
- Lynch, L. D. y Thomas, M. B. (2000). Nontarget effects in the biocontrol of insects with insects, nematodes and microbial agents: the evidence. *Biocontrol News and Information*, 21, 117-130.
- Louda, S. M., Pemberton, R. W., Johnson, M. T. y Follett, P. A. (2003). Nontarget effects the Achilles' heel of biological control? Retrospective

- analyses to reduce risk associated with biocontrol introductions. *Annu. Rev. Entomol.*, **48**, 365-396.
- Meyerdirk, D. E., Warkentin, R., Attavian, B., Gersabeck, E., Francis, A., Adams, M. y Francis, G. (2000). Taller de transferencia de tecnología en control biológico de la cochinilla rosada del hibiscus, *Macronellicoccus hirsutus* (Green). Dirección General de Sanidad Vegetal, Organización Norteamericana de Protección a las Plantas, Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Instituto Internacional de Cooperación para la Agricultura y Sociedad Mexicana de Control Biológico. Colima, Colima, México, febrero de 2000.
- Mier, T., Rivera, F., Rodríguez, M. P., Carrillo, J., y Toriello, C. (1994). Infectividad del hongo entomopatógeno *Verticillium lecanii* en ratones y cobayos. *Revista Latinoamericana de Microbiología*, **36**, 107-111.
- Mier, T., Pérez, J., Carrillo, J. y Toriello, C. (1989). Study on the innocuity of *Hirsutella thompsonii*. I. Infectivity in mice and guinea pigs. *Entomophaga*, **34**, 105-110.
- Mota, D., Santos, F., Alvarado, B., Díaz, O. y Bravo, H. (2003). Integrated pest management in Mexico. In: K. M. Mareid, D. Dakouo, D. Mota (Eds.), *Integrated Pest Management in the Global Arena* (pp. 273-84). Wallingford, UK: CABI Publ.
- NAPPO (Organización Norteamericana de Protección a las Plantas) (2012). Norma Regional sobre Medidas Fitosanitarias (NRMF) 26, Certificación de artrópodos como agentes comerciales de control biológico que se movilizan hacia los países miembros de la NAPPO. Secretaría de Secretaría de la Organización Norteamericana de Protección a las Plantas. Obtenida en la Red Mundial el 3 de marzo de 2014. <http://www.nappo.org/es/data/files/download/Standards/RS-PM26-01-06-12-s.pdf>
- Otero, G. y Muñiz, R. (1981). Estudio cuantitativo de los trabajos sobre control biológico de insectos realizados en México. *Folia Entomol. Mex.*, **48**, 53-54.
- Pysek, P. y Richardson, D. M. (2010). Invasive species, environmental change and management, and health. *Annu. Rev. Environ. Resour.*, **35**, 25-55.
- Rodríguez, L. A. (1996). Editorial: De la investigación a la práctica ¿Estamos listos? *Vedalia*, **3**, 1.
- Rodríguez, L. A. y Arredondo, H. C. (2007). Enfoques y tendencias del control biológico en México. En: L. A. Rodríguez del Bosque y H. C. Arredondo (Eds.), *Teoría y Aplicación del Control Biológico. Sociedad Mexicana de Control Biológico* (pp. 267-276). México.
- Rodríguez, L. A. y Vejar, G. (2008). Barrenadores del tallo (Lepidoptera: Crambidae). En: H. C. Arredondo y L. A. Rodríguez (Eds.), *Casos de Control Biológico en México* (pp. 9-22). México-España: Mundi-Prensa.
- Rodríguez, L. A., Arredondo, H. C. y Barrera, J. (2009). XX Aniversario de la Sociedad Mexicana de Control Biológico: historia, logros y retos. *El Entomólogo*, Vol. 15. (Suplemento). México: Sociedad Mexicana de Control Biológico.
- Rodríguez, L. A., Loredó, R., Mata, H. y Ávila, J. (2012). Manejo integrado de barrenadores de la caña de azúcar en el sur de Tamaulipas. *Folleto Técnico No. MX-0-310304-04-03-13-09-53*. Campo Experimental Río Bravo, Tam., México: INIFAP.
