

REVISTA BIOINVASIONES

Revista de invasiones biológicas de América Latina y el Caribe



Volumen 1- Año: 2016

<http://bioinvasiones.org/>

BioInvasiones publica artículos científicos y revisiones sobre invasiones biológicas en todo tipo de especies y reportes sobre nuevas introducciones e invasiones recientes, en todo tipo de ecosistemas en América Latina y el Caribe. Nos interesa también publicar propuestas sobre prevención, control o políticas para el manejo de invasiones en América Latina y el Caribe. Recibimos también propuestas para publicar números especiales como resultados de simposios, talleres, cursos y grupos de trabajo.

BioInvasiones es la continuación del Boletín de la Red Latinoamericana para el Estudio de Especies Invasoras; este Boletín fue publicado entre los años 2011 y 2014.

BioInvasiones estará disponible solo en versión digital. Nuestros artículos estarán disponibles en internet en la página web www.bioinvasiones.org

Comité editorial

- Ramiro Bustamante
- Ileana Herrera
- Philip Hulme
- Martín Núñez
- Anibal Pauchard
- Daniel Simberloff

En la fotografía de la primera página, se muestra a la chinita harlequín, *Harmonia axyridis* (Tomada por Bernardo Segura).



¿QUÉ SABEMOS DE LA PREVENCIÓN, CONTROL Y ERRADICACIÓN DE ESPECIES INVASORAS EN MÉXICO?

WHAT DO WE KNOW ABOUT THE CONTROL AND ERRADICATION OF INVASIVE SPECIES IN MEXICO?

BETSABÉ RUIZ-GUERRA¹ Y NOÉ VELÁZQUEZ-ROSAS²

¹ Instituto de Ecología A.C. Red de Biología Evolutiva. Carretera antigua a Coatepec 351, El Haya, 91070, Xalapa, Veracruz, México.

² Centro de Investigaciones Tropicales, Universidad Veracruzana. Ex Hacienda Lucas Martín, Privada de Araucarias s/n, Col. Periodistas, C.P 91019, Xalapa, Veracruz. E-mail: betsabe.ruiz@inecol.mx

Resumen

En este trabajo revisamos el estado del arte en materia de prevención, control y erradicación de especies invasoras en México. Presentamos un marco histórico general y discutimos los principales avances y retos a futuro. El inventario nacional de especies invasoras es uno de los resultados más relevantes, así como la definición de los lineamientos para los análisis de riesgo. Además se está desarrollando el marco político y legal para el manejo de las especies invasoras. Sin embargo, los trabajos sobre prevención, control y

erradicación de especies invasoras aun son muy limitados. Las instancias gubernamentales, académicas y organizaciones no gubernamentales han sido los principales impulsores para la generación de investigación, manejo y desarrollo de políticas públicas. Para enfrentar este reto ambiental es necesario el trabajo inter, multi y transdisciplinario para entender la ecología de las invasiones y sus impactos en distintos sectores como el ambiental, social y económico.

Palabras clave: invasiones biológicas, especies exóticas, sistemas insulares, erradicación, Estrategia Nacional de Especies Invasoras.

Introducción

Las invasiones biológicas en los ecosistemas naturales representan una de las principales amenazas a la biodiversidad y son uno de los componentes más importantes del cambio ambiental global (Vitousek 1997; Millennium Ecosystem Assessment 2005). Las especies invasoras tienen consecuencias en diferentes niveles de organización, que van desde genes hasta ecosistemas (Millennium Ecosystem Assessment 2005). Además de los impactos biológicos, la introducción de especies invasoras puede causar impactos sociales, a la salud y a la economía mermando el bienestar humano (Holm et al. 1997; Aguirre-Muñoz et al. 2009). Por sus enormes implicaciones las invasiones biológicas se han convertido en un tema prioritario en diversos países de primer mundo (Gardener et al. 2012). Para el caso de Latinoamérica los estudios de los efectos de las especies invasoras sobre la biodiversidad y procesos ecosistémicos es muy limitada (Gardener et al. 2012). En el caso particular de México, en los últimos años el interés por parte del sector

Marco histórico sobre las especies invasoras

Los esfuerzos encaminados a prevenir, controlar y erradicar las especies

gubernamental y académico hacia este problema se ha incrementado; sin embargo, la información sobre las especies invasoras y sus repercusiones se encuentra en etapas iniciales (Aguirre-Muñoz y Mendoza 2009).

Debido a los impactos negativos de las especies invasoras, la prevención, detección temprana, manejo, control, erradicación, regulación, legislación, así como la investigación en términos ecológicos se ha convertido en una prioridad nacional (March Mifsut & Martínez Jiménez 2007). En México, los estudios y acciones han sido dirigidos principalmente a especies invasoras que causan daños económicos en las actividades agrícolas y pecuarias; mientras que el conocimiento de los impactos ambientales, sociales y económicos no se han valorado en toda su dimensión (Aguirre-Muñoz et al. 2016). El presente trabajo tiene como objetivo hacer una revisión bibliográfica de los avances que se han logrado en materia de prevención, control y erradicación de especies invasoras en México en los últimos 20 años.

invasoras en México se han realizado a través de una serie de acciones y

eventos a nivel nacional e internacional que iniciaron formalmente en 1993, con la firma del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLC). En el cual, México formó parte del tratado de Cooperación Ambiental de Norteamérica (NAAEC, por sus siglas en inglés) y se integra en la Comisión de la Cooperación Ambiental (CCA), en donde el tema de las especies exóticas toma relevancia para hacer frente a las restricciones sanitarias y fitosanitarias del TLC, así como para enfrentar los problemas de las especies invasoras acuáticas en la región. De 2003 a 2005 la CCA creó el grupo de trabajo para la Conservación de la Biodiversidad (GTCB), el cual estableció las principales directrices para estandarizar los procesos de evaluación de riesgo de la biodiversidad para la toma de decisiones (March Mifsut & Martínez Jiménez 2007).

