



ARTÍCULO DE REVISIÓN

ARTRÓPODOS EXÓTICOS EN MÉXICO: IMPACTOS EN PRODUCCIÓN, BIODIVERSIDAD Y SALUD

Ek del-Val ^{1,2} 

Juan Pablo Martínez ¹

Alicia Bautista Lozada ¹

¹Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad, Universidad Nacional Autónoma de México.

²Escuela Nacional de Estudios Superiores Unidad Morelia, Universidad Nacional Autónoma de México.

 ekdelval@cieco.unam.mx

^{1,2} Antigua carretera a Pátzcuaro no. 8701 Colonia Ex-Hacienda de San José de la Huerta, C. P. 58190. Morelia, Michoacán, México.

Folia Entomológica Mexicana (nueva serie), 3(2): 70–91, 2017.

Recibido: 27 de abril 2017

Aceptado: 11 de julio 2017

Publicado en línea: 31 de agosto 2017

ARTRÓPODOS EXÓTICOS EN MÉXICO: IMPACTOS EN PRODUCCIÓN, BIODIVERSIDAD Y SALUD

Exotic arthropods in Mexico: impacts on production, biodiversity and health

Ek del-Val^{1,2*}, Juan Pablo Martínez¹ y Alicia Bautista Lozada¹.

¹ Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad, Universidad Nacional Autónoma de México.

² Escuela Nacional de Estudios Superiores Unidad Morelia, Universidad Nacional Autónoma de México.

*Autor de correspondencia: ekdelval@cieco.unam.mx

RESUMEN. Las especies exóticas amenazan la biodiversidad, la salud y la producción agropecuaria en México. Esta revisión recopila la información disponible para México sobre artrópodos exóticos y sus efectos en el ambiente a nivel regional. Consultamos los buscadores Google Scholar y Web of Science, utilizando las palabras “arthropod* and exotic* or exotic* and Mexico”, así como páginas oficiales de internet de la SAGARPA, INIFAP, el libro Casos de Control Biológico en México y en la colección de tesis de la Universidad Nacional Autónoma de México y del Colegio de Posgraduados. Se encontraron 112 especies que pertenecen a los órdenes Hymenoptera, Hemiptera y Coleoptera, cuyos miembros son parasitoides y herbívoros principalmente. En las regiones fronterizas de México se registró el mayor número de artrópodos invasores (89 %). Los daños causados en el norte están relacionados con pérdidas en la producción; mientras que, en el sur impactan la salud humana; los impactos a la biodiversidad fueron reportados en todo el territorio. En general existen pocos estudios que evalúen el daño causado por las especies exóticas de artrópodos en México por lo que se sugiere aumentar la investigación de ciencia básica para entender la dinámica de las especies de artrópodos exóticos, para prevenir su ingreso al país, y para llevar a cabo un control y manejo adecuados.

Palabras clave: Invasión, insectos, control biológico, plaga.

ABSTRACT. Mexican biodiversity and subsequent ecosystem services are threatened by the presence of exotic arthropod species. Exotic species may displace native diversity and easily become pests. This revision aimed to present recent information about exotic arthropod species in Mexico and their effects on the environment at the regional level. Using the search engines Google Scholar, the Web of Science with the keywords “arthropod* and exotic* and invasive* and Mexico”, and official web pages of SAGARPA, INIFAP, the book “Casos de control biológico en México” and the thesis collection of Universidad Nacional Autónoma de México and Colegio de Posgraduados. We found 112 species from classes Arachnida and Insecta. Mainly from Insecta, orders Hymenoptera, Hemiptera and Coleoptera (mostly parasitoids and herbivores, respectively). Environmental effects of herbivores affect production and native biodiversity in northern states while human health is threatened mainly in the south through vector species like mosquitoes. We found few studies that evaluated the impact of exotic arthropods in Mexico therefore we suggest to increase basic science research addressing the exotic species dynamics to prevent their entrance to the country and to implement adequate control and management strategies.

Key words: Invasion, biological control, insects, pests.

INTRODUCCIÓN

México tiene una gran diversidad de especies y de ecosistemas a partir de los cuales obtiene servicios que explota para satisfacer las necesidades de sus habitantes (CONABIO, 2009). Estos servicios ecosistémicos dependen de la conservación de la biodiversidad y del adecuado aprovechamiento de los recursos (Carpenter *et al.*, 2009). Sin embargo, desde la conquista y a lo

largo de la historia de nuestro país, el intercambio comercial con el mundo ha permitido la entrada de numerosas especies exóticas que en algunos casos se han convertido en invasoras causando graves problemas para la conservación de la biodiversidad, la producción agropecuaria y la salud pública (CONABIO *et al.*, 2010).

Las especies exóticas son aquellas cuya introducción y/o expansión amenaza la diversidad biológica de acuerdo con la definición del Convenio

de Biodiversidad (Decisión VI/23 de la COP6 2002). En particular los artrópodos exóticos en México provienen de distintos lugares de origen y han sido introducidas de diversas maneras, principalmente como polizones asociados a mercancías comerciales. Las especies exóticas que son introducidas pueden establecerse exitosamente debido a diferentes factores bióticos o abióticos propios de cada región. Así, estas especies están distribuidas a lo largo del país en regiones con clima, ecosistemas y organización social diferentes donde tienen efectos distintos sobre la producción, biodiversidad o salud humana. Los principales factores de cambio que favorecen la invasión son la transformación del hábitat original (Daehler, 2003; Espinosa-García *et al.*, 2004; Chytry *et al.*, 2008), el cambio climático, la sobreexplotación de los recursos, la contaminación (CONABIO *et al.*, 2010; Saint-Beat *et al.*, 2015) y la apertura de carreteras, por las cuales las especies exóticas aumentan la probabilidad de expandir su distribución a nuevos territorios (Forman 2000; Gelbard y Belnap 2003; Christen y Matlack 2009).

En general, solo un conjunto pequeño de estas especies logra establecerse, tener descendencia y, un porcentaje aún menor, es el que representa un problema para la biodiversidad local (Williamson y Fitter, 1996; CONABIO *et al.*, 2010.). Por ello, no obstante que diariamente ingresan al país muchas exóticas, solamente pocas se vuelven problemáticas. A pesar de que en un gran número de países los efectos negativos de los artrópodos invasores han demostrado ser dramáticos, en México no está claramente documentado su impacto sobre la diversidad biológica de los ecosistemas nativos. Por ejemplo en Australasia y en Sudamérica se ha demostrado el efecto nocivo de algunos polinizadores introducidos como *Bombus terrestris* (Linnaeus, 1758) o *Apis mellifera* Linnaeus, 1758 que se convierten en invasores (Traveset y Richardson 2006), al desplazar a las especies nativas de himenópteros y afectar la eficiencia de polinización de las plantas nativas. Además del efecto evidente que tienen los insectos plaga o vectores de enfermedades exóticas en México registrado por las autoridades agropecuarias y de salud, hay un grupo muy numeroso cuyo efecto en los

ecosistemas no es conocido, por ejemplo, los agentes de control biológico (Snyder y Evans, 2006).

En México existe ya una estrategia nacional para incidir sobre el problema de las especies exóticas invasoras (CONABIO *et al.*, 2010). A pesar de que existen normas que tratan con insectos exóticos (por ejemplo, la NOM-076-FITO-1999 o la NOM-EM-040-FITO-2003), su impacto en las políticas públicas es aún incipiente ya que la presencia de especies exóticas no se ha considerado como una prioridad nacional transversal en las políticas de conservación de la biodiversidad, en la producción agropecuaria y en salud.

Al mismo tiempo, la información disponible es insuficiente sobre la presencia, la distribución y los efectos de especies exóticas de artrópodos sobre los ecosistemas en nuestro país. En particular los datos sobre artrópodos exóticos están muy sectorializada, es decir, restringida a las agencias de gobierno o académicos que recaban los datos y no es pública, y por lo tanto, está poco disponible para la toma de decisiones. Por esta razón, es necesario analizar el problema de las especies exóticas en el país integrando la información que diversos estudios en ciencia básica han generado hasta el momento. Este trabajo representa un esfuerzo para sintetizar la información existente en la literatura sobre artrópodos terrestres exóticos en México mediante una revisión bibliográfica de fuentes nacionales e internacionales. El objetivo general fue describir la información encontrada sobre las especies exóticas reportadas para México, su origen e impacto a nivel regional sobre biodiversidad, producción agropecuaria y salud humana, así como los vacíos de información.

MATERIALES Y MÉTODO

A partir de una búsqueda en Google Scholar y en la Web of Science Thomas Reuters se utilizó una combinación de las palabras clave insect* and exotic* and arthropod* and Mexico*, así como en bases de datos de tesis en la Universidad Nacional Autónoma de México y del Colegio de Postgraduados y de instituciones gubernamentales como SAGARPA e INIFAP, se obtuvo una lista de publicaciones y los siguientes datos para el análisis de la información: año de publicación, autores,

procedencia de la revista (nacional o internacional), orden y especie de cada registro de artrópodos, distribución en México, país/ región de origen e impacto en el ambiente. También se incluyeron publicaciones sobre el monitoreo de plagas y agentes de control biológico y de resultados de los programas gubernamentales publicados en revistas y folletos nacionales o internacionales.

Los datos obtenidos para distribución se clasificaron de acuerdo a ocho regiones con características geográficas y sociales similares: Noreste (Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas), Noroeste (Durango, Sinaloa, Chihuahua, Sonora, Baja California Norte, Baja California Sur), Occidente (Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán), Oriente (Puebla, Veracruz, Tlaxcala, Hidalgo), Centro Norte (Aguascalientes, Guanajuato, Querétaro, San Luis Potosí, Zacatecas), Centro Sur (Morelos, Estado de México, Distrito Federal), Sureste (Tabasco, Campeche, Quintana Roo, Yucatán) y Suroeste (Guerrero, Oaxaca, Chiapas).

Dado que el éxito en el establecimiento de las especies invasoras se ha vinculado con la forma de introducción al nuevo ambiente (Mack y Ehrlénberg, 2002), en este trabajo la forma de introducción de las especies exóticas en México se categorizó como accidental, intencional cuando se especificaba el propósito de la introducción o indeterminada cuando no estaba especificada en la publicación; dentro de la categoría accidental también se incluyeron a las especies en las que se documenta la expansión de su rango de distribución natural hacia ambientes que naturalmente no llegarían, pero que debido a la modificación climática y a la perturbación de los hábitats, ahora se han expandido.

El impacto de la presencia de estas especies se clasificó de manera cualitativa de acuerdo al efecto reportado en las publicaciones en la producción (principalmente agrícola), en la salud humana o sobre la biodiversidad. Cada tipo de impacto se presenta conforme a las ocho regiones geográficas establecidas. El impacto en la producción agroforestal se consideró de manera general como cualquier daño a los productos vegetales (frutos, semillas, madera, muerte de la planta, etc.) así como el daño producido por enfermedades transmitidas por vectores que afectan la producción. El impacto

en la salud humana proviene de especies vectoras de enfermedades. Por último, el impacto en la biodiversidad se entiende como desplazamiento de especies nativas, modificación de asociaciones con otras especies o la muerte del hospedero.

Con los resultados obtenidos se analizaron los lugares con mayor incidencia de especies exóticas invasoras en México, el orden de importancia para los tipos de introducción y para los tipos de daño propuestos. Con esta información se generaron mapas para visualizar la distribución y el impacto de los artrópodos exóticos a nivel geográfico, para ello los registros de abundancia por estado se agruparon en 5 categorías: 0-3; 4-6; 7-9; 9-12 y >12.

RESULTADOS

Se encontraron 112 especies de artrópodos exóticos registrados en México a partir de 93 publicaciones internacionales y nacionales (Fig. 1A), publicadas entre 1984 y 2015 (Fig. 1B).

Las especies de artrópodos exóticos pertenecieron a las clases Aracnida e Insecta. Dentro de la clase Insecta se encontraron registros para seis órdenes (Cuadro 1) donde el orden Hymenoptera (51 especies), Hemiptera (21 especies) y Coleoptera (16 especies) agrupan la mayor cantidad de especies (aproximadamente el 78 %). El lugar de origen de las especies exóticas es principalmente Asia y África (59 %, Cuadro 1). Se encontraron algunos casos preocupantes que son originarias de América como *Cactoblastis cactorum* (Berg, 1885), que si bien fue erradicada del país se reporta como muy abundante en las islas del Caribe y en el Sureste de los Estados Unidos de América y ataca a un número importante de *Opuntia* spp. (Andraca-Gómez *et al.*, 2015) (Simonsen *et al.*, 2008), o las hormigas como *Solenopsis invicta* (Buren, 1972) o *Wasmannia auropunctata* (Roger, 1863) que provienen de Argentina y Brasil (Quezada-Martínez *et al.*, 2011; Salas-Araiza *et al.*, 2011) y que han causado muchos daños en todos los países donde han sido detectadas, sin embargo para México solo se tienen registros incipientes que sugieren una presencia más extendida.

