

Principales retos que enfrenta México ante las especies exóticas invasoras



CESOP

Centro de Estudios Sociales y de Opinión Pública

Georgia Born-Schmidt • Felipe de Alba • Jordi Parpal • Patricia Koleff

Coordinadores

Principales retos que enfrenta México ante las especies exóticas invasoras

Georgia Born-Schmidt, Felipe de Alba,
Jordi Parpal, Patricia Koleff
(coordinadores)

CÁMARA DE DIPUTADOS, LXIII LEGISLATURA. *Presidente:* Dip. Jorge Carlos Ramírez Marín. JUNTA DE COORDINACIÓN POLÍTICA. *Presidente:* Dip. Marko Antonio Cortés Mendoza. *Integrantes:* Dip. César Octavio Camacho Quiroz, Dip. Francisco Martínez Neri, Dip. Jesús Sesma Suárez, Dip. Norma Rocío Nahle García, Dip. Macedonio Salomón Tamez Guajardo, Dip. Luis Alfredo Valles Mendoza, Dip. Alejandro González Murillo. *Secretario General:* Mtro. Mauricio Farah Gebara. *Secretario de Servicios Parlamentarios:* Lic. Juan Carlos Delgadillo Salas.

COMITÉ DEL CESOP. MESA DIRECTIVA. *Presidente:* Dip. Gerardo Gabriel Cuanalo Santos. *Secretarios:* Dip. Angélica Moya Marín, Dip. Cristina Ismene Gaytán Hernández. *Integrantes:* Dip. Jorge Álvarez Máynez, Dip. Eveling Soraya Flores Carranza, Dip. Exaltación González Ceceña, Dip. Alejandro González Murillo, Dip. Carlos Gutiérrez García, Dip. Ariadna Montiel Reyes, Dip. Cecilia Guadalupe Soto González.

CENTRO DE ESTUDIOS SOCIALES Y DE OPINIÓN PÚBLICA. *Director General:* Dr. Alfonso Robledo Leal. *Director de Estudios Sociales:* Arq. Netzahualcóyotl Vázquez Vargas. *Director de Estudios de Desarrollo Regional:* Ing. Ricardo Martínez Rojas. *Subdirector de Estudios de Opinión Pública:* Mtro. Ernesto Cavero Pérez. *Asesor General:* Mtro. Enrique Esquivel Fernández.

*Principales retos que enfrenta México
ante las especies exóticas invasoras*

Primera edición: diciembre de 2017

DR © Centro de Estudios Sociales y de Opinión Pública
Cámara de Diputados / LXIII Legislatura
Av. Congreso de la Unión 66
Edificio I, Primer Piso
Col. El Parque
México, DF
Tel. 5036-0000 ext. 55237
cesop@congreso.gob.mx
<http://diputados.gob.mx/cesop>

ISBN: 978-607-8501-58-8

Ricardo Ruiz Flores y Lilitiana Hernández Rodríguez
Diseño de portada

mc editores
Edición

Se prohíbe la reproducción total o parcial de esta obra —incluido el diseño tipográfico y de portada—, sea cual fuere el medio, electrónico o mecánico, sin el consentimiento por escrito del editor.

Impreso en México / Printed in Mexico.

Índice

Prólogo	5
Introducción	7
1. Conceptos básicos sobre las invasiones biológicas y sus impactos a la biodiversidad	13
<i>Patricia Koleff</i>	
2. La Estrategia Nacional sobre Especies Invasoras: avances en su puesta en práctica	35
<i>Georgia Born-Schmidt, Jordi Parpal Servole y Patricia Koleff</i>	
3. Fortalecimiento de las capacidades jurídicas nacionales sobre especies invasoras	57
<i>Ana Ortiz Monasterio Quintana, Jordi Parpal Servole y Georgia Born-Schmidt</i>	
4. Rutas de introducción e impactos.....	79
<i>Ana Isabel González Martínez, Nubia Morales Guerrero, Yolanda Barrios Caballero y Silvia De Jesús De Jesús</i>	
5. Oportunidades de mejoras legislativas y normativas para la prevención y manejo de invasiones de plantas en México	91
<i>Francisco Javier Espinosa García</i>	

6. Especies exóticas invasoras que impactan ecosistemas forestales.....	113
<i>Mayra Margarita Valdez Lizárraga, Abel Plascencia González y Alejandro de Felipe Teodoro</i>	
7. Los artrópodos terrestres como especies exóticas invasoras.....	133
<i>Eke del-Val de Gortari, Mayra Margarita Valdez Lizárraga, Eduardo Jiménez Quiroz, Clemente de Jesús García Ávila, Isabel Ruiz Galván, Daniel Bravo Pérez y José Manuel Pineda Ríos</i>	
8. Análisis de riesgo, sistemas de información y Método de Evaluación Rápida de Invasividad.....	155
<i>Ana Isabel González Martínez, Yolanda Barrios Caballero, Nubia Morales Guerrero y Silvia De Jesús De Jesús</i>	
9. Lista oficial de especies exóticas invasoras para México	171
<i>Carlos Álvarez Echagaray y Alejandra Barrios Pérez</i>	
10. Mecanismos económicos para la atención de especies exóticas invasoras en México	183
<i>Jordi Parpal Servole, Laura Saad Alvarado y Georgia Born-Schmidt</i>	
11. Estrategias de atención a especies exóticas invasoras en áreas naturales protegidas de competencia federal en México.....	209
<i>Eduardo Rendón Hernández, José F. Bernal Stoopan, Brenda Hernández Hernández y Eileen Müller Guerra</i>	
12. Avances en la conservación y restauración integral de las islas de México y mejoras al marco legal para consolidar la trayectoria positiva.....	225
<i>Alfonso Aguirre Muñoz, Federico Méndez Sánchez, Mariam Latofski Robles, Karina Salizzoni Chávez, Luciana Luna Mendoza, Antonio Ortíz Alcaraz, Julio Hernández Montoya, Yuliana Bedolla Guzmán y Evaristo Rojas Mayoral</i>	

Prólogo

La comunidad científica internacional ha identificado a las invasiones biológicas como una de las principales causas de pérdida de biodiversidad en todo el mundo. La investigación realizada por diversos grupos y la divulgación a la sociedad sobre el tema, han llevado a generar un mayor conocimiento entre tomadores de decisiones y cada día existe una percepción más clara del problema que representan las especies exóticas invasoras (EEI). Sin embargo, para la mayoría de la población —no sólo en México—, las invasiones biológicas no son una preocupación. En ese sentido, es importante aprovechar las oportunidades para dar a conocer la información básica y los impactos que generan estas especies, como lo hacemos por medio de esta publicación, que busca contribuir a incrementar la conciencia colectiva respecto al tema.

Este libro, igual que el *Reporte CESOP* “El impacto de las especies exóticas invasoras en México” que se publicó en marzo de 2017, es el resultado del taller “Sensibilización de legisladores en temas de Especies Exóticas Invasoras” que se realizó los días 26 y 27 de enero en el Centro de Ciencias de la Complejidad, de la UNAM en la Ciudad de México. En el taller, organizado por el Fondo de Comunicación y Educación Ambiental (FCEA) y la Conabio, participaron 12 expositores especialistas en diversos aspectos del tema, provenientes de instituciones como la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat), Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (Profepa), Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (Sagarpa-Senasica), Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (Conanp), Comisión Nacional Forestal (Conafor), la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM),

Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL), GEF-PNUD, el Grupo de Ecología y Conservación de Islas A.C. (GECI) y consultores especialistas independientes y la Conabio.

El FCEA convocó además a la Comisión de Medio Ambiente y Recursos Naturales, de la Cámara de Diputados, a la Comisión de Acuicultura y Pesca y al Instituto Belisario Domínguez del Senado, así como al Centro de Estudios Sociales y de Opinión Pública (CESOP).

El taller tuvo lugar en el marco del proyecto “Aumentar las capacidades para el manejo de Especies Exóticas Invasoras (EEI) a través de la Implementación de la Estrategia Nacional sobre Especies Invasoras en México”, financiado por el Fondo Mundial de Medio Ambiente (FMAM) e implementado por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). Este proyecto dio inicio a finales de 2014, cuatro años después de la publicación de la *Estrategia Nacional sobre especies invasoras en México* bajo la coordinación de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, junto con el apoyo de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Dicho proyecto, abreviado como Proyecto GEF-Invasoras, cuenta con la participación de ocho dependencias del gobierno federal, una dependencia estatal, dos organizaciones de la sociedad civil y tres universidades y tiene dos componentes: el primero enfocado al fortalecimiento del manejo efectivo de las EEI a nivel nacional y el segundo al manejo de EEI en áreas prioritarias de conservación de la biodiversidad.

Espero que este libro promueva entre los lectores un cambio en las actitudes y acciones sobre la demanda y el uso de las EEI, y que esto finalmente resulte en un beneficio a la sociedad, cuya demanda de bienes en todas las regiones del mundo incrementa cada vez más los riesgos de introducción de EEI, por el aumento en el transporte de bienes y mercancías y la comercialización de organismos. Es necesario fortalecer el marco legal y generar políticas públicas que regulen el comercio, promuevan el uso de especies nativas en lugar de especies exóticas, así como la implantación de medidas de bioseguridad en la producción y la prevención de la entrada y dispersión de EEI.

Expreso mi mayor reconocimiento y agradecimiento a todas las personas que han participado en el taller y contribuido a la realización de este libro, por su dedicación y su compromiso con el tema de especies exóticas invasoras, un tema que debe considerarse en el más alto nivel de prioridad y seguridad nacional, si queremos contribuir a conservar nuestro patrimonio natural.

José Sarukhán Kermesz

Coordinador Nacional de la Conabio

Introducción

El propósito de este libro es brindar un panorama amplio sobre las invasiones biológicas, sus impactos a ecosistemas y sus servicios ambientales, en particular aquellos relacionados con las actividades productivas y la salud humana, animal o vegetal.

El libro está compuesto por 12 capítulos en los que se tratan los aspectos más relevantes para entender la problemática y los retos que enfrenta nuestro país en materia de invasiones biológicas; además, pretende ser un aporte fundamental en el conocimiento vinculado con este fenómeno socioecológico. A continuación se presenta un resumen de los capítulos que lo componen.

En el primer capítulo Patricia Koleff brinda una introducción general sobre conceptos básicos y algunas reflexiones para la atención de las invasiones biológicas. Provee definiciones y términos, los más frecuentemente utilizados, además señala las vías de introducción y los diferentes impactos que tienen dichas invasiones biológicas sobre su entorno. La autora explica que, para desarrollar estrategias de manejo efectivas y adecuadas, es fundamental conocer el proceso de invasión y contar con información científica confiable. Resalta que, para una gestión efectiva de las invasiones biológicas, se requieren estudios, tanto de biología como de las ciencias sociales, acerca de los impactos negativos que pueden tener las invasiones en los diversos servicios ecosistémicos de los que dependemos para nuestro bienestar.

El documento rector en México para la atención sistemática de las invasiones biológicas es la *Estrategia Nacional sobre especies invasoras en México*, que se publicó en 2010. Georgia Born-Schmidt, Jordi Parpal y Patricia Koleff describen en el capítulo 2 cómo con fondos internacionales proporcionados por el Fondo Mundial para el Medio Ambiente (GEF, por sus siglas en

inglés) se coadyuva en la implementación de esta estrategia desde finales de 2014 y resaltan los principales avances hasta la fecha, en los dos componentes del proyecto. Tales componentes están enfocados, por un lado, al fortalecimiento del manejo efectivo de las especies exóticas invasoras (EEI) a nivel nacional y, por otro lado, al manejo de EEI en 15 áreas prioritarias para la conservación de la biodiversidad, seis insulares y nueve continentales.

Un elemento clave en el ámbito nacional es la mejora del marco legal y normativo, tema que trata Ana Ortiz Monasterio Quintana en el capítulo 3. La autora explica que existen vacíos y debilidades en el contexto jurídico-institucional nacional. En su capítulo muestra que entre las dificultades jurídico-institucionales que México enfrenta para atender adecuadamente la problemática de las EEI destacan tener instrumentos administrativos incompletos o la inadecuada interpretación o aplicación de la ley. Por otro lado, resalta que hay un margen significativo para que el Poder Legislativo impulse modificaciones a algunos instrumentos jurídicos, como la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA), la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS) y la Ley General de Vida Silvestre (LGVS). Según Ortiz Monasterio, en algunos casos, una interpretación menos restrictiva de la Ley puede ser suficiente para permitir una actuación más decidida del Poder Ejecutivo ante la amenaza de determinadas EEI. Señala que también es necesario promover el desarrollo de algunos instrumentos normativos, ya previstos en la legislación actual, que permitirían fortalecer aún más la atención a esta amenaza, como sería el caso, por ejemplo, de la Norma de Especies Exóticas derivada de la LGDFS.

En las últimas décadas, la introducción y el establecimiento de organismos a nuevos ambientes han ocasionado un aumento considerable de las invasiones biológicas. En el capítulo 4, Ana Isabel González, Nubia Morales, Yolanda Barrios y Silvia De Jesús explican que esto se debe no sólo al incremento en el número de especies que se transportan, sino también a la frecuencia de las introducciones. Los autores refieren los factores que influyen en el proceso de una invasión como el estado de conservación de los ecosistemas, las características intrínsecas de las especies, así como la efectividad de las rutas de introducción por las que arriban dichas especies. Destacan también que, para prevenir la introducción de organismos invasores, la atención debe enfocarse en la prevención de la entrada de aquellas especies que ya han sido identificadas como invasoras en otras regiones. Finalmente, consideran que un método integral incluiría la identificación de las principales rutas de introducción o vías de entrada, el reconocimiento

de los diferentes riesgos asociados con las mismas y el establecimiento de sistemas de monitoreo en las principales rutas de introducción.

En México la mayoría de las especies invasoras son plantas (678 especies), de las cuales se cuenta con cerca de 500 mil registros en el sistema de información de la Conabio. Francisco Espinosa, en el capítulo 5, señala la necesidad de mejoras legislativas y reglamentarias al considerar invasiones de plantas exóticas como son los casos de la enredadera negra (*Polygonum convolvulus*) y la caminadora (*Rottboellia cochinchinensis*), que ejemplifican problemas de prevención, detección y erradicación temprana, y, además, de falta de medidas de contención. El autor escoge el uso de los pastos forrajeros exóticos para ilustrar la falta de coordinación entre dependencias oficiales para el manejo de plantas útiles que dañan a la biodiversidad y a la regeneración de la vegetación natural. En su capítulo identifica varias áreas de oportunidad de mejora legislativa como el avance en los análisis de riesgo, o la creación de mecanismos legales para que inspectores de una dependencia tengan facultades para detectar y reportar EEI reguladas por normas aplicadas por distintas dependencias, entre otras.

Mantener en buen estado sanitario los 96 millones de hectáreas de superficie forestal de nuestro país es una actividad a cargo del personal de la Gerencia de Sanidad (GS) de la Comisión Nacional Forestal (Conafor), por lo que en el capítulo 6, Mayra Valdez, Abel Placencia y Alejandro de Felipe abordan las EEI que impactan a los ecosistemas forestales. Ante la amenaza de la introducción continua de plagas forestales, los autores señalan que es necesario aumentar el personal operativo adscrito al marco operativo de la GS, reforzar las capacidades técnicas del personal especializado enfocado al desarrollo de actividades de monitoreo y diagnóstico de plagas exóticas e invasoras en cada entidad federativa, así como aumentar el presupuesto para actividades preventivas enfocadas a la salud de ecosistemas forestales, como la implementación de un sistema de alerta temprana. En este aspecto, los autores consideran que la coordinación interinstitucional entre las dependencias del sector ambiental y agrícola es clave.

En el capítulo 7, Ek del Val, Mayra Valdez, Eduardo Jiménez, Clemente de Jesús García, Isabel Ruiz, Daniel Bravo y José Manuel Pineda retoman el tema de plagas enfocándose a los artrópodos terrestres, el grupo más biodiverso en la Tierra que, debido al incremento de movimientos de mercancías —en particular productos forestales y agropecuarios—, han sido introducidos a diversas regiones en el mundo y, muchas de ellas son especies invasoras. Los autores describen los diferentes impactos, así

como las vías de dispersión dentro de México. Consideran necesario ampliar la cobertura y efectividad del sistema de detección de plagas forestales y agrícolas en los puertos de entrada del país para interceptar especies exóticas con el potencial de ser invasoras. Además, recomiendan realizar estudios ecológicos de largo plazo para identificar los efectos que tienen las especies ya establecidas en México y poder contribuir a su control y erradicación. Identifican oportunidades de mejora al marco regulatorio en materia de regulación fitozoosanitaria para las importaciones con el fin de mitigar los riesgos de introducción de EEI.

Otra herramienta preventiva para evitar la introducción intencional de la EEI son las evaluaciones rápidas y los análisis de riesgos (AR). Para realizar dichos AR, se requiere de información, como la que se compila en el Sistema Nacional de Información sobre Especies Exóticas Invasoras de la Conabio. Ana Isabel González, Yolanda Barrios, Nubia Morales y Silvia De Jesús en el capítulo 8 explican cómo se usan estas herramientas para evaluar el potencial invasivo de las especies y poder categorizar el riesgo asociado con la entrada de las especies exóticas a México, con el fin de priorizar los recursos disponibles para la atención de las especies más nocivas de la mejor manera.

Las autoras describen la metodología de evaluación rápida de riesgo que se desarrolló en México, en la que se definieron categorías de riesgo de invasión de manera sistemática que además considera el grado de incertidumbre en la evaluación. Este esfuerzo ha llevado a contar con listas de referencia publicadas en la página de la Conabio: una para especies invasoras que ya están en el país y otra para las que tienen alto potencial de entrada.

La Semarnat consideró estas listas como base para elaborar la Lista Oficial de Especies Exóticas Invasoras para México, según emana del decreto publicado en el *Diario Oficial de la Federación*, por el cual se modificaba la LGEEPA y la LGVS del 6 de abril de 2010 como explican Carlos Álvarez y Alejandra Barrios en el capítulo 9. Desde diciembre de 2016 se cuenta con un Acuerdo publicado en el *Diario Oficial de la Federación* que aprueba la lista de EEI, pero los autores hacen hincapié en que aún falta por desarrollar una Norma en la que se indique la categoría de riesgo que requieren para su manejo, control o erradicación.

En el capítulo 10, Jordi Parpal, Laura Saad y Georgia Born-Schmidt se enfocan en el tema de costos económicos causados por las EEI, que se han estimado en aproximadamente 5% del PIB mundial. Los autores reconocen que en México aún no se cuenta con datos suficientes y narran sobre los primeros pasos que se realizan en el marco del proyecto GEF-Invasoras para

iniciar con esta tarea. En este sentido, se han desarrollado una serie de estudios de análisis de costo/beneficio para el manejo de EEI y se ha propuesto la aplicación en nuestro país de instrumentos económicos adecuados para atender la problemática de estas especies, como, por ejemplo, pagos de derechos con destino específico relacionados con la importación y el manejo; la utilización de un fondo para emergencias o el uso de seguros y fianzas ambientales. Dichos instrumentos tendrían la finalidad de generar recursos monetarios para financiar la gestión de EEI y, además, concientizar a los productores y usuarios de estas especies sobre el riesgo que puede implicar su posesión y distribución. Los autores consideran necesario adecuar determinados instrumentos legales o reglamentarios que faciliten la implantación de estos instrumentos.

Las áreas naturales protegidas (ANP) son el instrumento de mayor importancia para conservar los ecosistemas, sus bienes y servicios ambientales; sin embargo, su estatus no las protege de las EEI. Eduardo Rendón, José F. Bernal, Brenda Hernández y Eileen Müller resumen en el capítulo 11 las principales acciones que implementa la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (Conanp) para atender la problemática de las EEI en ANP de competencia federal, por medio de los siguientes instrumentos: *a)* el Programa de Conservación de Especies en Riesgo, *b)* el Programa de Conservación para el Desarrollo Sostenible, *c)* el Proyecto GEF Especies Invasoras, y *d)* el Sistema Nacional de Monitoreo de la Biodiversidad. Asimismo, plantean una reflexión sobre las prioridades para la atención de EEI en ANP considerando que las instituciones encargadas del tema cuentan cada vez con menos recursos humanos, materiales y financieros. Por tanto, recomiendan que se fortalezca el presupuesto de instituciones del sector ambiental y que se establezca un Fondo Nacional para la atención de EEI.

No sólo en el continente sino también en sus islas, México tiene una riqueza natural extraordinaria. Alfonso Aguirre, Federico Méndez, Mariam Latofski, Karina Salizzoni, Luciana Luna, Antonio Ortiz, Julio Hernández, Yuliana Bedolla y Evaristo Rojas en el capítulo 12 señalan que el estado de conservación del territorio insular en general es muy bueno. No obstante, ha habido impactos negativos a causa de las EEI, en su mayoría mamíferos como la rata negra, el gato feral o el chivo feral. Explican también que el país enfrenta este reto con las acciones coordinadas de una amplia red de colaboración que integra diversas instancias y resaltan los avances en conservación y restauración de las islas mexicanas que suman ya 58 erradicaciones en 37 islas, que entre sus logros está prevenir extinciones de especies

endémicas insulares. Para facilitar estas labores identifican varias oportunidades de mejora como la inclusión de la conservación y restauración de las islas de México, de manera explícita en la Iniciativa de Ley General de Biodiversidad, presentada ante el Senado de la República en 2016, así como la publicación de una Norma Oficial Mexicana para la Conservación del Territorio Insular Mexicano de Jurisdicción Federal, entre otras.

Este libro es un esfuerzo editorial y financiero conjunto entre la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio), el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y el Centro de Estudios Sociales y de Opinión Pública (CESOP), que tiene como antecedente un Taller sobre el tema con legisladores, realizado los días 26 y 27 de enero de 2017.

Además, una primera publicación de dicho Taller puede encontrarse en el *Reporte CESOP* número 103, titulado “El impacto de las especies exóticas invasoras en México”. El presente libro contiene nuevas y más profundas indagaciones sobre este tema de relevancia nacional.

Los coordinadores de esta obra agradecen las facilidades por parte de los autores de los trabajos que aquí se presentan, así como a los responsables directivos de la Conabio, del CESOP y a la Unidad Coordinadora del Proyecto GEF-Invasoras, en especial a Rodrigo Mejía para hacer posible esta publicación.

Nuestro objetivo es contribuir a dar difusión y conocimiento de la investigación actual sobre un tema que tiene y tendrá alto impacto en las decisiones estratégicas sobre la sostenibilidad en el cuidado del medio ambiente en México.

Georgia Born-Schmidt
Felipe de Alba Murrieta
Jordi Parpal Servole
Patricia Koleff Osorio

1. Conceptos básicos sobre las invasiones biológicas y sus impactos a la biodiversidad

*Patricia Koleff**

Resumen

En la actualidad se reconoce ampliamente que una de las principales causas de pérdida de biodiversidad en el mundo son las especies exóticas invasoras. Organismos de países o regiones sugieren que las especies invasoras pueden sobrevivir en nuevos ambientes sin mostrar efectos perjudiciales durante un largo periodo. Sin embargo, algunas especies pueden superar barreras biogeográficas y ambientales y llegar a establecer poblaciones viables fuera de su área de distribución natural, que con el paso del tiempo modifican drásticamente el entorno y causan daños ambientales y socioeconómicos, así como a la salud humana, animal y vegetal; daños que a veces son perceptibles hasta que han alcanzado grandes magnitudes con sensibles consecuencias, que pueden llevar a un colapso ambiental. Para establecer estrategias de manejo adecuadas, es fundamental conocer el proceso de invasión y contar con información científica y confiable. En este capítulo se brinda una introducción general sobre las invasiones biológicas, conceptos básicos y algunas reflexiones para su atención.

* Licenciada en Biología con posgrado en la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM); doctorado en la Universidad de Sheffield en Reino Unido. Directora de Análisis y Prioridades de la Conabio desde 1993; coordina el Secretariado de la obra Capital Natural de México. Correo electrónico: pkoleff@conabio.gob.mx

Introducción

El cambio global abarca otras facetas además del reconocido cambio climático; una de ellas son las invasiones biológicas, reconocidas como una de las principales causas de pérdida de biodiversidad en el mundo (MA, 2005; Challenger y Dirzo *et al.*, 2009). Hay evidencia de que la actual tasa de extinción de especies es más rápida que la de otros momentos de la historia del planeta (MA, 2005), lo que está relacionado con el incremento de la población humana y sus niveles de consumo y actividad que, particularmente en los últimos siglos, han sido determinantes en la degradación y destrucción de los ecosistemas.

Diversas actividades humanas han contribuido en gran medida a que organismos de muy diversas especies puedan superar fácilmente barreras biogeográficas que antes les impedían alcanzar otros hábitats. Las invasiones biológicas se han acelerado de manera dramática por el incremento del comercio y el transporte que caracterizan a la globalización. Se trata de un problema complejo de gran magnitud cuyos efectos ambientales, por ejemplo en Estados Unidos, se han llegado a estimar que tienen un costo equivalente a 5% del producto interno bruto (PIB), lo cual se traduce en miles de millones de dólares (Pimentel *et al.*, 2001, 2005).

Aun con valoraciones incompletas de todas las afectaciones que pueden causar las invasiones biológicas, y considerando tan sólo valores tangibles, es clara la necesidad de dar atención a las especies invasoras que pueden causar los mayores daños, y así evitar o reducir los problemas que ocasionan.

Para dar una atención eficaz a las invasiones biológicas es necesario, por un lado, tener coordinación con los sectores involucrados directa o indirectamente y, por otro, contar con una base de conocimiento sobre las características intrínsecas de las especies invasoras (para evaluar los riesgos), así como de sus impactos esperados o los ya documentados. Dependiendo de la fase de invasión, como se verá más adelante, y con base en los análisis de costo/beneficio, entre otros, se deciden las medidas a establecer. Es conveniente contar con opciones de medidas eficaces que contribuyan a evitar introducciones nocivas y no deseadas; pero si algunas de estas especies ya están establecidas, deben diseñarse planes para su control o en lo posible eliminarlas, en cuyo caso se trata

de un primer paso que permita la restauración de los ecosistemas, para lo cual se requiere de una estrategia y un plan de gestión territorial consensuados con distintos actores, para mantener los servicios ecosistémicos, de los cuales depende nuestra sobrevivencia.

¿Qué son las “especies invasoras”?

Se sabe que muchos organismos de otros países o regiones pueden sobrevivir en nuevos ambientes sin mostrar efectos perjudiciales durante un largo tiempo; sin embargo, algunas de las especies logran superar barreras ambientales y biogeográficas de manera intencional, accidental o natural (Aguirre-Muñoz y Mendoza-Alfaro *et al.*, 2009) llegando a reproducirse y a establecer una nueva población viable fuera de su área de distribución natural, que con el paso de los años puede modificar de forma drástica su nuevo entorno. Cuando los daños ocasionados por las especies exóticas o no nativas a un ecosistema o región son perceptibles, hablamos de “invasiones biológicas”, lo cual en general ocurre una vez que han alcanzado graves consecuencias.

El Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB) define a las *especies invasoras* como “aquellas que prosperan sin ayuda del ser humano y amenazan hábitats naturales o seminaturales, fuera de su área habitual de distribución” (CDB, 2009), y señala que “es uno de los principales generadores del cambio ambiental en el mundo” (Sala *et al.*, 2000; MA, 2005). Sin embargo, el comportamiento invasivo no es restrictivo de las especies exóticas, ya que algunas especies nativas pueden volverse invasoras cuando son introducidas en otra región ecológica distinta a su área de distribución (muchas veces se ha referido a estos procesos como *traslocación*), o incluso algunas especies nativas se pueden volver invasivas en su sitio de origen, cuando se altera la dinámica ecológica del lugar (Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras, 2010).

Si bien se cuenta con numerosas definiciones de “especies exóticas invasoras” (EEI), es importante considerar primero a qué se refiere el término *exótica*:

Especie exótica (introducida o no nativa). Es la especie, subespecie o taxón inferior que se establece fuera de su área natural de distribución (pasada o actual) y

de dispersión potencial (fuera del área que ocupa de manera natural o que no podría ocupar sin la directa o indirecta introducción o cuidado humano) e incluye cualquier parte, gameto o propágulo de dicha especie que puede sobrevivir y reproducirse (IUCN, 1999; CBD, 2009). Este término también puede aplicarse a niveles taxonómicos superiores, como género o familia (Lever, 1985; IUCN, 1999).

En la legislación mexicana, a partir de 2010, contamos con una definición formal:

Especie exótica invasora. Es aquella especie o población que no es nativa, que se encuentra fuera de su ámbito de distribución natural, que es capaz de sobrevivir, reproducirse y establecerse en hábitat y ecosistemas naturales y que amenazan la diversidad biológica nativa, la economía y la salud pública (DOF, 2010).

En ocasiones se usa sólo el término de *especie invasora* (entendiendo que en la mayoría de los casos se trata de taxones no nativos a una cierta región en cuestión), que en este capítulo se toma como sinónimo de *especie exótica invasora* (EEI), con base en la siguiente definición:

Especie invasora. Una especie exótica que se establece en hábitats o ecosistemas naturales o seminaturales; es un agente de cambio y representa una amenaza para la biodiversidad nativa (IUCN, 1999; CBD, 2009).

Dentro del ámbito de otros sectores, hay algunas definiciones importantes de considerar, como las siguientes:

Naturalización. Se refiere al proceso de establecimiento de una especie exótica en el área donde fue introducida. Este establecimiento está asociado a un área o lugar que por sus características (similitud ambiental al área de distribución original o condiciones adecuadas) permite el establecimiento de poblaciones autosuficientes en vida libre. El proceso de naturalización de una especie requiere que hayan sido superadas algunas barreras bióticas y abióticas para que la especie sobreviva y se reproduzca regularmente en el nuevo ambiente (Lever, 1985; Richardson *et al.*, 2000).

Plaga. Cualquier especie, raza o biotipo vegetal o animal o agente patógeno dañino para las plantas o productos vegetales (FAO, 2004; IPPC, 2009).

Plaga cuarentenaria. Plaga de importancia económica potencial para el área en peligro, aun cuando la plaga no esté presente o, si está presente, no está extendida y se encuentra bajo control oficial (FAO, 2004; IPPC, 2009).

Sin duda, el conocimiento sobre las especies invasoras biológicas ha generado un creciente interés en su estudio, en donde muchos de los tópicos están relacionados con la dispersión de organismos invasores, sus efectos en la biodiversidad y su papel en el disturbio.

El proceso de una invasión biológica

Las invasiones biológicas pueden ser parte de un proceso natural de dispersión y colonización de nuevos hábitats (Sakai *et al.*, 2001); sin embargo, en las últimas décadas las actividades humanas han acelerado la dispersión de especies de diferentes grupos taxonómicos, con lo que han logrado traspasar grandes distancias, de modo que las barreras biogeográficas naturales que durante millones de años habían limitado el movimiento de especies, se volvieron cada vez menos eficaces. Desde los primeros movimientos migratorios humanos hasta la fecha, una gran variedad de organismos sigue siendo transportada e introducida en nuevas áreas con fines productivos.

Para facilitar su entendimiento, el proceso de una invasión biológica se suele dividir en las etapas de transporte, introducción, establecimiento y dispersión. La introducción de especies exóticas puede ser no intencional, o por medios naturales (vientos, corrientes marinas, eventos climáticos extremos, entre otros). Sin embargo, la introducción de especies exóticas es principalmente causada por las actividades humanas de manera intencional. Entre las definiciones más comúnmente usadas está la siguiente:

Introducción. Transferencia por parte del ser humano de ejemplares vivos a una nueva región, fuera del área de distribución natural de la especie o taxón (histórica o actual). Puede ocurrir dentro de un mismo país o entre diferentes países o continentes (Lever, 1985; IUCN, 1999). El proceso de

introducción puede ocurrir de manera inadvertida o deliberada, como consecuencia de actividades humanas específicas (IUCN, 1999; McNeely *et al.*, 2001).

La globalización facilita el movimiento (o transporte) y la introducción de especies y hay muy diversos motivos para la introducción de especies no nativas; entre ellos podemos citar los siguientes: acuicultura y pesquerías, acuarismo, pesca deportiva, ganadería, comercio de plantas de ornato, agricultura, transporte marítimo, transporte terrestre, comercio de mascotas, mercados formales e informales y, finalmente, desconocimiento e ignorancia.