En el 2005, la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) asume la responsabilidad para crear un grupo de trabajo sobre especies invasoras. A partir de entonces se han realizado una serie de acciones que incluyen, congresos, foros nacionales e internacionales, cursos, talleres y convocatorias para el estudio de esta

problemática en México. A la par se han firmado diversos acuerdos internacionales cuyo objetivo principal es la conservación de la biodiversidad a través del desarrollo de investigación, un marco legal internacional, así como la elaboración de estrategias para la prevención, mitigación, control y erradicación de especies invasoras. Entre éstos acuerdos destacan el Convenio de Diversidad Biológica, el Convenio Internacional para el Control y la Gestión de aguas de lastre y los sedimentos de buques en 2004, la Convención Ramsar sobre los Humedales, el Acuerdo sobre la Aplicación de Medidas Sanitarias y Fitosanitarias (SPS Agreement) de la Organización Mundial del Comercio (WTO 2012) entre otros. México también es miembro de la organización Norteamericana de protección a las plantas (NAPPO) que establece estándares fitosanitarios para la importación y exportación de plantas (Mendoza et al. 2014). En 2010 se publica la Estrategia Nacional sobre Especies Invasoras en México, Prevención Control y Erradicación (Comité Asesor sobre Especies Invasoras en México 2010), cuya meta es lograr que en el año 2020 se cuente con un sistema eficiente de prevención, detección y respuesta temprana, así

como instrumentos que operen dentro de un marco legal congruente y conforme a las necesidades nacionales (Comité Asesor sobre Especies Invasoras en México 2010). La estrategia propone tres grandes objetivos estratégicos: “1.- Prevenir, detectar y reducir el riesgo de introducción, establecimiento y dispersión de especies invasoras. 2.- Establecer programas de control y erradicación de poblaciones de especies exóticas invasoras destinados a minimizar o eliminar sus impactos negativos y favorecer la restauración y conservación de los ecosistemas. 3.- Informar oportuna y eficazmente a la sociedad para desarrollar acciones estratégicas transversales” (CONABIO 2014). Para el 2020 se plantean las siguientes metas: i) la identificación y

¿Qué se ha hecho?

Actualmente el Sistema Nacional sobre Especies Invasoras de la CONABIO ha identificado 1 957 especies exóticas, que incluyen especies exóticas introducidas (956), exóticas no introducidas que representan un riesgo para el país (143), exóticas cuyo estatus de presencia se desconoce (549) y algunas nativas translocadas que tienen comportamiento invasivo (309). Se cuenta con registros para 385 de estas

priorización de las especies exóticas invasoras y sus vías de introducción, ii) el control o erradicación de las especies prioritarias y iii) el establecimiento de medidas para gestionar las vías de introducción a fin de evitar su introducción y establecimiento (CONABIO 2014). Estos antecedentes hacen evidente que el trabajo realizado durante las últimas dos décadas en México sobre especies invasoras ha colocado éste tema como una prioridad nacional, desarrollando mecanismos e instituciones que ayuden a enfrentar esta problemática y sirvan para mitigar los efectos negativos en la biodiversidad, cumpliendo de esta manera con las obligaciones adquiridas en los convenios internacionales para la conservación de la biodiversidad.

especies en el país y con fichas de análisis de riesgo para 461 especies (CONABIO 2014).

Para conocer los avances en el estudio de las especies invasoras en México, se realizó una búsqueda bibliográfica y se revisaron todos los trabajos publicados desde 1995 a 2016 en el buscador Web of Sciences con las siguientes palabras clave: biological invasions and Mexico, exotic species

and Mexico, biological invasions and eradication, y biological invasions and islands. Además se revisaron los informes técnicos de proyectos apoyados o realizados por la CONABIO y la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) así como artículos de divulgación. Los resultados de ésta revisión muestran que durante el periodo analizado se publicaron 45 artículos indexados, en 41 revistas nacionales e internacionales, entre las que sobresalen debido a la cantidad de artículos publicados: *Biological Invasions* (10), *Revista Mexicana de Biodiversidad* (7), *Conservation Biology* (4), *Botanical Sciences* (3) y *Diversity and Distributions* (2). Es importante señalar que algunos artículos fueron publicados en revistas con un enfoque social como *Human Ecology* y *Landscape and*

Urban Planing. Esto muestra que el análisis de las especies invasoras tiene un enfoque interdisciplinario y que no debe considerarse solo el aspecto ecológico, aunque estos enfoques más holísticos son todavía incipientes en los estudios de caso en México. Las publicaciones referentes a especies invasoras crecen a partir de 1998 y logran su mayor frecuencia en el 2010 y 2015. Estos estudios se realizaron en ecosistemas terrestres (bosques templados, matorral xerófilo y bosques secos), insulares, acuáticos (arrecifes coralinos, lagunas, oasis en desiertos) y ecosistemas costeros (humedales), así como en plantaciones y paisajes suburbanos. Entre estos destacan por el número de publicaciones los sistemas acuáticos, los desiertos, el matorral xerófilo y humedales (Figura 1).