Dentro del país las investigaciones o reportes de especies de artrópodos exóticos no fueron homogéneos, en algunos estados como Chiapas se

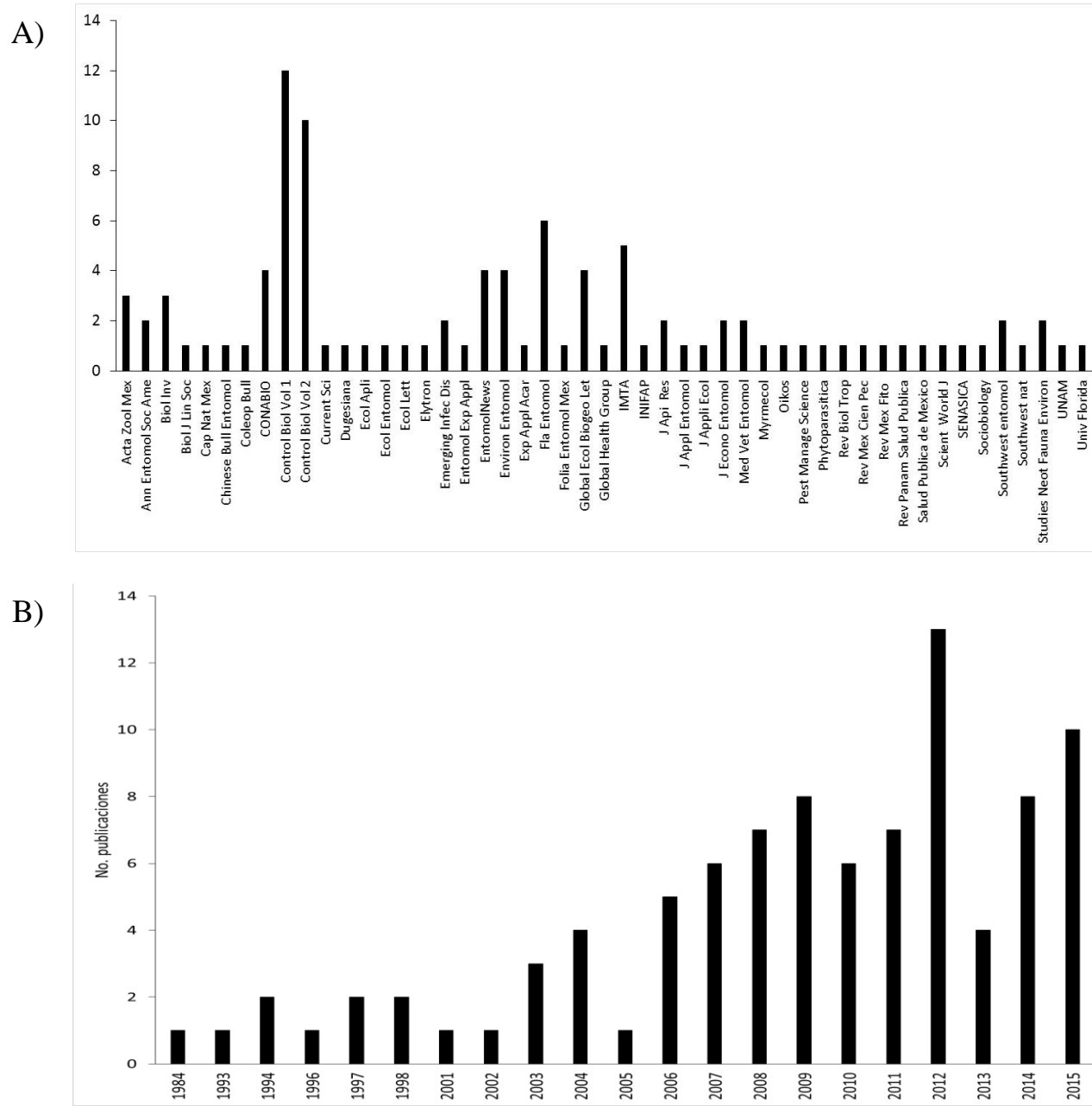


Figura 1. Frecuencia de publicaciones internacionales sobre artrópodos exóticos en México A) por fuente de consulta, B) por año de publicación (N = 93 publicaciones)

Cuadro 1. Relación de artrópodos exóticos reportados para México.

Orden	Familia	Género	Especie	Origen	Impacto	Introducción	Referencias	
Acari	Ixodidae	<i>Rhipicephalus</i>	<i>microplus</i> Canestrini.	Asia	Producción	Accidental	Fernández-Ruvalcaba <i>et al.</i> , 2015	
	Tenuipalpidae	<i>Raoiella</i>	<i>Indica</i> Hirst.	África, Asia	Producción	Indeterminado	Kane <i>et al.</i> , 2012; Rahman <i>et al.</i> , 2012	
	Curculionidae		<i>Anthonomus</i>	<i>grandis</i> Boheman	América	Producción	Indeterminado	SAGARPA, 2014
			<i>Cosmopolites</i>	<i>sordidus</i> Germar	Asia	Producción	Accidental	Barrera-Gaytán, 2015
			<i>Hypothenemus</i>	<i>hampei</i> Ferrari	África	Producción	Indeterminado	Barrera <i>et al.</i> , 2008
	Chrysomelidae	<i>Diorhabda</i>	<i>sublineata</i> Lucas	Eurasia	ND	Intencional	Estrada-Muñoz y Sánchez-Peña, 2014	
	Coccinellidae	<i>Chilocorus</i>	sp.	ND	ND	Intencional	González-Hernández <i>et al.</i> , 2015b	
	Dermestidae	<i>Trogoderma</i>	<i>granarium</i> (Everts)	Asia	Producción/ Biodiversidad	Accidental	Barak, 1998; March-Mifsut y Martínez-Jiménez, 2007; López-Arroyo <i>et al.</i> , 2008	
	Histeridae	<i>Plaesius</i>	<i>javanus</i> Erichson	Asia	ND	Intencional	Barrera-Gaytán, 2015	
	Hybosoridae	<i>Hybosorus</i>	<i>illigeri</i> Reiche	África	Producción	Accidental	Ocampo, 2002; Morales-Morales <i>et al.</i> , 2004	
Coleoptera	Hydrophilidae	<i>Sphaeridium</i>	<i>scarabaeoides</i> L.	Asia	ND	Accidental	Navarrete-Heredia, 2006	
	Nitidulidae	<i>Aethina</i>	<i>tumida</i> Murray	África	Producción	Indeterminado	Neumann y Ellis, 2008	
		<i>Aphodius</i>	<i>fimetarius</i> Gistel	África, Asia	Producción	Accidental	Navarrete-Heredia, 2006	
				<i>lividus</i> Mulsant & Rey	África, Asia	Producción	Accidental	Lobo y Gutiérrez-Abascal, 2006
				<i>haemorrhoidalis</i> Mulsant	África, Asia	ND	Accidental	Lobo y Gutiérrez-Abascal, 2006
				<i>Digitonthophagus</i>	<i>gazella</i> Fabricius	África, Asia	Producción	Accidental
	Scarabaeidae		<i>Euoniticellus</i>	<i>intermedius</i> Reiche	Asia	Producción	Accidental	Lobo y Gutiérrez-Abascal, 1996; Lobo y Montes de Oca, 1997; Montes de Oca y Halffter, 1998; Anduaga, 2004; Deloya, 2005
	Diptera	Agromyzidae	<i>Onthophagus</i>	<i>taurus</i> (Schreber)	Asia	ND	Accidental	Navarrete-Heredia, 2006
			<i>Liriomyza</i>	<i>trifolii</i>	América	Producción	Indeterminado	Cortéz-Mondaca y Valenzuela-Escoboza, 2015

Cuadro 1. Continuación.

Orden	Familia	Género	Especie	Origen	Impacto	Introducción	Referencias	
Diptera	Culicidae	<i>Aedes</i>	<i>aegypti</i> L.	África	Salud	Accidental	Ibáñez-Bernal <i>et al.</i> , 1997; Espinoza-Gómez, 2001, 2003; García <i>et al.</i> , 2011; González-García <i>et al.</i> , 2011; Villegas-Trejo <i>et al.</i> 2011	
			<i>albopictus</i> Skuse	África	Salud	Accidental	Ibáñez-Bernal <i>et al.</i> , 1997; Casas Martínez y Torres-Estrada 2003; González-García 2011; Ramos 2011; Salomón-Grajales <i>et al.</i> , 2012	
		<i>Anopheles</i>	<i>albimanus</i> Wiedemann	África	Salud	Accidental	González-García, 2011; Downing, 2012	
			<i>pseudopunctipennis</i> Theobald	África	Salud	Indeterminado	González-García, 2011	
			<i>quadrimaculatus</i> Say	África	Salud	Accidental	Ríos y Connelly, 2012	
			<i>vestitipennis</i> Dyar & Knab	África	Salud	Indeterminado	González-García, 2011	
			spp.	África	Salud	Indeterminado	González-García, 2011	
		Drosophilidae	<i>Zaprionus</i>	<i>indianus</i> Gupta	África	Producción	Accidental	Markow <i>et al.</i> , 2014
			Muscidae	<i>Musca</i>	<i>domestica</i> L.	África	Salud	Indeterminado
		Simuliidae	<i>Simulium</i>	<i>ochraceum</i> Walker	África	Salud	Indeterminado	González-García, 2011
			<i>Bactrocera</i>	<i>oleae</i> (Rossi)	África, Asia, Europa	Producción	Indeterminado	Gutiérrez y Ponti, 2013
			<i>Ceratitis</i>	<i>capitata</i> (Wiedemann)	Asia	Producción	Indeterminado	Bohonak <i>et al.</i> , 2001; Gutiérrez y Ponti, 2013
Hemiptera	Aleyrodidae	<i>Diuraphis</i>	<i>noxia</i> Kurdjumov	Asia	Producción	Indeterminado	Shufrán y Payton, 2009	
		<i>Therioaphis</i>	<i>trifolii</i> (Monell)	Europa	Producción	Indeterminado	Bravo <i>et al.</i> , 2015	
		<i>Toxoptera</i>	<i>citricida</i> Kirkaldy	Asia	Producción	Accidental	López-Arroyo <i>et al.</i> , 2008	
		<i>Aleurocybotus</i>	<i>occiduus</i> Russell	ND	Producción	Accidental	Vejar-Cota y Rodríguez del Bosque, 2015	
		<i>Aleurocanthus</i>	<i>woglumi</i> (Ashby)	África	Producción	Accidental	Arredondo-Bernal <i>et al.</i> , 2008	
		<i>Bemisia</i>	<i>tabaci</i> Gennadius	Asia	Producción	Accidental	Martínez-Carrillo y Brown, 2007; Holguín-Peña <i>et al.</i> 2010; McKenzie <i>et al.</i> 2012; Martínez Carrillo <i>et al.</i> 2015	
		<i>Siphoninus</i>	<i>phillyreae</i> (Holiday)	ND	ND	Accidental	González-Hernández <i>et al.</i> , 2015b	
	Coccidae	<i>Saissetia</i>	<i>oleae</i> Olivier	África	Producción	Indeterminado	Myartseva <i>et al.</i> , 2008	

Cuadro 1. Continuación.