Un ejemplo de la magnitud del movimiento de organismos por medio del transporte lo ilustra Enserink (1999) al comentar que hace dos décadas el Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA, por sus siglas en inglés) interceptaba en las fronteras de ese país alrededor de tres mil plagas potenciales cada año —aunque es obvio que muchas otras especies pasaron inadvertidas—, resultado de lo cual en el estado de Florida una de cada tres o cuatro especies de plantas es exótica (Enserink, 1999). Esto muestra que a menudo las fronteras o los límites políticos no impiden la entrada de especies exóticas que pueden tornarse invasoras y tener efectos adversos sobre la biodiversidad, los servicios ecosistémicos, la salud y las actividades económicas productivas. Estas fronteras políticas tampoco impiden la dispersión de especies invasoras.

Consideraremos como definición de *establecimiento* la siguiente:

Establecimiento. El proceso por el cual existe una población viable y autosostenible. Los elementos esenciales para el establecimiento pueden no ser consistentes para todos los taxones. El establecimiento en una comunidad natural puede requerir de distintas características a las necesarias para la entrada a un hábitat modificado por el hombre.

El establecimiento de una población reproductiva viable inicia con la colonización, la cual se facilita cuando las condiciones ambientales del nuevo sitio son similares a las del área de distribución original. Las características que promueven la capacidad de una especie para volverse una especie invasora no son universales, aunque se ha señalado que dependen de su ciclo de vida, tasa reproductiva, número de colonias o

poblaciones locales y dependencia de la especie al disturbio, entre otros factores. Se ha documentado que para que una planta tenga un comportamiento invasivo o de maleza influye su habilidad de reproducirse sexual y asexualmente, crecimiento rápido desde semilla hasta la madurez sexual, y, particularmente, la adaptación al estrés ambiental (plasticidad fenotípica) y una alta tolerancia a la heterogeneidad del ambiente. No obstante, un gran número de las especies invasoras tiene sólo una parte de las características anteriormente descritas.

Los estudios realizados a la fecha no han determinado una característica biológica simple única que permita predecir el éxito de invasión de las especies, aunque algunas características son más comunes. Muchas malezas agrícolas, por ejemplo, en general especies herbáceas, reproductivamente rápidas y dispersadas abióticamente, son plantas con mayor probabilidad de volverse invasoras naturales, también muchas malezas acuáticas o semiacuáticas, pastos, fijadoras de nitrógeno, enredaderas y árboles clonales. Las características comunes a los colonialistas exitosos en diferentes taxones incluyen historias naturales con uso de hábitat pionero, tiempo de generación corto, alta fecundidad, y altas tasas de crecimiento y la habilidad para cambiar entre estrategias; sin embargo, muchas de estas características no han sido comprobadas empíricamente (Aguirre-Muñoz y Mendoza-Alfaro *et al.*, 2009). La expansión del rango de distribución en aves está relacionada con su habilidad de dispersión, una alta tasa de crecimiento poblacional y la habilidad para competir por recursos y hábitat con especies nativas, así como su asociación con humanos o la capacidad de adaptación a hábitats perturbados; sin embargo, un estudio reciente muestra que han sido las introducciones repetidas el principal factor del patrón actual de invasiones de aves en el mundo (Dyer *et al.*, 2017).

En el caso de los peces de agua dulce, en general las características de los peces invasores incluyen tolerancia a un amplio rango de condiciones ambientales, rápida dispersión y colonización, comportamiento agresivo y competitividad, y de interés a los humanos (comestible, cualidades deportivas, ornato) (Duggan *et al.*, 2006).

Otra explicación para el éxito de las especies invasoras al competir con las especies nativas es la ausencia de enemigos, permitiéndoles crecer y reproducirse sin dicho regulador de la población.

Por otro lado, la carencia de preadaptación a nuevas condiciones climáticas, disturbio, competencia o depredación por las especies nativas y las enfermedades, a menudo son citadas como razones para que las invasiones fallen.

La última fase en la que se suele describir una invasión biológica es la dispersión, que se define como:

Dispersión. Se refiere a la capacidad de movilidad de las especies.

Una vez que la colonización y el establecimiento han ocurrido, las especies invasoras pueden diseminarse a partir de una dispersión a gran distancia (dispersión por salto), de fuentes externas (natural o auxiliada por el hombre) y a corta distancia (dispersión difusa) con expansión lateral a la población establecida. Los factores que influyen en el número de propágulos, el modo de dispersión y las tasas vitales (nacimientos, muertes) son críticos para la propagación de especies invasoras.

La *dispersión natural* se ha definido como el movimiento o la distancia desde el lugar de origen del organismo hasta su lugar de reproducción (Howard, 1960), según el comportamiento y la movilidad o los mecanismos de dispersión de semillas, en el caso de las plantas. La dispersión constituye un componente integral de la dinámica poblacional y estrategia demográfica de todos los organismos. Una especie que no se dispersa queda reducida en su lugar de origen y es más vulnerable a la extinción por cualquier aleatoriedad ambiental. La mayor parte de dispersión es de corta distancia y limitada por barreras naturales, de tal forma que pocas veces excede el área de distribución de la especie.

Podemos resumir el proceso de invasión desde el transporte de una especie nativa de otra región a un país o un área nueva (en este momento el organismo está en cautiverio o confinado), después se inicia la etapa de introducción cuando es liberado, escapa o vive en un medio natural, posteriormente ocurre la colonización y el establecimiento cuando constituye una población reproductora y su dispersión, para finalmente considerarse una especie invasora cuando ejerce un fuerte impacto negativo al ambiente, lo cual finalmente tiene efectos directos o indirectos en el bienestar humano. Según las estadísticas presentadas por Williamson y Fitter (1996, en Pyšek y Richardson, 2008), el éxito del paso de una etapa a la siguiente es, en promedio, de 10%; es decir, uno

de cada 10 organismos o propágulos importados logra liberarse en el medio natural; uno de cada 10 de éstos logra constituir una población, y una de cada 10 poblaciones resulta invasora. El número de individuos y la frecuencia de introducciones pueden afectar el éxito. Sin embargo, este esquema ilustra bien las tendencias generales y la magnitud del éxito de la ocupación de áreas nuevas por especies exóticas. Sin embargo, este porcentaje (o probabilidad) puede cambiar debido a otros factores tales como el cambio climático (Hellman *et al.*, 2008).

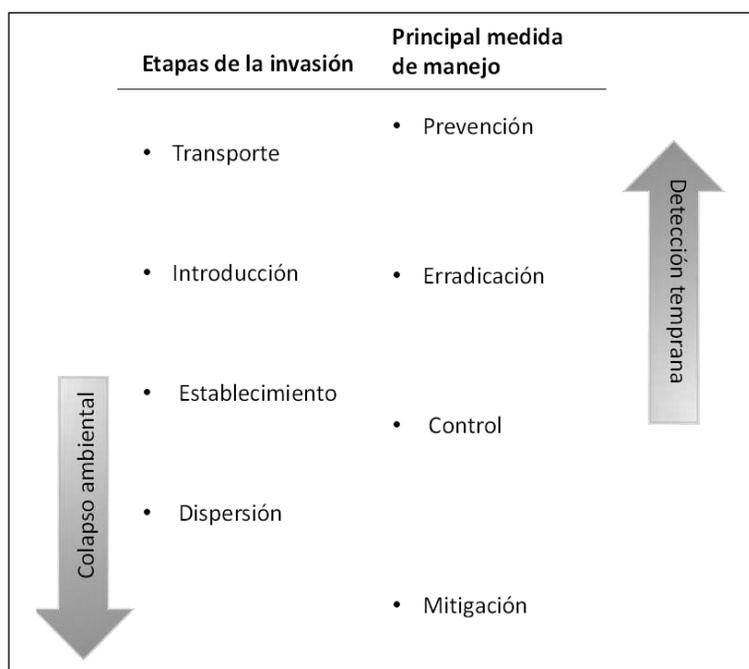
Otro aspecto fundamental a resaltar es lo que se conoce como la “presión de propágulo”. Se reconocen dos estados de la invasión que generalmente coinciden con diferentes respuestas de manejo. La *presión del propágulo* es un continuo en donde una mayor presión lleva a una mayor posibilidad de establecimiento y dispersión en periodos más cortos. Si la dispersión involucra grupos pequeños de organismos que se dispersan, cada grupo debe ser capaz de establecerse en un área diferente. El establecimiento o la dispersión subsecuente puede inhibirse cuando los grupos se ven limitados por las condiciones ambientales de un ambiente en particular (Lodge *et al.*, 2008).

Para enfrentar la introducción, la dispersión y el establecimiento de las especies invasoras y sus efectos nocivos se requiere conocer el proceso de invasión (Figura 1), así como llevar a cabo acciones coordinadas de todos los sectores, guiadas por una estrategia consensuada que identifique las prioridades de acción en el tema. La prevención es básica para evitar que las especies lleguen y se establezcan, en cuyo caso contar con normatividad para regular importaciones de especies potencialmente invasoras es fundamental, así como la inspección y vigilancia. La detección temprana se refiere a un conjunto de elementos y sistemas de monitoreo que ayudan a detectar nuevas invasiones en una etapa en la que puede ser muy factible eliminarlas, es decir, erradicarlas (lo cual tiene más probabilidades de éxito cuando las poblaciones están contenidas o localizadas en un área relativamente pequeña). Dos definiciones importantes en el manejo son:

Erradicación. Remoción permanente de la población entera de una especie dentro de un área y tiempo determinados (Parkes, 1993).

Control. Mantenimiento de una población de determinada especie dentro de ciertos niveles o debajo de un umbral (en términos de número de individuos

Figura 1. Esquema general de las etapas del proceso de una invasión biológica y las acciones de manejo deben ser acordes a dicha etapa



Fuente: Con base en Lodge *et al.* (2006) y Blackburn *et al.* (2011).

de la población y su área de distribución), dentro del cual el impacto negativo sobre los recursos naturales o en particular de las especies nativas es prácticamente eliminado, tolerable o aceptable (Parkes, 1993).

La erradicación puede ser un paso muy relevante para la posterior restauración. En casos en que las poblaciones establecidas son muy numerosas y están dispersas, se busca controlar poblaciones con diversos mecanismos de control químico, físico o biológico; aplicar medidas de mitigación de daños puede ser relevante para las comunidades humanas y para prevenir otras invasiones.

Por ello, nuestro país cuenta con la guía *Estrategia Nacional sobre Especies Invasoras en México* (Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras,

2010), que propone una visión a 10 años, tiempo en el cual México deberá consolidar sus sistemas de prevención, control y erradicación –de manera que los impactos negativos de las especies invasoras se reduzcan significativamente– y orientar la participación y el trabajo coordinado de instituciones y sectores clave de la sociedad.

Usualmente la erradicación se da en etapas tempranas, después de la detección o cuando los estudios de costo/beneficio y factibilidad lo sugieren, de otro modo, usualmente se sugiere el control, para tratar de contener los efectos y evitar que se dispersen y amplíen los efectos de un colapso ambiental. Simberloff *et al.* (2013) destacan que cuando ya hay impactos y por tanto es más perceptible el problema, los costos de manejo son mayores.

Rutas de introducción

Las rutas o vías de introducción de las especies invasoras son múltiples y variadas debido, entre otros factores, a la deficiencia en la vigilancia de los sistemas fronterizos y la falta de medidas de prevención y control en éstos. El movimiento de los organismos y la colonización de nuevos sitios han ocurrido de manera natural a lo largo del tiempo. Por ello, no se pueden soslayar las vías de dispersión natural, como el caso de los ríos, cuyo movimiento entre cuencas es libre, o las corrientes marinas que facilitan el movimiento sin control de miles de especies, y la vía aérea para el caso de las aves (Aguirre-Muñoz, Mendoza-Alfaro *et al.*, 2009). Una de las definiciones más empleadas es:

Ruta de introducción. El proceso por el que se traslada una especie de la región donde es nativa a una nueva área a la que no llegaría por dispersión natural; los vectores son los mecanismos por los cuales se transporta dicha especie (Lockwood *et al.*, 2007). Estos vectores son los medios, actividades o productos por medio de los cuales una especie exótica puede ser transportada a un nuevo entorno, sea de manera intencional o accidental (Koike *et al.*, 2006).

Sin embargo, en el último siglo la globalización y el incremento en la frecuencia del transporte –terrestre, aéreo y acuático– han propiciado

la entrada masiva, intencional o accidental, de especies no nativas a los ecosistemas. La modernización del transporte, las vías de comunicación y la apertura de nuevas rutas comerciales han llevado a que el movimiento intencional y accidental de especies exóticas se incrementa hasta alcanzar niveles sin precedentes. Al mismo tiempo, los cambios en el uso de suelo, la alteración de los ecosistemas y el cambio climático han aumentado la vulnerabilidad de muchos hábitats a las invasiones, aun en las áreas naturales más remotas.

La identificación de las rutas de introducción es una de las herramientas clave para prevenir la entrada y dispersión de especies invasoras.

Las rutas de introducción *naturales* incluyen vientos, corrientes u otros medios naturales, para los cuales las especies han desarrollado adaptaciones morfológicas o de comportamiento. Las rutas de introducción artificiales son aquellas que se abren o se incrementan como resultado directo de las actividades humanas. Éstas se pueden dividir en dos tipos: rutas de introducción intencionales, cuando resultan del transporte, comercio, manejo y liberaciones intencionales de organismos o propágulos, y rutas de introducción no intencionales, que transportan especies de manera indirecta, por ejemplo las actividades asociadas a la construcción de infraestructura y vías de comunicación, aguas de lastre, organismos adheridos a los cascos de los buques, tierra para jardinería o viveros, importación de alimentos o turismo. Se han reconocido tres categorías generales de rutas de introducción: las primeras están relacionadas con el transporte de personas y bienes; las segundas, asociadas con comercio de organismos vivos y sus productos, y las terceras incluyen las consecuencias de otras actividades humanas y causas naturales (Kriesch, 2007).

El análisis y manejo de las rutas de introducción consiste en identificar en las diferentes etapas del proceso, desde su inicio hasta su destino, los posibles vectores y las especies que pueden ser transportadas a lo largo del mismo, para establecer acciones de detección, prevención y monitoreo. Algunos de los factores que deben considerarse son la velocidad de los vectores, la frecuencia de los viajes, la temporada del año, la cantidad de individuos, el tipo de especies susceptibles de ser transportadas y la similitud del área receptora con la región de origen, entre otros.

Sin embargo, no todas las invasiones presentan señales claras que permitan determinar su ruta de introducción. Esto obstaculiza la puesta en

marcha de las medidas necesarias para evitar la permanencia de la ruta. Algunas especies exóticas pueden estar presentes sin causar daños en un lugar determinado durante largos periodos y, por tanto, pasar inadvertidas. Ejemplo de ello son algunas especies de árboles o arbustos introducidos en un ecosistema en el que carecen de medios para reproducirse (por ejemplo, el polinizador específico). Estas especies sobreviven y no presentan comportamientos invasivos hasta la llegada, varios años después, del polinizador adecuado, introducido de manera accidental o intencional (Espinosa-García, 2009). En estos casos, debido al tiempo que puede transcurrir entre estos dos eventos, es imposible trazar los pasos que trajeron a la especie original al nuevo hábitat. El monitoreo de las rutas de introducción y sus vectores es una de las principales herramientas que deben considerarse en el combate a las especies invasoras.

Los análisis de riesgo son esenciales en el manejo de EEI. Hay diferentes metodologías, algunas están dirigidas a grupos de organismos específicos, otras enfocadas a rutas de introducción o a procesos de la invasión. Esto es importante por el hecho de que cada caso se debe analizar de manera individual, ya que el escenario depende de la especie, ecosistema, ruta de introducción, frecuencia de introducción, época del año, daños potenciales, beneficios potenciales, etc. Los dos elementos del análisis de riesgo son la evaluación del riesgo, que estima la probabilidad de que ocurra un evento y la severidad del mismo, y el manejo del riesgo, que se enfoca en la identificación, evaluación, selección y ejecución de acciones para reducir el riesgo (Andersen *et al.*, 2004).

Principales impactos

En todo el mundo se ha demostrado que las EEI causan graves daños a la biodiversidad, perjudican los servicios ambientales y, por consiguiente, el bienestar humano. En el ámbito nacional los impactos de las especies exóticas no han sido cuantificados completamente; sin embargo, los datos disponibles indican que son muchos los ecosistemas afectados. Ejemplo de ello es que se tiene una buena aproximación sobre el número de plantas no nativas a escala nacional (Espinosa-García *et al.*, 2009). Las especies invasoras pueden llegar a causar la extinción de poblaciones y especies nativas (Wilcove *et al.*, 1998), la degradación de

los ambientes acuáticos y terrestres (Carlton 2001; D'Antonio y Kark, 2002), particularmente los insulares (Veitch y Clout, 2002), la alteración de los procesos y funciones ecológicas y la modificación de los ciclos biogeoquímicos (D'Antonio y Vitousek, 1992).

También se ha documentado que las especies invasoras causan deterioro en los servicios ambientales, afectan la producción de alimentos y pueden ser devastadoras en ecosistemas agropecuarios; dañan la infraestructura pública, degradan las tierras de cultivo, incrementan la vulnerabilidad a sufrir embargos comerciales, afectan la calidad del agua y los paisajes de valor turístico e histórico; por todo esto, sus impactos pueden significar elevados costos, tanto por el daño directo como por el gasto invertido en su control o erradicación (Pimentel *et al.*, 2000, 2005).

Los ambientes acuáticos en particular han demostrado ser extremadamente sensibles; cerca de 40% de las extinciones de especies que habitan estos ambientes ha estado relacionado con la depredación, el parasitismo o la competencia por especies invasoras. Se estima que la tasa de extinción en los ambientes acuáticos, particularmente en los dulceacuícolas, es cinco veces mayor que en los ambientes terrestres (Ricciardi y Rasmussen, 1999).

La biodiversidad insular es especialmente vulnerable a las especies introducidas debido a que en estos ambientes hay una alta proporción de especies endémicas que carecen de mecanismos de defensa ante las especies exóticas con las cuales no coevolucionaron. Los efectos observados son la extinción en tiempos muy breves por competencia, depredación o patógenos (Primack, 2002). Para la avifauna de las islas en particular, el riesgo de extinción es 40 veces más alto que para las especies continentales. A escala global, 869 especies se reportan como extintas. La extinción de especies insulares ha sido entre 500 y 700% mayor que en el territorio continental. Las especies invasoras están consideradas como la primera causa de pérdida de biodiversidad en el territorio insular. Un alto porcentaje de especies reportadas como extintas corresponde a especies insulares: 62% de los mamíferos, 88% de las aves, 54% de los anfibios, 86% de los reptiles y 68% de los moluscos. Muchas de las extinciones de aves en islas han sido resultado directo de la introducción de vertebrados exóticos. En las islas de México, 12% de las aves endémicas y 20% de los mamíferos endémicos se han

extinguido a causa de las especies introducidas; por ejemplo, los gatos ferales en los ecosistemas insulares han causado la extinción de al menos 10 roedores endémicos de las islas del noroeste (Aguirre-Muñoz y Mendoza-Alfaro *et al.*, 2009).

Las especies nativas en riesgo se enfrentan a más de una amenaza a la vez, por lo que en muchos casos es complicado discernir cuáles son las causas directas e indirectas y en qué grado actúan sinérgicamente para provocar la situación de riesgo. Las interacciones entre los diversos factores de amenaza son complejas y han sido poco estudiadas, lo que hace difícil evaluar su importancia relativa. Según sea el caso, las especies invasoras pueden ser la variable que precipite la extinción, un elemento que contribuye marginalmente o no a tener efecto alguno en la pérdida de biodiversidad (Gurevitch y Padilla, 2004).

Si bien no todas las especies exóticas se vuelven invasoras, o al menos no en un corto tiempo, los efectos potenciales de una especie no nativa son impredecibles y pueden llegar a ser devastadores, por lo que la defensa más eficiente es la prevención, seguida por la detección y erradicación temprana (DET). Los beneficios de la inversión requerida por un sistema de prevención o DET compensan ampliamente las pérdidas provocadas por actuar tardíamente. La capacidad de identificar especies potencialmente invasoras, además de contribuir a establecer medidas regulatorias para evitar su entrada durante las importaciones, contribuye al uso eficaz de los recursos destinados para lidiar con especies exóticas ya establecidas, particularmente aquellas que están en etapas tempranas de invasión (Kolar, 2004).

El control y la erradicación de las especies invasoras no representan un objetivo de conservación en sí mismo, sino un instrumento fundamental para alcanzar la conservación de la biodiversidad y mantener el funcionamiento de los procesos ecológicos que son el sustento de los bienes y servicios que requerimos para nuestra vida diaria. Por tanto, es absolutamente necesario que el país haga frente a esta amenaza global conjuntando esfuerzos y estableciendo una estrategia nacional que integre la prevención, la detección, la respuesta rápida, el control y la erradicación de especies invasoras, en función de las prioridades determinadas tanto por las amenazas como por la biodiversidad en riesgo, para mantener la salud de los ecosistemas y, en consecuencia, el bienestar social y económico del país.

Los problemas relacionados con las EEI son complejos y vastos; no obstante, el mayor obstáculo es que el tema es relativamente poco conocido y, en consecuencia, subestimado (Espinosa-García *et al.*, 2009).

En México, como en otras regiones del mundo, se han introducido numerosas especies exóticas. Su impacto sobre la biodiversidad local había pasado casi inadvertido hasta hace pocos años, pero los problemas que causan deben ser atendidos por varios sectores, porque se pueden afectar actividades agropecuarias, forestales y pesqueras, comerciales, de transporte, turísticas, sanitarias, aduanales y para la conservación de la diversidad biológica, entre otras.

Por otra parte, la cooperación con los países de la región se hace imprescindible, ya que ni los ecosistemas ni las especies reconocen fronteras geopolíticas. Debido a que compartimos ecosistemas con los países vecinos, una vez que éstos tienen una invasión biológica hay condiciones para facilitar el movimiento de especies invasoras. Igualmente, el creciente intercambio comercial, propiciado por los tratados de comercio internacional y la actual globalización, ha facilitado el paso de especies de un país a otro con el consiguiente riesgo de invasiones biológicas. De aquí se deriva la necesidad de compartir medidas preventivas y de control.

Las medidas más eficaces para evitar nuevas introducciones son, sin duda, la prevención –incluida la educación al público en general– y la investigación científica, necesaria para establecer las medidas idóneas.

Dada la magnitud del problema y sus consecuencias, es preciso formar una red de colaboración e involucrar a todas aquellas entidades públicas y privadas que por sus actividades puedan estar relacionadas con esta problemática (sector civil organizado, empresas, asociaciones comerciales), así como a los ciudadanos, quienes muchas veces son protagonistas inconscientes de nuevas introducciones, además de ser parte fundamental de la solución.

La *Estrategia Nacional sobre Especies Invasoras en México* (Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras, 2010) es la respuesta de un amplio grupo de instituciones y personas comprometidas en cumplir con la misión de

[...] contribuir a la conservación del capital natural y el bienestar humano a través de una Estrategia Nacional orientada a la prevención y la erradicación

de especies invasoras en México que logre, por medio de una participación coordinada, la cooperación activa y responsable de los actores involucrados, para la aplicación de acciones de monitoreo, detección y control de las mismas.

Para ello, se deberá trabajar en el desarrollo de sistemas eficientes de prevención, alerta y de respuesta temprana e instrumentos bajo un marco legal congruente y conforme a las necesidades de prevención, mitigación, control y erradicación de estas especies. Esto será relevante si México quiere cumplir con los compromisos adquiridos como parte del CDB, en particular la meta 9 de Aichi (CDB, 2012) que señala:

Para 2020 se habrán identificado y priorizado las EEI y sus vías de introducción, se habrán controlado o erradicado las especies prioritarias, y se habrán establecido medidas para gestionar las vías de introducción a fin de evitar su introducción y establecimiento.

Estos aspectos están claramente definidos en la *Estrategia Nacional de Biodiversidad y Plan de Acción 2016-2020* (Gobierno de la República, 2016).

Conclusiones

La gestión de áreas afectadas por invasiones biológicas requiere de estudios de diversas disciplinas como la biología y las ciencias sociales, entre otras. En este punto, los divulgadores de la ciencia tienen una labor de gran importancia al apoyar la creación de conciencia, especialmente en cuanto a los efectos negativos que pueden tener las invasiones de diversas especies en el patrimonio natural de una región y en los diversos servicios ecosistémicos de los que depende la humanidad para su bienestar.

Los alcances serán limitados sin un cambio de percepción y de actitud de la sociedad, que tiene un papel clave en la demanda de bienes, así como en el incremento de transporte y la comercialización de organismos, actividades que contribuyen a la introducción intencional o accidental de especies invasoras. Es fundamental considerar que en muchas ocasiones se conocen sólo de manera parcial los impactos de

las invasiones biológicas y se desconoce la magnitud que pueden alcanzar.

En este sentido, destaca la importancia de contar con conocimiento sistematizado que se actualice constantemente (Conabio, 2017), así como herramientas como los análisis de riesgo para que quienes tomen las decisiones puedan afrontar uno de los desafíos más importantes frente al cambio global.

Referencias

- Aguirre Muñoz, A., Mendoza Alfaro, R. *et al.* (2009). Especies exóticas invasoras: Impactos sobre las poblaciones de flora y fauna, los procesos ecológicos y la economía (pp. 277-318). *Capital natural de México. Vol. II. Estado de conservación y tendencias de cambio*. México: Conabio.
- Andersen, M. C., Adams, H., Hope, B. y Powell, M. (2004). Risk analysis for invasive species: General framework and research needs. *Risk Analysis*, 24(4), 893-900.
- Blackburn, T., Pyšek, P., Bacher, S., Carlton, J. T., Duncan, R. P., Jarošík, V. y Richardson, D. M. (2011). A proposed unified framework for biological invasions. *Trends in Ecology & Evolution*, 26(7), 333-339.
- Carlton, J. (2001). Introduced species in U.S. coastal waters. Environmental impacts and management priorities. *Arlington*, Estados Unidos.
- CDB (2009). Conferencia de las Partes COP 6, Decisión VI/23: Especies exóticas que amenazan a los ecosistemas, los hábitats o las especies. Convenio sobre Diversidad Biológica. Disponible en: www.cbd.int/decision/cop/?id=7197
- CDB (2012). Strategic Plan for Biodiversity 2011-2020, including Aichi Biodiversity Targets. Montreal.
- Challenger, A., Dirzo, R. *et al.* (2009). Factores de cambio y estado de la biodiversidad. *Capital natural de México. Vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio* (pp. 37-73). México: Conabio.
- Conabio (2017). Sistema de Información sobre Especies Invasoras en México. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Disponible en: www.biodiversidad.gob.mx/invasoras
- Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras (2010). Estrategia Nacional sobre Especies Invasoras en México. Prevención, Control

- y Erradicación. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- D'Antonio, C. y Kark, S. (2002). Impacts and extent of biotic invasions in terrestrial ecosystems. *TRENDS in Ecology and Evolution*, 17(5), 202-204.
- D'Antonio, C. y Vitousek, P. (1992). Biological invasions by exotic grasses, the grass/fire cycle, and global change. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 23, 63-87.
- Diario Oficial de la Federación (DOF) (2010). Ley General de Vida Silvestre, Decreto por el que se reforman y adicionan diversas disposiciones de la LGEEPA y de la LGVS. *Diario Oficial de la Federación*, 6 de abril.
- Duggan, I., Corinne, A., Rixon, M. y MacIsaac, H. (2006). Popularity and propagule pressure: Determinants of introduction and establishment of aquarium fish. *Biological Invasions*, 8(2), 377-382.
- Dyer, E., Cassey, P., Redding, D., Collen, B., Franks, V., Gaston, K., Jones, K., Kark, S., Orme, C. y Blackburn, T. (2017). The global distribution and drivers of alien bird species richness. *PLOS Biology*, 15(1), 1-25. doi:10.1371/journal.pbio.2000942
- Enserink, E. (1999). Biological invaders sweep. *Science*, 285, 1834-1836.
- Espinosa-García, F. (2009). Invasive weeds in Mexico: Overview of awareness, management and legal aspects. *Memoria del Seminario michoacano sobre la problemática ambiental de las especies introducidas. Caso Eucalyptus*. Morelia.
- Espinosa-García, F., Villaseñor, J. y Vibrans, H. (2009). Mexico: Biodiversity, distribution and posible economic impact of exotic weeds. En T. van Devender, F. Espinosa-García, B. Harper-Lore y T. Hubbard (eds.), *Invasive plants on the move: Controlling them in North America. Based on presentations from Weeds across borders 2006 conference* (pp. 49-52). Tucson: Arizona-Sonora Desert Museum.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) (2004). Directrices para el análisis de riesgo de plagas. Normas internacionales para medidas fitosanitarias. Sección 1. Reglamentación para la importación. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- Gobierno de la República (2016). Estrategia Nacional de Biodiversidad y Plan de Acción 2016-2020. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

- Gurevitch, J. y Padilla, D. (2004). Are invasive species a major cause of extinctions? *TRENDS in Ecology and Evolution*, 19(9), 470-474.
- International Plant Protection Convention (IPPC) (2009). *NIMF No. 5. Glosario de términos fitosanitarios*. Roma: International Plant Protection Convention.
- International Union for Conservation of Nature (IUCN) (1999). *Especies Invasoras Exóticas. Cuarta Reunión del Órgano Subsidiario de Asesoramiento Científico, Técnico y Tecnológico*. Montreal: International Union for Conservation of Nature.
- Hellmann, J., Byers, J., Bierwagen, B. y Dukes, J. (2008). Five potential consequences of climate change for invasive species. *Conservation Biology*, 22(3), 34-543.
- Howard, W. (1960). Innate and environmental dispersal of individual vertebrates. *American Midland Naturalist*, 152-161.
- Koike, F., Clout, M., Kawamichi, M., DePoorter M. e Iwatsuki, K. (2006). *Assessment and control of biological invasion risks*. Kyoto y Gland, Suiza: Shoukadoh Book Sellers.
- Kolar, C. (2004). Risk assessment and screening for potentially invasive fishes. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 38, 391-397.
- Kriesch, P. (2007). *Training and implementation guide for pathway definition, risk analysis and risk prioritization*. National Invasive Species Council.
- Lever, L. (1985). *Naturalized mammals of the world*. Longman, Nueva York.
- Lockwood, J., Hoopes, M. y Marchetti, M. (2007). *Invasion ecology*. Oxford: Blackwell Publishing.
- Lodge, D., Williams, S., MacIsaac, H., Hayes, K., Leung, B., Reichard, S. y Carlton, J. (2006). Biological invasions: Recommendations for US policy and management. *Ecological Applications*, 16(6), 2035-2054.
- MA (2005). *Ecosystems and human well-being: Synthesis, millenium ecosystem assessment*. Washington D. C.: Island Press.
- McNeely, J., Mooney, H., Neville, L., Schei, P. y Waage, J. (2001). *A global strategy on invasive alien species*. Gland, Suiza y Cambridge, Reino Unido.
- Parkes, J. (1993). The ecological dynamics of pest-resource- people systems. *New Zealand Journal of Zoology*, 20, 223-230.
- Pimentel, D., Lach, L., Zúñiga, R. y Morrison, D. (2000). Environmental and economic costs of nonindigenous species in the United States. *Bioscience*, 50(1), 53-65.