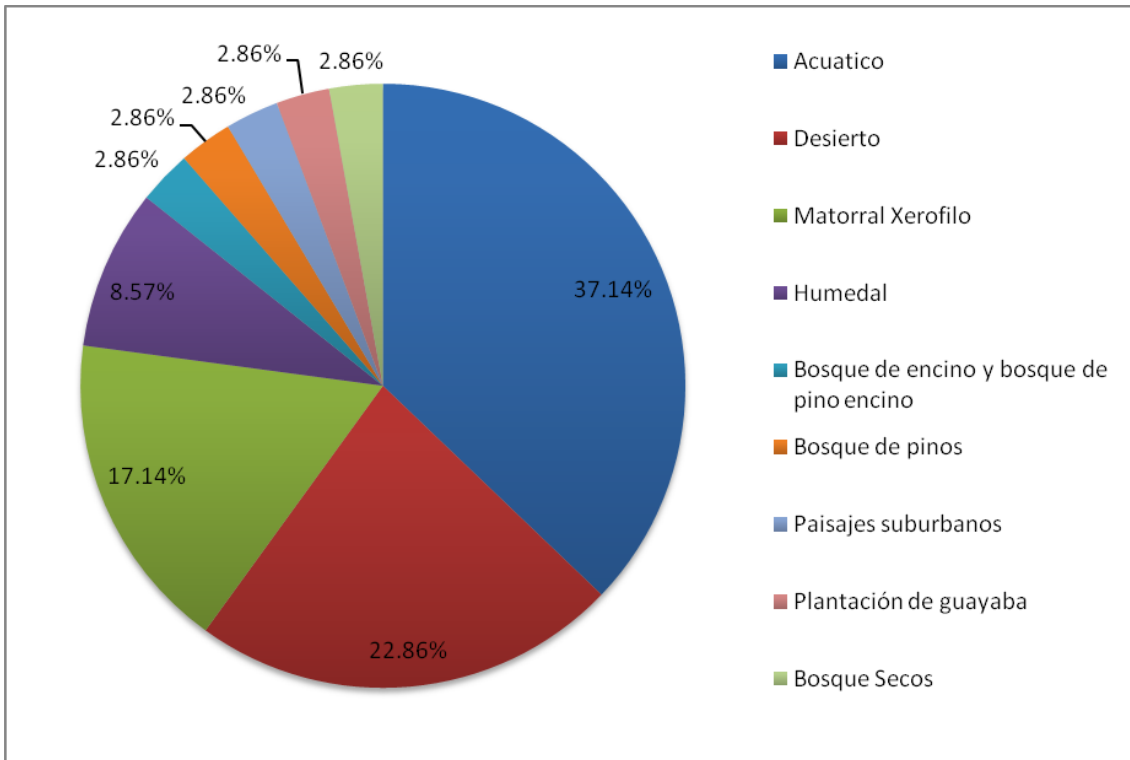


Figura 1. Porcentaje de estudios de especies invasoras en México por ecosistema.

Los estudios se realizaron en 20 estados de México, lo que representa el 62% del total de las entidades federativas, de éstos destacan por el número de publicaciones los estados de Baja California (12), Sonora (10) y Veracruz (7) (Figura 2). Además se han realizado proyectos de erradicación en 37 islas (Aguirre-Muñoz et al. 2016). El 60% del total de estudios revisados fueron realizados con animales (ej. carpa común, pez león y borrego entre otros); mientras que, el 30% evaluó las consecuencias y/o la restauración de

sitios con plantas invasoras. En el caso de las plantas, los estudios con pastos invasores fueron los más frecuentes (62%), seguidos por los realizados con, *Tamarix* y *Thypha* (Tabla 1). Además, destaca el caso de pasto buffel (*Cenchrus ciliaris*), especie originaria del sureste de Asia y del Este de África, que fue introducida en México en los años 30's para mejorar los forrajes de las zonas de pastoreo, actualmente cubren más del 8% de la superficie total del estado de Sonora (Arriaga et al. 2004).

Estudios de Especies Invasoras

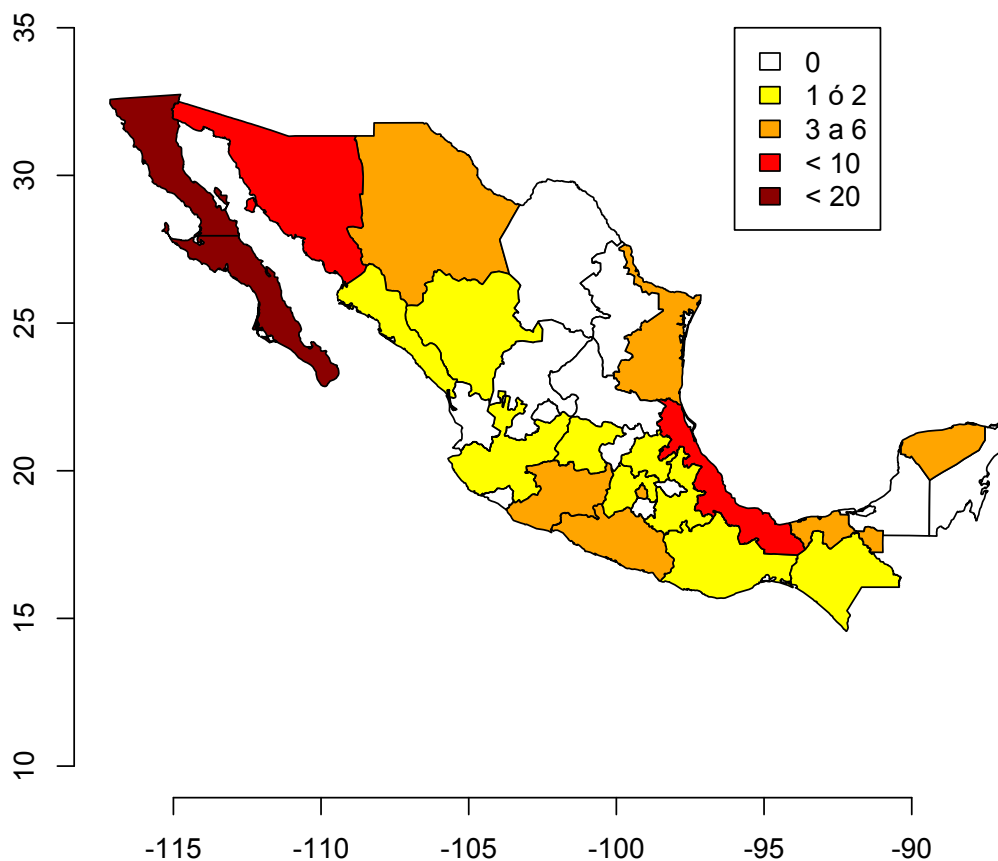


Figura 2. Porcentaje de estudios de especies invasoras por entidad federativa.

Tabla 1. Especies y familias de plantas y animales publicados en artículos indexados de 1995 a 2016 en México. El subíndice indica la referencia.