Orden	Familia	Género	Especie	Origen	Impacto	Introducción	Referencias
Hemiptera	Diaspididae	<i>Aenidiella</i>	<i>aurantii</i> Maskell	Asia	Producción	Indeterminado	González-Hernández <i>et al.</i> , 2015b
		<i>Chrysomphalus</i>	<i>aonidum</i> L.	Asia	Producción	Indeterminado	González-Hernández <i>et al.</i> , 2015b
		<i>Lepidosaphes</i>	<i>beckii</i> (Newman)	Asia	Producción	Indeterminado	González-Hernández <i>et al.</i> , 2015b
		<i>Coccus</i>	<i>viridis</i> Green	América	Producción	Indeterminado	González-Hernández <i>et al.</i> , 2015b
		<i>Unaspis</i>	<i>citri</i> (Comstock)	Asia	Producción	Indeterminado	Coronado-Blanco <i>et al.</i> , 2008
	Pentatomidae	<i>Bagrada</i>	<i>hilaris</i> Burmeister	África	Producción	Indeterminado	Sánchez-Peña, 2014
		<i>Agonoscelis</i>	<i>puberula</i> Stal	Asia	ND	Indeterminado	Thomas <i>et al.</i> , 2003
	Pseudococcidae	<i>Hypogeococcus</i>	<i>festerianus</i> (Lizer y Trelles)	América	Biodiversidad	Indeterminado	March-Mifsut y Martínez-Jiménez, 2007
		<i>Maconellicoccus</i>	<i>hirsutus</i> (Green)	Asia	Producción	Accidental	Tkacz <i>et al.</i> , 2007; Santiago-Islas <i>et al.</i> , 2008
	Psyllidae	<i>Antonina</i>	<i>graminis</i> (Mask)	África	Producción	Indeterminado	Coronado-Blanco <i>et al.</i> , 2008
		<i>Bactericera</i>	<i>cockerelli</i> (Sulc)	América	Producción	Indeterminado	Liu y Trumble, 2006
		<i>Glycaspis</i>	<i>brimblecombei</i> Moore	Oceanía	Biodiversidad	Accidental	Cibrián-Tovar, 2015
		<i>Diaphorina</i>	<i>citri</i> (Kuwayama)	Asia	Producción	Indeterminado	Ruíz-Camacho <i>et al.</i> , 2008; Sánchez-González <i>et al.</i> , 2015
Hymenoptera	Aphelinidae	<i>Aphelinus</i>	<i>asychis</i> Walker	América	ND	Intencional	Bravo <i>et al.</i> , 2015
		<i>Eretmocerus</i>	<i>picketti</i> Rose y Zolnerowich	ND	ND	Intencional	González-Hernández <i>et al.</i> , 2015a
			<i>tejanus</i> Rose y Zolnerowich	ND	ND	Intencional	González-Hernández <i>et al.</i> , 2015a
			<i>comperi</i> De Bach y Rosen	ND	ND	Intencional	González-Hernández <i>et al.</i> , 2015a
		<i>Aphytis</i>	<i>lepidosaphes</i>	Asia	ND	Intencional	González-Hernández <i>et al.</i> , 2015b
			<i>melinus</i> Debach	Asia	ND	Intencional	González-Hernández. <i>et al.</i> , 2015a; González-Hernández. <i>et al.</i> , 2015b
			<i>linganensis</i> Campere	Asia	ND	Intencional	González-Hernández <i>et al.</i> , 2015b
	Aphelinidae	<i>Coccophagus</i>	<i>holoxanthus</i> (De Bach)	Asia	ND	Intencional	González-Hernández <i>et al.</i> , 2015a
			<i>chrysomphali</i>	ND	ND	Intencional	González-Hernández <i>et al.</i> , 2015b
			<i>mytilaspidis</i> (Le Baron)	ND	ND	Intencional	González-Hernández <i>et al.</i> , 2015a
			<i>ochraceus</i> Howard	ND	ND	Intencional	González-Hernández <i>et al.</i> , 2015a
			<i>atrafus</i> Compere	ND	ND	Intencional	González-Hernández <i>et al.</i> , 2015a
			<i>pulvinariae</i> Compere	ND	ND	Intencional	González-Hernández <i>et al.</i> , 2015a

Cuadro 1. Continuación.

Orden	Familia	Género	Especie	Origen	Impacto	Introducción	Referencias	
Hymenoptera	Aphelinidae	<i>Coccophagus</i>	<i>rusti</i> Compere	ND	ND	Intencional	González-Hernández <i>et al.</i> , 2015a	
			<i>scutellaris</i> (Dalman)	ND	ND	Intencional	González-Hernández <i>et al.</i> , 2015a	
		<i>Encarsia</i>	<i>aurantii</i> (Howard)	ND	ND	Intencional	González-Hernández <i>et al.</i> , 2015a	
			<i>formosa</i> Gahan	África	ND	Intencional	González-Hernández <i>et al.</i> , 2015a	
			<i>perniciosi</i> (Towen)	ND	ND	Intencional	González-Hernández <i>et al.</i> , 2015b	
			<i>inaron</i>	ND	ND	Accidental	González-Hernández <i>et al.</i> , 2015b	
		<i>Pteroptrix</i>	<i>(Casca) smithi</i>	Asia	ND	Intencional	González-Hernández <i>et al.</i> , 2015b	
		Aphidiidae	<i>Praon</i>	<i>exoletum</i> (Nees)	América	ND	Intencional	Bravo <i>et al.</i> , 2015
			<i>Trioxys</i>	<i>complanatus</i> Quilis	América	ND	Intencional	Bravo <i>et al.</i> , 2015
			<i>Aphidius</i>	<i>matricariae</i> Hal.	América	ND	Intencional	Bravo <i>et al.</i> , 2015
	Apidae	<i>Apis</i>	<i>mellifera</i> L.	África	Producción	Accidental	Vergara <i>et al.</i> , 1993; Bowen <i>et al.</i> , 2006; Jha y Vandermeer, 2009; Roubik y Villanueva-Gutiérrez, 2009	
			<i>mellifera adansonii</i> Latreille	África	Biodiversidad	Indeterminado	March-Mifsut y Martínez-Jiménez, 2007	
		<i>Bombus</i>	<i>terrestres</i> L.	ND	Biodiversidad	Indeterminado	March-Mifsut y Martínez-Jiménez, 2007	
		Braconidae	<i>Diachasmimorpha</i>	<i>longicaudata</i> (Ashmead)	ND	ND	Intencional	González-Hernández <i>et al.</i> , 2015a
<i>Diachasmimorpha</i>	<i>tryoni</i> (Camerón)		ND	ND	Intencional	González-Hernández <i>et al.</i> , 2015a		
	<i>arisanus</i> (Sonan)		ND	ND	Intencional	González-Hernández <i>et al.</i> , 2015a		
<i>Fopius</i>	<i>vandenloschi</i> (Fullaway)		ND	ND	Intencional	González-Hernández <i>et al.</i> , 2015a		
Encyrtidae	<i>Psytalia</i>		<i>ineisi</i> (Silvestri)	ND	ND	Intencional	González-Hernández <i>et al.</i> , 2015a	
	<i>Anagyrus</i>	<i>pseudococci</i> (Girault)	América	ND	Intencional	González-Hernández <i>et al.</i> , 2015a		
		<i>kamali</i> Moursi	América	ND	Intencional	González-Hernández <i>et al.</i> , 2015a		
Eulophidae	<i>Psyllaephagus</i>	<i>bliteus</i> Riek	Oceanía	ND	Indeterminado	González-Hernández <i>et al.</i> , 2015a		
	<i>Pseudhomalopoda</i>	<i>prima</i> Girault	América	ND	Intencional	González-Hernández <i>et al.</i> , 2015b		
	<i>Comperiella</i>	<i>bifasciata</i> Howard	ND	ND	Intencional	González-Hernández <i>et al.</i> , 2015b		
	<i>Aceratoneuromyia</i>	<i>indica</i> (Silvestri)	Asia	ND	Intencional	González-Hernández <i>et al.</i> , 2015a		
	<i>Pediobuis</i>	<i>foveolatus</i> (Crawford)	Asia	ND	Intencional	González-Hernández <i>et al.</i> , 2015a		
	<i>Phymasticus</i>	<i>coffea</i> LaSalle	África	ND	Intencional	Castillo <i>et al.</i> , 2006; González-Hernández <i>et al.</i> , 2015a		
	<i>Tamarixia</i>	<i>radiata</i> (Waterson)	Asia	ND	Intencional	González-Hernández <i>et al.</i> , 2015a		

Cuadro 1. Continuación.

Orden	Familia	Género	Especie	Origen	Impacto	Introducción	Referencias	
Hymenoptera	Eulophidae	<i>Tapinoma</i>	<i>melanocephalum</i> Fabricius	África	ND	Indeterminado	Cupul-Magaña, 2009	
	Formicidae	<i>Solenopsis</i>	<i>invicta</i> Buren	América	Biodiversidad	Accidental	Field <i>et al.</i> , 2007; Aguirre-Muñoz y Mendoza Alfaro, 2009; Sánchez-Peña <i>et al.</i> , 2009; Quezada-Martínez <i>et al.</i> , 2011; Salas-Araiza <i>et al.</i> , 2012	
		<i>Pheidole</i>	<i>megacephala</i> Fabricius	África	Biodiversidad	Accidental	Dejean <i>et al.</i> , 2007, 2008	
		<i>Paratrechina</i> <i>Linepithema</i>	<i>longicornis</i> Latreille <i>humile</i> Mayr	África América	Biodiversidad Producción/ Biodiversidad	Accidental Accidental	Gove y Rico-Gray, 2006 Wetterer <i>et al.</i> , 2009; Field <i>et al.</i> , 2007; Aguirre-Muñoz y Mendoza-Alfaro, 2009	
	Pteromalidae	Trichogrammatidae	<i>Monomorium</i>	<i>floricola</i> (Jerdon)	Asia	ND	Accidental	Cupul-Magaña, 2009
			<i>Anoplolepis</i>	<i>gracilipes</i> F. Smith	África, Asia	Biodiversidad	Accidental	Arredondo-Bernal <i>et al.</i> , 2008
			<i>Catolaccus</i>	<i>grandis</i> Crawford	América	ND	Intencional	González-Hernández <i>et al.</i> , 2015a
			<i>Trichogramma</i>	<i>pretiosum</i> Riley	Asia	ND	Intencional	Bahena-Juárez y Cortes-Mondaca, 2015
	Lepidoptera	Gelechiidae	<i>Pectinophora</i>	<i>gossypiella</i> (Saunders)	Asia	Producción	Accidental	Gutiérrez y Ponti, 2013; Byers y Naranjo, 2014
		Gracillarioidae	<i>Phthorimaea</i>	<i>operculella</i>	América	Producción	Accidental	Bahena-Juárez, 2008
<i>Phyllocnistis</i>			<i>citrella</i> Stainton	Asia	Producción	Indeterminado	Bautista-Martínez, <i>et al.</i> , 2008	
*Lymantriidae		<i>Lymantria</i>	<i>dispar</i> L.	Asia	Biodiversidad	Accidental	Xiao-Yu <i>et al.</i> , 2009	
Plutellidae		<i>Plutella</i>	<i>xylostella</i> L.	África	Producción	Indeterminado	Salazar-Solís y Salas-Araiza, 2008	
Pyrilidae		<i>Cactoblastis</i>	<i>cactorum</i> Berg.	América	Producción	Accidental _E	Tate <i>et al.</i> , 2007; March-Mifsut y Martínez-Jiménez, 2007; Simonsen <i>et al.</i> , 2008; Martí y Carpenter, 2008; Baker y Stiling, 2009; Hight y Carpenter, 2009; Jezorek <i>et al.</i> , 2010; Legaspi y Legaspi, 2010; CONABIO <i>et al.</i> , 2010; SENASICA, 2011, 2012	
Tortricidae		<i>Galleria</i>	<i>mellonella</i> L.	Eurasia	Producción	Indeterminado	Torres de la Cruz <i>et al.</i> 2014	
		<i>Lobesia</i>	<i>botrana</i> (Denis and Schiffermüller)	Europa	Producción	Indeterminado	Gutiérrez y Ponti, 2013	
		<i>Epiphyas</i>	<i>postvittana</i> (Walker)	Oceanía	Producción	Indeterminado	Gutiérrez y Ponti, 2013	

Símbolos de mecanismos de introducción: C, Transporte con fines comerciales de material vegetal o animales de ganadería; E, Expansión de rango nativo de distribución por vuelo (esta categoría de incluyó en introducción accidental pues por encontrar casos para dos especies); Ec, Ecesis (introducción en un huésped). Los artrópodos introducidos intencionalmente son todos agentes de control biológico.

*Esta especie no está presente en México, pero la cita la reporta con un alto potencial para establecerse en nuestro país.

registran más de 12, mientras que en 15 estados no existen o se reportan tres (Fig. 2). Esto puede sugerir rutas o regiones más susceptibles a la invasión que otras, sin embargo es evidente que faltan estudios más detallados en cada estado para poder entender los patrones geográficos de la distribución las especies exóticas en México así como las rutas de invasión; con la información recabada no tenemos un panorama claro de la distribución real. Además, es importante aclarar que esta distribución no es una representación de cuántas especies de artrópodos hay en cada entidad sino de cuántos reportes existen. La forma de introducción de los artrópodos exóticos a México en la mayoría de los casos ha ocurrido de manera accidental a través del comercio (40 especies, tres están aumentando su distribución

desde Estados Unidos *A. mellifera*, *C. cactorum* y *Digitonthophagus gazella* Fabricius, 1787), mientras que para otro número importante de especies se desconoce el origen de su introducción (35 especies) y otras 37 especies se introdujeron intencionalmente con fines de control biológico.