- Pimentel, D., Zúñiga, R. y Morrison, D. (2005). Update on the environmental and economic costs associated with alien-invasive species in the United States. *Ecological Economics*, 52, 273-288.
- Pimentel, D., McNair, S., Janecka, J. *et al.* (2001). Economic and environmental threats of alien plant, animal and microbe invasions. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 84, 1-20.
- Primack, R. (2002). *Essentials of conservation biology*. Estados Unidos: Sinauer Associates Inc. Sunderland.
- Pyšek, P. y Richardson, D. (2008). Traits associated with invasiveness in alien plants: Where do we stand? *Ecological Studies*, 193, 97-125.
- Ricciardi, A. y Rasmussen, J. (1999). Extinction rates of North American freshwater fauna. *Conservation Biology*, 13(5), 1220-1222.
- Richardson, D., Pyšek, P., Rejmánek, M. *et al.* (2000). Naturalization and invasion of alien plants: Concepts and definitions. *Diversity and Distributions*, 6, 93-107.
- Sakai, A., Allendorf, F., Holt, J., Lodge, D., Molofsky, J., With, K. y McCauley, D. (2001). The population biology of invasive species. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 32(1), 305-332.
- Sala, O., Chapin, F., Armesto, J. *et al.* (2000). Global biodiversity scenarios for the year 2010. *Science*, 287, 1770-1774.
- Simberloff, D., Martin, J., Genovesi, P., Maris, V., Wardle, D. *et al.* (2013). Impacts of biological invasions: What's what and the way forward. *Trends in Ecology & Evolution*, 28, 58-66.
- Veitch, C. y Clout, M. (2002). Turning the tide: The eradication of invasive species. *Proceedings of the International Conference on Eradication of Island Invasives*.
- Wilcove, D., Rothstein, D., Dubow, J., Phillips, A. y Losos, E. (1998). Quantifying threats to imperiled species in the United States. *Bioscience*, 48(8), 607-615.

2. La Estrategia Nacional sobre Especies Invasoras: avances en su puesta en práctica

Georgia Born-Schmidt, * *Jordi Parpal Servole*** y *Patricia Koleff****

Resumen

A cuatro años de la publicación de la *Estrategia Nacional sobre Especies Invasoras en México* se inició un proyecto con fondos semilla del Fondo para el Medio Ambiente Mundial, con el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo como agencia implementadora y bajo la coordinación de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, junto con el apoyo de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (Conanp). Este proyecto, denominado Proyecto GEF-Invasoras, cuenta con la participación de ocho dependencias del gobierno federal, una dependencia estatal, dos organizaciones de la sociedad civil y tres investigadores de tres universidades, y se estructura en

* Maestra en Geografía/Geoecología por la Universidad Gutenberg de Mainz. Unidad Coordinadora del Proyecto GEF-Invasoras, PNUD. Correo electrónico: gborn@conabio.gob.mx

** Licenciado en Biología. Maestro en Conservación de Recursos Naturales. Unidad Coordinadora del Proyecto GEF-Invasoras, PNUD. Correo electrónico: jparpal@conabio.gob.mx

*** Licenciada en Biología con posgrado en la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM); doctorado en la Universidad de Sheffield, Reino Unido. Directora de Análisis y Prioridades de la Conabio desde 1993; coordina el Secretariado de la Obra Capital Natural de México. Correo electrónico: pkoleff@conabio.gob.mx

dos componentes: el primero enfocado al fortalecimiento del manejo efectivo de las especies exóticas invasoras (EEI) a escala nacional, y el segundo en el manejo de EEI en áreas prioritarias de conservación de la biodiversidad. En este capítulo se destacan los avances de los primeros dos años del proyecto.

Introducción

En los últimos años ha habido un cambio en nuestro país respecto de la problemática que representan las especies exóticas invasoras (EEI) como una de las principales causas de la degradación de los ecosistemas y la pérdida de biodiversidad, la cual durante mucho tiempo fue ignorada. Uno de los resultados más tangibles del proceso de coordinación entre varias instituciones y sectores es la *Estrategia Nacional sobre Especies Invasoras en México: Prevención, Control y Erradicación* (ENEI, Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras, 2010), una guía para dirigir las acciones en México para la prevención, el control y la erradicación de las EEI, con un horizonte al 2020.

Con el fin de dar los primeros pasos para su ejecución de manera coordinada entre distintos actores con diferentes atribuciones y capacidades, se presentó una propuesta que obtuvo financiamiento del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF, por su nombre en inglés) para desarrollar el proyecto “Fortalecer las capacidades de México para manejar especies invasoras a través de la implementación de la Estrategia Nacional sobre Especies Invasoras” (en adelante, proyecto GEF-Invasoras). En dicho proyecto, si bien no fue posible poner en marcha todas las acciones prioritarias que señala la ENEI, se estableció una serie de actividades habilitadoras y otras enfocadas a desarrollar experiencias prácticas y replicables en distintos niveles de gobierno y entre diferentes sectores para el manejo de las EEI.

La ENEI se desarrolló como respuesta a la necesidad de contar con un documento rector para enfrentar de manera estratégica y coordinada los retos que representan las invasiones biológicas. Adicionalmente, permite cumplir con uno de los compromisos adquiridos por México como parte del Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB), en el que se reconoce la necesidad de hacer frente a los efectos ocasionados por las

especies exóticas invasoras y las Metas Aichi del Plan Estratégico para la Diversidad Biológica 2011-2020 (CDB, 2012).

El Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras, coordinado por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio), se conformó por académicos, organizaciones de la sociedad civil y dependencias de gobierno de diversos sectores. Su trabajo se desarrolló de 2008 a 2010, e incluye análisis de vacíos y necesidades en materia de especies invasoras en el país, así como la identificación de acciones prioritarias y específicas a realizar en diferentes plazos. Se realizó una consulta pública de la ENEI preliminar, en la cual se invitó a la sociedad a opinar sobre su contenido y los comentarios recibidos fueron incorporados en el documento final, presentado en 2010. La ENEI consta de cinco acciones estratégicas transversales y tres objetivos estratégicos (Figura 1), cada uno de los cuales tiene metas, así como acciones concretas al 2020 (Figura 2), mismas que se han tomado en consideración en la recién publicada *Estrategia Nacional de Biodiversidad y su Plan de Acción 2016-2030* (Gobierno de la República, 2016).

Fondos semilla para poner en marcha la *Estrategia de Especies Exóticas Invasoras*

El proyecto GEF-Invasoras tiene como objetivo contribuir a proteger la biodiversidad, de importancia global en ecosistemas vulnerables, por medio de fortalecer las capacidades en los gobiernos y en sectores productivos para prevenir, controlar y manejar EEI. El proyecto lo lleva a cabo el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y lo coordina la Conabio junto con la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (Conanp). Para realizarlo se solicitaron seis millones de dólares tanto para la fase preparatoria del proyecto (2012-2013) como para la de ejecución (2014-2018). La contrapartida aportada por México supone un monto de 31.4 millones de dólares, tanto en especie como en efectivo.

El proyecto está compuesto por dos componentes principales que reflejan actividades prioritarias establecidas en la ENEI. El primero se ejecuta a escala nacional y está dividido en tres subcomponentes enfocados a: 1) el incremento de las capacidades para proveer conocimiento

Figura 1. Objetivos estratégicos y acciones transversales identificados en la *Estrategia Nacional de Especies Invasoras*



Fuente: Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras, 2010.

e información para los tomadores de decisiones, actores clave involucrados y la población; 2) el fortalecimiento del marco político, legal y regulatorio; y por último, 3) la mejora de los mecanismos de coordinación interinstitucional para atención a las EEI. El segundo componente se desarrolla en áreas prioritarias de conservación de la biodiversidad que sustentan ecosistemas relevantes a nivel global (cuadros 1 y 2).

Figura 2. Metas y acciones prioritarias establecidas en la *Estrategia Nacional de Especies Invasoras*

<i>Meta al 2020</i>	<i>Acciones prioritarias</i>	<i>Resultados esperados</i>
1.1 Marco jurídico nacional e internacional implementado para regular la introducción y el manejo de especies invasoras y de aquellas con potencial invasivo en el país	Revisar el marco jurídico nacional para detectar vacíos, inconsistencias y debilidades, contrarios al principio precautorio.	Diagnóstico del marco jurídico en materia de especies invasoras.
	Modificar, adecuar y desarrollar los instrumentos legales pertinentes.	Marco jurídico adecuado para regular la introducción y manejo de especies invasoras en el país.
	Establecer protocolos armonizados sobre el manejo de especies invasoras, considerando las atribuciones de los diferentes sectores.	Transparencia en las atribuciones y responsabilidades en la materia, dentro de cada sector para la atención coordinada de los problemas que ocasionan las especies invasoras.
	Establecer protocolos armonizados sobre las funciones de los diferentes niveles de gobierno.	Transparencia en las atribuciones y responsabilidades en la materia, dentro de cada nivel de gobierno para la atención coordinada de los problemas que ocasionan las especies invasoras.
	Reforzar la aplicación de convenios y acuerdos internacionales en lo concerniente a especies exóticas.	Reducción de introducciones intencionales y no intencionales de especies exóticas.
	Promover planes de acción regionales y en las entidades federativas que contribuyan a implementar la estrategia nacional.	Atención a problemáticas y prioridades específicas regionales y en las entidades federativas.
	Promover tratados binacionales de prevención con países fronterizos.	Lineamientos y protocolos regionales, así como campañas y planes de acción para prevenir la introducción y dispersión de especies invasoras.
	Revisar y armonizar las políticas de desarrollo económico regional a la luz de los problemas que causan las especies invasoras.	Las políticas de desarrollo regional incorporan el tema de especies invasoras y toman en cuenta medidas para prevenir su entrada y dispersión.

Fuente: Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras, 2010.

Cuadro 1. Sitios pilotos en islas

<i>Ecorregión marina en la que se ubican</i>	<i>Superficie (ha)</i>	<i>Ramsar</i>	
Reserva de la Biosfera Archipiélago de Revillagigedo (Isla Socorro)	Pacífico transicional mexicano	636,685	636,685
Reserva de la Biosfera Isla Guadalupe	Pacífico sudcaliforniano	4,769.71	
Reserva de la Biosfera Islas de Pacífico de Baja California	Pacífico sudcaliforniano	1,161,222	
Área de Protección de Fauna y Flora Islas del Golfo de California (Espíritu Santo -2 islas)	Golfo de California	420,809	
Parque Nacional Arrecife Alacranes (5 islas)	Mar Caribe	31,670	334,113
Reserva de la Biosfera Banco Chinchorro (4 islas/ cayos)	Mar Caribe	144,360	144,360

Cuadro 2. Sitios pilotos en continente (ANP)

<i>Nombre ANP</i>	<i>Estado</i>	<i>Superficie (ha)</i>	<i>Ramsar (ha)</i>
Reserva de la Biosfera El Vizcaíno	Baja California Sur	2,547,790	44,100
Área de Protección de Fauna y Flora Sierra de Álamos-Río Cuchujaqui	Sonora	92,890	174,12
Área de Protección de Fauna y Flora Tutuaca	Chihuahua	444,489	
Parque Nacional Cumbres de Monterrey	Nuevo León	177,396	
Reserva de la Biosfera Marismas Nacionales Nayarit	Nayarit	133,854	200,000
Área de Protección de Recursos Naturales Cuencas de los Ríos Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc y Temascaltepec	Estado de México	139,871	
Reserva de la Biosfera Los Tuxtlas	Veracruz de la Llave	155,122	8,921
Parque Nacional Cañón del Sumidero	Chiapas	217,894	21,789
Reserva de la Biosfera Sian Ka'an	Quintana Roo	528,148	652,193

El énfasis principal para este componente está en evitar la entrada, el establecimiento y la dispersión de EEI hacia estas áreas mediante la prevención y aplicación de sistemas de detección temprana y respuesta rápida, a fin de evitar que lleguen a causar impactos en los ecosistemas y, de esta manera, evitar también los altos costos de erradicación o control. El proyecto promueve la planeación y coordinación integrada para prevenir o atender los problemas que ocasionan las EEI en nueve áreas naturales protegidas (ANP) continentales y seis islas —representantes de todas las ecorregiones y tipologías de ANP existentes en la república—, e incluye los primeros planes de bioseguridad de estos últimos. También se trabaja con las comunidades locales y productores para reducir el impacto potencial de las EEI, derivado de las actividades productivas dentro y alrededor de las ANP (por ejemplo, uso de especies exóticas en actividades productivas forestales, jardinería, agricultura, ganadería y acuicultura). El proyecto apoya las medidas para manejar EEI ya establecidas en algunas de estas áreas, específicamente en sitios en donde generan impactos severos en la biodiversidad y ecosistemas, donde las medidas de control y erradicación pueden ser puestas en marcha de forma efectiva en cuanto al costo y tienen una alta posibilidad de éxito (PRODOC, 2014).

En el proyecto colaboran, además, otras instituciones del gobierno federal, en particular la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat), por medio de la Dirección General Forestal y de Suelos (DGGFS), la Subsecretaría de Fomento y Normatividad Ambiental (SFNA), la Comisión Nacional Forestal (Conafor), el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (Profepa) a través de la Dirección General de Inspección Ambiental en Puertos, Aeropuertos y Fronteras (DGIAPAF) y la Dirección General de Inspección y Verificación Forestal (DGIVF); la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (Sagarpa) a través de la Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca (Conapesca) y el Instituto Nacional de Pesca (Inapesca), y la Secretaría de Marina (Semar); organizaciones como el Comité Estatal de Sanidad Acuícola del Estado de Morelos (CESAEM), entidad vinculada al Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (Senasica), de la sociedad civil el Grupo de Ecología y Conservación de Islas (GECI) y el Fondo para la

Comunicación y la Educación Ambiental, A.C. (FCEA); y tres universidades: Universidad Autónoma Metropolitana (UAM), Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL) y la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM); no obstante, uno de los objetivos del proyecto es sumar más instituciones con atribuciones en el tema o interés de colaborar. Además el proyecto busca sinergias con otras iniciativas relacionadas, por ejemplo, con el Sistema Nacional de Monitoreo de Biodiversidad (en el cual colaboran la Conabio, la Conafor, la Conanp y el Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza, A.C. (FMCN), la Red Mundial de Información sobre Especies Invasoras (GISIN, por su nombre en inglés), la Organización Norteamericana de Protección a las plantas (NAPPO, por su nombre en inglés), la Red de Especies Invasoras de América del Norte (NAISN, por su nombre en inglés) y otros proyectos GEF, como el de “Fortalecimiento de la efectividad del manejo y la resiliencia de las ANP para proteger la biodiversidad amenazada por el cambio climático” de la Conanp y la Iniciativa para la Financiación de la Biodiversidad (BIOFIN, por su nombre en inglés) México.

Principales avances

Durante los primeros dos años del proyecto se han logrado resultados y productos conforme a los objetivos establecidos. Uno de los aspectos destacados del proyecto es el análisis de la situación normativa y regulatoria actual a fin de proponer mejoras que permitan robustecer la atención a las EEI desde el punto de vista legal (véase capítulo correspondiente).

Generación de información relevante a tomadores de decisiones

En el tema de proveer conocimiento e información para los tomadores de decisiones y actores clave involucrados se logró un importante incremento del contenido del Sistema de Especies Invasoras (SEI) de la Conabio y se están desarrollando análisis de riesgo y evaluaciones de riesgo rápidas para identificar especies exóticas de alto riesgo de invasividad (véase capítulo 8), datos que han sido un insumo fundamental para la

elaboración y publicación de la lista oficial de EEI a cargo de la SFNA, Semarnat. Cabe destacar que algunas de las especies que figuran en la lista ya están presentes en el país —como los jabalíes europeos o marranos alzados, el pino salado, el perico monje argentino y algunas serpientes y tortugas exóticas—; con estos análisis de riesgo se han identificado otras especies con alta probabilidad de entrada al país debido, especialmente, a la venta de mascotas, como es el caso de algunos reptiles, moluscos y plantas de acuario.

Un trabajo a destacar respecto a la compilación de información es el que realiza el IMTA en cuanto a la comprobación de la presencia de plantas acuáticas exóticas invasoras (PAEI) en la mayor parte de los cuerpos de agua más importantes del país. Entre 2015 y 2016 se han visitado 28 de los 51 cuerpos de agua previstos. La principal PAEI que se encuentra en casi todos los cuerpos de agua es el lirio acuático (*Eichhornia crassipes*) (véase la Figura 3a), seguida por varias especies nativas que demuestran un comportamiento invasor por la perturbación del hábitat: polígono (*Polygonum acuminatum*) y carrizo común (*Phragmites australis*), así como dos especies nativas de junco (*Typha latifolia* y *T. dominguensis*) (IMTA, 2017) cuyo establecimiento es consecuencia de la presencia del lirio acuático (véase la Figura 3b). Las invasiones de los cuerpos de agua, reservorios de agua potable de México, son de mayor preocupación, ya que cambian los parámetros químicos del agua, causan pérdidas de agua por evapotranspiración y azolvamiento prematuro de embalses, limitan la actividad pesquera y recreativa (Gopal, 1987, en IMTA, 2017) y obstruyen canales de riego (Figura 3c), entre otros. La acumulación de grandes cantidades de malezas acuáticas provoca el estancamiento de agua, lo cual disminuye el oxígeno disuelto y por consiguiente la muerte de especies acuáticas (Barrett, 1989, en IMTA, 2017); sin embargo, al parecer no hay programas en los ámbitos federal ni estatal que atiendan esta problemática y los recursos que se destinan en algunos casos son para el uso indiscriminado de herbicidas con consecuencias ambientales serias (IMTA, 2017). En el caso específico de Valle de Bravo, las mediciones de la calidad de agua indican además otro problema grave que es la presencia de cianofitas, lo cual ocurre por no haberse establecido un manejo integral del lirio acuático. Algunas de estas algas producen toxinas y pueden ser mortales a los animales o humanos que beban el agua donde proliferan estos organismos (IMTA, 2017).

Figura 3a. Infestación de lirio acuático, Sinaloa



Figura 3b. *Arundo donax*, Río Bravo



Figura 3c. *Stuckenia*, canal de riego, Sonora



Por otra parte, con el Sistema Nacional de Monitoreo de la Biodiversidad (SNMB) de la Conabio se permite obtener información cuantitativa y cualitativa de los ecosistemas de México, y de esta manera documentar el grado de mantenimiento de la integridad de estos ecosistemas. Aunque su lanzamiento oficial tuvo lugar en 2016, este programa se puso en marcha con una fase piloto en 2014, durante la cual se colectaron datos sobre 500 puntos. Desde 2015 está en operación regular y cuenta con un total de 8,000 puntos de muestreo en todo el país. Dichos muestreos se repiten cada cinco años (Sistema de Amplia Cobertura, SAC-MOD), o dos veces al año en ciertos conglomerados (Sistema de Alta Resolución, SAR-MOD) en las ANP. Lo anterior permite el monitoreo representativo para el país con una temporalidad definida, reduciendo el sesgo de muestreo. Cada registro del SNMB cuenta con fotografías que pueden emplearse para la verificación de los datos. Como parte de la colaboración Conabio-Conafor, se incluyó un catálogo con fichas de identificación de 23 EEI, en su mayoría plantas, sobre las que se recolecta información actualizada de su distribución. Las especies del catálogo de las EEI que más han sido reportadas hasta la fecha son tres pastos reconocidos de alta invasividad: el pasto rosado y el pasto gordura (*Melinis repens* y *M. minutiflora*) de África, e introducidos como forraje; la corredora (*Rottboellia cochinchinensis*) de Asia, cuya introducción fue accidental, seguida por la orquídea monje (*Oeceoclades maculata*) de África, introducida por fines ornamentales; y el lirio acuático (*Eichhornia crassipes*), especie originaria de África introducida por fines ornamentales.

Por otra parte, en el marco del proyecto GEF-Invasoras, la Conafor ampliará cada año el catálogo existente con cinco especies adicionales, por lo que a final del proyecto se contará con un catálogo de 43 especies. Se espera que con base en la información que aporte el SNMB y el Sistema de Información de Especies Invasoras (SIE) (véase la Figura 4) sea posible diseñar estrategias de manejo de las invasiones biológicas adecuadas a las condiciones de los diferentes ecosistemas.

Por el momento, el SNMB ha sido presentado en cuatro eventos con el resultado de que algunos estados están interesados en ponerlo en práctica, por lo que se aportarán más datos en el futuro.

Otro aspecto importante para los tomadores de decisiones es que con el fin de identificar las zonas más susceptibles a la invasión en el país, se ha desarrollado un esquema de modelación con el que se han generado

mapas de la distribución potencial actual bajo cuatro diferentes escenarios de cambio climático en México (2030 y 2050) para 60 de las especies exóticas invasoras de mayor riesgo (PNUD-México, 2016a).

Los resultados del estudio de Martínez-Meyer y colaboradores (2016) indican que la mayoría de las 60 especies encuentra condiciones favorables para establecerse en el país y que las regiones áridas del norte de México son las zonas más vulnerables a la invasión de las especies analizadas; sin embargo, el cambio climático parece no ser un factor que incremente la amenaza para la mayor parte de las especies estudiadas, ya que la mayoría de ellas mostró una tendencia a reducir el área favorable para su establecimiento bajo los escenarios analizados. Este trabajo permite identificar las áreas más vulnerables a la invasión, lo que contribuye al establecimiento de acciones de prevención y control puntuales y dirigidas, como lo establece la ENEI.

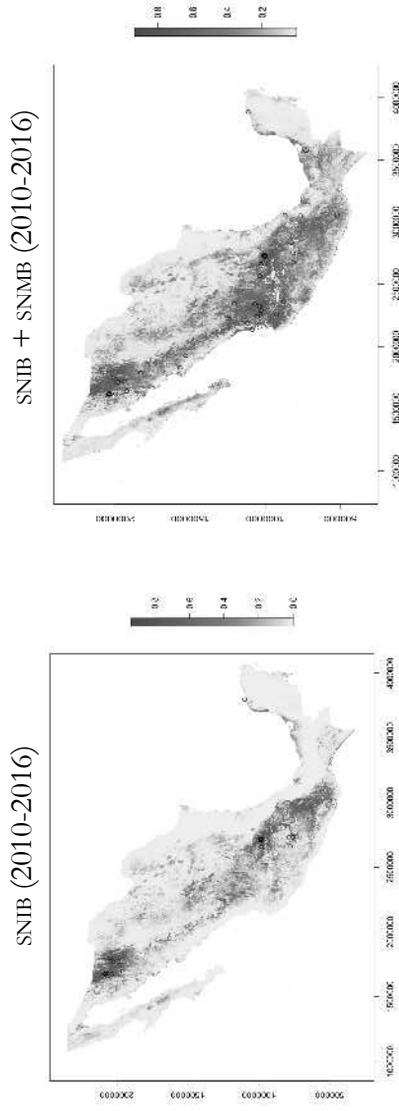
Por otra parte, investigadores de la UNAM y la UAM trabajan en establecer un protocolo de análisis de riesgo para malezas de México con base en la adecuación del método utilizado en Australia (AWRA) y en tener una herramienta con información geográfica para México a escala 1:50,000. Dicho protocolo se ha evaluado en la reserva de la biosfera de Sierra Gorda y en Cimatarío (Querétaro). A partir de estos trabajos se ha aumentado en 26% el número de EEI identificadas hasta la fecha en la zona.

Con el fin de ampliar las capacidades en la atención de las invasiones biológicas, se llevó a cabo un curso sobre análisis de costo/beneficio en proyectos de control de invasoras en el que participaron 17 representantes de instituciones de gobierno y académicos que desarrollan ocho estudios de caso sobre EEI.

Se buscó además contar con una herramienta que aglutine todos los proyectos relacionados con EEI en México, por lo que se ha desarrollado la *Plataforma de Monitoreo de las Actividades de la Implementación de la Estrategia sobre Especies Invasoras* (Sistema Previene). Este sistema permitirá la captura e integración de información, así como la mejora de la accesibilidad de la información sobre actividades de manejo de EEI en el país (proyectos pasados, presentes y futuros, colaboradores, presupuestos invertidos y resultados obtenidos, entre otros). Además, facilitará medir el éxito de los esfuerzos relacionados con la puesta en marcha de la ENEI, reportar y dar seguimiento al cumplimiento de las metas, así como mejorar la

Figura 4. Los puntos adicionales a los contenidos en el Sistema Nacional de Información recolectados por el SNMB proveen más registros para la modelación de distribución

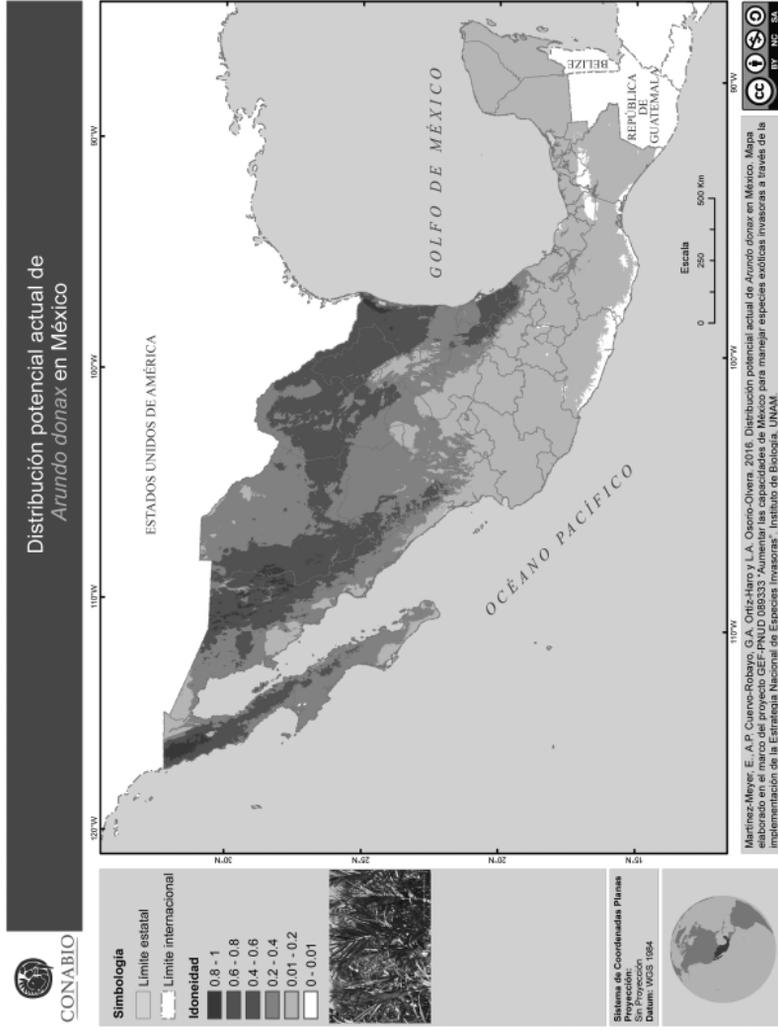
Comparación de modelos de distribución potencial



* Los puntos indican las coordenadas de los datos de entrenamiento.

Fuente: Elaborado por Fernando Pardo Urutia, Conabio.

Figura 5. Distribución potencial actual de carrizo gigante (*Arundo donax*) en México



Fuente: PNUD México, 2016.

disponibilidad de la información, su actualización e intercambio de experiencias entre actores clave.

Fortalecer el conocimiento sobre las vías de introducción en zonas vulnerables

Los trabajos con el sector productivo en el proyecto GEF-Invasoras están dirigidos a la acuicultura, comercio de peces de ornato, productos de vida silvestre y productos forestales, por ser contribuidores clave en la introducción y propagación de las EEI en México.

En este apartado destaca el estudio orientado a las mejoras legales necesarias a fin de fortalecer la atención de las EEI en México, en el que se definen diversas propuestas de mejora de las distintas leyes y reglamentos del país, además de mejoras en la colaboración institucional en esta línea.

En el sector forestal, la Conafor ha elaborado el *Manual de reforestación y restauración de suelos con especies nativas* y se han desarrollado estudios clave para la atención de EEI, como la predicción de riesgo para dos plagas forestales de alto riesgo de entrada al país (la avispa de la madera del pino, *Sirex noctilio*, y el escarabajo asiático de cuernos largos, *Anoplophora glabripennis*) y el análisis de la posibilidad de uso de fuego controlado para reducir la presencia de plantas exóticas forestales, especialmente herbáceas o arbustivas. También es de destacar el monitoreo de plagas de importancia forestal que se ha realizado en distintos puntos de entrada en el país para la detección oportuna de especies exóticas y vectores de patógenos forestales (véase el Capítulo 6).

En el marco del proyecto, la Profepa ha fortalecido sus capacidades de inspección gracias a diversos cursos especializados y a la adquisición de equipo para sus inspectores. En total se capacitó a 149 inspectores en la identificación de EEI terrestres y acuáticas, así como en aquellas especies asociadas al comercio internacional de mercancías forestales mediante siete talleres de alcance nacional. El objetivo de los talleres fue reforzar los mecanismos de prevención de introducción, control y erradicación de especies exóticas invasoras (véase la Figura 6). Además, con la ayuda del proyecto GEF se ha fortalecido el Programa de Inspección de Árboles de Navidad en las Fronteras que desarrolla la Profepa desde hace varios años.

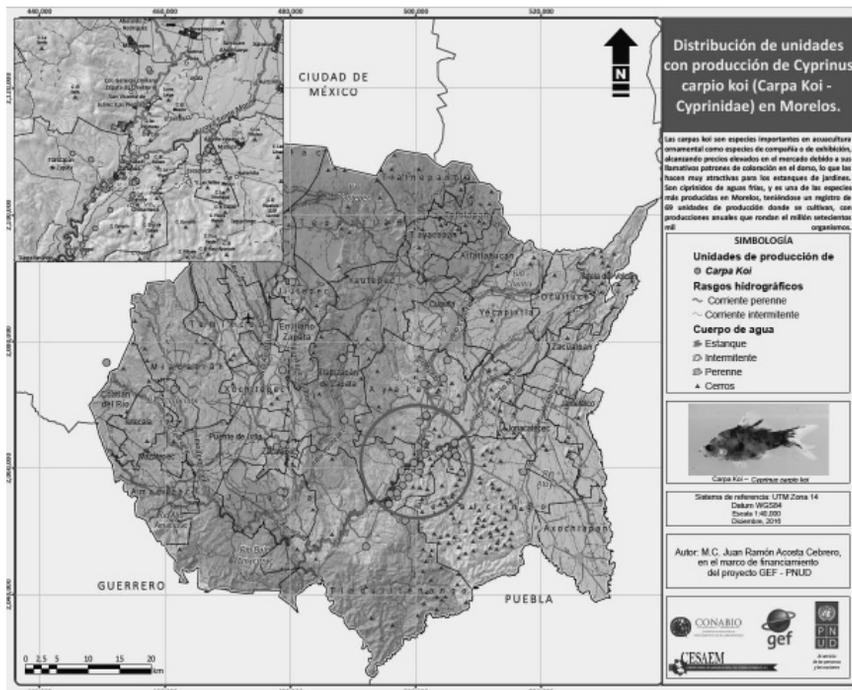
Figura 6. Imágenes de *a)* cartel del curso y *b)* un aspecto en campo de la inspección de árboles a personal de la Profepa



Foto. Georgia Born-Schmidt.

Otro de los sectores con el que se colabora es el de la producción de peces de ornato, especialmente en el estado de Morelos, por ser el principal productor del país. Se trabaja con actores clave del estado para desarrollar un programa a escala estatal para poner en práctica acciones de bioseguridad en el sector acuícola. El proyecto apoya el trabajo del CESAEM para la caracterización de la producción de acuicultura dentro del estado, y reducir el potencial de dispersión de EEI desde las unidades de producción. Para este fin, se actualizó el inventario de las unidades de producción de acuicultura (véase la Figura 7) y de las especies cultivadas. Se desarrolló un índice de bioseguridad para clasificar el riesgo de 50 granjas tomando en cuenta criterios como, por ejemplo, las medidas preventivas instaladas para evitar escapes y la cercanía a cuerpos de agua que está relacionada con el peligro de inundaciones. Se trabaja en desarrollar una propuesta para incrementar la bioseguridad de las unidades de producción acuícola, que se complementa con un programa de concientización y divulgación sobre los riesgos asociados a las EEI acuáticas derivadas de la acuicultura ornamental, estudios a cargo de investigadores de la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL). Además, se elaboró un catálogo de peces de ornato con un total de 54 especies que se cultivan o comercializan en el estado de Morelos. Este catálogo debe servir como una guía para personas relacionadas con la producción, el cultivo o la venta, permitiendo conocer los aspectos

Figura 7. Mapa de unidades de producción de la especie carpa koi



tos más importantes de cada una de las especies contenidas, así como su potencial de riesgo empleando los valores del Método de Evaluación Rápida de Invasividad de México (MERI) (PNUD-México, 2016b). El Instituto Nacional de Pesca (Inapesca) realizó un taller de capacitación para personal de gobierno sobre los fundamentos del Sistema de Comando de Incidentes (ICSI) que funge como una herramienta de manejo estandarizada para llenar las demandas de situaciones de emergencia; este taller se llevó a cabo con miras al establecimiento de una estrategia de coordinación a escala nacional para la contención y el control de las especies invasoras de alto impacto. En total asistieron 41 personas de la Semarnat, la Conapesca, el Inapesca, la Conanp, la Conabio, el Senasica y la Profepa, representantes de organizaciones estatales de Morelos como el CESAEM, la Secretaría de Desarrollo Agropecuario (Sedargo) y la Comisión Estatal de Biodiversidad (Coesbio). Durante el taller no sólo se abordaron los conceptos del ICSI, sino que se conocieron también

los sistemas existentes de alerta y monitoreo del sector agrícola del país, como el Sistema de Alerta Temprana (SAT) y el Sistema de Monitoreo de Plagas de Senasica (SIM), así como el Sistema de Alertas del Sinavef (Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica y Sanitaria de la Sagarpa). Además, se explicaron los conceptos de *detección temprana* y los participantes aprendieron sobre el proyecto de Códigos de Barras de la Vida (BOLD, por su nombre en inglés) y las ventajas de trabajar con herramientas moleculares para la identificación de especies exóticas.