Especies	Nombre común
Plantas	
<i>Arundo donax</i> ⁴³ (Poaceae)	Caña común, caña brava
<i>Atriplex semicaccata</i> ² (Chenopodiaceae)	Morenita rastrera, romerillo
<i>Brassica tournefortii</i> ^{2,44} (Brassicaceae)	Mostaza asiática, mostaza africana
<i>Bromus rubens</i> ² (Poaceae)	Espiguilla, espiguilla de burro,

	plumerillo rojo
<i>Cenchrus ciliaris</i> ^{7,8,9,10,11,12,13} (Poaceae)	Zacate buffel
<i>Centaurea melitensis</i> ² (Asteraceae)	Abre puños
<i>Cynodon dactylon</i> ² (Poaceae)	Zacate bermuda
<i>Cryptostegia grandiflora</i> ¹⁵ (Apocynaceae)	Bejuco de goma, caucho de la India, estrella del norte
<i>Echinochloa pyramidalis</i> ^{3,4} (Poaceae)	Zacate alemán
<i>Eragostris superba</i> ³ (Poaceae)	Garrapata
<i>Eragostris lehmanniana</i> ⁵ (Poaceae)	Amor seco africano
<i>Kalanchoe draigremontana</i> ⁴² (Crassulaceae)	Aranto, Espinazo del diablo
<i>Kalanchoe pinnata</i> ⁶ (Crassulaceae)	Bruja, flor de aire, belladona, maravilla
<i>Phymatosorus grosus</i> ¹ (Polypodiaceae)	Helecho monarca
<i>Ricinus communis</i> ⁴⁵ (Euphorbiaceae)	Ricino, higuera
<i>Salsoa tragus</i> ² (Chenopodiaceae)	Cardo ruso
<i>Schismus barbatus</i> ² (Poaceae)	Pasto del mediterráneo
<i>Schismus arabicus</i> ⁴⁴ (Poaceae)	Schismus árabe
<i>Tamarix ramosissima</i> ² (Tamaricaceae)	Pino salado
<i>Typha domingensis</i> ¹⁴ (Typhaceae)	Tule, masa de agua, cola de gato
Hongos	
<i>Batrachochytrium dendrobatidis</i> ²⁴ (Incertae sedis)	Hongo quítrido de los anfibios
Animales	
<i>Apis mellifera scutella</i> ^{16,17} (Apidae)	Abeja africana
<i>Cactoblastis cactorum</i> ⁴⁷ (Pyralidae)	Palomilla del nopal
<i>Creaseria morleyi</i> ²⁰ (Palaemonidae)	Camarón de corral

<i>Ctenopharingodon idella</i> ⁴⁵ (Cyprinidae)	Carpa herbívora, carpa china
<i>Cyprinus carpio</i> ^{35,34,35,45} (Cyprinidae)	Carpa común o carpa europea
<i>Digitonthophagus gazella</i> ²² (Scarabaeidae)	Escarabajo
<i>Drosophila suzukii</i> ²⁹ (Drosophilidae)	Drosophila de alas manchadas
<i>Euoniticellus intermedius</i> ²² (Scarabaeidae)	Escarabajo
<i>Felis catus</i> ²³ (Felidae)	Gato domestico
<i>Ictarus punctatus</i> ⁴³ (Ictalirudae)	Bagre de canal
<i>Lithobates catesbeianus</i> ⁴¹ (Ranidae)	Rana toro
<i>Micropterus salmomoides</i> ⁴³ (Centrarchidae)	Lobina
<i>Myopsitta monachus</i> ¹⁸ (Psittacidae)	Cotorra monje
<i>Mytilopsis adamsi</i> ³⁰ (Dreissenidae)	Falso mejillón
<i>Neoergasilus japonicus</i> ²¹ (Ergasilidae)	Copepodo parásito
<i>Oreochromis spp</i> ⁴⁵ (Cichlidae)	Tilapia
<i>Oreochromis niloticus</i> ³⁵ (Cichlidae)	Tilapia del Nilo
<i>Oncorhynchus mykiss</i> ⁴³ (Salmonidae)	Trucha arcoiris
<i>Ovis aries</i> ^{31,32} (Bovidae)	Borrego
<i>Passer domesticus</i> ¹⁹ (Passeridae)	Gorrion común
<i>Poecilia reticulata</i> ³³ (Poeciliidae)	Guppy, pez millón
<i>Pomacea caniculata</i> ³⁹ (Ampullariidae)	Caracol manzana o ampularia
<i>Procambarus clarkii</i> ³⁶ (Cambaridae)	Cangrejo de rio o cangrejo rojo
<i>Pterois volitans</i> ^{26,27,28} (Scorpaeniformes)	Pez león
<i>Pterygoplichthys pardalis</i> ³⁷ (Loricarioidea)	Pleco
<i>Solenopsis invicta</i> ²⁵ (Formicidae)	Hormiga de fuego

<i>Sparus aurata</i> ³⁸ (Sparidae)	Dorada
<i>Sus scrofa</i> ⁴⁰ (Suidae)	Jabalí
<i>Tilapia cf. Zilli</i> ³³ (Cichlidae)	Tilapia
<i>Xiphophorus hellerii</i> ³³ (Poeciliidae)	Cola de espada, espada, sable
<i>Zaprionus indianus</i> ²⁹ (Drosophilidae)	Mosca