El tipo de impacto de cada especie se presenta de acuerdo a ocho regiones geográficas (Fig. 3), donde se encontró que la mayoría de los trabajos publicados no ha evaluado el efecto de las especies exóticas (49 especies) mientras que cuando sí se conoce la consecuencia de la presencia de especies exóticas como invasoras, la afectación principal está documentada sobre la producción agrícola en todas las regiones (43 especies).

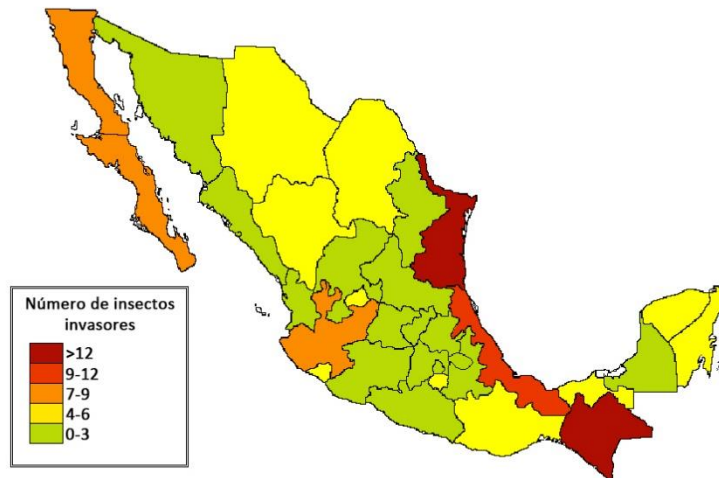


Figura 2. Distribución de artrópodos invasores en México mostrando las diferencias de número de especies exóticas registradas por estado de la República.

En las regiones Noreste y Noroeste el impacto se relaciona principalmente a especies de hemípteros transmisoras de enfermedades hacia plantas cultivadas, como *Bemisia tabaci* (Gennadius, 1889) o *Bactericera cockerelli* (Sulc) (Cuadro 2). El impacto a la biodiversidad (13 especies) y la salud humana (9 especies) ocupan el segundo y tercer lugar en importancia en todas las regiones. Documentamos la presencia de especies exóticas que impactan a la biodiversidad a lo largo del país, por ejemplo la especie de hormiga *S. invicta*. Sin embargo, esta es la categoría de impacto que tiene menor información

(11 %), y sobre la cuál deberían realizarse más estudios.

En cuanto a los impactos en salud, en la región Suroeste se encuentran varias especies de *Aedes* spp. que son vectores de enfermedades como el dengue, zika o chinkungunya y que por lo tanto representan un gran desafío para la salud pública.

En la literatura encontramos información referente al hecho de que con la introducción accidental de insectos herbívoros exóticos, que a su vez se introdujeron sus enemigos naturales de forma accidental, y al mismo tiempo también se han introducido agentes exóticos

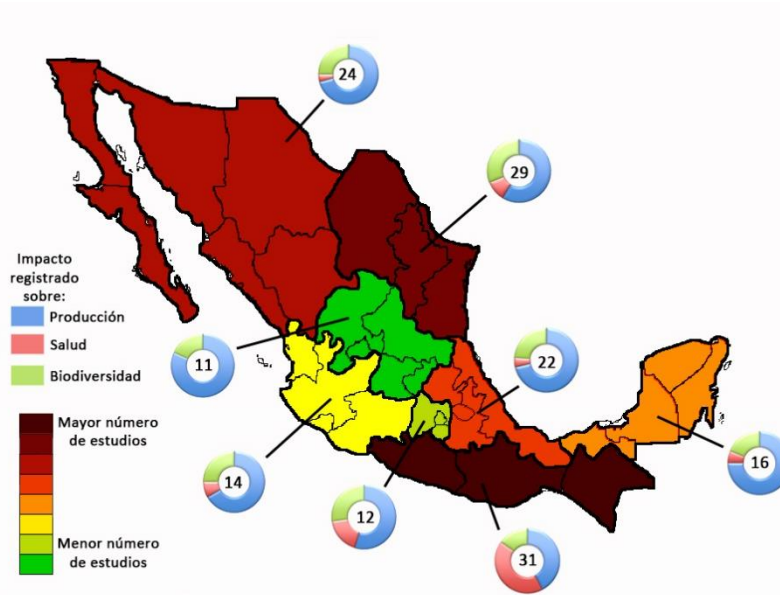


Figura 3. Distribución del impacto ocasionado por los artrópodos invasores en las diferentes regiones geográficas de México. El impacto está dividido por el sector afectado: producción agrícola, forestal o pecuaria, salud o sobre la biodiversidad. El número indica el número de estudios en cada región.

de control biológico para combatir esos herbívoros plaga (Arredondo-Bernal y Rodríguez del Bosque, 2015; Cuadro 2).

Los agentes de control biológico reportados que han sido introducidos a México pertenecen a los órdenes Hymenoptera y Coleoptera, cuyos miembros son insectos parasitoides y depredadores, respectivamente. Independientemente de la distribución nativa de sus presas, la importación de enemigos naturales provino principalmente de Asia y de América, de las cuales muchas de ellas entraron a México por Estados Unidos. Las introducciones accidentales de enemigos naturales se dieron por ecesis, es decir, a través de individuos parasitados (p. ej. *Encarsia inaron* (Walker, 1839), parasitoide de la mosca blanca de los fresnos *Siphoninus phillyreae* (Haliday, 1835); González-Hernández *et al.*, 2015b). Para los agentes de control biológico no encontramos ningún reporte sobre los efectos en el ambiente en términos de pérdida de biodiversidad o desplazamiento de especies nativas.

DISCUSIÓN

Este trabajo tuvo por objetivo describir los patrones generales de formas de introducción, distribución actual, impacto y posibles tendencias de expansión de especies exóticas de artrópodos

en México a través de una revisión bibliográfica. Este documento contribuye a la estrategia nacional de Especies Invasoras 2010 ya que se presenta información pertinente y específica acerca de especies exóticas invasoras (CONABIO *et al.*, 2010) que permita entender la dinámica de las especies invasoras en México. A continuación discutimos los resultados de acuerdo a los patrones encontrados a partir de los reportes publicados entre 1984 y 2015 de fuentes nacionales e internacionales.

Los trabajos sobre artrópodos invasores en México reportan dos tipos de introducción (accidental e intencional) a través de diversos mecanismos (comercio, expansión de rango y ecesis). La introducción accidental a través del comercio es la principal forma de introducción de especies a México. Los lugares más frecuentes de origen son Asia y África a través del comercio humano o de material vegetal contaminado. Históricamente, el comercio de esclavos trajo consigo especies vectores de enfermedades como *Aedes* y *Anopheles* (Diptera) (González-García, 2011; Rios y Connelly, 2012; Downing, 2012); mientras que el comercio de frutas, principalmente, ha implicado la entrada de especies como la mosca *Aleurocanthus woglumi* Ashby, 1915 (Arredondo-Bernal *et al.*, 2015). La introducción por vuelo potenciada por los huracanes se ejemplifica con la

Cuadro 2. Tipo de impacto de las especies exóticas de acuerdo a cada región en México.

Región	Tipo de impacto			
	Producción	Salud	Biodiversidad	Agentes de control biológico*
Noreste	<i>Aethina tumida</i> , <i>Bactericera cockerelli</i> , <i>Bemisia tabaci</i> , <i>Cactoblastis cactorum</i> , <i>Digitonthophagus gazella</i> , <i>Diorhabda sublineata</i> , <i>Euoniticellus intermedius</i> , <i>Pectinophora gossypiella</i> , <i>Therioaphis trifolii</i> , <i>Liriomyza trifolii</i> , <i>Aenidiella aurantii</i> , <i>Lepidosaphes beckii</i> , <i>Coccus viridis</i>	<i>Aedes aegypti</i> , <i>Aedes albopictus</i> , <i>Culex spp.</i>	<i>Cactoblastis cactorum</i> , <i>Digitonthophagus gazella</i> , <i>Solenopsis invicta</i> , <i>Pterophylla beltrani</i>	<i>Coccophagus ochraceus</i> , <i>Encarsia formosa</i> , <i>Encarsia inaron</i> , <i>Psyllaephagus bliteces</i> , <i>Aceratoneuromyia indica</i> , <i>Pediobuis foreolatus</i> , <i>Praon exsoletum</i> , <i>Aphelinus asychis</i> , <i>Trioxys complanatus</i> , <i>Aphidius matricariae</i> , <i>Aphytis linganensis</i> , <i>Encarsia perniciosi</i>
Noroeste	<i>Aleurocanthus woglumi</i> , <i>Aphodius lividus</i> , <i>Aphodius haemorrhoidalis</i> , <i>Bactericera cockerelli</i> , <i>Bagrada hilaris</i> , <i>Bemisia tabaci</i> , <i>Digitonthophagus gazella</i> , <i>Diorhabda sublineata</i> , <i>Euoniticellus intermedius</i> , <i>Pectinophora gossypiella</i> , <i>Plutella xylostella</i> , <i>Therioaphis trifolii</i> , <i>Aleurocybotus occiduus</i> , <i>Liriomyza trifolii</i> , <i>Aenidiella aurantii</i> , <i>Rhipicephalus microplus</i>	<i>Aedes aegypti</i>	<i>Linepithema humile</i> , <i>Solenopsis invicta</i> , <i>Glycaspis brimblecombei</i>	<i>Aphytis comperei</i> , <i>Aphytis melinus</i> , <i>Encarsia formosa</i> , <i>Anagrus pseudococci</i> , <i>Anagrus kamali</i> , <i>Psyllaephagus bliteces</i> , <i>Pediobuis foreolatus</i> , <i>Tamarixia radiata</i> , <i>Praon exsoletum</i> , <i>Aphelinus asychis</i> , <i>Trioxys complanatus</i> , <i>Aphytis linganensis</i> , <i>Encarsia perniciosi</i> , <i>Comperiella bifasciata</i> , <i>Aphytis chrysomphali</i> , <i>Aphytis holoxanthus</i> , <i>Plaesius javanus</i>
Occidente	<i>Aleurocanthus woglumi</i> , <i>Maconellicoccus hirsutus</i> , <i>Raoiella indica</i> , <i>Coccus viridis</i> , <i>Cosmopolites sordidus</i> , <i>Glycaspis brimblecombei</i>	<i>Aedes aegypti</i>	<i>Glycaspis brimblecombei</i>	<i>Encarsia formosa</i> , <i>Encarsia inaron</i> , <i>Psyllaephagus bliteus</i> , <i>Tamarixia radiata</i> , <i>Aphytis linganensis</i> , <i>Encarsia perniciosi</i> , <i>Comperiella bifasciata</i> , <i>Aphytis chrysomphali</i> , <i>Aphytis lepidosaphes</i>
Oriente	<i>Aleurocanthus woglumi</i> , <i>Epiphyas postvittana</i> , <i>Raoiella indica</i> , <i>Toxoptera citricida</i> , <i>Lepidosaphes beckii</i> , <i>Cosmopolites sordidus</i> , <i>Rhipicephalus microplus</i>	<i>Anopheles quadrimaculatu</i>	<i>Coptotermes formosanu</i> , <i>Lymantria dispar</i> , <i>Linepithema humile</i> , <i>Paratrechina longicornis</i> , <i>Glycaspis brimblecombei</i>	<i>Aceratoneuromyia indica</i> , <i>Phymasticus coffea</i> , <i>Tamarixia radiata</i> , <i>Aphytis linganensis</i> , <i>Encarsia perniciosi</i> , <i>Comperiella bifasciata</i> , <i>Aphytis chrysomphali</i> , <i>Aphytis lepidosaphes</i>
Centronorte	<i>Aleurocanthus woglumi</i> , <i>Plutella xylostella</i> , <i>Rhipicephalus microplus</i>	NA	<i>Solenopsis invicta</i>	<i>Praon exsoletum</i> , <i>Aphelinus asychis</i> , <i>Trioxys complanatus</i> , <i>Aphidius matricariae</i> , <i>Aphytis lepidosaphes</i>
Centrosur	<i>Aenidiella aurantii</i> , <i>Aleurocanthus woglumi</i> , <i>Bactrocera oleae</i>	<i>Aedes albopictus</i> ,	<i>Linepithema humile</i> ,	<i>Coccophagus ochraceus</i> , <i>Encarsia formosa</i> , <i>Encarsia inaron</i> , <i>Psyllaephagus bliteces</i> , <i>Aceratoneuromyia indica</i> , <i>Pediobuis foreolatus</i> ,