Marco multisectorial para la puesta en práctica de la ENEI

El proyecto GEF-Invasoras busca contribuir a crear mecanismos de colaboración entre las diferentes instituciones del gobierno con atribuciones en EEI, por lo que se crearon tres comités:

- **Comité Ejecutivo.** Está a cargo de asegurar una colaboración permanente de alto nivel entre las instituciones clave para atender diversos aspectos relacionados con las invasiones biológicas. Lo conforman titulares (o representantes nombrados por los mismos) de la Conabio, la Semarnat, la Conanp, la Conafor, el INECC y la Conagua (Comisión Nacional del Agua), y de la Sagarpa, la Conapesca y el Senasica (Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria). En las reuniones se invita a otras instituciones o expertos conforme los temas a tratar. El comité se instauró en febrero de 2016 y sus sesiones se llevan a cabo de dos a tres veces al año; en ellas se discuten propuestas y políticas y se buscan sinergias, así como maximizar los esfuerzos de cada institución con base en sus fortalezas. En el comité se han discutido las propuestas de mejoras en leyes y reglamentos clave que permitan fortalecer la capacidad del país para afrontar el reto de las EEI y los resultados del estudio de propuesta de instrumentos económicos que permitan incrementar los presupuestos destinados a la prevención y el control de EEI. Además, se ha convertido en un foro de intercambio de información muy valioso y las reuniones han fomentado el apoyo entre las instituciones, resultando en una comunicación más estrecha y colaboraciones en nuevos temas entre éstas.

- **Comité Científico.** Actúa como un organismo líder nacional para el establecimiento de la ENEI y proporcionar opiniones al Comité Ejecutivo. Es responsable de generar un reporte del avance realizado en la puesta en marcha de la ENEI, así como llevar a cabo una revisión científica de los productos elaborados. Fue el primero de los tres comités en instaurarse (en septiembre de 2015) y en él participan cinco especialistas reconocidos con base en su reconocida trayectoria académica y experiencia en relación con los temas que se abordan en el proyecto. Las recomendaciones emitidas por el comité se comparten con las instituciones para mejorar los productos que se generen en el mismo.
- **Comité Técnico.** Incluye a los principales actores que ejecutan acuerdos y en el caso de instituciones gubernamentales establece acciones conforme a sus atribuciones retroalimentando a los comités sobre los resultados respecto de la puesta en práctica de la ENEI. Este comité se instauró formalmente en octubre de 2016; participan 12 instituciones de las que destacan, además de los socios del proyecto, instituciones de gobierno como el Senasica, el Gobierno del Estado de Morelos y una asociación de productores de peces de ornato.

Divulgación de los impactos de las invasiones biológicas

Para finalizar, es importante destacar el esfuerzo realizado para la divulgación y concientización de la población respecto de la problemática de las EEI, uno de los objetivos estratégicos de la ENEI. En este sentido, la Subcoordinación de Especies Invasoras de la Conabio ha organizado varios eventos de capacitación para estudiantes de la UAM-Xochimilco en el uso del Método de Evaluación Rápida de Invasividad (MERI); en total se capacitaron 54 estudiantes en 2015 y 25 en 2016. La Conabio colaboró también en un curso sobre EEI organizado por el Centro de Investigación Biológica del Noreste (Cibnor) apoyado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) que contó además con la participación de especialistas de la UAM, UNAM y el GECL. Otro importante logro lo representa el diplomado en línea “Fundamentos para Prevención, Manejo y Erradicación de Especies Exóticas

Invasoras”, que recibió apoyo del Departamento de Pesca y Vida Silvestre del gobierno de los Estados Unidos. Este diplomado está compuesto de cinco módulos que abarcan todos los temas relevantes de las invasiones biológicas y una salida de campo para fortalecer en la práctica los conceptos teóricos aprendidos. En 2016 el diplomado contó con una participación de 51 alumnos, en su mayoría de instituciones del gobierno y algunos de universidades. El segundo diplomado, que inició en el primer trimestre de 2017, cuenta con la misma cantidad de alumnos, lo que refleja la gran necesidad de capacitación en el tema. En este diplomado, por primera vez también, se dio la oportunidad de capacitar a colegas de Costa Rica.

Por otra parte, en el portal Agua.org.mx –centro virtual de información del agua dirigido por el Fondo para la Comunicación y la Educación Ambiental (FCEA)– se incluyó información sobre las EEI acuáticas y sus impactos en forma de fichas, así como registros de las especies invasoras que ocurren en las cuencas de Veracruz. Tanto la Conabio como el FCEA, y quienes se han sumado a la preocupación de las invasiones biológicas en el transcurso de la puesta en marcha del proyecto, han elaborado material divulgativo diverso sobre EEI en general o temas específicos. El tríptico sobre especies acuáticas invasoras, elaborado por el FCEA y la Conabio, se distribuye por parte del FCEA durante sus capacitaciones sobre el tema en escuelas de Veracruz; en 2016 se realizaron capacitaciones en seis escuelas en las que participaron 93 docentes y 4,159 escolares, entregándose 450 trípticos. Los materiales generados por el FCEA también son compartidos en redes sociales (Facebook y Twitter) y mensajes sobre especies invasoras se transmiten en los espacios del Sistema Nacional de Noticiarios de Grupo IMER (FCEA, 2016).

El proyecto GEF-Invasoras lleva dos años de trabajo y ha obtenido logros relevantes que se busca compartir con aliados potenciales, así como con países que enfrentan problemas similares. Algunos de los principales resultados se presentaron en un evento organizado por la Semarnat y la Conabio y con la participación de la Conanp y el GECI en la Conferencia de las Naciones Unidas, CoP 13, celebrada en Cancún en diciembre de 2016. Entre ellos se dio a conocer el desarrollo de la primera lista oficial de especies invasoras en México, cuya publicación en el *Diario Oficial de la Federación* se anunció al día siguiente.

Referencias

- CDB (2012). *Strategic Plan for Biodiversity 2011-2020, including Aichi Biodiversity Targets*. Montreal.
- Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras (2010). *Estrategia Nacional sobre Especies Invasoras en México: prevención, control y erradicación*. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Comisión Nacional de Áreas Protegidas, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio). *Sistema Nacional de Monitoreo de la Biodiversidad*. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Disponible en: www.biodiversidad.gob.mx/sistema_monitoreo/
- Fondo para la Comunicación y la Educación Ambiental (FCEA) (2016). *Implementación de campañas de educación y concientización pública en especies exóticas invasoras*. Informes técnicos elaborados dentro del proyecto GEF 00089333 “Aumentar las capacidades de México para manejar especies exóticas invasoras a través de la implementación de la Estrategia Nacional de Especies Invasoras”. México.
- Gobierno de la República (2016). *Estrategia Nacional de Biodiversidad y Plan de Acción 2016-2030*. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- Martínez Jiménez, M. (2017). *Mejora en el manejo de plantas acuáticas exóticas invasoras*. Reporte técnico del estudio elaborado dentro del proyecto GEF 00089333 “Aumentar las capacidades de México para manejar especies exóticas invasoras a través de la implementación de la Estrategia Nacional de Especies Invasoras”. Morelos, México: IMTA.
- PNUD-México (2016a). *Modelación de la distribución potencial actual y futura de las especies invasoras de mayor riesgo para México*. Reporte técnico del estudio elaborado en el marco del proyecto GEF-PNUD 089333 “Aumentar las capacidades de México para manejar especies exóticas invasoras a través de la implementación de la Estrategia Nacional de Especies Invasoras”. Martínez-Meyer, E., Cuervo-Robayo, A. P., Ortiz-Haro, G. A. y Osorio-Olvera, L. A. México: Instituto de Biología, UNAM.
- PNUD-México (2016b). *Catálogo de peces ornamentales producidos en Morelos con capacidad de ser especies exóticas invasoras (EEI)* elaborado dentro del proyecto GEF 00089333 “Aumentar las capacidades de México para

manejar especies exóticas invasoras a través de la implementación de la Estrategia Nacional de Especies Invasoras”. Martínez Castro, A. y Ramírez Herrera, M., Morelos, México: CESAEM.

Prodoc (Project Document) (2014). *Aumentar las capacidades nacionales para el manejo de las especies exóticas invasoras (EEI) a través de la implementación de la Estrategia Nacional de las EEI*. Full Size Project (FSP). Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. México, 139 pp.

3. Fortalecimiento de las capacidades jurídicas nacionales sobre especies invasoras

Ana Ortiz Monasterio Quintana,*
*Jordi Parpal Servole*** y *Georgia Born-Schmidt****

Resumen

Este capítulo expone el fundamento que provee la Constitución Nacional, los vacíos y las debilidades existentes en algunos de los tratados internacionales más relevantes y el contexto jurídico-institucional nacional, con respecto de la gestión de las especies exóticas invasoras. Además, incluye propuestas jurídicas para mejorar la atención de la problemática derivada de estas especies en el ámbito de la coordinación interinstitucional en el Poder Ejecutivo, los recursos forestales, la vida silvestre, la acuicultura y algunos asuntos de naturaleza transversal.

* Licenciada en Derecho (Universidad Iberoamericana) y Maestra en Estudios sobre Desarrollo (Universidad de Sussex). Líneas de trabajo: biodiversidad, agua, energías renovables y desarrollo sustentable comunitario. Consultora independiente, Academia Mexicana de Derecho Ambiental, A.C. Correo electrónico: ana.ortizmonasterio@gmail.com

** Licenciado en Biología. Maestro en conservación de recursos naturales. Unidad Coordinadora del Proyecto GEF-Invasoras, PNUD. Líneas de investigación: proyectos de biodiversidad, especies invasoras y planificación territorial. Correo electrónico: jparpal@conabio.gob.mx;

*** Maestra en geografía/geoecología por la Universidad Gutenberg de Mainz. Unidad Coordinadora del Proyecto GEF-Invasoras, PNUD. Líneas de investigación: especies exóticas invasoras, especies invasoras y cambio climático, así como la gestión de proyectos. Correo electrónico: gborn@conabio.gob.mx

Introducción

Los riesgos que representan para los ecosistemas, la infraestructura, las actividades productivas y la salud humana ciertas especies de animales, plantas, algas, hongos y otros organismos cuando se encuentran fuera de su ámbito de distribución natural, deben ser atendidos desde el derecho. Esto es necesario tanto para que las autoridades cuenten con fundamento jurídico que les permita actuar en la prevención, el control y la erradicación, como para el establecimiento de obligaciones, limitaciones y responsabilidades bien definidas para los particulares respecto de la importación, el manejo, el uso y la comercialización de ejemplares de estas especies.

Precisamente debido a la gravedad de los problemas ambientales, económicos y de salud pública asociados a las invasiones biológicas, en México la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio) ha coordinado la elaboración de una estrategia nacional (Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras, 2010) en materia de especies exóticas invasoras (EEI). Asimismo, ha impulsado junto con el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) un proyecto orientado a robustecer las capacidades nacionales para su manejo.¹ A continuación, se presenta parte del análisis jurídico elaborado para este proyecto financiado por el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM, mejor conocido como GEF, por su nombre en inglés).

Como veremos, la perspectiva jurídico-institucional básica muestra que México, sin duda, cuenta con ordenamientos e instancias que contribuyen a prevenir y atender los problemas generados por la presencia de especies exóticas invasoras en territorio nacional, pero aún de forma insuficiente, especialmente en ciertos sectores.

Bases constitucionales

En el texto de la Constitución Nacional (CPEUM, 1917) existen fundamentos, tales como los párrafos cuarto y quinto del artículo 4º, que re-

¹ http://www.mx.undp.org/content/mexico/es/home/operations/projects/environment_and_energy/aumentar-las-capacidades-nacionales-para-manejar-especies-exotic.html, <http://www.biodiversidad.gob.mx/especies/invasoras/proyecto.html>

conocen el derecho de toda persona a la protección de la salud y a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar. Se señala, además, que el daño y deterioro ambiental generarán responsabilidad para quienes los provoquen.

Según el artículo 25, el desarrollo nacional debe ser integral y sustentable y el uso de recursos productivos en beneficio general, cuidando su conservación y el medio ambiente. Por su parte, el tercer párrafo del artículo 27 dispone que la nación tiene derecho, en todo momento, de imponer modalidades a la propiedad privada por interés público y de regular el aprovechamiento de los elementos naturales susceptibles de apropiación. Esto con el objetivo de lograr la distribución equitativa de la riqueza pública, la conservación de los elementos naturales, el desarrollo equilibrado del país, el mejoramiento de las condiciones de vida de la población rural y urbana, así como la preservación y restauración del equilibrio ecológico. Se puede observar que nuestra Constitución obliga siempre a buscar un balance entre los aspectos ambientales, sociales y económicos.

Adicionalmente, el artículo 73, fracción XXIX G, faculta al Congreso de la Unión para establecer la concurrencia de los distintos órdenes de gobierno en lo relativo al equilibrio ecológico y la protección al ambiente. Este precepto constitucional resulta fundamental para promover la acción coordinada entre las entidades federativas y el gobierno federal encaminada a enfrentar los retos derivados de las EEI.

Derecho internacional

Diversos tratados internacionales, de los que México es parte, son esenciales a tomar en cuenta para la atención a las EEI, aquí mencionaremos solamente los que resultan más importantes. El Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB, 1993), referido usualmente por sus siglas, es sin duda el de mayor relevancia desde la perspectiva ambiental, por su enfoque integral sobre la biodiversidad a nivel genético, de especies y de ecosistemas.

Entre las debilidades del CDB se puede señalar que está redactado de manera muy laxa ya que casi todas sus disposiciones determinan que las partes actuarán en la medida de lo posible —a diferencia de las de otros

tratados internacionales (como los de carácter comercial) que señalan obligaciones concretas que los Estados parte quedan comprometidos a cumplir, lo que jurídicamente se conoce como “normas perfectas”.

Por otro lado, a pesar de haber participado en su negociación y haberlo suscrito, Estados Unidos de América no lo ratificó, lo cual, en términos prácticos, significa que nuestro vecino más relevante en cuanto a fronteras compartidas y, al menos todavía, flujos comerciales, no está obligado por sus disposiciones. Esto genera riesgos para México, aunque es importante señalar que el tema ha merecido internamente mucha atención, lo cual también puede reducir riesgos para nuestro país. Tampoco obliga a Estados Unidos el Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología, derivado del propio CDB, relevante en cuanto a los organismos vivos modificados genéticamente que pueden comportarse como EEI.

Mucho antes de la celebración del CDB, en la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, por su nombre en inglés) se firmó en 1951 la Convención Internacional de Protección Fitosanitaria (CIPF, 1976) para lograr una acción coordinada y eficaz dirigida a prevenir y combatir la introducción y propagación de plagas de las plantas y productos vegetales. México se hizo parte 25 años más tarde y participa en su foro de armonización e intercambio técnico entre las autoridades sanitarias de las partes. Recientemente, se han abierto espacios a autoridades encargadas de la biodiversidad. En el marco de la CIPF se han aprobado casi 40 Normas Internacionales sobre Medidas Fitosanitarias; la más reciente, sobre movimientos internacionales de semillas, fue adoptada en Corea del Sur en abril de 2017.²

También es relevante otro tratado internacional previo al CDB: la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES, 1992) en cuya conferencia de las partes se emitió una resolución (CITES, 2004) que considera las importantes amenazas a la biodiversidad que pueden representar las especies exóticas y la probabilidad de que se introduzcan en nuevos hábitats a raíz del comercio internacional. Llama la atención que de estas consideraciones no se hayan derivado modificaciones a la CITES para regular de manera más estricta su comercio, sino sólo recomendaciones a las partes para tener

² <http://www.fao.org/news/story/es/item/880886/icode/>

en cuenta, al redactar leyes y reglamentos nacionales, los problemas que ocasionan y para examinar las posibilidades de sinergia entre este tratado y el CDB sobre la cuestión de la introducción de especies exóticas potencialmente invasoras.

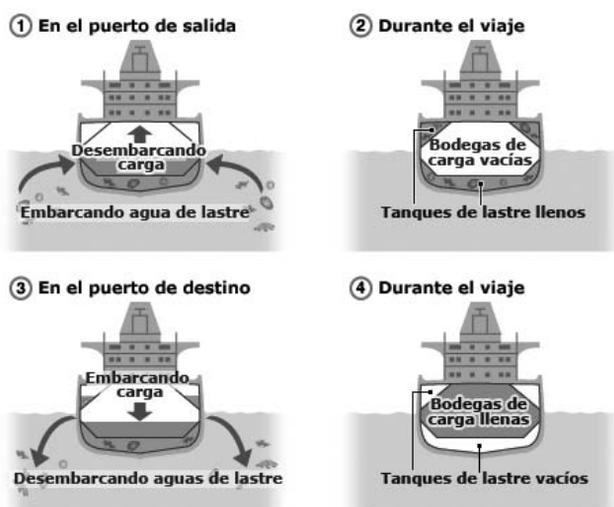
Dos tratados internacionales celebrados con posterioridad al CDB también tienen especial relevancia. El Acuerdo sobre la Aplicación de Medidas Sanitarias y Fitosanitarias (AAMSF, 2012), conocido como Acuerdo MSF (tomando parte de sus siglas), busca reducir al mínimo los efectos negativos de las barreras sanitarias sobre el comercio internacional. Conforme a este tratado, celebrado en el marco de la Organización Mundial de Comercio (OMC), que entró en vigor en 1995, se requerirían análisis de riesgo científicamente sólidos para negar la entrada de mercancías al territorio nacional por razones vinculadas a EEI. Esto podría atentar contra el principio precautorio que debe prevalecer para efectos ambientales debido a que para la aplicación de medidas que no se basen en normas internacionales ya establecidas, como las de la CIPF —para la cual no sería necesario desarrollar una justificación—, es requisito contar con suficientes argumentos científicos antes de limitar el comercio. Éste sería el caso de medidas que resulten necesarias al no quedar cubiertas por dichas normas internacionales, como es probable que ocurra en relación con la prevención y atención de problemas vinculados a EEI que afectan la biodiversidad.

El Convenio Internacional para el Control y la Gestión del Agua de Lastre y los Sedimentos de los Buques (CIGALSB, 2007), adoptado en 2004, aborda una ruta de introducción de EEI sumamente importante. Hace referencia a la eliminación de la transferencia de organismos acuáticos perjudiciales y agentes patógenos mediante el control y la gestión del agua de lastre (figuras 1 y 2), así como de los sedimentos de los buques, con disposiciones sobre asistencia técnica y cooperación, comunicación de información y la solución pacífica de controversias. A pesar de que ni Estados Unidos ni China son partes, ya se ha cumplido la cuota de tonelaje prevista en su propio texto y este tratado, conocido como Convenio BMW, debió entrar en vigor el 8 de septiembre. Será crucial que el Congreso prevea recursos presupuestales para su puesta en marcha, ya que no sólo la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), sino también otras dependencias y entidades, requerirán de ellos a fin de trabajar coordinadamente en lograr su adecuada aplicación y cumplimiento.

Figura 1. Descarga de aguas de lastre



Figura 2. Ciclo de las aguas de lastre



Fuente: Globallast.

Destacan, además, tres espacios regionales de trabajo y negociación internacional. La Organización Norteamericana de Protección a las Plantas, conocida como NAPPO por su nombre en inglés, funciona como representante regional ante la CIPF y tiene como objetivo fortalecer las actividades cooperativas entre los países miembros para prevenir la entrada, el establecimiento y la dispersión de plagas cuarentenarias y

limitar las repercusiones económicas de las plagas no cuarentenarias reglamentadas, a la vez que se facilita el comercio internacional de plantas, productos vegetales y otros artículos reglamentados. En el marco de la NAPPO operó un panel de EEI entre 2006 y 2012, y esta organización ha colaborado en estrategias de erradicación en la franja fronteriza México-Estados Unidos.

Por otra parte, aun cuando hoy se cuestiona el futuro del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN), es importante señalar el acuerdo paralelo ambiental de este tratado y su Comisión para la Cooperación Ambiental (CCA), que ha tenido un papel importante en promover la investigación y el desarrollo del inventario de EEI, así como en generar directrices para el análisis de riesgo sobre especies invasoras acuáticas (CCA, 2009).

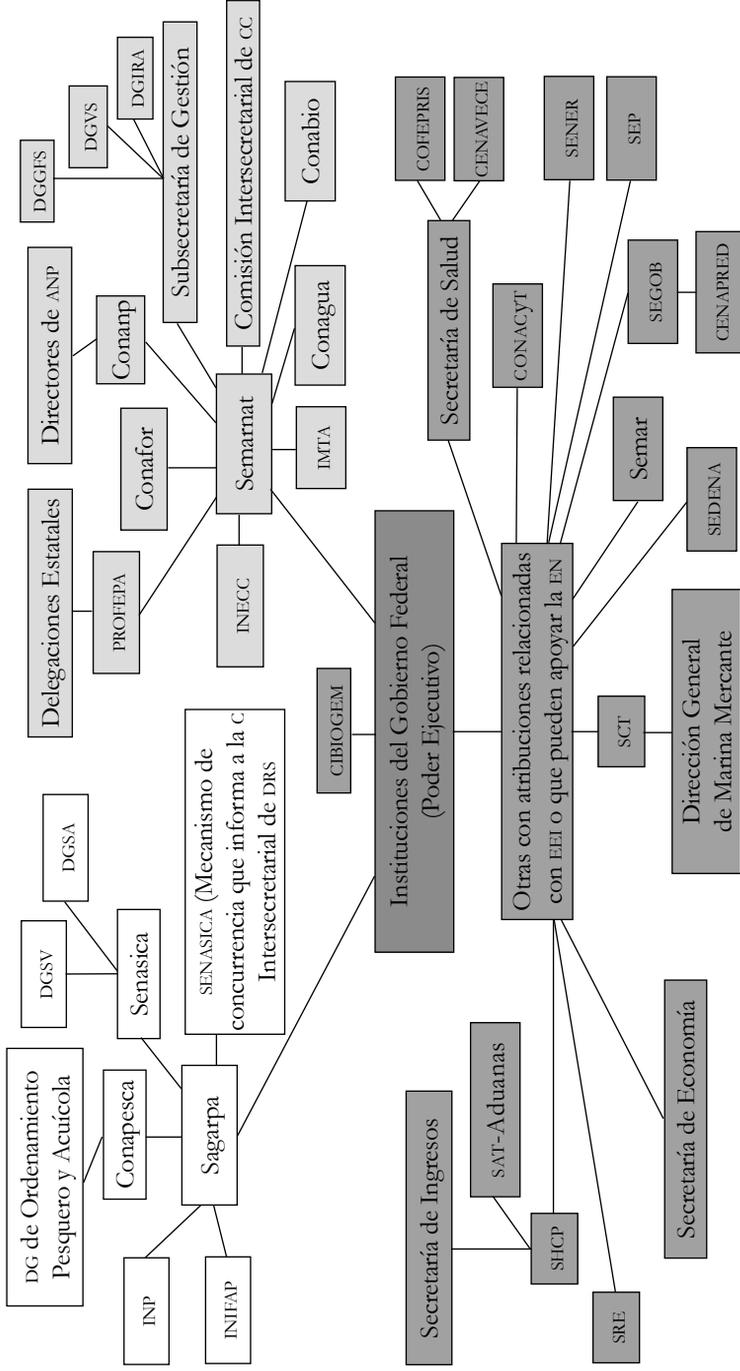
Por último, el Comité Trilateral para la Conservación y Manejo de la Vida Silvestre y los Ecosistemas es un esfuerzo interinstitucional de las instancias encargadas de estos temas en México, Estados Unidos y Canadá, iniciado hace ya más de dos décadas. Este comité plantea y resuelve, mediante mecanismos de cooperación, aspectos operativos importantes para las tres naciones y en 2008 se integró el tema de EEI a sus discusiones.

Los tratados y espacios de trabajo internacionales conforman un marco importante de colaboración y negociación en el cual las naciones involucradas realizan reportes periódicos, además de servir como estímulo para que cada una de ellas tome medidas internas que, a su vez, tienen beneficios para otras naciones. Sin embargo, como pudimos notar, no brindan elementos suficientes para exigir a otros países el cumplimiento de ciertas obligaciones ni para lograr que asuman sus responsabilidades ante posibles afectaciones. Por esta razón, resulta aún más trascendente que el marco jurídico nacional sea adecuado.

Contexto jurídico-institucional nacional básico

Por tratarse de un tema tan complejo, gran parte de las instituciones del gobierno federal cuenta con atribuciones que resultan necesarias para atender la problemática (véase la Figura 3).

Figura 3. Dependencias, entidades, unidades administrativas y comisiones federales involucradas en el tema de EEI



Congreso de la Unión

La Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (Sagarpa) cuenta con amplias atribuciones y un marco legal adecuado para atender problemas asociados a esas especies a través del Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (Senasica). Una excepción sería la acuicultura, tema en el que, a diferencia de lo que ocurre para cuestiones agrícolas y ganaderas, se suele interpretar una carencia de facultades, en este caso de la Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca (Conapesca) sobre unidades de producción establecidas en cuerpos y corrientes de agua que se encuentran en predios privados o que pasan por ellos. Esto es preocupante ya que parte sustancial de los problemas de invasiones biológicas están vinculados a la producción de peces de consumo y ornato (figuras 4 y 5).

Las atribuciones relacionadas con EEI que la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal (LOAPF, 1976) prevé para la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat) son, si no del todo precisas, sí numerosas. Es sobre todo en la legislación sustantiva y en la disponibilidad presupuestal donde histórica y actualmente existen

Figura 4. Productos de acuicultura
para consumo humano



Fuente: Carlos Galindo, banco de imágenes de Conabio.

Figura 5. Pleco o pez diablo, muy utilizado en acuarismo como pez de ornato



Fuente: John Blackmore, Flickr.

deficiencias que dificultan la prevención y el control sobre EEI para efectos ambientales.

A las diferencias en la fortaleza de los instrumentos legales, de cuya aplicación se encarga cada sector, a la disponibilidad de recursos para aplicarlos y a la experiencia histórica de cada uno, se suma el hecho de que el lenguaje que utilizan es distinto, lo cual complica acciones coordinadas. Es a partir del uso del concepto de EEI, desde 2010, que se ha logrado ver el problema en toda su dimensión y percibir la trascendencia de que los sectores agropecuario y ambiental se coordinen y colaboren.

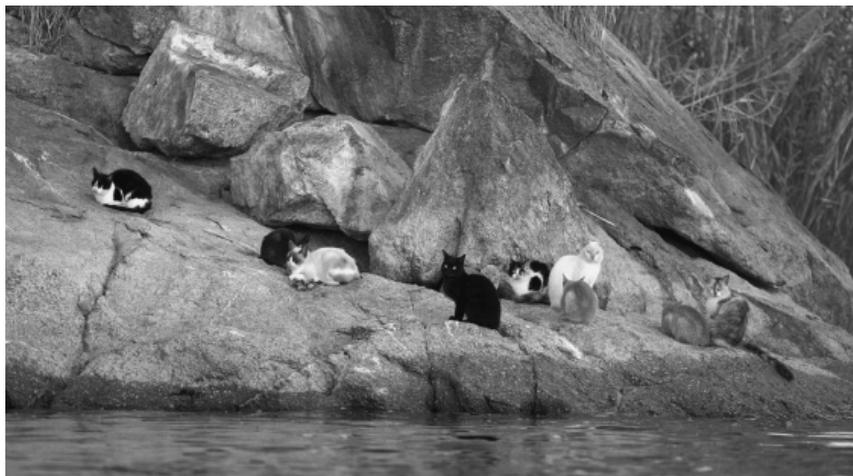
Dentro de la Semarnat diversas unidades administrativas, así como todos los órganos desconcentrados y organismos descentralizados, tienen un papel en el tema de las EEI (Risemarnat, 2012). Podríamos resaltar que en los temas forestales, tanto en oficinas centrales como en la Comisión Nacional Forestal (Conafor), es evidente la insuficiencia de recursos humanos para prevenir que los bosques sean invadidos

por plagas y enfermedades. La Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (Conanp) también enfrenta un desafío presupuestal para desarrollar y establecer protocolos de alerta temprana y respuesta rápida, así como para efectuar cotidianamente controles de EEI ya presentes. El Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) ha hecho una buena mancuerna con organizaciones de la sociedad civil para la erradicación en islas y con sus recientemente explícitas atribuciones sobre cambio climático probablemente requerirá de recursos para investigar las implicaciones en diversos ángulos de las invasiones biológicas (LGCC, 2012) (Figura 6).

Aunque el sector ambiental y el de desarrollo rural son los más involucrados en el tema, como ya se sugirió, muchas otras instituciones del gobierno federal cuentan con atribuciones relevantes de acuerdo a la LOAPEF y otras leyes: la Secretaría de la Defensa Nacional (Sedena) y la Secretaría de Marina (Semar) apoyan en campo al Senasica y a la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (Profepa) cuando se realizan operativos en los que resulta necesario. La Semar también apoya actividades no relacionadas con violaciones a la legislación, inspección y vigilancia, tales como apoyos a acciones de control y erradicación de EEI que se realizan en ciertas islas. La SCT se comprometió en la Estrategia Nacional a llevar a cabo labores preparatorias para la ejecución del convenio internacional sobre aguas de lastre, y la Secretaría de Energía (Sener) tiene a su cargo los asuntos relacionados con biocombustibles; como lo señala la Estrategia Nacional, la introducción de plantas exóticas con potencial invasor para generarlos representa un riesgo importante. Por otro lado, algunas EEI podrían afectar infraestructura de generación de energía, como muestra la información sobre el mejillón cebrá en relación con plantas hidroeléctricas.

La Secretaría de Salud (SS) está involucrada en tanto algunas EEI pueden ocasionar problemas de salud pública, sea como vector (por ejemplo, mosquitos exóticos) o como enfermedad exótica (chikungunya, dengue, zika y recientemente el síndrome Guillain-Barré asociado al zika). La Comisión Nacional para la Protección contra Riesgos Sanitarios (Cofepris), a cargo del Programa Nacional de Acción sobre Urgencias Epidemiológicas y Desastres, se relaciona con los esfuerzos estatales en esta misma línea y es la encargada de emitir los permisos de importación de sustancias tóxicas, requisito para

Figura 6. Los gatos ferales son una especie, entre otras, que afecta en islas mexicanas al albatros de Laysan (*Phoebastria immutabilis*)



Fuente: Michael Schmidt e Isabel González, banco de imágenes de Conabio.

contar con algunos de los venenos necesarios para labores de control y erradicación.

La Secretaría de Gobernación (Segob) emite permisos necesarios para realizar actividades de control y erradicación en islas y coordina el Sistema Nacional de Protección Civil con presencia a nivel de entidades federativas y municipios. El Centro Nacional de Prevención de Desastres (Cenapred), órgano desconcentrado de la propia Segob, apoya a este sistema en los requerimientos técnicos para su operación. Asimismo, el Fondo para la Prevención de Desastres Naturales (Fopreden), a cargo de esta misma dependencia, podría, en principio, apoyar acciones preventivas de instancias públicas de orden federal o de las entidades federativas, esfuerzos de instituciones académicas y de investigación orientados al diagnóstico, evaluación y modelación de riesgos, así como el desarrollo de estrategias para la prevención y mitigación adecuadas. Sin embargo, esta fuente de financiamiento no ha sido aplicada a acciones vinculadas a la puesta en marcha de la *Estrategia Nacional sobre Especies Invasoras* y es probable que sea complejo que ocurra, ya que el tema de las EEI no se ha integrado hasta ahora al discurso de desastres naturales.