¹Tejero-Díez y Torres-Díaz 2012., ²Palma-Ordaz y Delgadillo-Rodríguez 2014., ³López-Rosas et al. 2015., ⁴López-Rosas, H y P. Moreno-Casasola 2015., ⁵Reyes et al. 2015., ⁶González de León et al. 2016., ⁷Franklin y Molina-Freaner 2010., ⁸Brener 2010., ⁹De la Barrera 2008., ¹⁰Arriaga et al. 2004., ¹¹Tinoco-Ojanguren et al. 2016., ¹²Ortega-S et al. 2013., ¹³ Lyons et al. 2013., ¹⁴Hall 2009., ¹⁶Guzmán-Novoa et al. 2011., ¹⁷Kraus et al. 2007., ¹⁸Mac Gregor-Fors et al. 2013., ¹⁹Mac Gregor-Fors et al. 2009., ²⁰Botello y Álvarez 2010., ²¹Suárez-Morales et al. 2010., ²²Montes de Oca y Halffter 1998., Rodríguez et al. 2006., ²⁴Luja et al. 2012. ²⁵Quezada-Martínez et al. 2011., ²⁶Rodríguez-Cortés et al. 2015., ²⁷Dhal y Patterson 2014., ²⁸López-Gómez et al. 2013., ²⁹Lasa y Tadeo 2015., ³⁰Salgado-Barragán y Toledano-Granados 2006., ³¹Walter y Levin 2007., ³²Ortiz-Alcaraz et al. 2016., ³³Soler y Ruiz-Campos 2013., ³⁴Wakida-Kusunoki y Amador-del-Angel 2011., ³⁵Zambrano et al. 2010., ³⁶Hernández et al. 2008., ³⁷Wakida-Kusunoki et al. 2007., ³⁸Balart et al. 2009., ³⁹Campos et al. 2013., ⁴⁰Breceda et al. 2009., ⁴¹Luja y Rodríguez-Estrella 2010., ⁴²Guerra-García et al. 2015., ⁴³Ibañez et al. 2011., ⁴⁴Sánchez-Flores 2007., ⁴⁵Domínguez-Domínguez et al. 2006., ⁴⁶Suárez-Morales et al. 2010., ⁴⁷Andraca-Gómez et al. 2015.

Los principales temas abordados fueron registros de las especies invasoras, análisis demográficos, la modelación de la distribución actual y potencial de la especie, consecuencias ecológicas y genéticas de las especies invasoras sobre la dinámica de los ecosistemas invadidos, revisiones sobre la expansión geográfica de las especies invasoras y en menor proporción estudios sobre el control, erradicación,

análisis de riesgo y revisiones sobre las vías de introducción a México.

Por otra parte, la CONANP realizó un listado y mapas de distribución de especies invasoras en ANPs. En materia de control y erradicación, la CONANP en colaboración con dependencias nacionales e internacionales ha realizado diversos programas entre los

que destacan: la eliminación del pino salado (*Tamarix aphylla*) y gato feral (*Felis catus*) en la Reserva de la Biosfera Isla de Guadalupe, control del perro feral (*Canis familiaris*) y erradicación de ciprés (*Cupressus* sp.) en el Parque Nacional Cañón del Sumidero, prevención y control del pez león (*Pterois volitans*) en la Península de Yucatán y el Caribe Mexicano (CONANP 2011). En 2009 se concluye el programa de erradicación de la palomilla del nopal (*Cactoblastis cactorum*) en Isla Mujeres e Isla Contoy (Pérez & Golubov 2008). El mayor éxito de los programas de erradicación se ha registrado en los sistemas insulares, liderados por el Grupo de Conservación y Ecología de Islas (GECI), quienes han erradicado 58 poblaciones de mamíferos exóticos establecidos en 37 islas del Pacífico mexicano, Golfo de California, Golfo de México y Caribe Mexicano. Actualmente se está trabajando en la erradicación de 82 poblaciones de mamíferos en 34 islas más (Aguirre-Muñoz 2016, Aguirre-Muñoz et al. 2009). Las técnicas de erradicación incluyeron trampeo, cacería, dispersión de carnadas y venenos *ad hoc* con un costo de 188 dólares americanos por hectárea y con un promedio 35 000 dólares americanos invertidos por

especie endémica (Aguirre-Muñoz et al. 2009). Estas acciones han derivado en la recuperación de comunidades vegetales y de vertebrados nativos (Aguirre-Muñoz et al. 2016).

En materia legal en 2010, la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) incorporó la definición de especie exótica invasora, y se establece la prohibición de su liberación o introducción en los ecosistemas naturales, así como su movimiento dentro del territorio nacional (Mendoza et al. 2014). Además se publicaron listas de especies invasoras y acuerdos relativos a la prevención de la introducción de especies exóticas invasoras al país. Se desarrolló un método de evaluación rápida de invasividad, el cual consta de 10 criterios que califican cuestiones como su riesgo de introducción, establecimiento y dispersión, así como los impactos que puede ocasionar (CONABIO 2014, Golubov et al. 2014). Aunado a esto se integró el sistema de información sobre especies invasoras (SIEI), cuya función es recopilar información sobre la situación de las especies invasoras en México (González et al. 2014).

Además de éstas acciones se han publicado diversos libros especializados: Especies acuáticas Invasoras en México (Mendoza & Koleff 2014), Especies Invasoras del Alto Impacto para la Biodiversidad, Prioridades en México (March Mifsut y Martínez Jiménez 2008) y protocolos para la erradicación de cinco especies

Avances y metas a futuro

Hasta la fecha se ha avanzado de manera notable en el inventario de las especies exóticas terrestres y acuáticas presentes en el territorio mexicano. Se ha definido los lineamientos para los análisis de riesgo. Se está trabajando en el marco político y legal para la prevención y el control de la introducción de especies invasoras y se han identificado las especies prioritarias en Áreas Naturales Protegidas (Conabio 2014). Sin embargo, estos avances solo cubren el primer objetivo de la estrategia nacional, mientras que el trabajo para el control y erradicación de las especies invasoras aún es muy limitado. Actualmente no se sabe con certeza cuántas especies exóticas invasoras están establecidas en México, cuál es su distribución, tamaños poblacionales y sus consecuencias sobre los ecosistemas (Comité Asesor sobre

(*Tamrix ramosissima*, *Tamarix aphylla*, *Hemichromis guttatus*, *Arundo donax*, *Oreochromis aureus*; CONANP 2015). En materia de divulgación el trabajo ha sido muy incipiente, solo se pudieron registrar cinco artículos, en donde se exponen los riesgos que representan las especies invasoras.