Cuadro 2. Continuación

Tipo de impacto				
Región	Producción	Salud	Biodiversidad	Agentes de control biológico*
Centrosur	(Rossi), <i>Bemisia tabaci</i> , <i>Rhipicephalus microplus</i> , <i>Glycaspis brimblecombei</i>	<i>Aedes aegypti</i> ,	<i>Glycaspis</i> <i>brimblecombei</i>	<i>Praon exsoletum</i> , <i>perniciosi</i> , <i>Comperiella</i> <i>bifasciata</i> , <i>Aphytis chrysomphali</i> , <i>Aphytis</i> <i>holoxanthus</i>
Sureste	<i>Aleurocanthus woglumi</i> , <i>Cactoblastis cactorum</i> , <i>Galleria</i> <i>mellonella</i> , <i>Lobesia botrana</i> , <i>Maconellicoccus hirsutus</i> , <i>Toxoptera citricida</i> , <i>Lepidosaphes</i> <i>beckii</i> , <i>Cosmopolites sordidus</i>	<i>Culex spp</i> ,	<i>Lymantria dispar</i> , <i>Pheidole</i> <i>megacephala</i> , <i>Wasmannia</i> <i>auropunctata</i> ,	<i>Tamarixia radiata</i> , <i>Aphytis holoxanthus</i>
Suroeste	<i>Aleurocanthus woglumi</i> , <i>Ceratitidis</i> <i>capitata</i> , <i>Digitonthophagus</i> <i>gazella</i> , <i>Hybosorus illigeri</i> , <i>Lobesia botrana</i> , <i>Lepidosaphes</i> <i>beckii</i> , <i>Coccus viridis</i> , <i>Cosmopolites sordidus</i> , <i>Glycaspis</i> <i>brimblecombei</i>	<i>Aedes aegypti</i> , <i>Aedes</i> <i>albopictus</i> , <i>Anopheles</i> <i>albimanus</i> , <i>Anopheles</i> <i>pseudopuntipennis</i> , <i>Anopheles</i> <i>vestitipennis</i> , <i>Culex spp</i> , <i>Simulium ochraceum</i>	<i>Lymantria dispar</i> , <i>Wasmannia</i> <i>auropunctata</i> , <i>Glycaspis</i> <i>brimblecombei</i>	<i>Encarsia formosa</i> , <i>Encarsia inaron</i> , <i>Psyllaephagus</i> <i>bliteces</i> , <i>Aceratoneuromyia indica</i> , <i>Phymasticus</i> <i>coffea</i> , <i>Tamarixia radiata</i> , <i>Aphytis linganensis</i> , <i>Encarsia perniciosi</i> , <i>Comperiella bifasciata</i> , <i>Aphytis linganensis</i> , <i>Comperiella bifasciata</i> , <i>Aphytis chrysomphali</i> , <i>Aphytis holoxanthus</i> , <i>Aphytis lepidosaphes</i> , <i>Plaesius javanus</i> , <i>Trichogramma pretiosum</i>
Todo el país	<i>Antonina graminis</i> , <i>Apis mellifera</i> , <i>Diaphorina citri</i> , <i>Digitonthophagus gazella</i> , <i>Euoniticellus intermedius</i> , <i>Hypothenemus hampei</i> , <i>Phthorimaea operculella</i>	<i>Musca domestica</i>	NA	NA
ND	<i>Diuraphis noxia</i> , <i>Chrysomphalus</i> <i>aonidum</i> , <i>Trogoderma granarium</i>	NA	<i>Hypogeococcus</i> <i>festerianus</i>	<i>Coccophagus atrafus</i> , <i>Coccophagus pulvinariae</i> , <i>Coccophagus rusti</i> , <i>Coccophagus scutellaris</i> , <i>Eretmocerus picketti</i> , <i>Siphoninus phillyreae</i> , <i>Catolaccus grandis</i> , <i>Diachasmimorpha</i> <i>longicaudata</i> , <i>Diachasmimorpha tryoni</i> , <i>Fopius</i> <i>arisanus</i> , <i>Psytallia ineisi</i> , <i>Fopius vandenloschi</i> , <i>Chilocorus sp</i> , <i>Pteroptrix (Casca) smithi</i> , <i>Pseudhomalopoda prima</i> , <i>Encarsia aurantii</i>

ND, no determinado, NA, no aplica. *No se conoce el impacto de los agentes de control biológico en el ambiente donde fueron introducidos.

especie *C. cactorum*, que invadió México y Estados Unidos desde las islas del Caribe (Andraca-Gómez *et al.*, 2015).

La introducción de agentes de control biológico se ha documentado que ha sucedido por accidente: mediante expansión de rango o mediante ecesis en territorio mexicano desde EUA, por ejemplo: *Aphytis comperei* DeBach & Rosen, 1976, *A. melinus* (DeBach, 1959) y *A. mytilaspidis* (Le Baron, 1870); *Coccophagus ochraceus* Howard, 1895, *C. atratus* Compere, 1926, *C. pulvinariae* Compere, 1931, *C. rusti* Compere, 1928, *C. scutellaris* (Dalman, 1825); *Encarsia formosa* Gahan, 1924, *E. inaron* (Walker, 1839); *Eretmocerus picketti* Rose & Zolnerowich, *E. tejanus* Rose & Zolnerowich, 1997 o *Aleurocybotus occidus* Russell, 1964 que aumentaron su distribución desde el sitio de liberación hacia otros estados por vuelo (González-Hernández *et al.*, 2015a).

La introducción intencional se llevó a cabo con especies cuyo objetivo fue utilizarlos como agentes de control biológico. En los Estados Unidos de América, se introdujeron intencionalmente las especies de escarabajos coprófagos *Digitonthophagus gazella* y *Euoniticellus intermedius* Reiche, 1848, como agentes de control de moscas en las boliñas de vaca (Anduaga, 2004); ambas especies eventualmente expandieron su rango y entraron a México de forma comercial a través de la ganadería. Hasta el momento no se ha demostrado que tengan efectos nocivos para la biodiversidad nativa (Lobo y Montes de Oca, 1997; Montes de Oca y Halfpter, 1998). También se introdujeron varias especies exóticas como control biológico de plagas nativas, como *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 que es un parasitoide del lepidóptero *Spodoptera frugiperda* Walker (ver Cuadro 2, Bahena Juárez y Cortes Mondaca, 2015) y otros para controlar plagas introducidas como el parasitoide *Phymastichus coffea* La Salle, como agente de control biológico de la broca del café, *Hypothenemus hampei* Ferrari (1867) (Barrera *et al.*, 2008, Castillo *et al.*, 2006).

Como resultado de esta revisión encontramos que para 29 especies se desconoce cómo fueron introducidas al país, sin embargo, es posible deducir su forma de introducción dada su cercanía filogenética con otras especies de las cuáles si se conoce la vía de ingreso. Por ejemplo, *Culex* spp.

Anopheles vestinipennis Dyar & Knab y *A. pseudopuntipennis* Theobald 1901 probablemente entraron al país a partir del comercio de forma similar a *Anopheles* spp (Ríos y Connelly, 2012); mientras que *Apis mellifera adansonii* Latreille, 1804 también pudo haber ingresado como *A. mellifera* (Roubik y Villanueva Gutiérrez, 2009) a través del comercio; los hemípteros *Bactericera cockerelli*, *Unaspis citri* Comstock, *Diaphorina citri* Kuwayama, 1908, *Aenidiella aurantii* Maskell es probable que hayan entrado al país a partir del comercio de material infectado como es el caso de *Glycaspis brimblecombei* Moore (Cibrián Tovar, 2015).

De acuerdo a nuestra clasificación regional, el efecto negativo sobre la producción es mayor en los estados del norte de México. El impacto en la biodiversidad se evidencia principalmente por dos mecanismos: la muerte de hospedero y/o al desplazamiento de especies nativas. En el caso de los agentes de control biológico, a pesar de que el principal criterio para utilizarlos es la especificidad de hospederos (González-Hernández *et al.*, 2015a), las liberaciones masivas y sin monitoreo posterior representan acciones que pueden afectar a la biodiversidad por competencia de recursos (presas) con las especies de depredadores y parasitoides nativos; incluso se podría cuestionar el éxito de estas liberaciones. Hay ejemplos de especies como *Praon exsoletum* (Nees), *Trioxys complanatus* Quilis, 1931 y *Aphelinus asychis* Walker, 1839, importadas para controlar poblaciones del pulgón manchado de la alfalfa, *Therioaphis trifolii* (Monell, 1882), que no se establecieron, y por el contrario, fueron las especies de parasitoides nativos las que controlaron la plaga (Bravo *et al.*, 2015).

El impacto en la salud humana está relacionado principalmente con enfermedades transmitidas por especies del orden Diptera como malaria (*Anopheles* spp.) y el dengue (*Aedes* spp.), reportadas para la región Suroeste del país (Chiapas, Guerrero y Oaxaca) donde las condiciones climáticas son ideales (González-García, 2011). La propagación de malaria, por ejemplo, está asociada a zonas rurales con poco acceso a sistemas de salud, casas con estructuras que permiten la entrada del mosquito, y la migración humana (Downing, 2012). En México, se han detectado desde 2014 casos de

fiebre Chinkungunya, virus de origen africano transmitido también por las dos especies de *Aedes* (Rivera-Ávila, 2014). La introducción de este virus a México pudo deberse a viajeros infectados que fueron picados por mosquitos vectores en el país de origen. Dado que estos vectores están ampliamente distribuidos en la región Sureste de México, la población de esa región es particularmente susceptible a esta enfermedad y a su rápida diseminación. Otro vector de enfermedades, pero a nivel nacional, es *Musca domestica* (Diptera), que transmite al ser humano de forma indirecta enfermedades causadas por patógenos (p. ej., *Salmonella*, *Shigella*, *Campylobacter*, *Escherichia*, *Enterococcus* y *Chlamydia*), y de forma directa a animales domésticos y ganado (p. ej. *Moraxella bovis*, causante del ojo rosado (queratoconjuntivitis infecciosa) (Nava-Camberos y Ávila-Rodríguez, 2008).

El establecimiento de especies exóticas y su efecto en los ecosistemas parte del supuesto de que tienen ventajas sobre las especies nativas. Los factores facilitadores son: 1) la abundancia de recursos disponibles (Saint-Beat *et al.*, 2015) y baja resistencia de plantas, especialmente de especies cultivadas bajo un esquema de agricultura extensiva (Bautista-Lozada *et al.*, 2012); 2) la ausencia de enemigos naturales, donde la teoría predice que los insectos tendrán un mayor éxito reproductivo en zonas donde sus depredadores están ausentes (Murphy, 2004); 3) los hábitos polífagos de los insectos como ventaja competitiva (Muller *et al.*, 2015) como *Lobesia botrana* Den. y Shiff, polilla cuyo principal hospedero es la vid pero también se alimenta de hospederos alternativos nativos (Muller *et al.*, 2015, Gutierrez y Ponti, 2013); y 4) el comportamiento agresivo que desplaza otras especies (Roubik y Villanueva-Gutiérrez, 2009), como las especies de hormigas *Wasmannia auropunctata*, *Solenopsis invicta*, *Pheidole megacephala* (Dejean, 2007, 2008; Aguirre Muñoz y Mendoza Alfaro, 2009; Quezada-Martínez *et al.*, 2011; Rey *et al.*, 2012), o por las variedades africanizadas de *Apis mellifera* (Hymenoptera), que desplazan abejas nativas del género *Centris* y megachilidos (Megachilidae; Roubik y Villanueva-Gutiérrez, 2009).

Dado que los patrones generales encontrados se basan en una revisión bibliográfica, es importante

hacer notar que estos no representan listados de incidencia de especies a nivel regional sino los trabajos en ciencia básica realizados en cada región. Así, por ejemplo, encontramos que en la región Sureste (la zona fronteriza sur) el número de reportes asociados a especies de artrópodos exóticos con impactos en salud es menor en comparación con la región Suroeste, en la región Sureste solamente se reporta *Culex* sp. mientras que en la región suroeste hay 14 especies reportadas (Cuadro 2). Debido a las similitudes climáticas entre las dos regiones sureñas, se esperaría que tuvieran fauna exótica similar, por lo que probablemente los reportes encontrados para estas regiones no estén mostrando un patrón real. Dado el gran movimiento de seres humanos y mercancía que se lleva a cabo en las regiones fronterizas, se esperaría que tuvieran mayor número de especies exóticas reportadas, por lo que se aprecia un vacío de información en la zona fronteriza sur, y sería recomendable realizar mayor investigación en esa región.