- Salazar, M. A., Jiménez, H., Sánchez, F. y Rodríguez, R. (1976). Combate biológico del barrenador de la caña de azúcar en Tamazula, Jal. En: *Memoria de la IV Reunión de Técnicos en Control Biológico y Representantes de Organismos Auxiliares de Sanidad Vegetal. Dirección General de Sanidad Vegetal* (pp. 211-222). Tapachula, Chiapas, México, abril de 1976.
- Sánchez, J. A., Zamora, A. y Arredondo, H. C. (2010). Producción masiva de *Tamarixia radiata* Waterston (Hymenoptera: Eulophidae), parasitoide del psílido asiático de los cítricos: una propuesta en desarrollo. En: *Primer Simposio Nacional sobre Investigación para el Manejo del Psílido Asiático de los Cítricos y el Huanglongbing en México (CD-Rom)*. Centro Regional de Investigación del Noreste (CIRNE), INIFAP (pp. 244-250). Monterrey, Nuevo León, México, diciembre de 2010.
- Santiago, T., Zamora, A., Fuentes, E. A., Valencia, L. y Arredondo, H. C. (2008). Cochinilla Rosada del Hibiscus, *Macronellicoccus hirsutus* (Hemiptera: Pseudococcidae). En: H. C. Arredondo y L. A. Rodríguez (Eds.), *Casos de Control Biológico en México* (pp. 177-191). México-España: Mundi-Prensa.
- Simberloff, D. y Stiling, P. (1996). How risky is biological control? *Ecology*, **77**, 1965-1974.
- Simmonds F. J., Franz, J. M. y Sailer, R. I. (1976). History of biological control. En: C. B. Huffaker y P. S. Messenger (Eds.), *Theory and practice of biological control* (pp. 17-39). New York: Academic Press.
- Smith, H. S. (1919). On some phases of insect control by the biological method. *J. Econ. Entomol.*, **12**, 288-292.
- Smith, H. D., Maltby, H. L. y Jiménez, E. (1964). Biological control of the citrus blackfly in Mexico. *US Dept. of Agriculture, Technical Bulletin*, **1311**, 30.
- Soares, A. O., Borges, I., Borges, P. A. V., Labrie, G. y Lucas, E. (2008). *Harmonia axyridis*: What will stop the invader? *BioControl*, **53**, 127-145.
- Soberón, J., Golubov, J. y Sarukhán, J. (2001). The importance of *Opuntia* in Mexico and routes of invasion and impact of *Cactoblastis cactorum* (Lepidoptera: Pyralidae). *Fla. Entomol.*, **84**, 486-492.
- Summy, K. R. y French, J. V. (1988). Biological control of agricultural pests: concepts every producer should understand. *J. Rio Grande Valley Hort. Soc.*, **41**, 119-133.
- Toriello, C. (2003). Bioseguridad de *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) Sorokin (Hyphomycete). *Vedalia*, **9-10**, 107-113.
- Toriello, C. y Mier, T. (2006). Bioseguridad de agentes de control micobiano. En: *Memorias del XVII Curso Nacional de Control Biológico. Sociedad Mexicana de Control Biológico* (pp. 211-217). Manzanillo, Colima, México, noviembre de 2006.
- Trujillo, J. (1991). Metodología del control biológico. En: L. A. Rodríguez y R. Alatorre (Eds.), *Memorias del II Curso de Control Biológico, Sociedad Mexicana de Control Biológico y Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro* (pp. 43-46). Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Trujillo, J. (1995). La normatividad del control biológico en una época de reducción de controles oficiales (Editorial). *Vedalia*, **2**, 1.
- Waage, J. K. y Greathead, D. (1988). Biological control: challenges and opportunities. In: R. K. S. Wood y M. J. Way (Eds.), *Biological control of pests, pathogens and weeds: developments and prospects* (pp. 1-17). London: The Royal Society.
- Williams, T., Arredondo, H. C. y Rodríguez, L. A. (2013). Biological pest control in Mexico. *Annu. Rev. Entomol.*, **58**, 119-140.
- Wilson, F. y Huffaker, C. B. (1976). The philosophy, scope, and importance of biological control. En: C. B. Huffaker y P. S. Messenger (Eds.), *Theory and practice of biological control* (pp. 3-15). New York: Academic Press.