Especies Invasoras en México 2010). Por otra parte, en el caso de las especies de plantas prioritarias solo se han realizado estudios en 6 (*Cenchrus ciliaris*, *Brassica tournefortii*, *Bromus rubens*, *Centaurea melitensis*, *Eragostris lehmania* y *Tamarix ramosissima*) de las 23 especies reportadas por SEMARNAT (March Mifsut & Martínez Jiménez 2007), de las cuales la mayoría son con *Cenchrus ciliaris*. El resto de familias han sido poco estudiadas, a pesar del gran número de plantas invasoras registradas en el país. En el caso de los animales destacan los mamíferos en islas y en sistemas acuáticos los peces como los plecos (*Hypostomus plecostomus*), debido principalmente a las pérdidas económicas que estos generan en las pesquerías nacionales (Mendoza *et al.* 2007). En general, esto hace evidente la

necesidad de aumentar los esfuerzos para el estudio de aspectos básicos de la ecología de las especies invasoras, con el propósito de generar estrategias de control y erradicación.

Otros retos que requieren de particular atención son la identificación de vías de invasión, en la normativa restringir el movimiento de especies nativas dentro del territorio nacional para evitar que se vuelvan invasoras o que hibridicen con especies nativas. Así como el desarrollo de protocolos de prevención, control y erradicación de especies invasoras en sistemas continentales. Otras áreas de estudio poco exploradas son la de los efectos sinérgicos que puede haber entre especies invasoras y otros componentes

del cambio global ambiental (e. g. cambio climático, fragmentación del hábitat, etc), así como el de las consecuencias económico-sociales de las especies invasoras. Por último, es importante destacar que el control y erradicación de especies invasoras requiere trabajo inter, multi y transdisciplinario para lograr los objetivos establecidos en la estrategia nacional. En particular, el desarrollo de estrategias de difusión sobre el problema de las especies invasoras dirigidos a la sociedad, así como la formación de recursos humanos especializados en esta área para evitar nuevas introducciones (Mendoza et al. 2014).

Agradecimientos

Agradecemos a los revisores del manuscrito por sus valiosos comentarios y sugerencias. S. González de León elaboró el mapa de estudios en México.

Referencias bibliográficas

Aguirre-Muñoz A, A Samaniego-Herrera, L Luna-Mendoza, A Ortiz-Alcaraz, F. Méndez-Sánchez, J Hernández-Montoya. 2016. La restauración ambiental exitosa de las islas de México: Una reflexión sobre los avances a la fecha y los retos por venir.

En: Cecon E y C Martínez-Garza (Coords). Experiencias mexicanas en la restauración de los ecosistemas. 577 pág.

Aguirre-Muñoz A, R. Mendoza. 2009. Especies exóticas invasoras: impactos sobre las poblaciones de flora y fauna,

los procesos ecológicos y la economía. En *Capital natural de México*, vol. II: Estado de conservación y tendencia de cambio. 819 pág.

Andraca-Gómez G, M Ordano, K Boege, CA Domínguez, D Piñeiro, R Pérez-Ishiwara, J Pérez-Camacho, M Cañizares y J Fornoni. 2015. A potential invasión route of *Cactoblastis cactorum* within the Caribbean región matches historical hurricane trajectories. *Biological invasions* 17:1397-1406.

Arriaga L, AE Castellanos, E Moreno, J Alarcón. 2004. Potential ecological distribution of alien invasive species and risk assessment: a case study of Buffel grass in arid regions of Mexico. *Conservation Biology* 18:1504-1514.

Balart EF, JC Perez-Urbiola, L Campos-Dávila, M Monteforte, A Ortega-Rubio. 2009. On the first record of a potentially harmful fish, *Sparus aurata* in the Gulf of California. *Biological Invasions* 11:547-550.

Breceda A, A Arnaud-Franco, S Álvarez-Cárdenas, P Galina-Tessaro, J Montes-Sánchez. 2009. Evaluación de la Población de Cerdos Asilvestrados (*Sus scrofa*) y su Impacto en la Reserva de la Biosfera Sierra La Laguna, Baja California Sur, México. *Tropical Conservation Science* 2:173-188.

Botello A, F Álvarez. 2010. Genetic variation in the stygobitic shrimp *Creaseria morleyi* (decapoda: Palaemonidae), evidence of bottlenecks and re-invasions in the Yucatan Peninsula. *Biological Journal of the Linnean Society* 99:315-325.

Brener JC. 2010. What Drives the Conversion of Native Rangeland to Buffelgrass (*Pennisetum ciliare*) Pasture in Mexico's Sonoran Desert?: The Social Dimensions of a Biological Invasion. *Human Ecology* 38:495-505.

Campos E, G Ruiz-Campos, J Delgadillo. 2013. First record of the exotic apple snail *Pomacea canaliculata* (Gastropoda: Ampullariidae) in Mexico, with remarks on its spreading in the Lower Colorado River. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 84: 671-675.

Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas CONANP. 2011 (<http://www.biodiversidad.gob.mx/especies/Invasoras/pdf/simposio/11%20Garcia%20M.pdf>). Consultado 17 de septiembre 2016.

Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas CONANP. 2015 (<http://www.gob.mx/conanp/archivo/do>

[cumentos?order=DESC&page=2](#)).

Consultado 17 de septiembre 2016.

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 2014. Quinto Informe Nacional de México ante el Convenio de la Diversidad Biológica (CDB). CONABIO. México. Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras en México 2010. Estrategia Nacional sobre Especies Invasoras en México, prevención, control y erradicación. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Comisión Nacional de Áreas Protegidas, Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. 91 pág.

Dahl KA, WF Patterson III. 2014. Habitat-Specific density and diet of rapidly expanding invasive red lionfish, *Pterois volitans*, populations in the Northern Gulf of Mexico. *Plos One* 9: e 105852.

De la Barrera E. 2008. Recent invasion of buffel grass (*Cenchrus ciliaris*) of a natural protected area from the southern Sonoran Desert. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 79:385-392.