Las secretarías de Economía (SE) y de Hacienda (SHCP) son relevantes para la creación de instrumentos económicos y la segunda, además, porque a cargo de ella, dentro del Servicio de Administración Tributaria (SAT), se encuentra la Administración General de Aduanas.

La Secretaría de Relaciones Exteriores (SRE) es la encargada de todas las negociaciones internacionales y la de Educación Pública (SEP) tiene a su cargo el desarrollo de programas de estudio, en los que podría ser importante insertar el tema para lograr un mayor conocimiento de esta problemática y las situaciones cotidianas que contribuyen a ella.

Finalmente, la Conabio ha tenido el papel fundamental de propiciar y facilitar la coordinación interinstitucional, así como la construcción paulatina de un lenguaje común. Además, desarrolló y mantiene actualizado el Sistema Nacional de Información de Especies Invasoras (SNEI), que forma parte del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB) a su cargo. Aunque ha logrado esto con el excepcional profesionalismo y compromiso de su personal y con el apoyo del GEF o FMAM a través del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), es indispensable subrayar que su papel central debe respaldarse con

un fortalecimiento presupuestal que le permita continuar con la labor que ha desarrollado gracias, además, a su amplio reconocimiento en los diversos sectores y entre la sociedad.

Como es de esperarse en este complejo contexto institucional, una gran diversidad de leyes es aplicable al tema de las EEI. Las principales sustantivas son las leyes federales de sanidad animal y vegetal (LFSA, 2007 y LFSV, 1994), la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEPA, 1988), la Ley General de Vida Silvestre (LGVS, 2000), la Ley General de Pesca y Acuicultura Sustentables (LGPAS, 2007), la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS, 2003) y la Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados (LBOGM, 2005).

Cabe mencionar sobre la LGVS y la LGDFS que en este periodo de sesiones han sido presentadas iniciativas de ley que, de aprobarse, las abrogarían. Por lo anterior, estamos en una coyuntura importante en cuanto a la adecuación del marco jurídico en relación con la prevención, el control y la erradicación de EEI en nuestro país. De no aprobarse las iniciativas referidas o de aprobarse en términos que no resuelvan algunos de los problemas prácticos que se enfrentan, se sugiere retomar los aspectos que es necesario modificar desde el Legislativo para efectuar las reformas necesarias a la LGVS y la LGDFS sobre este tema.

En cuanto a las principales leyes complementarias, es deseable que el Poder Legislativo esté receptivo a las propuestas jurídicas y técnicamente sustentadas por quienes conocen el tema para modificar la LOAPF, con el fin de lograr una mejor coordinación y el ejercicio de ciertas atribuciones con fundamento legal suficiente, y la Ley Federal de Derechos (LFD, 1981), para incorporar algunos instrumentos económicos de carácter preventivo derivados del estudio correspondiente cuyos resultados también se presentan en este libro (véase capítulo sobre instrumentos económicos).

Es importante considerar que son los ordenamientos ambientales los más insuficientes, como se verá en las propuestas y recomendaciones derivadas del estudio. También que, aunque se trata de un tema predominantemente a cargo del gobierno federal y las normas nacionales deben ser las mismas, hay espacio para la participación coordinada de otros órdenes de gobierno.

Algunas propuestas y recomendaciones

En el estudio jurídico se ha hecho énfasis en la aplicación adecuada y coordinada, así como en las alternativas para incentivar y lograr el cabal cumplimiento de las disposiciones vigentes en materia de EEL. Sin embargo, también surgieron propuestas que implican la modificación de ordenamientos jurídicos. En la elaboración de las propuestas y recomendaciones se involucró a servidores públicos encargados de aplicarlos y a otros actores involucrados, con el objetivo de que éstas fueran producto de problemas prácticos concretos que se enfrentan en la puesta en práctica de la Estrategia Nacional.

Lo anterior se logró mediante el envío de una encuesta a más de 100 personas de los distintos sectores, a la cual dieron respuestas sustantivas: 31 personas de instituciones de gobierno, 10 de instituciones académicas y organizaciones de la sociedad civil, y 13 del sector privado, lo cual dio como resultado opiniones de 54 participantes que se complementaron con entrevistas semi-estructuradas y retroalimentación derivada de la presentación de resultados en reuniones sucesivas.

Coordinación interinstitucional en el Poder Ejecutivo

A este respecto se considera imprescindible mantener y fortalecer las reuniones intersecretariales, ya sea convocadas por la propia Conabio o mediante otro mecanismo viable. Los objetivos de estas reuniones serían: 1) toma de acuerdos de alto nivel para ir acercando distintas prácticas y culturas institucionales y sectoriales del gobierno federal a nivel ejecutivo, 2) la colaboración y el intercambio de experiencias e información, así como el fortalecimiento de mandos medios en reuniones de carácter técnico, que se llevarían a cabo con mayor frecuencia, según necesidades y contingencias. En ambos supuestos el propósito sería lograr la ejecución adecuada de la Estrategia Nacional.

De igual manera, se estima relevante aprovechar las reuniones intersecretariales en ambos niveles también para definir, de mejor manera, las atribuciones y preparar, en este contexto, modificaciones puntuales a la LOAPF para la siguiente administración, mediante las que se precisen fundamentos para ciertos actos de autoridad que lo requieran, y se

señale explícitamente la coordinación donde hace falta (p.e. Conapesca-Semarnat).

Comunicación de la información entre las instancias relevantes

La necesidad de mejorar la comunicación operativa entre la Sagarpa (Senasica), la Secretaría de Salud y la Semarnat, entre otros, se refleja en el interés en desarrollar un protocolo de intercambio de información a escala nacional, así como en propiciar este intercambio y el de experiencias entre sectores por medio de simulacros similares a los que el Cenapred ya coordina para fenómenos naturales. Se realizó un primer ejercicio con miras a desarrollar un protocolo de atención a incidentes para EEI acuícolas y sería muy valioso que el Congreso de la Unión apoyara, desde su ámbito, las iniciativas para solventar las necesidades de comunicación con enfoque de EEI.

Recursos forestales

Considerando los riesgos que implican algunas EEI que, por las mismas características que les otorga su potencial invasor, resultan atractivas para el desarrollo de proyectos forestales, es relevante que la LGDFS en los artículos 85 y 131, respectivamente, prevea el establecimiento de plantaciones comerciales en sustitución de vegetación primaria nativa, así como el uso de especies exóticas para “reforestar”. Esto podría resolverse con reformas legislativas, aunque también se podría limitar a través de la lista oficial de especies exóticas forestales publicada en una norma oficial mexicana, tal y como prevé esa misma ley o, incluso, a través del acuerdo secretarial que contiene una primera lista de especies exóticas invasoras, publicado en diciembre pasado (ADLEEIM, 2016). En los últimos dos supuestos, es fundamental que se interpreten los ordenamientos emitidos por el Legislativo en el sentido de considerar la enunciación de especies como fundamento suficiente para limitar su importación, uso y reproducción en territorio nacional (Figura 7).

Respecto del combate y control de plagas y enfermedades forestales, es fundamental que las instancias encargadas cuenten con personal

Figura 7. Invasión de especies



México enfrenta una invasión de cotorra argentina (*Myiopsitta monachus*), asociada a su importación para el mercado de mascotas que se vincula a la prohibición general del aprovechamiento de psitácidos nativos incluida en la LGVS en 2008.

Además de competir con especies nativas por alimento en los hábitats naturales, Miguel Ángel Gómez Garza de la Universidad Autónoma de Nuevo León ha documentado una alta presencia de diversas enfermedades en centros de decomiso que antes de la prohibición estaban ausentes o casi ausentes.

Fuente: César Hernández, banco de imágenes de Conabio.

suficiente y estable, así como con la flexibilidad necesaria para responder lo más rápidamente posible a la detección de una problemática específica.

Vida silvestre

En este tema se considera de la mayor relevancia en cuanto a la labor del Congreso de la Unión lo siguiente: reducir el plazo de respuesta establecido para resolver solicitudes de control sobre EEI; fortalecer la detección

temprana y respuesta rápida; establecer mecanismos de prevención y de bioseguridad; y establecer facultades para dictar, aprobar y promover la realización de campañas de control y erradicación de EEI que afecten poblaciones de especies silvestres o sus hábitats naturales. También se ha subrayado la exigencia de abrir la posibilidad de aprovechar de manera sustentable poblaciones de especies nativas, lo cual ha sido bloqueado por prohibiciones generalizadas incluidas en la LGVS desde visiones fundamentalistas falsamente argumentadas.

Acuicultura con EEI

El Legislativo podría apoyar a la Conapesca en lograr la aplicación más amplia de las medidas de bioseguridad dirigidas a este tipo de proyectos y su fortalecimiento. También es crítico que considere el presupuesto requerido para ello, así como para difundir los efectos negativos ambientales, económicos y para la salud humana asociados al manejo de EEI, y para desarrollar paquetes tecnológicos basados en especies nativas para cada región o zona.

Aspectos transversales

Hay algunas recomendaciones que le atañen al Poder Legislativo que trascienden los temas anteriores. Un aspecto importante para prevenir una vía de entrada importante de EEI es el hacer explícito, en la LGEEPA, que el tema de las EEI debe considerarse en el establecimiento de condicionantes a obras y actividades sujetas a evaluación de impacto ambiental, como la construcción de caminos, carreteras y presas.

Otro aspecto básico urgente para transversalizar el tema es exhortar al Poder Ejecutivo Federal a emitir una lista lo más completa posible que incluya todos los grupos taxonómicos. Se argumenta que el artículo 1º de la LGVS sólo permite incluir a especies que están en categorías de riesgo, cuando se trate de recursos forestales y de especies totalmente acuáticas. No obstante, el segundo párrafo de este mismo artículo hace referencia, de manera explícita, a que la regulación del aprovechamiento sustentable —es decir, no la regulación general de tales recursos— queda

sujeta a las leyes forestal y de pesca. Así, tanto la conservación de todas las especies, como su aprovechamiento, cuando no cumpla con las condiciones de sustentabilidad, quedan regulados por la LGVS según la interpretación literal de la ley, y esto involucra la lista de EEI. Más aún: a la Semarnat como autoridad ambiental le corresponde hacer una lista de EEI que puedan afectar al ambiente y a la biodiversidad, incluidos los ecosistemas; mientras que a la Sagarpa la corresponde atender los problemas de EEI que afectan a actividades productivas.

Finalmente, sería clave dar seguimiento desde el Poder Legislativo a las actualizaciones que esa misma ley prevé que se realicen cada tres años, o antes si se presenta información suficiente, a efecto de que las disposiciones legales vigentes sobre EEI sean efectivamente aplicables y su aplicación sea siempre con base en la mejor disponible.

Consideraciones finales

A pesar de que parte de las dificultades jurídico-institucionales que México enfrenta para atender de manera adecuada la problemática de las EEI se deriva de instrumentos administrativos o de una inadecuada aplicación de la ley, como se ha mostrado en este capítulo, hay un importante espacio para la incidencia desde el Poder Legislativo. En este sentido, se considera de especial relevancia su actuación para impulsar modificaciones a algunos instrumentos jurídicos, como la LGEEPA o la LGVS, que permitan abordar de forma más robusta esta problemática. No obstante, en algunos casos una interpretación no tan restrictiva de la ley es suficiente para impulsar una actuación más decidida del Poder Ejecutivo ante la amenaza de determinadas especies invasoras. Por otro lado, también es necesario promover el desarrollo de algunos instrumentos normativos, ya previstos en la legislación actual, que permitirían fortalecer aún más la atención a esta amenaza, como sería el caso, por ejemplo, de la Norma de especies exóticas derivada de la LGDFS.

Finalmente, además de las modificaciones legales que se apuntan, parece fundamental que el Congreso de la Unión considere seriamente la relevancia de los recortes presupuestales y la asignación insuficiente de recursos al sector ambiental no sólo para los ecosistemas y la biodiversidad, sino también para la economía y la salud pública. Esto implica

afectaciones a los derechos humanos, así como al desarrollo nacional integral y sustentable, todos previstos en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.

Referencias

- Acuerdo sobre la Aplicación de Medidas Sanitarias y Fitosanitarias (AAMSF) (2012). Organización Mundial del Comercio. Recuperado en abril de 2017 de www.wto.org/spanish/tratop_s/sps_s/spsagr_s.htm
- Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB) (1993). *Diario Oficial de la Federación*, 7 de mayo. Recuperado en abril de 2017 de www.cbd.int/doc/legal/cbd-es.pdf
- Comisión de Cooperación Ambiental de América del Norte (CCA) (2009). Directrices trinacionales para la evaluación de riesgos de las especies acuáticas exóticas invasoras. Recuperado en abril de 2017 de <http://www3.cec.org/islandora/es/item/2379-trinational-risk-assessment-guidelines-aquatic-alien-invasive-species-es.pdf>
- Convenio Internacional para el Control y la Gestión del Agua de Lastre y los Sedimentos de los Buques (CICGALS) (2007). Aprobación del Senado, *Diario Oficial de la Federación*, 18 de diciembre. Recuperado en abril de 2017 de <http://www.cep.unep.org/meetings-events/11th-igm/bw-convention-spanish.pdf/view>
- Convención Internacional de Protección Fitosanitaria (CIPF) (1976). *Diario Oficial de la Federación*, 16 de julio. Último texto revisado, publicado el 30 de noviembre de 2000. Recuperado en abril de 2017 de https://www.ippc.int/static/media/files/publications/es/2013/06/03/1034340753484_spippc_201304232117es.pdf
- Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES) (1992). *Diario Oficial de la Federación*, 6 de marzo. Recuperado en abril de 2017 de www.cites.org/esp/disc/text.php
- Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES) (2004). Comercio de Especies Exóticas Invasoras. Conferencia de las Partes de la Convención. Recuperado en abril de 2017 de www.cites.org/esp/res/all/13/S13-10R14.pdf

- Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras (2010). *Estrategia Nacional sobre Especies Invasoras en México. Prevención, control y erradicación*. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (1917). Última reforma del 24 de febrero de 2017. Recuperada en abril de 2017 de http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/1_240217.pdf
- Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados (LBOGM) (2005). *Diario Oficial de la Federación*, 18 de marzo. Recuperado en abril de 2017 de <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LBOGM.pdf>
- Ley Federal de Derechos (LFD) (1981). *Diario Oficial de la Federación*, 31 de diciembre. Última reforma publicada el 7 de diciembre de 2016. Recuperada en abril de 2017 de <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/ref/lfd.htm>
- Ley Federal de Sanidad Animal (LFSA) (2007). *Diario Oficial de la Federación*, 25 de julio. Última reforma publicada el 7 de junio de 2012. Recuperada en abril de 2017 de www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/lfsa.pdf
- Ley Federal de Sanidad Vegetal (LFSV) (1994). *Diario Oficial de la Federación*, 5 de enero. Última reforma publicada el 16 de noviembre de 2011. Recuperada en abril de 2017 de www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/117.pdf
- Ley General de Cambio Climático (LGCC) (2012). *Diario Oficial de la Federación*, 6 de junio. Última reforma publicada el 1 de junio de 2016. Recuperada en abril de 2017 de <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/ref/lgcc.htm>
- Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS) (2003). *Diario Oficial de la Federación*, 25 de febrero. Última actualización el 26 de marzo de 2015. Recuperada en abril de 2017 de www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/259.pdf
- Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) (1988). *Diario Oficial de la Federación*, 28 de enero. Última reforma publicada el 24 de enero de 2017. Recuperada en abril de 2017 de <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/ref/lgeepa.htm>

- Ley General de Pesca y Acuicultura Sustentables (LGPA) (2007). *Diario Oficial de la Federación*, 24 de julio. Última actualización, 4 de junio de 2015. Recuperada en abril de 2017 de <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/ref/lgpas.htm>
- Ley General de Vida Silvestre (LGVS) (2000). *Diario Oficial de la Federación*, 3 de julio. Última actualización, 19 de diciembre de 2016. Recuperada en abril de 2017 de <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/ref/lgvs.htm>
- Ley Orgánica de la Administración Pública Federal (LOAPF) (1976). *Diario Oficial de la Federación*, 29 de diciembre. Última actualización, 19 de diciembre de 2016. Recuperada en abril de 2017 de www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/153.pdf
- Reglamento Interior de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Risemarnat) (2012). *Diario Oficial de la Federación*, 26 de noviembre. Recuperada en abril de 2017 de <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regla/n25.pdf>

4. Rutas de introducción e impactos

Ana Isabel González Martínez, Nubia Morales Guerrero,**
Yolanda Barrios Caballero*** y Silvia De Jesús De Jesús*****

Resumen

En las últimas décadas, la introducción y el establecimiento de organismos a nuevos ambientes han ocasionado un aumento considerable de las invasiones biológicas. Esto se debe no sólo al incremento en el número de especies, sino también a la frecuencia de las introducciones, lo que ha propiciado que actualmente las especies invasoras sean consideradas la segunda causa de pérdida de biodiversidad en el mundo (Mendoza *et al.*, 2014a). El éxito de las invasiones de especies exóticas invasoras (EEI) depende de diversos factores como: el estado de conservación de los

* Doctora en Conservación Biológica por la Universidad de East Anglia. Subcoordinadora de Especies Invasoras en la Conabio. Correo electrónico: ana.gonzalez@conabio.gob.mx.

** Licenciada en Biología por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Especialista en Especies Invasoras en la Subcoordinación de Especies Invasoras en la Conabio. Correo electrónico: nmorales@conabio.gob.mx.

*** Maestra en Conservación Biológica por la Universidad de Kent en Canterbury, Reino Unido. Especialista en Especies Invasoras en la Subcoordinación de Especies. Labora en la Conabio desde hace 10 años. Correo electrónico: ybarrios@conabio.gob.mx

**** Licenciada en Biología por la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM). Especialista en Especies Invasoras en la Subcoordinación de Especies Invasoras. Labora en la Conabio desde hace cinco años. Correo electrónico: sjesus@conabio.gob.mx

ecosistemas, las características propias de las especies, así como la efectividad de las rutas de introducción por las que arriban dichas especies. Los impactos adversos resultado de la presencia de EEI se presentan en diversos niveles, tanto global como regional y local, con implicaciones en la conservación y el uso sustentable de la biodiversidad, la provisión de bienes y servicios provistos por los ecosistemas, así como en los aspectos económicos, sociales y de salud.

Entre las estrategias para prevenir la introducción de organismos invasores está el enfocarse en la prevención de la entrada de especies que ya han sido identificadas como invasoras en otras regiones; para ello un método integral incluye la identificación de las principales rutas de introducción o vías de entrada, el reconocimiento de los diferentes riesgos asociados con las mismas y el establecimiento de sistemas de monitoreo de acuerdo con cada ruta de introducción identificada (Wittenberg y Cock, 2001).

Introducción

La introducción de especies exóticas a sitios lejanos por medios exclusivamente naturales es un fenómeno poco común, la mayoría de las introducciones son asistidas (de manera directa o indirecta) por actividades humanas (Isard *et al.*, 2005).

Como parte de sus esfuerzos para atender el problema de las especies exóticas invasoras (EEI), el Convenio de Diversidad Biológica (CDB) desarrolló una clasificación de los distintos tipos de rutas de introducción identificados hasta el momento; el fin es proveer una herramienta adicional a los países miembros para establecer medidas que impidan la entrada y el establecimiento de especies a nuevos sitios y así cumplir con las Metas de Biodiversidad de Aichi (CBD, 2011; SBSTTA-CBD, 2014a).

Vías o rutas de introducción y el movimiento de especies

Una *ruta de introducción* se define como la combinación de procesos y oportunidades que resultan de los modos específicos mediante los cuales las especies se introducen a, o se dispersan dentro de, una nueva

región (Donaldson *et al.*, 2014). La ruta que una especie sigue para ser introducida en una nueva localidad se conoce también como “vía”; las vías de introducción se consideran como el medio por el cual una especie invasora es introducida fuera de su rango natural, ya sea de manera intencional o involuntaria (*e.g.*, la navegación), siendo el vector de dispersión el mecanismo por medio del cual la especie es introducida, como barcos, plataformas móviles, etc. (Mendoza *et al.*, 2014b). Las rutas de introducción pueden ser accidentales o intencionales, mientras que los vectores, en el tema de introducción de organismos, se relacionan con la manera en que son transportados los organismos (Conabio, 2010; Bañón-Díaz, 2012).

A pesar de que, en muchos casos se ha documentado la dispersión y los movimientos de organismos por medios naturales, éstos normalmente se reportan a escala regional. Sin embargo, el ser humano a través de sus viajes y migraciones ha sido un vector importante de movimiento de seres vivos a grandes distancias, y ha favorecido que especies que de otro modo no podrían haberlo hecho, se establezcan en nuevos sitios alejados de sus zonas de distribución original. Pimentel *et al.* (2001) estiman que en los últimos 10,000 años más de 400,000 especies han sido trasladadas de una región del planeta a otra por el movimiento de los seres humanos. Entre los cambios más importantes en la historia reciente, con consecuencias severas para la dinámica de los ecosistemas, está el incremento de los medios de transporte que permiten a las especies superar las barreras biogeográficas (Cohen y Carlton, 1998) y establecerse en nuevos sitios. Las especies pueden introducirse de tres modos: 1) por la importación de un producto, 2) por la llegada de un vector de transporte, y 3) por la propagación natural desde una región vecina donde la especie ya esté establecida (Hulme *et al.*, 2008); por esta razón, las invasiones biológicas ya son reconocidas alrededor del mundo como un efecto colateral severo de las actividades comerciales (Keller *et al.*, 2009).

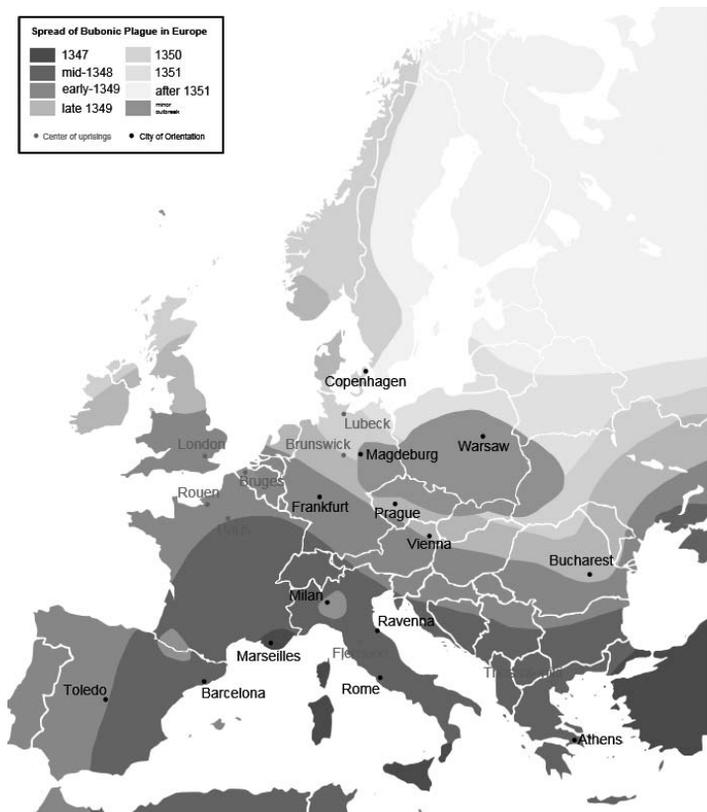
Un ejemplo histórico del movimiento asistido de diversos organismos, y que ha tenido efectos severos en las poblaciones humanas, es el conocido como la “ruta de la seda”, a través de la cual se transportaban textiles entre Asia y Europa. Entre los textiles también se transportaron ratas y pulgas, lo cual facilitó la diseminación de la peste bubónica que arribó a Europa en 1347 y se dispersó en varias oleadas a lo largo del

continente (Figura 1) (Schmid, 2015). Esta enfermedad acabó con alrededor de 50 millones de personas, el equivalente a 60% de la población europea en el siglo XIV (Benedictow, 2005).

La Revolución Industrial fue otro momento histórico en el que se incrementó y facilitó el comercio internacional con la construcción de canales, vías de trenes o carreteras, así como con el movimiento de personas y mercancías, por lo que el número de introducciones de plantas

Figura 1. Dispersión de la peste bubónica en Europa Medieval

La variación de color indica la distribución espacial de los brotes de peste a lo largo del tiempo, de gris oscuro a gris claro: 1347, mitad de 1348, inicios de 1349, finales de 1349, 1350, 1351, y áreas que sólo tuvieron brotes leves



Fuente: Wikicommons, 2017.

y animales alrededor del mundo muestra un incremento progresivo a partir del siglo XIX (Hulme, 2009). Actualmente vivimos lo que se conoce como la “era de la globalización”, en donde los ejes impulsores del origen, la frecuencia y la magnitud de los movimientos de especies están directamente relacionados con el aumento de los ingresos y la eficiencia de los sistemas de transporte (Hulme, 2009). Hoy el movimiento de especies es dinámico y sujeto a cambios espacio-temporales. Rutas nuevas emergen de manera constante, por ejemplo, el caso de movimiento de organismos vivientes que se comercian por internet (SBSITTA, 2014b).

Tipos de rutas

Durante la Sexta Conferencia de las Partes del Convenio de Diversidad Biológica (CBD), del cual México es parte, y a partir de la decisión VI/23 sobre especies exóticas (CBD, 2010) que amenazan a los ecosistemas, hábitats o especies, se solicitó evaluar los diferentes vectores y rutas para la introducción de especies exóticas invasoras e identificar oportunidades para minimizar estos eventos y manejar los riesgos asociados. Posteriormente se estableció que la identificación, la priorización y el manejo de rutas y vectores deben ser realizados a escala nacional y regional. Asimismo, la Meta 9 de Biodiversidad de Aichi especifica que para 2020 “se habrán identificado y priorizado las especies exóticas invasoras y vías de introducción, se habrán controlado o erradicado las especies prioritarias, y se habrán establecido medidas para gestionar las vías de introducción a fin de evitar su introducción y establecimiento” (CBD, 2010).

En respuesta a esto, la Conferencia de las Partes del CBD trabajó en identificar y clasificar las rutas para la introducción de especies, y evaluó vacíos en los marcos legales mundiales y regionales. El resultado final es una caracterización de rutas de introducción que se está proponiendo utilizar como el estándar a escala internacional (SBSITTA-CBD, 2014a) y que se obtuvo a partir de información de la base de datos global de especies invasoras de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) (ISSG, 2015), el compendio de especies invasoras de CABI (CABI, 2017), y la base de datos de especies invasoras para Europa (DAISIE, 2017).

Con base en este análisis, las principales rutas de introducción se clasificaron en tres grandes rubros: movimiento de productos básicos, vectores, y dispersión. Se incluyen tanto vías intencionales como accidentales, ya que en muchos casos la llegada de una especie a una nueva zona es el resultado de una combinación entre ambos (SBSTTA-CBD, 2014a) (véase el Cuadro 1).

De acuerdo con un análisis de la información de dos de las principales bases de datos a escala mundial (ISSG y DAISIE) (SBSTTA-CBD, 2014a), se identifican tres principales rutas de movimiento e introducción como sigue:

1. *Escapes*: Se refiere al movimiento de especies exóticas potencialmente invasoras de confinamiento hacia el medio ambiente natural. En estos casos los organismos fueron introducidos intencionalmente y transportados a condiciones de confinamiento. Posteriormente escaparon accidentalmente o mediante liberación intencional. Ejemplos de esto son especies para mascotas, acuarios, jardines botánicos, agricultura, horticultura, acuicultura, investigación científica o programas de reproducción (SBSTTA-CBD, 2014a).
2. *Transporte de contaminantes*: Se refiere al movimiento no intencional de organismos vivos como contaminantes de un producto o mercancía que se mueve intencionalmente mediante comercio internacional, o para ayuda en emergencias. Esto incluye plagas y enfermedades de alimentos, semillas, madera y otros productos de agricultura, silvicultura y pesquerías, así como contaminantes de otros productos (SBSTTA-CBD, 2014a).
3. *Transporte de polizontes*: Movimiento de organismos vivos adheridos a transporte de embarcaciones y equipo. El medio físico de transporte de polizontes incluye, pero no se limita a, agua de lastre y sedimentos, bioincrustaciones de buques, lanchas, plataformas de petróleo y gas, y otras embarcaciones acuáticas o de dragado. También puede incluir equipos de transporte terrestre, vehículos, trenes, etc. (SBSTTA-CBD, 2014a).

Como podemos ver, las actividades comerciales tienen un papel fundamental en el movimiento de especies, y el hecho de que esto

Cuadro 1. Clasificación de rutas de acuerdo al CBD (SBSITTA-CBD, 2014a)

<i>Categoría</i>	<i>Subcategoría</i>
<p>Liberación en la naturaleza</p>	<p>Control biológico. Control de la erosión/estabilización de dunas (cortavientos, setos...). Pesca en la naturaleza (incluyendo la pesca recreativa). <i>Caza.</i> “Mejora” de paisajes/flora/fauna en la naturaleza. Introducción para fines de conservación o gestión de la vida silvestre. Liberación en la naturaleza con fines de consumo (ajenos a los antedichos, por ejemplo, pieles, transporte, uso en medicina). Otras liberaciones intencionales.</p>
<p>Fuga de cautiverio</p>	<p>Agricultura (incluyendo materias primas para biocombustible). Acuicultura/maricultura. Jardín botánico/zoo/acuario (excluyendo los acuarios domésticos). Especies para mascota/acuario/terrario especies (incluyendo los alimentos vivos para tales especies). Animales de explotación (incluyendo los animales libres en condiciones restringidas). Silvicultura (incluyendo la forestación o reforestación). Explotación de animales para peletería. Horticultura. Fines ornamentales ajenos a la horticultura. Investigación y reproducción animal <i>ex-situ</i> (en instalaciones). Alimentos vivos y carnada viva. Otras fugas de cautividad.</p>

MOVIMIENTO DE PRODUCTOS BÁSICOS

Continúa...

Continuación...

<i>Categoría</i>		<i>Subcategoría</i>
	Contaminantes por transporte	Material contaminante de vivero/criadero. Carnada contaminada. Contaminante de alimentos (incluyendo alimentos vivos). Contaminantes presentes en animales (salvo parásitos, especies transportadas por anfitrión/vector). Polizones presentes en animales (incluyendo especies transportadas por anfitrión y vector). Polizones presentes en plantas (salvo parásitos, especies transportadas por anfitrión/vector). Parásitos en plantas (incluyendo especies transportadas por anfitrión y vector). Contaminantes de semillas. Comercio de maderas. Transporte de materiales de hábitat (terrenos, vegetación...).
VECTOR	Polizones por transporte	Equipos de pesca/pesca recreativa. Contenedor/granel. Polizones dentro o fuera de la cabina de aviación. Polizones en buques/embarcaciones (excluyendo el agua de lastre y la incrustación de cascos). Maquinaria/equipos. Personas y sus maletas/equipaje (especialmente turistas). Material orgánico de embalaje, especialmente maderas de embalaje. Agua de lastre en buques/embarcaciones. Incrustaciones en cascos de buques/embarcaciones. Vehículos (coche, tren...). Otros medios de transporte.
DISPERSIÓN	Pasillo	Mares/cuencas/vías de navegación interconectados. Túneles y puentes terrestres.
	Autónoma	Dispersión natural transfronteriza de especies exóticas invasoras introducidas por las vías 1 a 5.

siga ocurriendo se puede considerar una falla de las regulaciones de mercado, cuyos efectos van en detrimento de estas mismas actividades (Margolis y Fischer, 2005). Una de las estrategias más comunes, y económicamente más eficientes, para prevenir la introducción de organismos invasores a una región, es enfocarse a prevenir la entrada de especies que ya han sido identificadas como invasoras (véanse capítulos de análisis de riesgo y medidas de prevención). Sin embargo, un método integral, y complementario, es la identificación de las principales rutas de introducción o vías de entrada, el reconocimiento de los diferentes riesgos asociados con las mismas y establecer sistemas de monitoreo de acuerdo con cada ruta de introducción (Wittenberg y Cock, 2001; Tinlgey *et al.*, 2017).