La expansión de rango de distribución de las diferentes especies encontradas en México se debe principalmente al transporte accidental de una región a al transporte terrestre de material infectado. La regulación del tránsito dentro del país y las normas existentes elaboradas por SENASICA-SAGARPA están diseñadas para normar el transporte de mercancía, para asegurarse que las especies de artrópodos invasores sean detectadas a tiempo en puertos y fronteras. Sin embargo, una vez que los organismos están dentro del territorio, los artrópodos exóticos pueden expandir su distribución sino existen fronteras naturales que las contengan; es aquí donde la biodiversidad y la resiliencia de los ecosistemas juegan un papel importante como barrera biológica (Kennedy *et al.*, 2002; Traveset y Richardson, 2006; Vila *et al.*, 2008). La resiliencia de un ecosistema, su capacidad de tolerar cierto grado de cambio (Saint-Beat *et al.*, 2015), determina el mantenimiento de su funcionalidad. En este contexto, los agroecosistemas son particularmente vulnerables a la invasión debido a la pérdida de diversidad de especies causada por la domesticación y al manejo industrial de los cultivos. En este sentido, cualquier transformación del territorio que afecte la biodiversidad como la construcción de carreteras, presas, deforestación, la agricultura extensiva, entre otras, son factores que también regulan la expansión de una especie.

Dados los escasos reportes sobre especies de artrópodos exóticos en México y su impacto sobre la biodiversidad y las actividades humanas, esta revisión propone que es necesario ahondar en la investigación sobre artrópodos exóticos para detectar las áreas que requieren una intervención inmediata, la elaboración de políticas públicas transversales que aborden la problemática regional de manera integral y en coordinación con la población afectada, así como emprender acciones encaminadas al reemplazo de especies exóticas dentro de las cadenas productivas, en particular los agentes de control biológico, utilizando especies nativas. Los estudios de ciencia básica sobre artrópodos invasores pueden arrojar información acerca de su ciclo de vida, historia de colonización, reintroducciones, flujo génico entre poblaciones y que también deben tomarse en cuenta para el manejo de especies ya establecidas. Por otro lado, ya que el cambio climático es una realidad que está modificando la distribución de las especies, sería importante vincular la modelación de escenarios de cambio climático para México con la determinación de zonas vulnerables a la invasión.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece el trabajo de Irais Medina para la primera compilación de casos de estudio, a Morelia Camacho por observaciones al manuscrito así como a varios revisores anónimos por sus comentarios.

LITERATURA CITADA

- AGUIRRE-MUÑOZ, A. Y R. MENDOZA-ALFARO. 2009. Especies exóticas invasoras: impactos sobre las poblaciones de flora y fauna, los procesos ecológicos y la economía. Pp. 277–318. *In*: R. Dirzo, R. González y March, I. J. (Eds.). *Capital Natural de México Vol. 2*. CONABIO, México, D. F.
- ANDUAGA, S. 2004. Impact of the activity of dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) inhabiting pasture land in Durango, Mexico. *Environmental Entomology*, 33(5): 1306–1312.
- ANDRACA-GÓMEZ, G., ORDANO, M., BOEGE, K., DOMÍNGUEZ, C. A., PIÑERO, D. PÉREZ-ISHIWARA, R. PÉREZ-CAMACHO, J. CAÑIZARES, M. AND J. FORNONI. 2015. A potential invasion route of *Cactoblastis cactorum* within the Caribbean region matches historical hurricane trajectories. *Biological Invasions*, 17(5): 1397–1406.
- ARREDONDO-BERNAL, H. C., MELLÍN-ROSAS, M. A. Y E. JIMÉNEZ-JIMÉNEZ. 2015. Mosca Prieta de los Cítricos, *Aleurocanthus woglumi* (Hemiptera: Aleyrodidae). Pp. 333–346. *In*: H. C. Arredondo-Bernal y L.A. Rodríguez del Bosque (Eds.). *Casos de Control Biológico en México Vol. 2*. Printing arts Mexico S. de R. L. de C. V. México, D. F.
- BAUTISTA-LOZADA, A., PARRA-RONDINEL, F. Y F. J. ESPINOSA-GARCÍA. 2012. Efectos de la domesticación de plantas en la diversidad fitoquímica. Pp. 253–267. *In*: C. Rojas y E. A. Malo (Eds.). *Temas selectos de Ecología Química de Insectos*. El Colegio de la Frontera Sur, México.
- BAUTISTA-MARTÍNEZ N., VILLANUEVA-JIMÉNEZ, J. A. Y H. C. ARREDONDO-BERNAL. 2008. Minador de la hoja de los Cítricos, *Phyllocnistis citrella* (Lepidoptera: Gracillariidae). Pp. 347–358. *In*: H. C. Arredondo-Bernal y L. A. Rodríguez del Bosque (Eds.). *Casos de Control Biológico en México Vol. 2*. Mundi Prensa México, S. A. de C. V. México, D. F.
- BAHENA-JUÁREZ F. 2008. Palomilla de la Papa, *Pthorimaea operculella* (Lepidoptera: Gelechiidae). Pp. 33–45. *In*: H. C. Arredondo-Bernal y L. A. Rodríguez del Bosque (Eds.). *Casos de Control Biológico en México Vol. 2*. Mundi Prensa México, S. A. de C. V. México, D. F.
- BAHENA-JUÁREZ F. Y E. CORTES-MONDACA. 2015. Gusano cogollero del maíz, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). Pp. 181–250. *In*: H. C. Arredondo-Bernal y L. A. Rodríguez del Bosque (Eds.). *Casos de Control Biológico en México Vol. 2*. Printing arts Mexico S. de R. L. de C.V. México, D. F.
- BARAK, A. 1998. Khapra beetle, *Trogoderma granarium* Everts Fact Sheet. CTS- USDA-APHIS-PPQ. No. 37.
- BARRERA-GAYTÁN, J. F. 2015. Picudo del plátano, *Cosmopolites sordidus* (Coleoptera: Curculionidae). Pp. 311–337. *In*: H. C. Arredondo-Bernal y L. A. Rodríguez del Bosque (Eds.). *Casos de Control Biológico en México Vol. 2*. Printing arts Mexico S. de R. L. de C. V. México, D. F.
- BARRERA J. F., GÓMEZ, J., CASTILLO, A., LÓPEZ, E., HERRERA, J. Y G. GONZÁLEZ. 2008. Broca del Café, Bernal y L. A. Rodríguez del Bosque (Eds.). *Casos de Control Biológico en México*. Mundi Prensa *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae). Pp. 101–120. *In*: H. C. Arredondo- México, S. A. de C. V., México, D. F.

- BOHONAK, A. J., VILLABLANCA, F. X. AND G. K. RODERICK. 2001. Invasion genetics of New World medflies: testing alternative colonization scenarios. *Biological invasions*, 3(2): 103–111.
- BOWEN, T., D-BENCH, W. AND L. A. JOHNSON. 2006. Recent colonization of midriff islands, Gulf of California, Mexico, by feral honeybees *Apis mellifera*. *Southwestern naturalist*, 51(4): 542–551.
- BRAVO, H., CHAVARÍN, C. Y H. C. ARREDONDO. 2015. Pulgón manchado de la alfalfa *Therioaphis trifolii* (Hemiptera: Aphididae). Pp. 165–182. In: H. C. Arredondo-Bernal y L. A. Rodríguez del Bosque (Eds.). *Casos de Control Biológico en México Vol. 2*. Printing arts Mexico S. de R. L. de C. V., México, D. F.
- BYERS J. A. Y S. E. NARANJO. 2014. Detection and monitoring of pink bollworm moths and invasive insects using pheromone traps and encounter rate models. *Journal of Applied Ecology*, 51(4): 1041–1049.
- CARPENTER, S. R., MOONEY, H. A., AGARD, J., CAPISTRANO, D., DEFRIES, R. S., DÍAZ, S., DIETZ, T., DURAIAPPAH, A. K., OTENG-YEBOAH, A., PEREIRA, H. M., PERRINGS, C., REID, W. V., SARUKHAN, J., SCHOLLES, R. J. AND A. WHYTE. 2009. Science for managing ecosystem services: beyond the Millennium Ecosystem Assessment. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(5): 1305–1312.
- CASAS-MARTÍNEZ, M. AND J. L. TORRES ESTRADA. 2003. First evidence of *Aedes albopictus* (Skuse) in Southern Chiapas, Mexico. *Emerging Infectious Diseases*, 9(5): 606–607.
- CASTILLO, A., ESPINOZA, J. C., VALLE-MORA, J. Y F. INFANTE. 2006. Dispersión del parasitoide africano *Phymastichus coffea* La Salle (Hymenoptera: Eulophidae) en un nuevo agrosistema. *Folia Entomológica Mexicana*, 45(3): 319–327.
- CHENG-ZHU, Y., SUN, J. Z., LUO, L. L., LIU, X. F., LEE, K. C., MALLETT, E. J. AND C. A. ABEL. 2010. Identification of two haplotypes of cytochrome oxidase subunit II (COII) gene of the Formosan subterranean termite, *Coptotermes formosanus* Shiraki (Isoptera: Rhinotermitidae), in southern Mississippi. *Pest Management Science*, 66(6): 612–620.
- CHRISTEN, D. C. AND G. R. MATLACK. 2009. The habitat and conduit functions of roads in the spread of three invasive plant species. *Biological Invasions*, 11(2): 453–465.
- CIBRIÁN-TOVAR, D. 2015. Conchuela del eucalipto, *Glycaspis brimblecombei* (Hemiptera: Psyllidae). Pp. 395–413. In: H. C. Arredondo-Bernal y L. A. Rodríguez del Bosque (Eds.). *Casos de Control Biológico en México Vol. 2*. Printing arts Mexico S. de R. L. de C. V., México, D. F.
- CONABIO, CONANP, SEMARNAT. 2010. Estrategia nacional sobre especies invasoras en México: prevención, control y erradicación. Offset Rebosan S. A. de C. V.
- CORONADO-BLANCO, J. M., RUÍZ-CANCINO, E., TRJAPITZIN, V. A., MYARTSEVA, S. N. Y G. GAONA-GARCÍA. 2008. Escama Algodonosa de los Pastos, *Antonina graminis* (Hemiptera: Pseudococcidae). Pp. 383–393. In: H. C. Arredondo-Bernal y L. A. Rodríguez del Bosque (Eds.). *Casos de Control Biológico en México Vol. 2*. Mundi Prensa México, S. A. de C. V., México, D. F.
- CORONADO-BLANCO, J. M., RUIZ-CANCINO. E. Y E. JIMÉNEZ-JIMÉNEZ. 2008. Escama Nevada de los Cítricos *Unaspis citri* (Hemiptera: Diaspididae). Pp. 303–314. In: H. C. Arredondo-Bernal y L. A. Rodríguez del Bosque (Eds.). *Casos de control biológico en México*. Mundi Prensa México, S. A. de C. V., México.
- CONABIO. 2009. *Capital Natural de México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- CORTÉZ-MONDACA, E. Y F. A. VALENZUELA-ESCOBOZA. 2015. Minador de la hoja, *Liriomiza trifolii* (Diptera: Agromyzidae). Pp. 251–267. In: H. C. Arredondo-Bernal y L. A. Rodríguez del Bosque (Eds.). *Casos de Control Biológico en México Vol. 2*. Printing arts Mexico S. de R. L. de C. V., México, D. F.
- CUPUL-MAGANA, F. G. 2009. Diversidad y abundancia de hormigas (Formicidae) en las viviendas de Puerto Vallarta, Jalisco, México. *Ecología Aplicada*, 8(2): 115–117.
- DAEHLER, C. C. 2003. Performance comparisons of co-occurring native and alien invasive plants: Implications for conservation and restoration. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, 43: 183–211.
- DEJEAN, A., KENNE, M. AND C. S. MOREAU. 2007. Predatory abilities favour the success of the invasive ant *Pheidole megacephala* in an introduced area. *Journal of Applied Entomology*, 131(9-10): 625–629.
- DEJEAN, A., MOREAU, C. S., KENNE, M. ANAD M. LEPONCE. 2008. The raiding success of *Pheidole megacephala* on other ants in both its native and introduced ranges. *Comptes Rendues Biologies*, 331(8): 631–635.