Domínguez-Domínguez O, E Martínez-Meyer, L Zambrano, G Pérez-Ponce de León. 2006. Using ecological-niche

modeling as a conservation tool for freshwater species: live-bearing fishes in central Mexico. *Conservation Biology* 20:1730-1739.

Franklin K, F Molina-Freaner. 2010. Consequences of buffelgrass pasture development for primary productivity, perennial plant richness, and vegetation structure in the drylands of Sonora, Mexico. *Conservation Biology* 24:1664-73.

Gardener MR, RO Bustamante, I Herrera, G Durigan, VR Pivello, MF Moro, A Stoll, B Langdon, Z Baruch, A Rico, A Arredondo-Núñez, S Flores. 2012. Plant invasions research in Latin America: fast track to a more focused agenda. *Plant Ecology and Diversity* 2:225-232.

Golubov J, MC Mandujano, S Guerrero-Eloisa, R Mendoza, P Koleff, AI González, Y Barrios, G Born-Schmidt. 2014. Análisis multicriterio para ponderar el riesgo de las especies invasoras. En R Mendoza, P Koleff (Coords). *Especies Acuáticas invasoras en México*. 435 pág.

González AI, Y Barrios, G Born-Schmidt, P Koleff. 2014. El sistema de información sobre especies invasoras, en R. Mendoza y P. Koleff (coords.),

- Especies acuáticas invasoras en México. 435 pág.
- González de León S, I Herrera, R Guevara. 2016. Mating system, population growth, and management scenario for *Kalanchoe pinnata* in an invaded seasonally dry tropical forest. *Ecology and Evolution* 13:4541-50.
- Guerra-Gracia A, J Golubov, MC Mandujano. 2015. Invasion of *Kalanchoe* by clonal spread. *Biological Invasions* 17:1615-1622.
- Guzmán-Novoa E, LG Espinoza-Monatño, A Correa, G Guzmán. 2011. Colonización, impacto y control de las abejas melíferas africanizadas en México. *Veterinaria Mexico* 42:149-178.
- Hall SJ. 2009. Cultural disturbances and local ecological knowledge mediate cattail (*Typha dominguensis*) invasions in Lake Pátzcuaro, México. *Human Ecology* 37:241-249.
- Hernández L, AM Maeda-Martínez, G Ruiz-Campos, G Rodríguez-Almaraz, F Alonzo-Rojo, JC Sainz. 2008. Geographic expansion of the invasive red crayfish *Procambarus clarkii* (Girard, 1852) (Crustacea:Decapoda) in Mexico. *Biological Invasions* 10:977-984.
- Holm L, J Doll, E Holm, J Pancho, J Herberger. 1997. World weeds: natural histories and distribution. 1152 pág.
- Ibañez LA, H Espinoza-Pérez, JL García-Calderón. 2011. Recent data on the distribution of the extotic species used in Mexican freshwater fisheries based on fish stocking. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82:904-914.
- Lyons KG, BG Maldonado-Leal, G Owen. 2013. Community and Ecosystem Effects of Buffelgrass (*Pennisetum ciliare*) and Nitrogen Deposition in the Sonoran Desert. *Invasive Plant Science and Management* 6:65-78.
- Millennium Ecosystem Assessement. 2005. <http://www.millenniumassessment.org/e/s/Condition.html#download>, Consultado 24 de enero 2017.
- Kraus FB, P Franck, R Vandame. 2007. Asymetric introgression of African genes in honeybee populations (*Apis Mellifera* L.) in Central Mexico. *Heredity* 99:233-40.
- Lasa R, E. Tadeo. 2015. Invasive Drosophilid Pests *Drosophila suzukii* and *Zaprionus indianus* (Diptera: Drosophilidae) in Veracruz, Mexico. *Florida Entomologist* 98: 987-988.

- López-Gómez MJ, A Aguilar-Perea, L Perera-Chan. 2013. Mayan diver-fishers as citizen scientists: detection and monitoring of the invasive red lionfish in the Parque Nacional Arrecife Alacranes, southern Gulf of Mexico. *Biological Invasions* 16:1351-1357.
- López-Rosas H, P Moreno-Casasola. 2015. Shade treatment affects structure and recovery of invasive C4 African grass *Echinochloa pyramidalis*. *Ecology and Evolution* 5:1327-1342.
- López-Rosas H, P Moreno-Casasola. 2015. Invader versus natives: Effects of hydroperiod on competition between hydrophytes in a tropical freshwater marsh. *Basic and Applied Ecology* 13:40-49.
- Luja VH, R Rodríguez-Estrella, K Ratzlaff, G Parra-Olea, A Ramírez-Bautista. 2012. The Chytrid Fungus *Batrachochytrium dendrobatidis* in Isolated Populations of the Baja California Treefrog *Pseudacris hypochondriaca curta* in Baja California Sur, Mexico. *The Southwestern naturalist* 57:323-327.
- Luja VH, R. Rodríguez-Estrella. 2010. The invasive bullfrog *Lithobates catesbeianus* in oases of Baja California Sur, Mexico: potential effects in a fragile ecosystem. *Biological Invasions* 12:2979-2983.
- Mac Gregor-Fors I, R Ortega-Álvarez, A Barrera-Guzman, L Sevillano, Del Val E. 2013. Tama-risk? Avian response to the invasion of saltcedars (*Tamarix ramosissima*) in Sonora, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 84:1284-1291.
- Mac Gregor-Fors I, L Morales-Pérez, J Quesada, JE Schondube. 2009. Relationship between the presence of House Sparrows (*Passer domesticus*) and Neotropical bird community structure and diversity. *Biological Invasions* 12:87
- March-Mifsut IJ, M Martínez-Jiménez 2007. Especies invasoras de alto impacto a la biodiversidad. *Prioridades en México*. 73 pág.
- Mendoza R, S Contreras, C Ramírez, P Koleff, P Álvarez, V Aguilar. 2007. Los peces diablo: Especies invasoras de alto impacto. *Biodiversitas* 70:1-5.
- Mendoza R, P Koleff (coords.). 2014. Especies acuáticas invasoras en México. *Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México*. 308 p.