Desde el punto de vista de la legislación mexicana, creemos imprescindible considerar este problema, y sus consecuencias, en las negociaciones de los diferentes tratados comerciales con otros países. Finalmente, es trascendental el reconocimiento creciente por parte de quienes elaboran las políticas de muchas naciones, de que las invasiones biológicas son una plaga costosa con impactos asombrosos tanto en la biodiversidad como en la economía y la salud pública, por lo que es importante el desarrollo de políticas coherentes e integradas para mantener fuera del país a las especies invasoras, para encontrar y tratar de erradicar aquellas especies que a pesar de todo invaden, y para controlar y mantener en densidades lo más bajas posible aquellas invasiones que no podemos erradicar (Mendoza y Koleff, 2014).

Referencias

- Bañón-Díaz, R. (2012). Introducción al estudio de las especies exóticas marinas. *Galicia. Revista Gallega dos Recursos Mariños* (Monog), 3, 1-67.
- Benedictow, O. J. (2005). The black death. The greatest catastrophe ever. *History Today*, 55(3), 42-49.
- CABI (2017). *Invasive species compendium*. CAB International. Disponible en: www.cabi.org/isc
- Convenio de Diversidad Biológica (CBD) (2010). COP 6, Decisión VI/23: Especies exóticas que amenazan a los ecosistemas, los hábitats o las

- especies. Recuperado en julio de 2010 de <http://www.cbd.int/decision/cop/?id=7197>
- Convenio de Diversidad Biológica (CBD) (2011). Aichi Biodiversity Targets. Recuperado de <https://www.cbd.int/sp/targets/>
- Cohen, A. N. y Carlton, J. T. (1998). Accelerating invasion rate in a highly invaded estuary. *Science*, 279(5350), 555.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio) (2010). *Estrategia Nacional sobre Especies Invasoras en México*. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- DAISIE (2017). European invasive alien species gateway. Disponible en: <http://www.europe-aliens.org/>.
- Donaldson, J. E., Hui, C. *et al.* (2014). Invasion trajectory of alien trees: The role of introduction pathway and planting history. *Global Change Biology*, 20, 1527–1537.
- Hulme, P. (2009). Trade, transport and trouble: Managing invasive species pathways in an era of globalization. *Journal Applied Ecology*, 46, 10-18.
- Hulme, P. E., Bacher, S. *et al.* (2008). Grasping at the routes of biological invasions: A framework for integrating pathways into policy. *Journal of Applied Ecology*.
- Isard, S. A., Gage, S. H. *et al.* 2005. Principles of the atmospheric pathway for invasive species applied to soybean rust. *Bioscience*, 55(10), 851-861.
- ISSG (2015). Global invasive species database. IUCN. Invasive Species Specialist Group. Recuperado en mayo de 2017 de <http://www.issg.org/database/welcome/>.
- Keller, R. P., Lodge, D. M. *et al.* (2009). Bioeconomics of invasive species. *Integrating Ecology, Economics, Policy, and Management*. Oxford.
- Margolis, M., Shogren, J. F. y Fischer, C. (2005). How trade politics affect invasive species control. *Ecological Economics*, 52, 305-313.
- Mendoza, R. y Koleff, P. (2014). *Especies acuáticas invasoras en México*. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- Mendoza, R. E., Luna, S. *et al.* (2014a). Análisis de vías de introducción: especies acuáticas invasoras en el Golfo de México. En R. Mendoza

- y P. Koleff, *Especies acuáticas invasoras en México*. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- Mendoza, R., Ramírez-Martínez, C. *et al.* (2014b). Principales vías de introducción de las especies exóticas. En R. Mendoza y P. Koleff, *Especies acuáticas invasoras en México*. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- Pimentel, D., McNair, S. *et al.* (2001). Economic and environmental threats of alien plant, animal and microbe invasions. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 84, 1-20.
- SBSTTA-CBD (2014a). *Pathways of introduction of invasive species, their prioritization and management*. Montreal: UNEP, CBD, SBSTTA.
- SBSTTA-CBD (2014b). *Analysis of pathways for the introduction of invasive alien species: Updates*. Montreal: UNEP, CBD, SBSTTA.
- Schmid, B. V., Büntgen, U. *et al.* (2015). Climate-driven introduction of the Black Death and successive plague reintroductions into Europe. *PNAS*, 112(10), 3020-3025.
- Tinlgey, R., García-Díaz, P., Rocha-Arantes, C. R. y Cassey, P. (2017). Integrating transport pressure data and species distribution models to estimate invasion risk for alien stowaways. *Ecography: Patterns and Process in Ecology*, (37).
- Wikicommons (2017). Spread of bubonic plague in medieval Europe. dtv-Atlas zur Weltgeschichte. 528px-Bubonic_plague-en.svg, Wikimedia Commons. 528x599.
- Wittenberg, R. y Cock, M. J. W. (2001). Invasive alien species. A toolkit of best prevention and management practices. C. International. Wallingford, Oxon, UK, 254.

5. Oportunidades de mejoras legislativas y normativas para la prevención y manejo de invasiones de plantas en México

*Francisco Javier Espinosa García**

Resumen

El objetivo de este trabajo es mostrar la necesidad de mejoras legislativas y reglamentarias usando invasiones causadas por plantas invasoras emblemáticas. El caso de la enredadera negra (*Polygonum convolvulus*) ejemplifica problemas de prevención y de detección y erradicación tempranas, que se discuten en relación a las listas de especies reglamentadas de Sagarpa y Semarnat. El caso de la caminadora (*Rottboellia cochinchinensis*) es otro ejemplo que muestra problemas de detección y erradicación temprana, y además, de contención. Los casos del zacate buffel (*Cenchrus ciliaris*) y otros pastos forrajeros ilustran la falta de coordinación entre dependencias oficiales para el manejo de plantas útiles, como las forrajeras, que dañan la biodiversidad y la regeneración de la vegetación natural. Por último, las invasiones de lirio acuático (*Eichhornia crassipes*), una de las plantas invasoras más dañinas del mundo, muestran la necesidad de atender las invasiones de manera integrada, que debe considerar al ambiente invadido, la maleza invasora y la actividad humana. Las principales áreas de oportunidad de mejora legislativa identificadas son: *a*) mejora en los análisis de riesgo con la inclusión de modelos de distribución potencial; *b*) necesidad de reconocimiento de que el riesgo potencial de

* Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Campus Morelia. Correo electrónico: espinosa@cieco.unam.mx

una especie se encuentra en su identidad biológica más que en el país o región de donde podría ser importada a México; *c*) crear los mecanismos legales para facultar a los inspectores de las dependencias en la detección y el reporte de especies invasoras reguladas por normas aplicadas por otras dependencias; *d*) ya que los caminos y ferrocarriles son vías de diseminación accidental de especies invasoras, facultar a la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) y a sus equivalentes estatales para poner en práctica programas que lleven a la vigilancia de caminos y vías férreas para impedir la diseminación de especies invasoras, previniendo su introducción a través de maquinaria contaminada; *e*) legislar para que la construcción de embalses o presas incluya planes de manejo para evitar la introducción de especies invasoras o su diseminación a otros cuerpos de agua; y *f*) impedir que la especie invasora se vuelva un negocio, o si ya lo es, evitar el fomento del uso o propagación de la invasora por organizaciones públicas o privadas.

Introducción

Las plantas invasoras son especies introducidas en un país o región que causan daño a los ecosistemas o a los intereses humanos. Estas especies pueden reducir la abundancia local de las especies e incluso eliminar a algunas; también pueden alterar la composición genética de especies nativas al cruzarse con ellas y a veces producir híbridos que se vuelven malezas (Espinosa y Sarukhán, 1997).

Casi siempre las plantas invasoras forman agrupaciones densas que excluyen a la mayoría de las especies nativas. Al formar estas agrupaciones, las plantas invasoras también afectan a servicios ecosistémicos, como la provisión de agua, el control de erosión, la provisión de agentes de control biológico, la polinización o las áreas de recreación (Mack *et al.*, 2000).

Otras especies de plantas invasoras causan severos daños económicos al reducir, y a veces eliminar, la productividad de los sistemas agroalimentarios, ya sea directamente al competir con cultivos y forrajes, al afectar la cosecha o la salud de los cultivos y animales, o indirectamente por el costo del control químico, mecánico o biológico. Por ejemplo, en 2005 se calculó un costo anual de 34,660 millones de dólares para

el manejo y la prevención de las plantas invasoras en Estados Unidos (Pimentel *et al.*, 2005). Desgraciadamente no contamos con este tipo de estimaciones para México, pero es muy factible que el costo también sea alto (Espinosa-García *et al.*, 2009).

Las plantas invasoras se encuentran reguladas en México por un marco legal en el que participan acuerdos o tratados internacionales sobre fitosanidad, comercio y biodiversidad, y leyes, reglamentos y normas mexicanas competencia de la Sagarpa (Secretaría de Agricultura, Gananería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación) y la Semarnat (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales).

Una de las oportunidades de mejoras legislativas es una definición de “planta invasora” que sea útil para ecosistemas naturales y transformados (como agroecosistemas o ecosistemas urbanos), que incluya a las plantas exóticas dañinas y potencialmente dañinas. El manejo y la regulación de las plantas exóticas invasoras requiere de una definición operativa aceptada por todos los interesados. Sin embargo, hay varias acepciones para este concepto en el ámbito académico (Richardson *et al.*, 2000; Blackburn *et al.*, 2014; Espinosa-García y Villaseñor-Ríos, 2017) y en el de las dependencias gubernamentales.

Este trabajo propone una combinación de conceptos definidos legalmente por la Ley General de Vida Silvestre (LGVS) (DOF, 2016b) y por la Ley Federal de Sanidad Vegetal (LFSV) (DOF, 2011). La LGVS especifica:

Especie exótica invasora: Es aquella especie o población que no es nativa, que se encuentra fuera de su ámbito de distribución natural, que es capaz de sobrevivir, reproducirse y establecerse en hábitat y ecosistemas naturales y que amenaza la diversidad biológica nativa, la economía o la salud pública.

Para la LFSV las plantas invasoras son consideradas plagas exóticas. Esta ley especifica:

Plaga: Forma de vida vegetal o animal o agente patogénico, dañino o potencialmente dañino a los vegetales;

Plaga Cuarentenaria: Plaga de importancia económica potencial para el área en peligro aún cuando la plaga no existe o, si existe, no está extendida y se encuentra bajo control oficial;

Plaga no Cuarentenaria Reglamentada: Plaga cuya presencia en semillas y material propagativo para plantación, influye en el uso de este material, con repercusiones económicamente inaceptables y por lo tanto, está regulada en el territorio de la parte contratante importadora;

Plaga Exótica: La que es originaria de otro país.

La combinación de los conceptos de “especie exótica invasora” de la LGVS y de “plaga exótica” de la LFSV es necesaria porque el primero sólo incluye a especies que son amenazas y que ya se encuentran fuera de su ámbito original; mientras que el concepto de “plaga” de la LFSV incluye que la especie sea dañina o potencialmente dañina en los ecosistemas agropecuarios. Así, la definición de “especie invasora” propuesta y usada en este trabajo es: especie exótica que es capaz de sobrevivir, reproducirse y establecerse fuera de su ámbito de distribución original en hábitats y ecosistemas naturales o transformados y que daña o amenaza la diversidad biológica, la economía o la salud pública.

La LGVS se ocupa de todas las plantas que crecen de manera silvestre y requieren que su aprovechamiento o recolección con fines científicos se haga con un permiso oficial, y por las últimas modificaciones a la ley, que la autorización sea por escrito de parte del o los dueños de los predios donde crecen. Este requerimiento imposibilita en la práctica investigaciones sobre distribución y función de especies en las áreas donde crecen, además de que dificulta la recolección de especies exóticas que escaparon de cultivo o que se establecieron recientemente en el país.

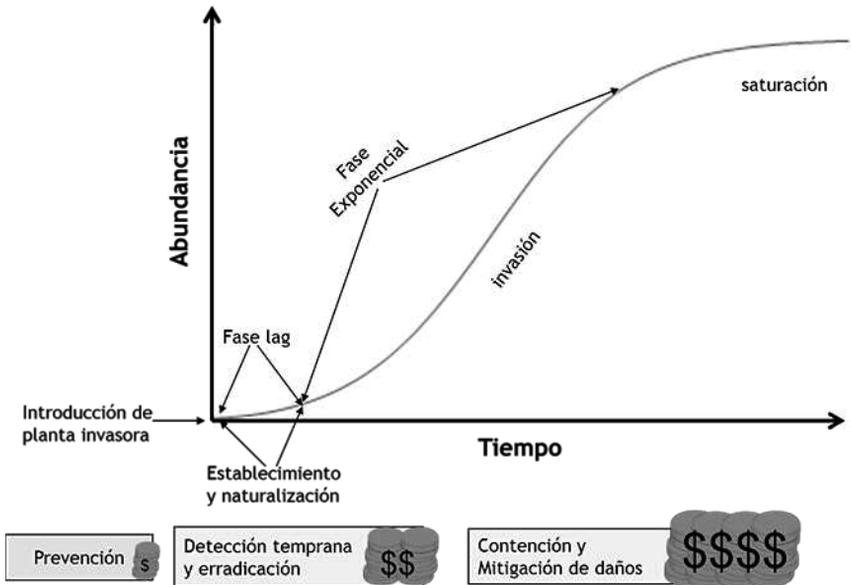
El concepto de “plaga” de la LFSV implica que un organismo no es deseado y por tanto debería ser eliminado o controlado. Para la LGVS el mismo organismo es una especie silvestre cuyo manejo o recolección necesita de un permiso. Aunque en el reglamento de la LGVS se define “especie invasora”, en la práctica es imposible identificar si una especie introducida asilvestrada recién llegada o naturalizada va a representar una amenaza. Es necesario un ajuste y una armonización en las definiciones legales para que se permita la protección de ecosistemas naturales y manejados junto con la protección oportuna de la sanidad de los sistemas agro-silvo-pastoriles y de la salud humana.

Las especies de plantas invasoras exitosas superaron una serie de filtros ambientales que iniciaron desde el lugar donde se exportaron hasta su naturalización en México y su expansión en el territorio nacional. Al

principio, las plantas o propágulos que logran sobrevivir al transporte entre el lugar de origen y el de destino, si no son interceptadas en puerto, llegan al país y sólo una pequeña fracción de ellas logra establecerse (Figura 1). Nuevamente, otra pequeña fracción de las establecidas logra formar al menos una población viable que durante muchos años (20 en promedio para hierbas y 130 para árboles) persiste en una o pocas localidades sin que haya nuevas poblaciones; ésta es la llamada “fase lag” o “estacionaria” (Figura 1) (Aikio *et al.*, 2010). Después de esta fase, una pequeña fracción de las especies naturalizadas comienza una fase exponencial en la que invade ambientes compatibles con sus requerimientos hasta que los satura. Los daños económicos y ambientales se incrementan en la fase exponencial y llegan al máximo en la fase de saturación.

Las intervenciones de manejo son mucho menos costosas en la prevención que en la detección y erradicación temprana (viable en la fase lag), que en la contención y mitigación de daños, donde los costos son extremadamente altos (Figura 1). Por tanto, el marco legal que regula a

Figura 1. Fases en invasiones de plantas y costos asociados a la prevención y manejo de plantas invasoras



las plantas invasoras debe incluir a especies que potencialmente podrían dañar al país, además de las que ya han entrado para permitir el manejo oportuno y menos costoso ambiental y económicamente.

A pesar de que la definición de “plaga exótica” en la LFSV incluye a las malezas (equivalente a plantas invasoras), la normatividad vigente sobre plagas incluye 17 Normas Oficiales Mexicanas (NOM) o Proyectos de NOM (Anexo 1), pero sólo incluye dos que se refieren específicamente a malezas. La mayoría de las NOM que no se refieren a malezas responde a emergencias fitosanitarias causadas por fitopatógenos o insectos plaga, cuya fase lag es muy corta o nula. En contraste, la fase lag de las malezas o plantas invasoras dura años, por lo que la expedición de NOM reactivas para malezas posiblemente nunca ocurra, pues cuando se detectan daños ya es muy tarde para tratar de erradicar a estas plantas.

El objetivo del presente trabajo es mostrar oportunidades de mejoras legislativas usando invasiones causadas por plantas invasoras emblemáticas. Este trabajo contribuye al desarrollo de la Estrategia Nacional sobre Especies Invasoras en México. Prevención, Control y Erradicación (Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras, 2010).

Varios de los casos ejemplifican oportunidades de mejora legislativa en distintas etapas de la prevención o manejo de las invasiones, por lo que este trabajo se organiza en la revisión de cada uno de los casos emblemáticos.

Enredadera negra o correhuela anual (*Polygonum convolvulus* L. [=*Fallopia convolvulus* (L.) Á. Löve])

Esta hierba anual de origen euroasiático es muy competitiva y causa daños a los cultivos en los que se encuentra; trepa y puede ahogar a los cultivos causando fuertes pérdidas en la cosecha. Es una maleza cuarentenaria de acuerdo a la NOM-043-FITO-1999 y ha invadido grandes áreas en Canadá, Estados Unidos, Argentina, Chile y Uruguay (Holm *et al.*, 1977).

Las primeras detecciones de esta especie en México datan de principios del siglo XX, aunque en ninguna de las localidades se observó el establecimiento de poblaciones permanentes de la enredadera. Se volvió a detectar en la década 1970-1980 en el Valle de México, donde no se

formaron poblaciones permanentes, y en la sierra de Arteaga, Coahuila, donde se naturalizó, pero sin extenderse a otras localidades (Espinosa-García, 1981).

Esta especie se detectaba frecuentemente en la década de 1990 en cargamentos de granos y semillas y ocasionalmente como contaminante en semillas para siembra. La normatividad vigente (NOM-028-FITO-1995) para granos y semillas no para siembra entre 1996 y 2006, especificaba tratamientos fitosanitarios para eliminar plagas y niveles de tolerancia en cuanto a las semillas de malezas contaminantes de los cargamentos. Esta norma se modificó de manera importante en 2006 y finalmente se anuló en 2012.

Hoy día se autorizan las importaciones de granos y semillas cuando se cumple con la exclusión de plagas contaminantes en los cargamentos, con la particularidad de que hay una lista de plagas a excluir que están presentes en el lugar de origen del cargamento. Así, si se va a importar trigo para harina del Uruguay, hay una lista de especies a evitar; si la importación es de Ucrania, la lista de plagas es otra. Se puede dar el caso de que los países de origen compartan plagas, pero que las plagas compartidas sólo aparezcan en la lista de un país. Quienes hicieron esta regulación deberían tener en cuenta que es más fácil inferir el daño potencial de una plaga por su identidad biológica que por el lugar en que crece en el extranjero.

No se sabe si la modificación de la NOM-028-FITO causó un aumento en las introducciones accidentales de la enredadera negra, pero en 2007 se detectaron 68 infestaciones de enredadera negra en trigo y cebada en el Bajío guanajuatense, de tal manera que en 2008 se estableció la primera campaña fitosanitaria oficial dirigida a malezas cuarentenarias (Vibrans y Delgado, 2011). Aunque se logró reducir de manera significativa la abundancia de enredadera negra en Guanajuato, aún no se logra la erradicación. Además, esta especie se ha detectado en otras zonas y ya se han diseñado campañas contra *Polygonum convolvulus* en otros estados.

El caso de la enredadera negra ilustra fallas en la detección y erradicación tempranas. Aunque *P. convolvulus* fue incluida en la NOM-043-FITO-1999 y en la anulada NOM-028-FITO-1995, la falta de una estructura o programa oficial dedicada a la vigilancia y detección y erradicación tempranas de especies recién introducidas a México permitió que la enredadera negra y muchas otras especies formaran poblaciones nuevas y

se diseminaran sin problema. Este es el caso de la caminadora, *Rottboellia cochinchinensis*, y la manzanilla de campo, *Senecio inaequidens*, entre muchas otras especies.

Hasta ahora la mayoría, si no es que todas las detecciones de nuevas especies de plantas introducidas las han hecho académicos cuyas prioridades de investigación son diferentes a la detección de nuevas invasoras (Espinosa-García y Villaseñor-Ríos, 2017). Se estima que en promedio 13 especies introducidas se detectan cada año (Espinosa-García y Villaseñor-Ríos, 2017), por lo que urge sentar las bases legales para establecer programas de detección y erradicación tempranas en donde participen coordinadamente la SCT, la Sagarpa y la Semarnat en colaboración con la Conabio e instituciones de educación superior.

En cuanto a la prevención, tanto la Sagarpa y la Semarnat tienen listas de malezas cuarentenarias o de especies de plantas invasoras cuya entrada al país está prohibida (DOF, 2000, 2016a). Sin embargo, cada secretaría actúa dentro del ámbito de acción que la ley le permite, o se ocupa de las especies que amenazan a las actividades agropecuarias o de las que amenazan la biodiversidad y las zonas naturales protegidas. El problema es que muchas de las especies no deseadas pueden afectar a los ecosistemas naturales y a los manejados, por lo que sería deseable que hubiera mecanismos legales que ampliaran el ámbito de acción de ambas secretarías para que se coordinaran en la prevención de la entrada de especies peligrosas para México.

Caminadora (*Rottboellia cochinchinensis* [Lour.] Clayton [= *Rottboellia exaltata* L. f.]

Este pasto anual originario de Asia tropical es una de las peores malezas del mundo (Holm *et al.*, 1977) y es una especie cuarentenaria. Afecta severamente cultivos anuales y perennes en áreas tropicales y subtropicales. Se piensa que fue introducida a México de manera accidental como contaminante en semilla de arroz en la frontera de Tabasco y Campeche en 1982. Desde entonces se ha diseminado ampliamente y ahora se encuentra en todos los estados del Golfo de México, además de Yucatán, Quintana Roo, Chiapas, Oaxaca, Puebla, Morelos y Colima (DGSV-CNRF, 2016). El mapa de distribución potencial y la distribución registrada in-

dican que a la caminadora le falta territorio por ocupar, principalmente en la vertiente del Pacífico (Figura 2).

Desde 2011 la Sagarpa inició campañas oficiales en varios estados mexicanos para contener y reducir la densidad de la caminadora, pero esta especie se sigue diseminando y la contención no ha sido efectiva.

El caso de la caminadora ilustra fallas en la detección y erradicación tempranas al igual que en los programas de contención. Las campañas oficiales contra la caminadora se llevan a cabo a través de los comités estatales de sanidad vegetal, por lo que cada estado recibe recursos y los maneja para la campaña. El problema es que no todos los estados invadidos por la caminadora desarrollan campañas, reduciéndose así la efectividad en la contención de la especie invasora. Sería deseable obtener directrices legales que coordinaran a los estados en la lucha contra las plantas invasoras. Otro problema que limita la efectividad de las campañas

Figura 2. Mapa de distribución potencial de la caminadora (*Rottboellia cochinchinensis*) elaborado con el algoritmo GARP

Las áreas oscuras representan la distribución potencial y los puntos negros indican las localidades donde se recolectaron ejemplares de la caminadora.



Fuente: Mapa elaborado por Jacqueline Mena Correa y Francisco J. Espinosa-García.

es que la caminadora se disemina por los caminos, corrientes de agua, maquinaria y vehículos. Además, ocupa áreas que no se incluyen en las campañas, las que se concentran en las superficies cultivadas. En los estados donde no hay campaña, los agricultores se encargan de controlar a la caminadora en sus predios únicamente, pero los terrenos se vuelven a infestar desde predios o caminos vecinos, o a partir de las semillas de caminadora que persisten en el suelo.

La raíz de todos estos problemas está en el modelo individualista (Espinosa-García y Vibrans, 2009) para el manejo o combate de todas las malezas y otras plagas en los sistemas agropecuarios. Este modelo propicia falta de coordinación para el manejo efectivo de las malezas en todas las escalas, por lo que es necesario modificarlo. ¿Será posible que la legislación coadyuve a la modificación y puesta en marcha de un nuevo modelo de manejo de plagas?

Las 700 o 750 especies exóticas silvestres que se estima ya están en México (Espinosa-García y Villaseñor-Ríos, 2017) y el alto costo de su manejo requieren que se les clasifique según el riesgo o daño que representan, para que se seleccione a las especies que es necesario atender con urgencia y a las que pueden esperar. La clasificación de riesgo o amenaza debe considerar a los ambientes invadidos y por invadir, la actividad humana y las características de las especies exóticas. Las dos herramientas para la clasificación están en los análisis de riesgo y en el análisis de vulnerabilidad del territorio a las invasiones.

En México contamos con un modelo de vulnerabilidad del territorio a invasiones de plantas (Figura 3) (Del-Val *et al.*, 2015); este modelo puede ser muy útil para dar prioridad a las áreas que requieren de mayor vigilancia para detectar y manejar a las especies problemáticas. En este caso no es claro si es necesaria la intervención legislativa para promover el uso de este tipo de modelos de vulnerabilidad, pero la discusión del asunto entre las autoridades y los legisladores podría determinarlo.

Los análisis de riesgo usados por instancias oficiales generalmente se aplican a especies que aún no ingresan a México, pero estos instrumentos también son muy útiles para el manejo de las especies que ya están en el país. Por ejemplo: el análisis de riesgo acoplado con un modelo de distribución potencial puede ayudar a clasificar la peligrosidad de la especie; identificar las áreas susceptibles que aún no se colonizan para evitar la entrada de la especie invasora; identificar áreas clave para contener

Figura 3. Modelo de riesgo de vulnerabilidad a invasiones (*invasibility*) de plantas para México

Las áreas más oscuras tienen mayor riesgo de ser invadidas que las áreas más claras



Fuente: Del-Val *et al.*, 2015.

a la especie; e identificar las áreas con ocupación incipiente donde aún es viable la detección y erradicación tempranas. Una intervención legislativa o reglamentaria podría requerir la integración de los análisis de riesgo con la modelación de distribución potencial.

**Plantas invasoras dañinas y útiles a la vez:
Los casos del zacate buffel (*Cenchrus ciliaris* L.
[=*Pennisetum ciliare* [L.] Link.) y otros pastos forrajeros**

Uno de los retos de manejo y legislación más difíciles está representado por las plantas invasoras nocivas que son aprovechadas por un grupo de

personas e incluso fomentadas por gobiernos estatales o el federal. Los pastos invasores introducidos como forrajeros aumentan la productividad ganadera, pero escapan del cultivo y se extienden a la vegetación natural reduciendo la biodiversidad o eliminando la vegetación nativa e impidiendo su regeneración (Búrquez, 2007).

El zacate buffel pertenece al grupo de pastos favorecidos por el fuego, pues rebrotan después del incendio y ocupan las áreas donde crecía la vegetación nativa que se quemó. Estos pastos forman parte del ciclo pernicioso pasto-fuego-pasto que impide la regeneración de la vegetación natural y degrada a la larga a los ecosistemas donde ocurre el ciclo (D'Antonio y Vitousek, 1992). En zonas áridas, el buffel aumenta la cantidad de cabezas de ganado por hectárea comparada con las que se mantienen en la vegetación natural (Búrquez, 2007). Sin embargo, elimina la vegetación natural por competencia por agua, propicia la erosión en pendientes y reemplaza a la vegetación natural quemada por los incendios del zacate buffel.

Aunque los ganaderos están satisfechos con la expansión del zacate buffel, la creciente pérdida de vegetación natural y la biodiversidad que conlleva tiene alarmados a los conservacionistas. A pesar del conflicto, el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) estimula el uso del buffel y, a través de la Fundación Produce, genera variedades “mejoradas” de buffel para extender su cultivo (véase <http://www.fps.org.mx/portal/index.php/notas/1473-variedades-de-buffel-en-condiciones-de-temporal>). Éste no es el primer caso donde una dependencia de gobierno introduce o promueve el uso de especies invasoras sin un análisis de riesgo adecuado que tome en cuenta a la biodiversidad nativa y al daño potencial a los ecosistemas.

Si bien la intención de incrementar la producción agropecuaria es loable, el incremento no se puede hacer a costa de la sustentabilidad de los ecosistemas y de los servicios que proveen. Una intervención legislativa sería importante para asegurar que no se introduzcan especies útiles que se vuelvan invasoras; o bien, una vez que una especie invasora es negocio para un sector social, impedir el fomento del uso o propagación de la invasora por cualquier organización pública o privada.

Lirio acuático o jacinto de agua **(*Eichhornia crassipes* [C. Mart.] Solms.)**

Ésta es una de las plantas invasoras más dañinas del mundo (Holm *et al.*, 1977) y, sin duda, la más dañina en México. Es una especie originaria de Brasil, introducida a México a finales del siglo XIX como abono verde para chinampas y posiblemente también como alimento de peces y como ornamental (Cervantes Sánchez y Rojas Raviela, 2000). El lirio se introdujo primero en Xochimilco y en el Valle de Toluca, de donde se diseminó por el río Lerma y llegó a Chapala; ahí se consideró plaga desde 1907 (Cervantes Sánchez y Rojas Raviela, 2000). Después se introdujo intencional o accidentalmente en muchos cuerpos de agua donde se propagó rápidamente por medio de fragmentos y semillas. En 1999 estaba en cuerpos de agua de todo el país, excepto en los de Baja California Sur, Chihuahua, Zacatecas, Tlaxcala y Yucatán (Miranda-Arce y Lot-Helgueras, 1999).

A pesar de haberse reconocido el lirio acuático como plaga desde 1907, y que aparentemente hubo un intento de prohibir su venta, todavía es posible comprar plantas vivas con sus vistosas flores por medio de internet o a vendedores ambulantes. El reglamento de la LGVS prohíbe la liberación de especies invasoras a hábitats o ecosistemas naturales. Sería deseable una enmienda en la que se prohibiera su comercialización dentro de México y también su introducción a ecosistemas manejados o perturbados por humanos. Esta enmienda es necesaria porque las especies invasoras no reconocen fronteras políticas, delimitaciones administrativas o áreas naturales o protegidas.

El lirio forma agrupaciones flotantes muy densas que impiden o dificultan la navegación, reducen la entrada de luz solar al cuerpo de agua y a la cantidad de oxígeno disuelto en el agua. Además, el lirio transpira grandes cantidades de agua reduciendo el nivel acuífero. Todos estos efectos causan grandes pérdidas económicas (Cuadro 1) que se cuantificaron por primera y única vez por Pérez-Panduro (1998); es deseable una actualización que también incluya los costos sobre la salud humana (el lirio alberga mosquitos transmisores de enfermedades) y los costos ambientales.

El lirio acuático prospera en cuerpos de agua perturbados, principalmente aquellos donde abundan nitrógeno y fósforo, esto es, los

Cuadro 1. Pérdidas económicas causadas por infestaciones de lirio acuático en cuerpos de agua en México

<i>Concepto de pérdida</i>	<i>Millones de pesos anuales</i>	
	<i>En Sinaloa</i>	<i>En todo el país</i>
Valor de las cosechas nulificadas por la evapotranspiración del lirio.	350	3,000
Valor de las cosechas nulificadas por la infiltración ocasionada por el lirio.	105	1,000
Gasto por control químico o mecánico del lirio.	20	300
Cuotas no cobradas por el agua que consume o infiltra el lirio.	10	82
Ingresos o salarios perdidos en el sector pesquero y turístico por presencia del lirio en grandes embalses	10	120
Pérdida total anual.	495	4,502

Fuente: Pérez-Panduro, 1998.

eutroficados. Aunque desde la época porfiriana se ha intentado toda clase de métodos de control, el lirio sigue siendo un gran problema. Muchos de los intentos de control fracasaron porque no se tomó en cuenta el estado de perturbación del ambiente (el cuerpo de agua en este caso).

En muchos sistemas invadidos, la eliminación de las fuentes de perturbación es determinante en el control de la planta invasora. Por ejemplo, el tamarisco o pino salado (*Tamarix chinensis* Lour. [= *T. ramosissima* Ledeb.]) invade riveras de ríos donde se alteró el régimen hídrico; mientras la alteración persista, el tamarisco persistirá eliminando a la vegetación nativa. Si la alteración se revierte, entonces la vegetación nativa desplazaría al tamarisco.