- DELOYA, C. 2005. Notes on a native and an exotic scarab collected in Guerrero, Mexico (Coleoptera: Scarabaeidae). *The Florida Entomologist*, 88(3): 342–343.
- THOMAS, D. B., EGER, J. E., JONES, W. AND G. ORTEGA-LEON. 2003. The African cluster bug, *Agonoscelis puberula* (Heteroptera: Pentatomidae), established in the new world. *The Florida Entomologist*, 86(2): 151–153.
- DOWNING, J. 2012. Eliminating malaria in Mexico. Global Health Group Project Team.
- Espinoza-Gómez, F., Hernández-Suárez, C. M. y R. Coll-Cárdenas. 2001. Factores que modifican los índices larvarios de *Aedes aegypti* en Colima, México. *Revista Panamericana de Salud Pública*, 10(1): 6–12.
- ESPINOSA-GARCÍA, F. J., VILLASEÑOR, F. J. AND H. VIBRANS. 2004. The rich generally get richer, but there are exceptions: Correlations between species richness of native plant species and alien weeds and in Mexico. *Diversity and Distributions*, 10(5-6): 399–407.
- ESPINOZA-GÓMEZ, F., HERNÁNDEZ-SUÁREZ, C. M., RENDÓN-RAMÍREZ, R., CARRILLO-ÁLVAREZ, M. L. AND J. C. FLORES-GONZÁLEZ. 2003. Transmisión interepidémica del dengue en la ciudad de Colima, México. *Salud Pública de México*, 45(5): 365–370.
- ESTRADA-MUÑOZ, G. A. AND S. R. SANCHEZ-PEÑA. 2014. Imidacloprid drench on athel trees (*Tamarix aphylla*): Effect on foliage consumption and knock-down of *Diorhabda sublineata* at Chihuahua, Mexico. *Southwestern Entomologist*, 39(3): 439–449.
- FERNÁNDEZ-RUVALCABA, M., PEÑA-CHORA, G., LEZAMA-GUTIÉRREZ, R., ÁNGEL-SAHAGÚN C. A. Y V. M. HERNÁNDEZ VELÁZQUEZ. 2015. Garrapata *Rhipicephalus microplus* (Acari: Ixodidae). Pp. 373–384. In: H. C. Arredondo-Bernal y L. A. Rodríguez del Bosque (Eds.). *Casos de Control Biológico en México Vol. 2*. Printing arts Mexico S. de R. L. de C. V., México, D. F.
- FIELD, H. C., EVANS, W. E., HARTLEY, R., HANSEN, L. D. AND J. H. KLOTZ. 2007. A survey of structural ant pests in the southwestern USA (Hymenoptera: Formicidae). *Sociobiology*, 49: 1–14.
- FORMAN, R. T. T. 2000. Estimate of the area affected ecologically by the road system in the United States. *Conservation Biology*, 14(1): 31–35.
- GELBARD, J. L. AND J. BELNAP. 2003. Roads as Conduits for Exotic Plant Invasions in a Semiarid Landscape. *Conservation Biology*, 17(2): 420–232.
- GARCÍA, C., GARCÍA, L., ESPINOSA-CARREON. T. L. Y C. LEY P. 2011. Abundancia y distribución de *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) y dispersión del dengue en Guasave Sinaloa, México. *Revista de Biología Tropical*, 59(4): 1609–1619.
- GONZÁLEZ-GARCÍA, H. E. 2011. *Principales enfermedades de transmisión por insectos vectores y alacranismo durante el año 2011, en el estado de Chiapas, México*. Tesina, Universidad Nacional Autónoma de México. 30 pp.
- GONZÁLEZ-HERNÁNDEZ, A., CORONADO BLANCO, J. M., GARCÍA-GONZÁLEZ, F., MYANTSEVA, S. N., ÁVILA-RODRÍGUEZ, V., RUÍZ-CANCINO E. Y A. GUZMÁN-LARRALDE. 2015a. Hymenoptera parasítica de México. Pp. 29–63. In: H. C. Arredondo-Bernal y L. A. Rodríguez del Bosque (Eds.). *Casos de Control Biológico en México Vol. 2*. Printing arts Mexico S. de R. L. de C. V., México, D. F.
- GONZÁLEZ-HERNÁNDEZ, H., LOMELI-FLORES, J. R. Y S. N. MYARTEVA. 2015b. Escamas (Hemiptera: Diaspididae; Coccidae) en cítricos. Pp. 395–310. In: H. C. Arredondo-Bernal y L. A. Rodríguez del Bosque (Eds.). *Casos de Control Biológico en México Vol. 2*. Printing arts Mexico S. de R. L. de C. V., México, D. F.
- GOVE, A. D. AND V. RICO-GRAY. 2006. What determines conditionality in ant–Hemiptera interactions? Hemiptera habitat preference and the role of local ant activity. *Ecological Entomology*, 31(6): 568–574.
- GUTIÉRREZ, A. P. AND L. PONTI. 2013. Eradication of Invasive Species: Why the Biology Matters. *Environmental Entomology*, 42(3): 395–411.
- HIGHT, S. AND J. E. CARPENTER. 2009. Flight phenology of male *Cactoblastis cactorum* (Lepidoptera: Pyralidae) at different latitudes in the Southeastern United States. *The Florida Entomologist*, 92(2): 208–216.
- HOLGUÍN-PEÑA, R. J., HERNÁNDEZ-MONTIEL, L. G. Y H. LATISNERE-BARRAGÁN. 2010. Identificación y distribución geográfica de *Bemisia tabaci* Gennadius y su relación con enfermedades begomovirales en tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en Baja California, México. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 28(1): 58–60.
- IBÁÑEZ-BERNAL, S., BRISEÑO, B., MUTEIBE, J. P., ARGOT, E., RODRÍGUEZ, G., MARTÍNEZ-CAMPOS, C., PAZ, R., ROMÁN-S, P. D. L. F., TAPIA-CONYER, R. AND A. FLISSER. 1997. First record in America of *Aedes albopictus* naturally infected with dengue virus during the 1995 outbreak at Reynosa, Mexico. *Medical and Veterinary Entomology*, 11(4): 305–309.
- JEZOREK, H. A., STILING, P. D. AND J. E. CARPENTER. 2010. Targets of an invasive species: oviposition preference and larval performance of *Cactoblastis*

- cactorum* (Lepidoptera: Pyralidae) on 14 north American opuntoid cacti. *Environmental Entomology*, 39(6): 1884–1892.
- JHA, S. AND J. H. VANDERMEER. 2009. Contrasting bee foraging in response to resource scale and local habitat management. *Oikos*, 118(8): 1174–1180.
- KANE, E. C., OCHOA, R., MATHURIN, G., ERBE, E. F. AND J. J. BEARD. 2012. *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae): an exploding mite pest in the neotropics. *Experimental and Applied Acarology*, 57(3-4): 215–225.
- KENNEDY, T. A., NAEEM, S., HOWE, K. M., KNOPS, J. M. H., TILMAN, D. AND P. REICH. 2002. Biodiversity as a barrier to ecological invasion. *Nature*, 417: 636–638.
- KOHLMAN, B. 1994. A preliminary study of the invasion and dispersal of *Digitonthophagus gazelle* (Fabricius, 1787) in Mexico (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae). *Acta Zoologica Mexicana (n. s.)*, 61: 35–42.
- LAGO, P., MACDONALD, J. AND W. CROSS. 1984. Mexican Records for *Onthophagus gazella* Fabricius (Coleoptera: Scarabaeidae). *The Coleopterist Bulletin*, 38: 214.
- LEGASPI, B. C. J. AND J. C. LEGSPI. 2010. Field-Level Validation of a CLIMEX Model for *Cactoblastis cactorum* (Lepidoptera: Pyralidae) Using Estimated Larval Growth Rates. *Environmental Entomology*, 39(2): 368–377.
- LIU, D. AND J. T. TRUMBLE. 2006. Comparative fitness of invasive and native populations of the potato psyllid (*Bactericera cockerelli*). *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 123(1): 35–42.
- LOBO, J. AND J. GUTIÉRREZ-ABASCAL. 1996. Diversity, biogeographical considerations and spatial structure of a recently invaded dung beetle (Coleoptera: Scarabaeoidea) community in the Chihuahuan desert. *Global Ecology and Biogeography letters*, 5(6): 342–353.
- LOBO, J. M. AND E. MONTES DE OCA. 1997. Spatial microdistribution of two introduced dung beetle species *Digitonthophagus gazelle* (F.) and *Euoniticellus intermedius* (Reiche) (Coleoptera Scarabaeidae) in an arid region of northern Mexico (Durango Mexico). *Acta Zoológica Mexicana (n. s.)*, 71: 17–32.
- LOBO, J. Y E. MONTES DE OCA. 1997. Distribución local y coexistencia de *Digitonthophagus gazelle* (Fabricius, 1787) y *Onthophagus batesi* Howden & Cartwright, 1963 (Coleoptera: Scarabaeidae). *Elytron*, 8: 117–127.
- LÓPEZ-ARROYO, J. I., LOERA-GALLARDO, J., ROCHA-PEÑA, M. A., CANALES, R., HERNÁNDEZ, I., REYES, M. A., BERLANGA, A. Y M. A. MIRANDA. 2008. Pulgón Café de los Cítricos, *Toxoptera citricida* (Hemiptera: Aphididae). Pp. 279–292. In: H. C. Arredondo-Bernal y Rodríguez del Bosque, L. A. (Eds.). *Casos de control biológico en México*. Mundi Prensa México, S. A. de C. V., México, D.F.
- MACK, R. N. AND M. ERNEBERG. 2002. The United States naturalized flora: Largely the product of deliberate introductions. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 89(2): 176–189.
- MARCH-MIFSUT, I. J. Y M. MARTÍNEZ JIMÉNEZ. 2007. Especies invasoras de alto impacto en la biodiversidad Juitepec, Morelos, México. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua-IMTA, Conabio, GECI, Arid América, The Nature Conservancy.
- MARKOW, T. A., HANNA, G., RIESGO-ESCOVAR, J. R., TELLEZ-GARCIA, A., RICHMOND, M. P., NAZARIO-YEPIZ, N. O., LACLETTE, M. R. L., CARPINTEYRO-PONCE, J. AND E. PFEILER. 2014. Population genetics and recent colonization history of the invasive drosophilid *Zaprionus indianus* in Mexico and Central America. *Biological Invasions*, 16(11): 2427–2434.
- MARTI, O. G. AND J. E. CARPENTER. 2008. Rearing *Cactoblastis cactorum* (Lepidoptera: Pyralidae) on a factitious meridic diet at different temperatures and larval densities. *The Florida Entomologist*, 91(4): 679–695.
- MARTÍNEZ-CARRILLO, J. L. AND J. K. BROWN. 2007. First Report of the Q Biotype of *Bemisia tabaci* in Southern Sonora, Mexico. *Phytoparasitica*, 35: 282–284.
- MARTÍNEZ-CARRILLO, J., NAVA-CAMBEROS, U., ARREDONDO-BERNAL, H. C. Y S. AGUILAR-MEDEL. 2015. Mosca blanca, *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae). Pp. 269–294. In: H. C. Arredondo-Bernal y L. A. Rodríguez del Bosque (Eds.). *Casos de Control Biológico en México Vol. 2*. Printing arts Mexico S. de R. L. de C.V., México, D. F.
- MCKENZIE, C. L., BETHKE, J. A., BYRNE, F. J., CHAMBERLIN, J. R., DENNEHY, T. J., DICKEY, A. M., GILREIN, D., HALL, P. M., LUDWIG, S., OETTING, R. D., OSBORNE, L. S., SCHMALE, L. AND R. G. SHATTERS. 2012. Distribution of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) biotypes in North America following the Q invasion. *Journal of Economic Entomology*, 105(3): 753–766.
- MONTES DE OCA, E. AND G. HALFFTER. 1998. Invasion of Mexico by two dung beetles previously introduced in the United States. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, 33(1): 37–45.