- Mendoza R, P Koleff, F Espinoza-García, J Golubov. 2014. La estrategia nacional de especies invasoras. En R. Mendoza, P Koleff (coords.). *Especies acuáticas invasoras en México*. 435 pág.
- Montes de Oca E, G Halffer. 1998. Invasion of Mexico by two dung beetles previously introduced into de United States. *Studies on Neotropical Fauna and Environment* 33:37-45.
- Ortega-S JA, FA Ibarra-Flores, A Melgoza, EA González-Valenzuela, MH Martín-Rivera, JM Avila-Curiel, F Ayala-Alvarez, C Pinedo, O Rivero. 2013. Exotic grasses and wildlife in northern Mexico. *Wildlife Society Bulletin* 37:537-545.
- Ortíz-Alcaraz A, A Aguirre-Muñoz, F Méndez-Sánchez, A Ortega-Rubio. 2016. Feral sheep eradication at Socorro Island, Mexico: a mandatory step to ensure ecological restoration. *Interciencia* 41:184-189.
- Palma-Ordaz S, J Delgadillo-Rodríguez. 2014. Distribución potencial de ocho especies exóticas de carácter invasor en el estado de Baja California, México. *Botanical Sciences* 92:587-597.
- Pérez-Sandi CM, J Golubov. 2008. La palomilla del nopal *Catoblastis cactorum*: una seria amenaza económica y ecológica para el noreste de México. VII Simposium- Taller “Producción y Aprovechamiento del Nopal en el Noreste de México”. *Revista Salud Pública y Nutrición* N° 2.
- Quezada-Martínez J, EM Delgado-García, S Sánchez-Peña, H Díaz-Solis, A A Calixto. 2011. Initial assesment of the impact of the recent invader *Solenopsis invicta* Buren, on resident ant assemblages in Matamoros, Mexico. *Southwestern Entomologist* 36:61-76.
- Reyes GV, O Viramontes-Olivas, JT Arredondo-Moreno, E Huber-Sannwald, A Rangel-Rodríguez. 2015. Functional ecohydrological differences among native and exotic grassland covers in sub-urban landscapes of Chihuahua city, Mexico. *Landscape and Urban Planning* 139:54-62.
- Rodríguez C, R Torres, H Drummond. 2006. Eradicating introduced mammals from a forested tropical island. *Biological Conservation* 130:98-105.
- Rodríguez-Cortés K, A Aguilar-Perera, JL Bonilla-Gómez. 2015. Growth and mortality of red lionfish, pterois volitans (actinopterygii: scorpaeniformes: scorpaenidae), in the parque nacional arrecife alacranes, southern gulf of mexico, as determined by size-

- frequency analysis. *Acta Ichthyologica et Piscatoria* 45:175-179.
- Salgado-Barragán J, A Toledano-Granados. 2006. The False Mussel *Mytilopsis adamsi* Morrison, 1946 (Mollusca: Bivalvia: Dreissenidae) in the Pacific Waters of Mexico: A Case of Biological Invasion. *Hydrobiologia* 563:1-7.
- Sánchez-Flores E. 2007. GARP modeling of natural and human factors affecting the potential distribution of the invasives *Schismus arabicus* and *Brassica tournefortii* in “El Pinacata y Gran Desierto de Altar” Biosphere Reserve. *Ecological Modelling* 204:457-474.
- Soler AA, G Ruiz-Campos. 2013. Effects of Exotic Fishes on the Somatic Condition of the Endangered Killifish *Fundulus lima* (Teleostei: Fundulidae) in Oases of Baja California Sur, Mexico. *The Southwestern Naturalist* 58:192-201.
- Suarez-Morales E, A Paredes-Trujillo, D González-Solis. 2010. The introduced Asian parasitic copepod *Neoergasilus japonicus* (Harada) (Cyclopoida: Ergasilidae) from endangered cichlid teleosts in Mexico. *Zoological Sciences* 27:851-5.
- Tejero-Díez JD, AN Torres-Díaz. 2012. *Phymatosorus grossus* (Polypodiaceae) en México y comentarios sobre otros pteridobiontes no-nativos. *Acta Botánica Mexicana* 98: 111-124.
- Tinoco-Ojanguren C, I Reyes-Ortega, ME Sánchez-Coronado, F Molina-Freaner, A Orozco-Segovia. 2016. Germination of an invasive *Cenchrus ciliaris* L. (Buffel grass) population of the Sonoran desert under various environmental conditions. *South African Journal of Botany* 104:112-117.
- Vitousek PM, CM D’Antonio, LL Loope, M Rejmánek, R Westbrooks. 1997. Introduced species: a significant component of human-caused global change. *New Zealand Journal of Ecology* 21:1-16.
- Walter HS, GA Levin. 2008. Feral sheep on Socorro Island: facilitators of alien plant colonization and ecosystem decay. *Diversity and Distributions* 14:422-431.
- Wakida-Kusunoki AT, LE Amador-del-Angel. 2011. First record of the common carp *Cyprinus carpio* var. *communis* (Linnaeus, 1758) and the mirror carp *Cyprinus carpio* var. *specularis* (Lacepède, 1803) in Tabasco,

Southern Gulf of Mexico. *Aquatic Invasions* 6 Supplement 1:S57-S60.

Wakida-Kusunoki AT, R Ruiz-Cardus, E Amador-del-Angel. 2007. Amazon sailfin catfish, *Pterygoplichthys pardalis* (Castelnau, 1855) (Loricariidae), another exotic species established in southeastern Mexico. *The Southwestern Naturalist* 52: 141-144.

Zambrano L, E Valiente, MJ Vander-Zanden. 2010. Food web overlap among native axolotl (*Ambystoma mexicanum*) and two exotic fishes: carp (*Cyprinus carpio*) and tilapia (*Oreochromis niloticus*) in Xochimilco, Mexico City. *Biological Invasions* 12:3061-3069