Así, es esencial usar métodos de control integrales que tomen en cuenta el ambiente invadido revirtiendo el régimen de perturbación y tomando medidas de restauración. Si la normatividad sobre manejo de invasoras no incluye el uso de medidas integrales que deben considerar al ambiente invadido, entonces aquí se encuentra otra oportunidad de mejora normativa para el manejo de invasoras.

El lirio acuático es la planta invasora más estudiada en México, ya sea para controlarla o para tratar de aprovecharla (Espinosa-García y

Villaseñor-Ríos, 2017). Para Maricela Martínez Jiménez, experta en lirio acuático, es prácticamente imposible erradicar a esta planta a escala nacional (Martínez Jiménez, 2004), pues se reproduce por fragmentos (como los dejados por las máquinas de control mecánico) y por semillas que pueden durar varios años en el fondo del cuerpo de agua. Además, hay reintroducciones constantes a presas y lagos por avenidas de ríos o arroyos contaminados con lirio y las personas pueden introducir lirio que obtienen libremente.

Se han utilizado métodos químicos, mecánicos y biológicos para su control, pero ninguno de ellos ha funcionado a largo plazo. Los métodos de control desintegrados no han funcionado en ocasiones por conflictos de interés (cuando los métodos de control se vuelven negocios particulares). Por ejemplo, el control biológico por medio de unos insectos llamados *neoquetinos*, junto con hongos patógenos de lirio, puede ser exitoso a largo plazo, pero requiere de tiempo que permita el establecimiento y crecimiento de la población de insectos en las aguas infestadas por lirio. Si el control mecánico, que es un remedio temporal y requiere aplicarse nuevamente en pocos meses, es negocio de un particular, entonces es conveniente para los del control mecánico sabotear al control biológico para que su negocio continúe.

La doctora Martínez considera que la densidad del lirio puede reducirse de manera considerable con programas que incluyan varios tipos de control integrados (Martínez Jiménez y Gómez Balandra, 2007) con manejo para la reducción de la eutroficación de los cuerpos de agua. Estos programas funcionarían si no hubiera conflictos de interés.

El lirio acuático se ha usado como abono verde y se ha propuesto para capturar metales pesados y plaguicidas en aguas contaminadas, para fabricación de carbón activado y para fabricación de biocombustibles (Espinosa-García y Villaseñor-Ríos, 2017). Ninguna de estas, ni otras, propuestas de uso se han establecido de manera rentable, pero si alguna de ellas fuera exitosa, entonces se crearía una demanda sostenida por lirio acuático que se opondría a la mitigación o el control de daños que producen las plantas invasoras. Se necesitaría un análisis de costo-beneficio muy cuidadoso e incluyente de los costos ambientales y en la salud humana para determinar si el uso del lirio acuático puede ponerse en práctica de manera amplia evitando o mitigando sus impactos negativos (véase capítulo de instrumentos económicos).

Como medida preventiva, lo mejor sería que en casos de otras plantas invasoras, no se promoviera su uso ni se introdujeran plantas potencialmente invasoras útiles sin un análisis de riesgo integral y con uno de costo-beneficio, como el mencionado para el uso del lirio acuático. Como ocurre con el caso de los pastos forrajeros invasores, aquí también se encuentra una oportunidad de mejora legislativa.

Consideraciones finales

Las invasiones biológicas de plantas representan un reto creciente por el ingreso constante de especies potencialmente nocivas, el avance de las plantas naturalizadas, las invasiones actuales que debemos controlar y mitigar, y por la creciente transformación y perturbación en los ecosistemas causadas por humanos. Las especies invasoras actuales y potenciales, y los ambientes invadidos, se encuentran en cambio constante por la evolución biológica y por los ajustes ambientales constantes inducidos por el cambio global y la dinámica social. Así, nos enfrentamos a sistemas dinámicos que deben ser manejados de forma integral.

Un manejo integrado y dinámico de las invasiones biológicas exitoso debe oponerse al modelo de manejo individualista. Además, todos los afectados por las invasiones, los que las propician, consciente e inconscientemente, y los encargados de su prevención y manejo, deben involucrarse en esta labor. Para que todo esto funcione, necesitamos una legislación integral y dinámica que facilite el trabajo conjunto de todos los involucrados.

Varias oportunidades de mejora legislativa se identificaron en este trabajo. La puesta en marcha de ellas individualmente sería una contribución bienvenida, pero su ejecución conjunta en un esquema integral optimizaría la prevención y el manejo de las invasiones biológicas de plantas.

Referencias

Aikio, S., Duncan, R. P. y Hulme, P. E. (2010). Lag-phases in alien plant invasions: Separating the facts from the artefacts. *Oikos*, (119), 370-378.

- Blackburn, T. M., Essl, F., Evans, T., Hulme, P. E., Jeschke, J. M., Kühn, I., Kumschick, S., Marková, Z., Mrugala, A. y Nentwig, W. (2014). A unified classification of alien species based on the magnitude of their environmental impacts. *PLoS Biol*, (12), e1001850.
- Búrquez M., A. (2007). Zacate buffel: transformación ecológica y social. *Biodiversitas*, (74), 8-12.
- Cervantes Sánchez, J. M. y Rojas Raviela, T. (2000). Introducción del lirio acuático (*Eichhornia crassipes*) a México durante el porfiriato. *Quiipu*, (13), 177-190.
- Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras (2010). *Estrategia Nacional sobre Especies Invasoras en México. Prevención, control y erradicación*. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Comisión Nacional de Áreas Protegidas, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- D'Antonio, C. M. y Vitousek, P. M. (1992). Biological invasions by exotic grasses, the fire cycle and global change. *Annual Review of Ecology and Systematics*, (23), 63-87.
- Del-Val, E., Balvanera, P., Castellarini, F., Espinosa-García, F. J., Murguía, M. y Pacheco, C. (2015). Identifying areas of high invasion risk: A general model and an application to Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, (86), 208-216.
- Dirección General de Sanidad Vegetal (DGSV-CNRF) (2016). Caminadora, cebada fina, gramínea corredora. *Rottboellia cochinchinensis* (Loureiro) W. D. Clayton. Dirección General de Sanidad Vegetal-Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria, Sagarpa.
- Diario Oficial de la Federación* (DOF) (2000). NOM-043-FTTO-1999 Especificaciones para prevenir la introducción de malezas cuarentenarias a México. México: Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 3 de enero.
- Diario Oficial de la Federación* (DOF) (2011). Ley Federal de Sanidad Vegetal. Última Reforma 16-11-2011. México: Congreso General de los Estados Unidos Mexicanos. 16 de noviembre.
- Diario Oficial de la Federación* (DOF) (2016a). Acuerdo por el que se determina la Lista de las Especies Exóticas Invasoras para México. México: Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. 7 de diciembre.

- Diario Oficial de la Federación* (DOF) (2016b). Ley Federal de Vida Silvestre. Última Reforma 19-12-2016. México: Congreso General de los Estados Unidos Mexicanos.
- Espinosa-García, F. J. (1981). Adiciones a la flora arvense del Valle de México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, (41), 27-32.
- Espinosa-García, F. J. y Vibrans, H. (2009). The need of a national weed management strategy in Mexico. En T. Van Devender, F. J. Espinosa-García, B. L. Harper-Lore y T. Hubbard (eds.), *Invasive plants on the move. Controlling them in North America* (pp. 23-32). Tucson, Arizona: Arizona-Sonora Desert Museum.
- Espinosa-García, F. J. y Villaseñor-Ríos, J. L. (2017). Biodiversity, distribution, ecology and management of non-native weeds in Mexico: A review of the research in Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*.
- Espinosa-García, F. J., Villaseñor, J. L. y Vibrans, H. (2009). Biodiversity, distribution, and possible impacts of exotic weeds in Mexico. En T. Van Devender, F. J. Espinosa-García, B. Harper-Lore y T. Hubbard (eds.), *Invasive plants on the move. Controlling them in North America* (pp. 43-52). Tucson, Arizona: Arizona-Sonora Desert Museum.
- Espinosa-García, F. J. y Sarukhán, J. (1997). *Manual de malezas del Valle de México*. México: Universidad Nacional Autónoma de México/Fondo de Cultura Económica.
- Holm, L. G., Plucknett, D. L., Pancho, J. V. y Herberger, J. P. (1977). *The world's worst weeds*. Honolulu, Estados Unidos: University Press of Hawaii.
- Mack, R. N., Simberloff, D., Lonsdale, W. M., Evans, H., Clout, M. y Bazzaz, F. A. (2000). Biotic invasions: Causes, epidemiology, global consequences, and control. *Ecological Applications*, (10), 689-710.
- Martínez Jiménez, M. (2004). Progresos en el manejo del jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*). En R. Labrada (ed.). *Manejo de malezas para países en desarrollo (Addendum I)*. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- Martínez Jiménez, M. y Gómez Balandra, M. A. (2007). Integrated control of *Eichhornia crassipes* by using insects and plant pathogens in Mexico. *Crop Protection*, (26), 1234-1238.
- Miranda-Arce, M. G. y Lot-Helgueras, A. (1999). El lirio acuático, ¿una planta nativa de México? *Ciencias*, (53), 50-54.

- Pérez-Panduro, A. (1998). Primera experiencia exitosa de control biológico de lirio acuático en México. *El Entomófago*, (8), 3-4.
- Pimentel, D., Zúñiga, R. y Morrison, D. (2005). Update on the environmental and economic costs associated with alien-invasive species in the United States. *Ecological Economics*, (52), 273-288.
- Richardson, D. M., Pyšek, P., Rejmanek, M., Barbour, M. G., Panetta, F. D. y West, C. J. (2000). Naturalization and invasion of alien plants: Concepts and definitions. *Diversity and Distributions*, (6), 93-107.
- Vibrans, H., y Delgado, J. C. (2011). A first attempt to eradicate a quarantined weed in Mexico: The example of *Polygonum convolvulus* in Guanajuato. En *Plant invasions: Policies, politics, and practices. Proceedings of the 2010 Weeds Across Borders Conference*, 1-4 June 2010, Bozeman, Montana: Montana State University, Center for Invasive Plant Management, National Conservation Training Center, Shepherdstown, West Virginia.

Anexo 1. Normas sobre plagas extraídas del *Catálogo de Normas Oficiales Mexicanas*

<i>Norma Oficial Mexicana</i>	<i>Fecha de publicación</i>	<i>Contenido de la norma</i>	<i>Observaciones</i>
PROY-NOM-042-FITO-1995	1995-11-22	Por la que se establecen los requisitos y especificaciones fitosanitarias para la importación y movilización nacional de plagas agrícolas y suelo.	Norma genérica, regula movilización de plagas con fines de investigación.
PROY-NOM-072-FITO-1995	1996-01-18	Por la que se establecen los requisitos, especificaciones y procedimientos fitosanitarios para el control biológico de malezas.	Control biológico de malezas.
NOM-011-FITO-1995	1996-09-24	Por la que se establece la cuarentena exterior para prevenir la introducción de plagas de los cítricos.	No contiene malezas.
NOM-010-FITO-1995	1996-11-18	Por la que se establece la cuarentena exterior para prevenir la introducción de plagas del plátano.	No incluye mención a malezas.
NOM-013-FITO-1995	1996-12-02	Por la que se establece la cuarentena exterior para prevenir la introducción de plagas del arroz (contiene modificación y aclaración).	No contiene malezas.
NOM-016-FITO-1995	1996-12-02	Por la que se establece la cuarentena exterior para prevenir la introducción de plagas de la caña del azúcar.	No contiene malezas.
NOM-017-FITO-1995	1996-12-05	Por la que se establece la cuarentena exterior para prevenir la introducción de plagas del trigo.	No contiene malezas.
NOM-018-FITO-1995	1996-12-10	Por la que se establece la cuarentena exterior para prevenir la introducción de plagas del maíz.	No contiene malezas.

NOM-019-FITO-1995	1996-12-10	Por la que se establece la cuarentena exterior para prevenir la introducción de plagas del café.	No contiene malezas.
NOM-014-FITO-1995	1996-12-20	Por la que se establece la cuarentena exterior para prevenir la introducción de plagas del algodónero.	No contiene malezas.
NOM-015-FITO-1995	1997-04-22	Por la que se establece la cuarentena exterior para prevenir la introducción de plagas del cocotero.	No contiene malezas.
NOM-026-FITO-1995	1997-09-10	Por la que se establece el control de plagas del algodónero.	No contiene malezas.
NOM-069-FITO-1995	1998-11-18	Para el establecimiento y reconocimiento de zonas libres de plagas.	No contiene malezas.
NOM-043-FITO-1999	2000-03-01	Especificaciones para prevenir la introducción de malezas cuarentenarias a México.	Malezas cuarentenarias.
NOM-025-FITO-2000	2000-06-12	Para el establecimiento de zonas bajo protección y zonas libres de plagas cuarentenarias de la papa.	No contiene malezas.
NOM-081-FITO-2001	2002-09-18	Manejo y eliminación de focos de infestación de plagas, mediante el establecimiento o reordenamiento de fechas de siembra, cosecha y destrucción de residuos.	No contiene malezas.
NOM-256-SSA1-2012	2013-01-29	Condiciones sanitarias que deben cumplir los establecimientos y personal dedicados a los servicios urbanos de control de plagas mediante plaguicidas.	Dedicado a instalaciones.

Fuente: <http://www.economia-noms.gob.mx/noms/consultaXNormaAction.do>

6. Especies exóticas invasoras que impactan ecosistemas forestales

Mayra Margarita Valdez Lizárraga,
Abel Plascencia González** y Alejandro de Felipe Teodoro****

Resumen

La finalidad del Programa de Sanidad de la Comisión Nacional Forestal (Conafor) es contribuir al mantenimiento de la sanidad y vitalidad de los ecosistemas forestales, para lo cual enfoca las acciones en disminuir la afectación de superficie forestal por incremento poblacional de agentes parasitológicos, los cuales son principalmente descortezadores, barrenadores, defoliadores, plantas parásitas y enfermedades. De la superficie forestal del país se estima que 96 millones de hectáreas de superficie forestal, correspondiente a cuatro ecosistemas (bosques, selvas, matorral xerófilo y otras áreas forestales), pueden ser sujetas a daños por algún agente causal y que dos millones de hectáreas están identificadas por estar dentro de algún nivel de riesgo de ataque por 16 diferentes especies de insectos o enfermedades nativas. Otro tipo de riesgo de afectación lo representan las especies de insectos o patógenos exóticos que de llegar a establecerse pudieran perjudicar algún tipo de vegetación forestal.

* Maestra en Conservación y Manejo Sustentable de Bosques por el Colegio de Postgraduados, Jefa del Departamento de Monitoreo y Control de Especies Invasoras, Conafor. Correo electrónico: mvaldez@conafor.gob.mx;

** Maestro en Ciencias por parte del Colegio de Postgraduados, Gerente de Sanidad, Conafor; Correo electrónico: abel.plascencia@conafor.gob.mx;

*** Ingeniero forestal por parte de la Universidad Autónoma de Chapingo; Correo electrónico: alejandro.defelipe@conafor.gob.mx

Introducción

Los bosques son recursos naturales que proporcionan una amplia gama de beneficios ambientales, económicos y sociales. México tiene una superficie forestal de 138 millones de hectáreas, ocupando el décimo primer puesto como país con elevada superficie arbolada (66,040 miles de hectáreas) (FAO, 2015; <http://www.fao.org/3/a-i4808s.pdf>). Las alteraciones de origen biótico (ej. especies exóticas invasoras) y abiótico (ej. cambio climático) pueden tener efectos adversos sobre el crecimiento y la supervivencia de las especies que los constituyen, así como en la calidad de los servicios que generan (productos maderables y no maderables, servicios ambientales, biodiversidad, etc.).

La Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio) especifica la presencia de 4,649 especies de árboles; de este total, la Norma Oficial 059 de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat) (2010) señala que 255 especies muestran dificultades en su sobrevivencia. La Conservación Internacional de Jardines Botánicos (BGCI, por su nombre en inglés) a través del sistema Global Tree Search señala que 146 especies de árboles se encuentran en los Apéndices de la CITES (BGCI, 2017).

Las especies nativas se encuentran de manera natural en una región como resultado de un largo proceso de adaptación a las condiciones ambientales existentes y del desarrollo de complejas interacciones con otras especies. Las especies exóticas invasoras son organismos que han sido transportados por medios naturales o por actividades humanas que llegan a establecerse fuera de su área de distribución natural (LGVS, 2010).

Las vías de introducción de estos organismos pueden ser: *a*) antropogénica o *b*) medios naturales (viento, huracanes, tormentas o corrientes marinas). El factor cambio climático puede exacerbar la dispersión y el establecimiento de especies exóticas con potencial invasor de acuerdo con la Estrategia Nacional de Especies Invasoras (Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras, 2010).

El presente documento resume los esfuerzos de la Conafor en colaboración con otras instituciones para atender las plagas y enfermedades exóticas forestales en México, enunciando las plagas de mayor importancia y los costos que implica su atención en México, así como sus puntos

de distribución geográfica de acuerdo con notificaciones de saneamiento emitidas por la Semarnat.

Conafor y especies exóticas forestales

Antecedentes

Las afectaciones por plagas y enfermedades forestales son de las principales causas de daño a los ecosistemas forestales y tienen su origen en un efecto combinado de incremento en las poblaciones de los insectos y patógenos, con una disminución de la resistencia natural de los bosques al ataque de plagas; y en ocasiones con el ingreso y la diseminación de especies exóticas invasoras (Programas Específicos de Intervención Institucional 2013, <http://www.conafor.gob.mx/web/temas-forestales/enaipros/>). A partir de la fundación de la Conafor en 2001, la atención de plagas y enfermedades forestales fue reorientada hacia las siguientes líneas de acción:

- Poner en marcha el mapeo aéreo para la alerta temprana de brotes de plagas y enfermedades forestales.
- Apoyar la aplicación de las medidas de tratamiento fitosanitario para el control de brotes de plagas y enfermedades forestales.
- Desarrollar paquetes tecnológicos para el control integrado de plagas y enfermedades forestales.
- Realizar análisis del potencial de diseminación nacional y el monitoreo de especies de riesgo.
- Fortalecer el monitoreo de plagas o enfermedades exóticas en puertos, aeropuertos, fronteras y áreas críticas de introducción y establecimiento de especies.

Desde su consolidación, la institución ha tenido registros de especies exóticas en los ecosistemas forestales nativos y plantaciones forestales del país; en particular, la Gerencia de Sanidad ha participado activamente en el diagnóstico y establecimiento de mecanismos de control de los siguientes organismos de mayor preocupación:

1. Cochinilla rosada (*Maconellicoccus birsutus*).
2. Defoliador de la teca (*Hyblaea puera*).
3. Roya de la teca (*Olivea tectonae*).
4. Palomilla del nopal (*Cactoblastis cactorum*).
5. Termita asiática (*Coptotermes gestroi*).
6. Psílido del eucalipto (*Glycaspis brimblecombei*).

En este contexto, la coordinación interinstitucional es clave para lograr acciones determinantes que llevan a la erradicación de un organismo. Tal es el caso de la palomilla del nopal (*Cactoblastis cactorum*), detectada en 2006 en Isla Mujeres, que gracias al trabajo coordinado de la Sagarpa, la Semarnat, la Conafor, la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (Conanp) y el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, por su nombre en inglés) logró ser erradicada de manera exitosa. Actualmente, México se encuentra libre de esta especie.

Otra especie cuyas poblaciones se mantienen controladas en México es el psílido del eucalipto (*G. brimblecombei*), insecto nativo de Australia detectado en México en 2003 y cuya normatividad (NOM-142-SEMARNAT-2003) fue revocada en 2015 debido a la acciones de control biológico llevadas a cabo por el gobierno federal y los gobiernos estatales.

México cuenta con 10 tratados de libre comercio firmados con 45 países, 32 acuerdos para la promoción y protección recíproca de las inversiones con 33 países, nueve acuerdos de alcance limitado (Acuerdos de Complementación Económica y Acuerdos de Alcance Parcial) en el marco de la Asociación Latinoamericana de Integración (ALADI) y es miembro del Tratado de Asociación Transpacífico (TTP, por su nombre en inglés). Este intercambio económico aumenta el riesgo de introducción antropogénica de organismos exóticos que impactan negativamente a los ecosistemas forestales mexicanos.

Actualmente, la Gerencia de Sanidad, en coordinación con el Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (Senasica) de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (Sagarpa), ha establecido acciones de monitoreo para la detección temprana de escarabajos ambrosiales en 13 entidades federativas, ya que han sido introducidos recientemente en el país y afectan a una gran variedad de especies. En el rubro de especies exóticas, ésta es

la primera acción preventiva que se establece de forma sistemática en el país, tal y como se explica más adelante.

Especies exóticas en ecosistemas forestales mexicanos

De acuerdo con la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (modificada el 10 de febrero de 2014), administrativamente las notificaciones de saneamiento y las alertas fitosanitarias emitidas por la Semarnat son la base para generar un listado de plagas exóticas presentes en territorio nacional. De acuerdo con este procedimiento, la Conafor tiene registradas sólo nueve especies para México (Cuadro 1):

Las especies mostradas en el Cuadro 1 cuentan con notificaciones de saneamiento emitidas por la Semarnat de acuerdo con el procedimiento administrativo señalado en el artículo 148 del Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable.

Cuadro 1. Lista de especies exóticas con alerta fitosanitaria

<i>Nombre común</i>	<i>Nombre científico</i>	<i>Observaciones</i>
Termita asiática	<i>Coptotermes gestroi</i> (Wasmann)	Insecta/Isoptera/Rhinotermitidae. Nativa de Asia.
Vid de caucho	<i>Cryptostegia grandiflora</i> (Roxb. Ex R.Br.) R.Br	Plantae/Apocynaceae. Nativa de Madagascar.
Palomilla del ciprés	<i>Cydia cupressana</i> Kearfott	Insecta/Lepidoptera/Tortricidae. Nativa de Estados Unidos.
Psílido del eucalipto	<i>Glycaspis brimblecombei</i> Moore	Insecta/Hemiptera/Psyllidae. Nativa de Australia.
Esqueletizador de la teca	<i>Hyblaea puera</i> Cramer	Insecta/Lepidoptera/Hyblacidae. Nativa de India.
Cochinilla rosada	<i>Maconellicoccus hirsutus</i> Green	Insecta/Hemiptera/Pseudococcidae. Nativa de Sur de Asia, África y Australia.
Roya de la teca	<i>Olivea tectonae</i> (Racib.) Thirum	Basidiomycota/Puccinales/Chaconiaceae. Nativa de India e Indonesia.
Adélgido del pino	<i>Pinus strobi</i> (Hartig)	Insecta/Hemiptera/Adelgidae Nativa de Estados Unidos y Sudamérica.
Ácaro rojo	<i>Raoiella indica</i> Hirst	Arachnida/Tenuipalpidae. Nativa de la India.

Adicionalmente, en la vigilancia de las plagas exóticas invasoras también se incorporan otras especies exóticas invasoras en los esfuerzos de monitoreo. La Conabio apoyó a la Conafor con fichas técnicas de 23 especies exóticas invasoras presentes o con potencial de llegar al país para que a través del Inventario Nacional Forestal y de Suelos (INFYS) se registren en los conglomerados forestales, utilizando la metodología del INFYS; este inventario constituye el fundamento para el Sistema Nacional de Monitoreo de Biodiversidad (SNMB) (véase capítulos 2 y 11). La importancia de esta información radica en que el INFYS es un instrumento de política nacional en materia forestal que contiene información geográfica y estadística de los ecosistemas forestales del país.

Se presenta el listado de especies exóticas invasoras registradas por las brigadas forestales (Cuadro 2).

El registro de esta información en los conglomerados del INFYS inició en el año 2014. En este contexto, las especies que han sido detectadas mediante metodología del INFYS (sin notificación de saneamiento de la Semarnat) son *Tamarix chinensis* y *Eichhornia crassipes*.

Sistema de alerta temprana de la Gerencia de Sanidad

La alerta temprana está diseñada para prevenir la dispersión de las plagas o las enfermedades forestales en forma descontrolada, mediante la detección oportuna del crecimiento poblacional de insectos o la presencia de especies nativas o exóticas que representen una amenaza potencial para los ecosistemas forestales. La Gerencia de Sanidad de la Conafor da cumplimiento así al artículo 119 de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS): “La Conafor establecerá un sistema permanente de evaluación y alerta temprana de la condición sanitaria de los terrenos forestales y difundirá con la mayor amplitud y oportunidad sus resultados”.

En este contexto, es importante la conformación de un frente común Sagarpa-Semarnat-Conafor-Sector Académico para atender el riesgo alto de ingreso de organismos exóticos, que impactan tanto al sector ambiental como al agrícola y forestal. El éxito de esta alianza implica la homologación de protocolos de: a) sistema de monitoreo

Cuadro 2. Lista de especies invasoras

Nombre común	Nombre científico	Observaciones
Cerdo europeo	<i>Sus scrofa</i>	Familia <i>Suidae</i> . Nativo de Europa.
Ciervo moteado	<i>Axis axis</i>	Familia <i>Cervidae</i> . Nativo de Asia.
Nutria	<i>Myocastor coypus</i>	Familia <i>Myocastoridae</i> . Nativo de Sudamérica.
Cotorra argentina	<i>Myopsitta monachus</i>	Familia <i>Psittacidae</i> . Nativo de Argentina.
Palomilla del nopal	<i>Cactoblastis cactorum</i>	Familia <i>Pyralidae</i> . Nativo de Argentina, Paraguay, Uruguay y Brasil.
Lirio acuático	<i>Eichhornia crassipes</i>	Familia <i>Pontederiaceae</i> . Nativo de América del Sur.
Carrizo	<i>Arundo donax</i>	Familia <i>Poaceae</i> . Nativo de Asia.
Zacate rosado	<i>Melinis repens</i> (= <i>Rhynchosytrum repens</i>)	Familia <i>Poaceae</i> . Nativo de África.
Bromo	<i>Bromus madritensis</i>	Familia <i>Poaceae</i> . Nativo del Mediterráneo y Europa.
Pasto africano	<i>Pennisetum clandestinum</i>	Familia <i>Poaceae</i> . Nativo de África.
Coroneta	<i>Lepidium draba</i> (= <i>Cardaria draba</i>) (Coroneta)	Familia <i>Brassicaceae</i> . Nativo de Europa.
Rodadora	<i>Bassia scoparia</i> (= <i>Kochia scoparia</i>)	Familia <i>Amaranthaceae</i> . Nativo de Eurasia.
Pino salado	<i>Tamarix</i> spp.	Familia <i>Tamaricaceae</i> . Nativo de Eurasia y África.
Hierba de cuchillo	<i>Carpobrotus</i> sp. (<i>edulis</i> o <i>chilensis</i>)	Familia <i>Aizoaceae</i> . Nativo de Sudáfrica.
Papiro	<i>Cyperus papyrus</i>	Familia <i>Cyperaceae</i> . Nativo de la cuenca del Mediterráneo.
Pasto gordura	<i>Melinis minutiflora</i>	Familia <i>Poaceae</i> . Nativo de Sudamérica.
Corredora	<i>Rottboellia cochinchinensis</i>	Familia <i>Poaceae</i> . Nativo de Asia y África.
Terciopelillo	<i>Pueraria</i> sp.	Familia <i>Fabaceae</i> . Nativo de Asia.
Frijol terciopelo, pica pica	<i>Stizolobium pruriens</i>	Familia <i>Fabaceae</i> . Nativo de Asia.
Orquídea monje	<i>Oeceoclades maculata</i>	Familia <i>Orchidiaceae</i> . Nativo de África.
Cardo ruso	<i>Salsola tragus</i>	Familia <i>Chenopodiaceae</i> . Nativo de Rusia.
Vidriilo	<i>Mesembryanthemum crystallinum</i>	Familia <i>Aizoaceae</i> . Nativo de África, Asia y Europa.
Hiedra	<i>Hedera hélix</i>	Familia <i>Araliaceae</i> . Nativo de Europa, África y Asia.

y atención de plagas comunes, y *b*) establecimiento y coordinación de contingencias fitosanitarias. El presupuesto operativo autorizado anualmente a la Conafor en materia de sanidad es limitado y por tanto las principales acciones fitosanitarias se enfocan al combate y control de diferentes organismos, principalmente de origen nativo (insectos descortezadores, barrenadores, defoliadores, plantas parásitas, patógenos, etc.), que afectan ecosistemas forestales. Hasta 2015, la vigilancia fitosanitaria protocolizada que efectuaba la Gerencia de Sanidad de la Conafor era únicamente la prospección aérea de bosques de coníferas como parte de la alerta temprana para la detección de actividad por insectos descortezadores.

Complejo de escarabajos ambrosiales

El complejo de escarabajos ambrosiales es la relación simbiótica existente entre insectos y hongos de las siguientes especies de origen asiático: 1) barrenador polífago (*Eumwallacea* sp.)-*Fusarium eumwallaceae* S. Freeman, y 2) escarabajo ambrosial del laurel rojo (*Xyleborus glabratus* Eichhoff.)-Marchitez del laurel (*Raffaelea lauricola* sp.) (Harrington, Friedrich y Aghayeva, 2008). Los escarabajos ambrosiales normalmente atacan árboles muertos o débiles, sin embargo, tanto *Eumwallacea* sp. como *X. glabratus* pueden colonizar hospedantes saludables nativos y cultivados (Koch y Smith, 2008; Hulcr y Dunn, 2011). Ambas especies causan marchitez y generan alta vulnerabilidad al ataque de otras enfermedades en el hospedante afectado.

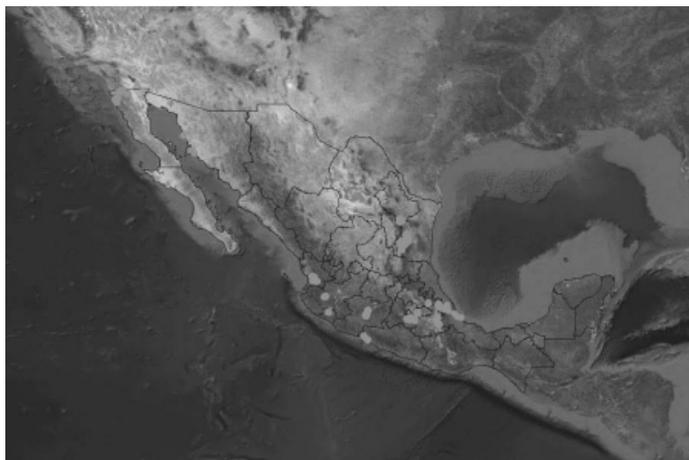
En junio de 2015 la Gerencia de Sanidad, en coordinación con 13 Gerencias Estatales de la Conafor, inició un programa activo de capacitación y operación de un sistema de trampeo con el fin de conocer la presencia o ausencia de escarabajos ambrosiales, en particular de los insectos exóticos *Eumwallacea* sp. y *Xyleborus glabratus*. Esta actividad se efectuó con la directriz protocolaria del Senasica, en la cual se indica que dichas especies representan un potencial de impacto tanto a la industria aguacatera nacional como a los recursos naturales forestales de nuestro país (Senasica, 2015).

Para el cumplimiento de esta actividad se establecieron rutas de trampeo, enfocando los recursos en aquellas entidades federativas con mayor

riesgo fitosanitario (Mapa 1). Las variables fitosanitarias consideradas para este efecto son: *a*) presencia de hospedantes forestales preferentes por el complejo de escarabajos ambrosiales; *b*) presencia de rutas económicas de tránsito; *c*) producción aguacatera activa; y *d*) estar en zona fronteriza de riesgo. De esta manera, el Senasica generó el monitoreo de los complejos de escarabajos ambrosiales en zonas agrícolas y urbanas a través de los Comités Estatales de Sanidad Vegetal y la Conafor hizo lo propio a través de los enlaces de Sanidad de los 13 estados con mayor riesgo (Baja California, Colima, Estado de México, Guerrero, Jalisco, Michoacán, Morelos, Nayarit, Nuevo León, Puebla, Sonora, Tamaulipas y Veracruz). Estas actividades preventivas han generado 9,951 registros resultado del monitoreo (periodo 2015-2017), en los cuales se han detectado 84 organismos sospechosos de ser escarabajos ambrosiales, aunque a la fecha de la redacción del presente documento ninguno de ellos ha resultado en identificación positiva a escarabajos ambrosiales en zonas forestales.