- MORALES MORALES, C. J., RUIZ NÁJERA, R. Y L. DELGADO. 2004. Primer registro de *Euoniticellus intermedius* (Reiche, 1849) y datos nuevos de distribución de *Digitonthophagus gazella* (Fabricius, 1787) (Coleoptera: Scarabaeidae) e *Hybosorus illigeri* Reiche, 1853 (Coleoptera: Hybosoridae) para el estado de Chiapas. *Dugesiana*, 11(2): 21–23.
- MULLER, K., VOGELWEITH, F., THIERY, D., MORET, Y. AND J. MOREAU. 2015. Immune benefits from alternative host plants could maintain polyphagy in a phytophagous insect. *Oecologia*, 177(2): 467–475.
- MURPHY, S. M. 2004. Enemy free-space maintains swallowtail butterfly host shift. *Proceedings of the National Academy of Science*, 101(52): 18048–18052.
- MYARTSEVA, S. N., RUIZ-CANCINO, E. Y J. M. CORONADO-BLANCO. 2008. Escama Negra de los Cítricos *Saissetia oleae* (Hemiptera: Coccidae). Pp. 293–314. In: H. C. Arredondo-Bernal y L. A. Rodríguez del Bosque (Eds.). *Casos de Control Biológico en México Vol. 2*. Printing arts Mexico S. de R. L. de C. V., México, D. F.
- NAVA-CAMBEROS, U. Y V. ÁVILA-RODRIGUEZ. 2008. Mosca Doméstica, *Musca domestica* (Diptera: Muscidae). Pp. 395–413. In: H. C. Arredondo-Bernal y L. A. Rodríguez del Bosque (Eds.). *Casos de Control Biológico en México Vol. 2*. Printing arts Mexico S. de R. L. de C.V., México, D. F.
- NAVARRETE-HEREDIA, J. L. 2006. Notes on three adventive species of Coleoptera (Hydrophilidae and Scarabaeidae) from Baja California, with additional data from other Mexican States. *Entomological News*, 117(2): 211–218.
- NEUMANN, P. AND J. D. ELLIS. 2008. The small hive beetle (*Aethina tumida* Murray, Coleoptera: Nitidulidae) distribution, biology and control of an invasive species. *Journal of Apicultural Research*, 47(3): 181–183.
- OCAMPO, F. C. 2002. Hybosorids of the United States and Expanding Distribution of the Introduced Species *Hybosorus illigeri* (Coleoptera: Scarabaeoidea: Hybosoridae). *Annals of the Entomological Society of America*, 95(3): 316–322.
- QUEZADA-MARTÍNEZ, J., DELGADO-GARCÍA, E. M., SÁNCHEZ-PEÑA, S., DÍAZ-SOLÍS, H. AND A. A. CALIXTO. 2011. Initial assessment of the impact of the recent invader, *Solenopsis invicta* Buren, on resident ant assemblages in Matamoros, Mexico. *Southwestern Entomologist*, 36(1): 61–76.
- RAHMAN, P. M., SUDHEENDRAKUMAR, V. V. AND K. V. SANKARAN. 2012. Does the tiny mite matter? Revisiting invasive pest problem under global climate change scenario. *Current Science*, 103(3): 252–253.
- RAMOS, C. 2011. Minimizan a nuevo mosco del dengue. *Diario de Morelos* 11 de abril
- REY, O., ESTOUP, A., VONSHAK, M., LOISEAU, A., BLANCHET, S., CALCATERRA, L., CHIFFIET, L., ROSSI, J. P., KERGOAT, G. J., FOUCAUD, J., ORIVEL, J., LEPONCE, M., SCHULTZ, T. AND B. FACON. 2012. Where do adaptive shifts occur during invasion? A multidisciplinary approach to unravelling cold adaptation in a tropical ant species invading the Mediterranean area. *Ecology Letters*, 15(11): 1266–75.
- RÍOS, M. L. AND C. R. CONNELLY. 2012. Common malaria Mosquito *Anopheles quadrimaculatus* Say (Insecta: Diptera: Culicidae). University of Florida. EENY-419.
- RIVERA-AVILA, C. 2014. Chikungunya fever in Mexico: confirmed case and notes on the epidemiologic response. *Salud Pública de México*, 56(4): 402–404.
- ROUBIK, D. W. AND R. VILLANUEVA-GUITÉRREZ. 2009. Invasive africanized honey bee impact on native solitary bees: a pollen resource and trap nest analysis. *Biological Journal of the Linnean Society*, 98(1): 152–160.
- RUÍZ-CAMACHO, E., CORONADO-BLANCO, J. M. Y S. N. MYARTSEVA. 2008. Psílido Asiático de los Cítricos, *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae). Pp. 323–331. In: H. C. Arredondo-Bernal y L. A. Rodríguez del Bosque (Eds.). *Casos de Control Biológico en México*. Mundi Prensa México, S. A. de C. V., México, D. F.
- SAINT-BEAT, B., BAIRD, D., ASMUS, H., ASMUS, R., BACHER, C., PACELLA, S. R., JOHNSON, G. A., DAVID, V., VEZINA, A. F. AND N. NIQUIL. 2015. Trophic networks: How do theories link ecosystem structure and functioning to stability properties? A review. *Ecological Indicators*, 52: 458–471.
- SALAS-ARAIZA, M. D., MACKAY, W. P. AND E. SALAZAR-SOLÍS. 2012. First report of the red imported fire ant *Solenopsis invicta* Buren (Hymenoptera: Formicidae) from Central México. *Entomological News*, 122(1): 93–94.
- SALAZAR-SOLÍS, E. Y M. D. SALAS-ARAIZA. 2008. Palomilla dorso de diamante, *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). Pp. 155–165. In: H. C. Arredondo-Bernal y L. A. Rodríguez del Bosque (Eds.). *Casos de Control Biológico en México*. Mundi Prensa México, S. A. de C. V., México, D.F.
- SALOMÓN-GRAJALES, J., LUGO-MOGUEL, G. V., TINAL-GORDILLO, V. R., DE LA CRUZ-VELÁZQUEZ, J., BEATY, B. J., EISEN, L., LOZANO-FUENTES, S., MOORE, C. G. Y J. E. GARCÍA-REJÓN. 2012. *Aedes albopictus* Mosquitoes, Yucatan Peninsula, México. *Emerging Infectious Diseases*, 18(3): 525–527.

- SÁNCHEZ-GONZÁLEZ J. A., MELLÍN-ROSAS, M. A., ARREDONDO-BERNAL, H. C., VIZCANA-VALDÉZ, N. I., GONZÁLEZ-HERNÁNDEZ, A. Y R. MONTESIOROS MATÍAS. 2015. Psílido asiático de los cítricos, *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae). Pp. 339–372. In: H. C. Arredondo-Bernal y L. A. Rodríguez del Bosque (Eds.). *Casos de Control Biológico en México Vol. 2*. Printing arts Mexico S. de R. L. de C. V., México, D. F.
- SÁNCHEZ-PEÑA, S. R. 2014. First record in Mexico of the invasive stink bug *Bagrada hilaris*, on cultivated crucifers in Saltillo. *Southwestern Entomologist*, 39(2): 375–377.
- SÁNCHEZ-PEÑA, S., CHACÓN-CARDOSA, M. C. AND D. ROSENDEZ-PEREZ. 2009. Identification of fire ants (Hymenoptera: Formicidae) from Northeastern Mexico with morphology and molecular markers. *The Florida Entomologist*, 92(1): 107–115.
- SANTIAGO-ISLAS, T., ZAMORA-CRUZ, A., FUENTES-TEMLADOR, E. A., VALENCIA-LUNA, L. Y H. C. ARREDONDO-BERNAL. 2008. Cochinilla Rosada del Hibiscus, *Maconellicoccus hirsutus* (Hemiptera: Pseudococcidae). Pp. 177–191. In: H. C. Arredondo-Bernal y L. A. Rodríguez del Bosque (Eds.). *Casos de Control Biológico en México*. Mundi Prensa México, S. A. de C. V., México, D. F.
- SAGARPA. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. (2014). Acta zona libre de plagas, *Anthonomus grandis*.
- SENASICA, Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria, Dirección General de Sanidad Vegetal. 2011. Programa de Vigilancia Epidemiológica de Palomilla del Nopal, Laboratorio Nacional de Geoprosesamiento de Información Fitosanitaria. Coordinación para la Innovación y Aplicación de la Ciencia y la Tecnología Universidad Autónoma de San Luis Potosí Boletín–Fitosanitario. No. 006.
- SENASICA, Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria, Dirección General de Sanidad Vegetal. 2012. Programa de Vigilancia Epidemiológica de Palomilla del Nopal, Laboratorio Nacional de Geoprosesamiento de Información Fitosanitaria. Coordinación para la Innovación y Aplicación de la Ciencia y la Tecnología Universidad Autónoma de San Luis Potosí Boletín–Fitosanitario. No. 007.
- SHUFRAN, K. A. AND T. L. PAYTON. 2009. Limited genetic variation within and between Russian wheat aphid (Hemiptera: Aphididae) biotypes in the United States. *Journal of Economic Entomology*, 102(1): 440–445.
- SIMONSEN, T. J., BROWN, R. L. AND F. A. H. SPERLING. 2008. Tracing an invasion: Phylogeography of *Cactoblastis cactorum* (Lepidoptera: Pyralidae) in the United States based on mitochondrial DNA. *Annals from the Entomological Society of America*, 101(5): 899–905.
- SMITH, S. E., MENDOZA, M. G., ZUNIGA, G., HALBROOK, K., HAYES, J. L. AND D. N. BYRNE. 2013. Predicting the distribution of a novel bark beetle and its pine hosts under future climate conditions. *Agricultural and Forest Entomology*, 15(2): 212–226.
- SNYDER, W. E. AND E. W. EVANS. 2006. Ecological Effects of Invasive Arthropod Generalist Predators. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, 37: 95–122.
- STOHLGREN, T. J., BARNET, D. T. AND J. KARTESZ. 2003. The rich get richer: patterns of plant invasions in the United States. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 11(1): 11–14.
- TKACZ, B., MOODY, B. AND J. VILLA CASTILLO. 2007. Forest health status in North America. *The Scientific World Journal*, 7(Suppl. 1): 28–36.
- TORRES DE LA CRUZ, M., CORTEZ MADRIGAL, H., ORTIZ-GARCÍA, C. F., CAPPELLO-GARCÍA, S. Y M. PÉREZ DE LA CRUZ. 2014. Cepas monospóricas de *Metarhizium anisopliae* y su patogenicidad sobre *Galleria mellonella* en Tabasco, México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 5(2): 171–180.
- TRAVESET, A. AND D. M. RICHARDSON. 2006. Biological invasions as disruptors of plant reproductive mutualisms. *Trends in Ecology and Evolution*, 21(4): 208–216.
- VEJAR-COTA, G. Y L. A. RODRÍGUEZ DEL BOSQUE. 2015. Mosca blanca de los cereales, *Aleurocybotus occiduus* (Hemiptera: Aleyrodidae). Pp. 113–121. In: H. C. Arredondo-Bernal y L. A. Rodríguez del Bosque (Eds.). *Casos de Control Biológico en México Vol. 2*. Printing arts Mexico S. de R. L. de C. V., México, D. F.
- VERGARA, C., DIETS, A. AND A. P. DE LEÓN. 1993. Female parasitism of european honey-bees by africanized swarms in Mexico. *Journal of Apicultural Research*, 32(1): 34–40.
- VILA, M., SIAMANTZIOURAS, A. S. D., BRUNDU, G., CAMARDA, I., LAMBON, P., MÉDALI, F., MORAGUES, E., SUEHS, C. M., TRAVESET, A., TROUMBS, A. Y AND P. E. HULME. 2008. Widespread resistance of Mediterranean island ecosystems to the establishment of three alien species. *Diversity and Distributions*, 10(5): 113–123.
- VILLEGAS-TREJO, A., CHE-MENDOZA, A., GONZÁLEZ-FERNÁNDEZ, M., GUILLERMO-MAY, G., GONZÁLEZ-BEJARANO, H., DZUL-MANZANILLA, F., ULLOA-GARCÍA, A., DANIS-LOZANO, R. Y P. MANRIQUE-SAIDE. 2011. Control enfocado de *Aedes aegypti* en localidades de alto

- riesgo de transmisión de dengue en Morelos, México. *Salud Pública de México*, 53(2): 141–15.
- WETTERER, J. K., WILD, A. L., SUÁREZ, A. V., ROURA-PASCUAL, N. AND X. ESPADALER. 2009. Worldwide spread of the Argentine ant, *Linepithema humile* (Hymenoptera: Formicidae). *Myrmecological News*, 12: 187–194.
- WILLIAMSON, M. AND A. FITTER. 1996. The varying success of invaders. *Ecology*, 77(6): 1661–1665.
- XIAO-YU, L., HONG-JUN, C., NAI-ZHONG, C., ZHI-HONG, L., FANG-HAO, W. AND W. ZHI-LING. 2009. Potential geographic distribution of Asian gypsy moth, *Lymantria dispar*, in North America. *Chinese Bulletin of Entomology*, 46(3): 398–402.