En el periodo de junio de 2015 a enero de 2017 las actividades preventivas establecidas para la detección temprana de escarabajos ambrosiales tuvieron un costo operativo para la Conafor de 2'168,345.20 MXN.

Mapa 1. Distribución de las trampas que monitorean semanalmente escarabajos ambrosiales

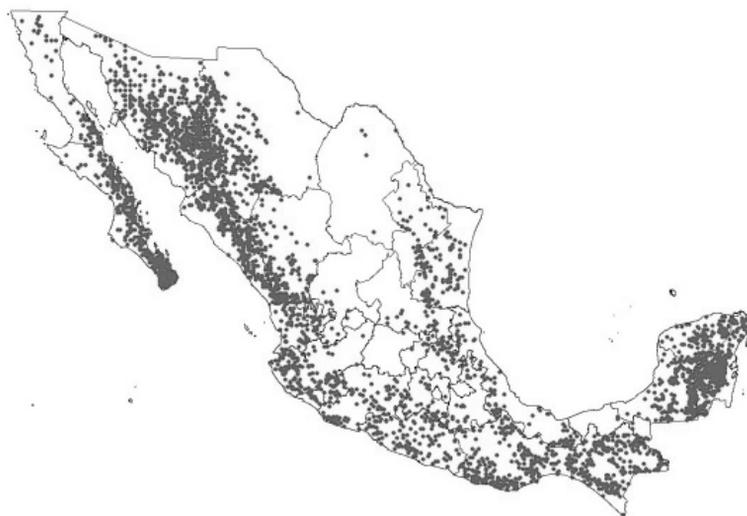


Fuente: SIRVEF, 2017.

El insecto *Xyleborus glabratus* hospeda únicamente especies de la familia *Lauraceae*, la cual tiene 120 especies comprendidas en 10 géneros (véase listado abajo). Mientras *Eumwallacea* spp. tiene el registro de 207 especies hospederos pertenecientes a 56 familias taxonómicas presentes en México (mapas 2 y 3).

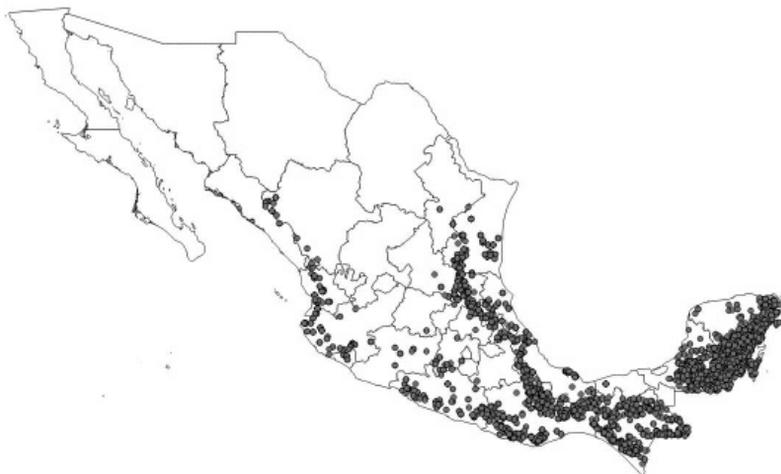
1. *Aiouea* (ej. sasafrás, género endémico para Centro y Sudamérica).
2. *Beilschmiedia* (ej. nogal gris).
3. *Cassytha* (ej. parra).
4. *Cinnamomum* (ej. canela).
5. *Licaria* (género endémico para Centro y Sudamérica).
6. *Litsea* (*L. velutina* endémica para México).
7. *Mocinnodaphne* (endémico para México).
8. *Nectandra* (ej. laurel canela).
9. *Ocotea* (ej. laurel negro).
10. *Persea* (ej. aguacate).

Mapa 2. Distribución de las 52 familias taxonómicas de plantas preferentes por el insecto *Eumwallacea* sp.



Fuente: Información del Inventario Nacional Forestal y de Suelos 2016.

Mapa 3. Distribución de la familia taxonómica *Lauraceae* preferente por el insecto *Xyleborus glabratus*



Fuente: Información del Inventario Nacional Forestal y de Suelos 2016.

Todas las especies de la familia *Lauraceae* son susceptibles al ataque de los insectos y la enfermedad producida por sus hongos simbioses (Ploetz y Peña, 2007).

Cochinilla rosada del hibisco (*Maconellicoccus hirsutus*)

La cochinilla rosada del hibisco (CRH) es una especie originaria del sureste de Asia que se ha dispersado por regiones tropicales y subtropicales del mundo. Es polífaga y tiene como hospederos diversos cultivos agrícolas, plantas ornamentales, árboles frutales y vegetación forestal en los que genera deformación de tejidos en brotes, hojas y yemas terminales.

En México, el primer reporte de esta especie de plaga fue en el año 2000 en la zona urbana de Mexicali, Baja California. En febrero de 2004, fue detectada en los municipios cercanos de Bahía de Banderas, Nayarit y Puerto Vallarta, Jalisco.

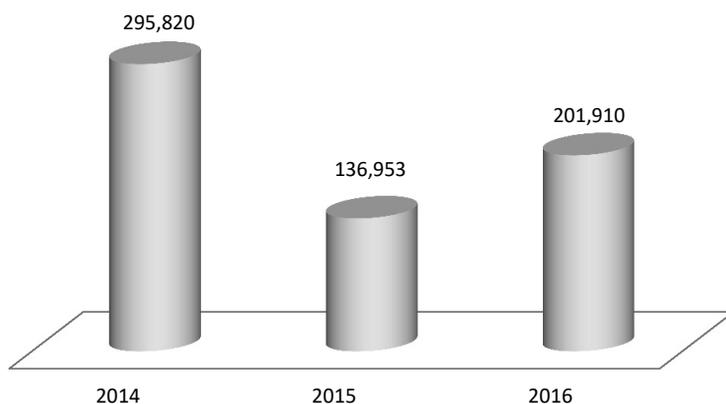
El control fitosanitario de este organismo exótico incluye:

1. Limpieza y quema de maleza al interior de predios, lienzos y cercos.
2. Podas, raleos y quema de residuos.
3. Aplicación de jabón detergente mediante aspersiones antes de que se establezca control biológico.
4. Liberación de depredadores adultos de la catarinita *Cryptolaemus montrouzieri*.
5. Liberación de parasitoides adultos de la avispa *Anagyrus kamali*.
6. Monitoreo.

Es importante señalar que las especies de depredadores y parasitoides utilizados como método de control biológico de CRH no tienen impacto negativo en el ecosistema donde se liberan.

Durante el periodo 2013-2016, la Conafor financió el tratamiento fitosanitario de 634,683 hectáreas de teca (*Tectona grandis*), con un monto total de \$761,604.00 (Gráfica 1). Estas acciones se enfocan en la

Gráfica 1. Superficie apoyada por la Conafor para el control de cochinilla rosada en el periodo 2013-2016



Superficie total acumulada: 634,683 hectáreas.

Monto apoyado por la Conafor: \$761,604.00

Fuente: Conafor, 2017.

disminución de las poblaciones de CRH, permitiendo la recuperación fisiológica de las plantas afectadas.

Ácaro rojo de las palmas

Raoiella indica es un ácaro de la familia *Tenuipalpiade*, originario del sur de Asia, Medio Oriente y África Oriental, que causa severos daños tanto en palmas silvestres como en cultivadas. En México, es una plaga de importancia cuarentenaria presente en los estados de Campeche, Chiapas, Jalisco, Nayarit, Oaxaca, Quintana Roo, Tabasco, Veracruz y Yucatán. Es un organismo de alta importancia para las plantaciones de cocoteros y especies de palma silvestre que se encuentran con estatus de amenazada y protección de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Las especies silvestres susceptibles al ataque del ácaro rojo y que han sido sujetas de tratamientos fitosanitarios por la Conafor son las siguientes:

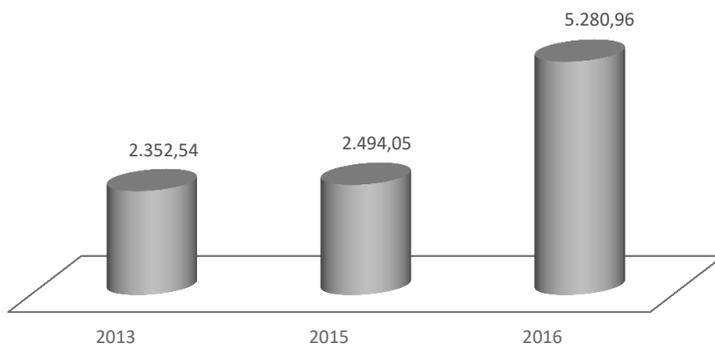
Nombre común	Nombre científico	Estatus
Palma de guano	<i>Thrinax radiata</i>	Amenazada
Palma nakás	<i>Coccothrinax readii</i>	Amenazada
Palma Kuká	<i>Pseudophoenix sargentii</i>	Amenazada
Palma real	<i>Roystonea borinquana</i>	Protección

Los tratamientos fitosanitarios para este ácaro implican la aspersión de copa o endoterapia vegetal con productos biológicos de contacto. Para el periodo de 2013 a 2016 la superficie total apoyada por la Conafor fue de 10,127.55 hectáreas con un monto ejercido de \$12'042,549.60 MXN (Gráfica 2).

Esqueletizador de la teca (*Hyblaea puera*)

De acuerdo con información de la Conafor, en México las plantaciones forestales de teca (*Tectona grandis*) se encuentran establecidas en una superficie total de 25,324 hectáreas de un total de 177,216 hectáreas definidas para fines comerciales (Conafor, 2014). Por lo anterior, las actividades de control del insecto exótico conocido como esqueletizador

Gráfica 2. Superficie apoyada por la Conafor para el control de ácaro rojo en el periodo 2013, 2015 y 2016



Superficie total acumulada: 10,127.55 hectáreas.

Monto apoyado por la Conafor: \$12'042,549.60

Fuente: Conafor, 2017.

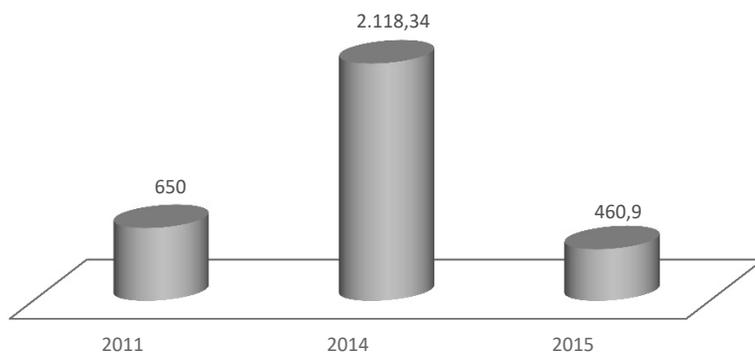
de la teca son consideradas de gran importancia. A escala nacional, su detección inició en 1998, en plantaciones de teca en Nayarit.

Las larvas son las que causan los daños a las plantaciones, los jóvenes se alimentan de la lámina foliar raspando el envés de la hoja; conforme avanzan en edad hacen orificios circulares de varios centímetros de diámetro, posteriormente se alimentan de toda la hoja, sólo dejan las nervaduras principales.

Hyblaea puera es una palomilla originaria del sureste asiático, distribuida desde la India hasta Nueva Guinea y el norte de Australia. También ha sido reportada en África y países del Caribe. Es un insecto polífago con más de 45 especies de hospedantes, y está presente en las plantaciones del sureste de México, en Campeche y Tabasco.

Su tratamiento requiere de una estrategia de manejo integrado de plagas. En el periodo 2011-2015 la superficie total tratada fue de 3,229.24 hectáreas con un monto apoyado por la Conafor de \$3'745,088.00 MXN (Gráfica 3).

Gráfica 3. Superficie apoyada por la Conafor para el control del insecto esqueletizador de la teca en los años 2011, 2014 y 2015



Superficie total acumulada: 3,229.24 hectáreas.

Monto apoyado por la Conafor: \$3'745,088.00

Fuente: Conafor 2017.

Mejoras necesarias en la atención de las especies exóticas que afectan ecosistemas forestales

En el Cuadro 3 se muestran las mejores estrategias que de acuerdo con la experiencia y los trabajos desarrollados en la Conafor fortalecerían las acciones de detección y atención oportuna de organismos exóticos que impactan los ecosistemas forestales.

Conclusiones

Es necesario ampliar el número de personal operativo adscrito al marco operativo de la Gerencia de Sanidad, lo anterior en correlación con la cobertura forestal de México. Actualmente existe en promedio sólo una persona que atiende las obligaciones en materia de sanidad definidas en los artículos 119 a 121 de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable vigente a la fecha de redacción del presente documento.

Asimismo, es importante contar con personal especializado enfocado sólo al desarrollo de actividades de monitoreo y diagnóstico de plagas

Cuadro 3. Estrategias para fortalecer las acciones de detección y atención oportuna de organismos exóticos que impactan los ecosistemas forestales

<i>Estrategia</i>	<i>Necesidad</i>	<i>Justificación</i>
Fortalecer la vigilancia fitosanitaria.	Mayor personal e infraestructura en el área forestal destinada exclusivamente a implementar acciones de vigilancia epidemiológica tanto en puntos de entrada como en bosques y selvas. Modificación del marco normativo (ver capítulo de Ana Ortiz).	Actualmente el Programa de Sanidad Forestal opera con un total de 32 enlaces estatales, en promedio una persona atiende un estado de la república. El procedimiento administrativo para el cumplimiento del marco jurídico no empuja con el ciclo biológico de las plagas y enfermedades (nativas y exóticas).
Desarrollo de acuerdos y convenios nacionales e internacionales en materia de plagas y enfermedades (nativas y exóticas) con enfoque a la prevención.	Mejorar la coordinación nacional e internacional. Que en la firma de tratados económicos se consideren acciones de mitigación de riesgo de introducción de organismos exóticos (ej. inspección fitosanitaria en puntos de ingreso, enfocado a especies de interés del sector forestal).	
Generar y homologar protocolos preventivos y operativos.	Fortalecimiento de capacidades institucionales.	Instituciones del sector ambiental y agrícola trabajan en acciones preventivas de plagas comunes, pero no necesariamente tienen los mismos protocolos de atención.

exóticas e invasoras (nativos y exóticos) en cada entidad federativa. Es necesario aumentar el presupuesto para la operación de actividades preventivas enfocadas a la salud de ecosistemas forestales tales como la implementación de la alerta temprana (análisis de riesgo, monitoreo, planes de acción, protocolos, acciones de contención).

En materia de prevención de riesgo de plagas en ecosistemas forestales es fundamental la coordinación interinstitucional entre las secretarías del sector ambiental y agrícola. Ambos ámbitos cuentan con actividades de vigilancia fitosanitaria y ecosistemas con especies de plagas y enfermedades coincidentes.

Referencias

- Botanic Gardens Conservation International (BGCI). Consultado el 17 de mayo de 2017 en <https://www.bgci.org/>
- Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras (2010). *Estrategia Nacional sobre Especies Invasoras en México. Prevención, control y erradicación*. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Comisión Nacional de Áreas Protegidas, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Recuperado el 17 de mayo de 2017 de http://www.biodiversidad.gob.mx/pais/pdf/Estrategia_Invasoras_Mex.pdf
- Comisión Nacional Forestal (Conafor) (2014). Principales especies maderables establecidas en PFC por Entidad Federativa en 2000-2014. Recuperado el 17 de mayo 2017 de <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/ver.aspx?grupo=43&articulo=6019>
- Comisión Nacional Forestal (Conafor) (2017). Información inédita generada para la Gerencia de Sanidad Forestal.
- Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora (CITES). Consultado el 17 de mayo de 2017 en <https://www.cites.org/>
- Estrategia Nacional de Manejo Forestal Sustentable para el Incremento de la Producción y la Productividad (ENAIROS). Recuperada el 24 de mayo de 2017 de <http://www.conafor.gob.mx/web/tems-forestales/enairos/>

- Hulcr, J. y Dunn, R. R. (2011). The sudden emergence of pathogenicity in insect-fungus symbioses threatens native forest ecosystems. *Proceedings of the Royal Society B*, 278, 2866-2875.
- Inventario Nacional Forestal y de Suelos (2016). Información inédita de la Gerencia del Sistema Nacional de Monitoreo Forestal proporcionada a la Gerencia de Sanidad de Conafor.
- Koch, F. H. y Smith, W. D. (2008). Spatio-temporal analysis of *Xyleborus glabratus* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) invasion in eastern U.S. forests. *Environmental Entomology*, 37(2), 442-452.
- Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGVS) (2017). *Diario Oficial de la Federación*. Recuperado el 17 de mayo de 2017 de <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/ref/lgdfs.htm>
- Ley General de Vida Silvestre (LGDFS). Última reforma, 19 de diciembre de 2016. Recuperado el 17 de mayo de 2017 de <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/ref/lgvs.htm>
- Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Recuperada el 17 de mayo de 2017 de http://dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5173091
- Norma Oficial Mexicana NOM-142-SEMARNAT-2003. Que establece los lineamientos técnicos para el combate y control del psílido del eucalipto *Glycaspis brimblecombei* Moore. Recuperada el 17 de mayo de 2017 de http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=686042&fecha=31/12/2003
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2015). Evaluación de los recursos forestales. Compendio de datos. Recuperada el 24 de mayo de 2017 de <http://www.fao.org/3/a-i4808s.pdf>
- Ploetz, R. C. y Peña, J. E. (2007). Laurel wilt: A lethal disease on avocado and other Lauraceous hosts. En línea: www.caribbeanseeds.com/Laurel-wiltoverview.pdf
- Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (2014). *Diario Oficial de la Federación*. Recuperado el 17 de mayo de 2017 de http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg_LGDFS_311014.pdf

Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (Senasica) (2015). Plan de acción para la vigilancia y aplicación de medidas de control contra complejos ambrosiales reglamentados en México: *Xyleborus glabratus*- *Raffaelea lauricola* y *Eumwallacea* sp.- *Fusarium eumwallaceae*. Versión 0.0. México: Dirección General de Sanidad Vegetal, Dirección de Protección Fitosanitaria y Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria.

Sistema Integral de Referencia para la Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria (SIRVEF) (2017). Recuperado el 24 de mayo de 2017 de <http://sinavef.senasica.gob.mx/SIRVEF/>

7. Los artrópodos terrestres como especies exóticas invasoras

*Ek del-Val de Gortari, * Mayra Margarita Valdez Lizárraga, **
Eduardo Jiménez Quiroz, *** Clemente de Jesús García Ávila, ****
Isabel Ruiz Galván, Daniel Bravo Pérez y José Manuel Pineda Ríos ******

Resumen

Los artrópodos terrestres son el grupo más biodiverso en el planeta Tierra, por ello también muchas especies que pertenecen a este taxón se han convertido en invasoras. Debido al incremento en el comercio internacional y a la gran cantidad de viajes que se llevan a cabo alrededor del mundo, el movimiento no intencional de especies de un lado a otro también ha aumentado significativamente. Los efectos que pueden tener las especies de artrópodos exóticos invasores sobre la biodiversidad

* Bióloga por la Facultad de Ciencias de la UNAM; doctora en Ecología por el Imperial College del Reino Unido, y tiene dos años de experiencia postdoctoral en la P. Universidad Católica de Chile. Secretaria de Investigación y Posgrado de la ENES Unidad Morelia. Correo electrónico: ekdelval@iies.unam.mx

** Licenciada en Biología por el Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad de Guadalajara. Maestra en Tecnología en Conservación y Manejo Sustentable de Bosques por el Colegio de Postgraduados de Chapingo, Campus Montecillo, Texcoco. Jefa del Departamento de Monitoreo y Control de Especies Invasoras. Gerencia de Sanidad. Conafor. Correo electrónico: mvaldez@conafor.gob.mx

*** Licenciado en Biología en la UNAM, Campus Iztacala y la maestría en Entomología y Acarología en el Colegio de Postgraduados de Chapingo, Campus Montecillo. Jefe de Departamento del área de Entomología del Laboratorio de Análisis y Referencia en Sanidad Forestal de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat) de México. Correo electrónico: eduardo.jimenez@semarnat.gob.mx

son muy variados, van desde el desplazamiento de artrópodos o plantas nativas, la polinización de plantas exóticas, la hibridización con especies nativas, hasta cambios ecosistémicos e introducción de especies asociadas. En particular, los artrópodos exóticos invasores han llegado a México por vía del comercio de productos forestales y agropecuarios, así como por fenómenos naturales como los huracanes. Las vías de diseminación dentro de México de estas especies están asociadas también al movimiento de granos y productos vegetales y animales. Existe ya en el país un sistema de detección en los puertos de entrada a México de plagas forestales y agrícolas, sin embargo, es necesario apoyarlo para que pueda tener una mayor cobertura y efectividad para interceptar especies exóticas con el potencial de ser invasoras. Por otro lado, resulta fundamental realizar estudios ecológicos de largo plazo para identificar los efectos que tienen las especies ya establecidas en México y poder contribuir a su control y erradicación.

Artrópodos terrestres como factores de riesgo de ser especies exóticas invasoras

Los artrópodos terrestres son el grupo más diverso del planeta, constituyen 85% de la fauna mundial (Hammond, 1992; Grimaldi y Engel, 2005). Dado su éxito evolutivo, se pueden encontrar artrópodos en todos los ecosistemas ya que presentan todos los hábitos alimenticios y características biológicas muy diversas que les permiten adaptarse a ambientes diferentes a los propios (Schowalter, 2011); es por ello que también existen muchas especies que se han convertido en invasoras.

**** Licenciado en Agroecología por la Universidad Autónoma Chapingo; maestro en Ciencias en Fitopatología y doctor en Horticultura por la Universidad Autónoma Chapingo. Coordinador del Grupo Especialista Fitosanitario de la Dirección General de Sanidad Vegetal. Correo electrónico: clemente.garcia@senasica.gob.mx

***** Ingenieros Agrónomos en Parasitología Agrícola por la Universidad Autónoma Chapingo; maestría en Ciencias en Entomología Agrícola por el Colegio de Postgraduados; laboran en el Grupo Especialista Fitosanitario del Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria de la Dirección General de Sanidad Vegetal del Senasica.

Sin embargo, no han sido estudiados con la intensidad necesaria (Kenis *et al.*, 2009).

A escala mundial se ha documentado un número importante de artrópodos que se comportan como especies exóticas invasoras; dentro del grupo de las especies consideradas como las 100 peores invasoras, 14 son insectos; en México están reportadas nueve de éstas (GISP, 2013). Ello implica que son responsables de la alteración de diversos ecosistemas y han sido causantes directos de la extinción de un gran número de especies (Snyder y Evans, 2006).

El movimiento de especies de un lado a otro en el planeta Tierra ha potenciado el desarrollo de la agricultura y la ganadería a gran escala, lo que ha permitido la expansión de las sociedades y la colonización de lugares remotos; sin embargo, este gran movimiento de especies también ha traído consigo consecuencias graves para los ecosistemas naturales, puesto que algunas especies exóticas agresivas se han logrado establecer en estos sitios, afectando a las especies nativas y el funcionamiento de los ecosistemas. En particular, la mayor parte del desplazamiento de especies de artrópodos ha sido no intencional, es decir, que se han dispersado como “polizones” asociadas a especies comerciales que se introducen a nuevos lugares de manera deliberada como granos de cultivo, especies ganaderas, especies forestales, o bien asociadas a bienes y productos como madera, alimentos y vestido, entre otros (Mack *et al.*, 2000).

Los artrópodos exóticos invasores tienen efectos negativos sobre actividades económicas como la agricultura, la explotación forestal y la ganadería, pero también afectan de manera importante la salud humana y la biodiversidad de México. En particular, este capítulo se centrará en los efectos negativos sobre la biodiversidad.

Efectos sobre la biodiversidad

Los efectos que los artrópodos exóticos pueden tener sobre la biodiversidad son múltiples y a diferentes escalas; a continuación se describen los más importantes.

Desplazamiento de artrópodos nativos

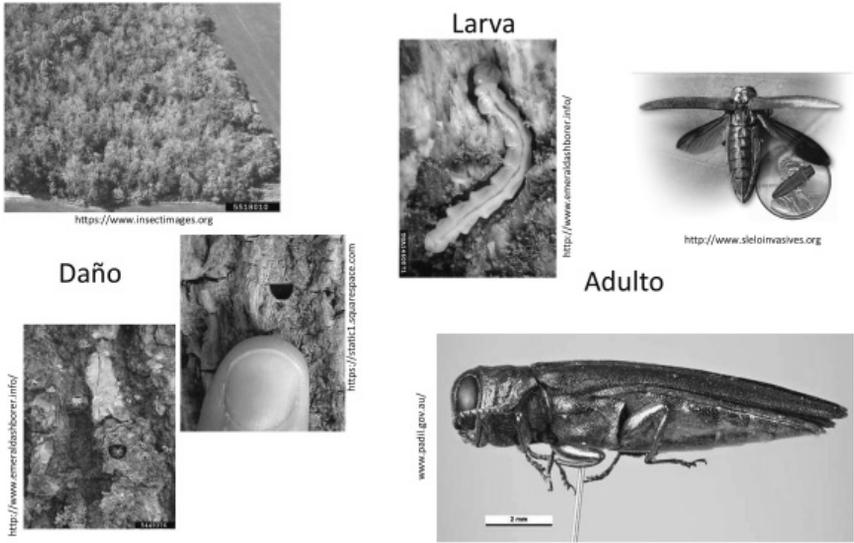
Los artrópodos invasores pueden desplazar a las especies nativas por depredación directa (Snyder y Evans, 2006), competencia por alimento (Holway, 1999; Beggs y Wardle, 2006), competencia por sitios de anidación (Thomson, 2004), así como por compartir depredadores o parásitos (Holt, 1977; Kenis *et al.*, 2009). Por ejemplo, en el caso de las abejas europeas introducidas a prácticamente todo el mundo, se ha documentado el desplazamiento de especies nativas de abejas sin aguijón en Panamá, porque las abejas introducidas son más eficientes en adquirir el néctar y polen de las flores disponibles (Roubik *et al.*, 1986). Un caso bien documentado se reporta en la región mediterránea de California, donde las hormigas argentinas (*Linepitema humile*) han desplazado a las hormigas nativas por competencia por alimento, pues se ha observado que las invasoras son más rápidas para procurar el alimento y son capaces de reclutar un gran número de individuos para superar numéricamente a las nativas (Holway, 1999). Otra especie invasora de hormiga es *Pheidole megacephala*, que ya se encuentra presente en México; se ha descrito que desplaza a otras especies de hormigas debido a que las depreda de manera directa: experimentalmente, Dejean *et al.* (2007) comprobaron que las hormigas invasoras son capaces de matar colonias completas de hormigas nativas.

Desplazamiento de plantas nativas

El efecto de los invertebrados exóticos que se alimentan de plantas está bien documentado en plantaciones forestales y campos agrícolas. Por ejemplo, la *Hyblaea pueria* Cramer es un lepidóptero asiático perteneciente a la familia *Hyblaeidae* que defolia hojas de teca (*Tectona grandis* L.) y llega a afectar severamente plantaciones forestales comerciales de esta especie en México (Cibrián-Llenderal *et al.*, 2015). Sin embargo, la literatura sobre afectación de invertebrados herbívoros es menos contundente para áreas naturales (Kenis *et al.*, 2009). Como ejemplos devastadores de artrópodos herbívoros sobre plantas nativas se tiene a *Agrilus planipennis* Fairmaire (barrenador esmeralda de los fresnos) que en pocos años ha ocasionado la muerte de 15 millones de fresnos (*Fraxinus* spp.) en Estados Unidos

(Poland y McCullough, 2006) (Figura 1), o la introducción de la palomilla del nopal (*Cactoblastis cactorum* Berg.) en Florida, que ocasionó la casi extinción de una especie endémica de nopal, *Opuntia corallicola* Small (Johnson y Stiling, 1998). Aunado a esto, se han documentado casos donde insectos herbívoros utilizados como agentes de control biológico encaminados a controlar malezas exóticas, han cambiado de hospedante y se alimentan de especies nativas, por lo que también se han convertido en especies invasoras con consecuencias negativas (Louda *et al.*, 1997) —en este ejemplo en particular, se buscaba que un escarabajo curculónido controlara la expansión de un cardo exótico a Norteamérica; sin embargo, el insecto se alimentó también de plantas nativas y no controló la invasión de la maleza. Por ello resulta fundamental que los esfuerzos encaminados a realizar control biológico de malezas u otros organismos deben ser extremadamente detallados para permitir la predicción de cuáles serían los posibles efectos secundarios no previstos, y evitar que los insectos introducidos se alimenten de plantas o animales nativos.

Figura 1. Barrenador esmeralda de los fresnos (*Agrilus planipennis*)



Polinización de hierbas exóticas

Uno de los efectos mejor documentados sobre las consecuencias de la introducción de insectos exóticos es la retroalimentación positiva entre los polinizadores exóticos con las plantas exóticas; es decir, que cuando un polinizador exótico llega a un lugar donde ya se ha establecido previamente una planta exótica, éste favorece mucho el desempeño de la planta porque aumenta el número de semillas que produce y por tanto facilita la invasión de ésta (Goulson, 2003). En particular, la abeja europea y varios abejorros del género *Bombus*, cuando llegan a nuevas regiones, han mostrado un patrón de preferir visitar a las malezas introducidas, polinizarlas y ayudar a su diseminación por todo el mundo (Morales y Aizen, 2002).

Efectos genéticos e hibridación con especies nativas

Las consecuencias de la invasión de especies de invertebrados sobre las especies nativas a nivel genético han sido poco exploradas (Kenis *et al.*, 2009), no se han documentado casos de hibridación entre especies de invertebrados; sin embargo, existen algunos ejemplos en donde se ha documentado la hibridación entre subespecies que ha tenido repercusiones negativas. En particular, se ha encontrado que la introducción de subespecies de *Apis mellifera* L. provenientes del sur de Europa a la región del Noroeste europeo ha implicado una dramática disminución de las poblaciones locales de *A. mellifera mellifera* por introgresión de genes de la otra subespecie *A. mellifera lingustica* (Goulson, 2003; Jensen *et al.*, 2005).

Cambios ecosistémicos

Son pocos los estudios que han evaluado los efectos de los invertebrados invasores sobre los ecosistemas, sin embargo, es de esperar que puedan tener grandes consecuencias. En particular, Lovett y colaboradores (Lovett *et al.*, 2002, 2006) investigaron el efecto de la palomilla gitana, *Lymantria dispar* (Lepidoptera: Lymantridae), sobre los bosques

de encinos de Estados Unidos (Figura 2), y documentan que la defoliación ocasionada por este insecto es capaz de aumentar las tasas de transpiración, el crecimiento y la producción de semillas, pero también la mortalidad de los árboles, lo que tiene consecuencias sobre la incidencia de luz en el suelo y el drenaje del agua, el reemplazo de especies vegetales y como resultado de esto el cambio en la composición de especies de la fauna. Esto a su vez se prevé que modifique los almacenes de carbono y el ciclaje de nitrógeno que promueve la acidificación de los arroyos (Kenis *et al.*, 2009). Otro caso de estudio en el que se han detectado cambios a nivel del ecosistema relacionados con especies de invertebrados invasores es el de *Adelges tsugae* (Hemiptera: Adelgidae); en este caso, la extrema mortalidad de árboles ocasionada por el insecto influye en una gran disponibilidad de nitrógeno inorgánico en el suelo y altas tasas de nitrificación, lo que deriva en lixiviados de nitratos en las zonas con grandes infestaciones (Jenkins *et al.*, 1999; Kizlinski *et al.*, 2002). En el caso de México, no hay documentación de cambios ecosistémicos ocasionados por invertebrados invasores.

Figura 2. Palomilla gitana (*Lymantria dispar*)



Larva



Daño foliar

Adultos



<https://www.invasive.org>



<https://www.invasive.org>



Crédito foto: <https://www.invasive.org>

Crédito foto: www.Pyrilus.de

Introducción de enfermedades asociadas

Algunos insectos introducidos desplazan a sus congéneres nativos porque traen consigo enfermedades a las que no habían estado expuestos los insectos nativos. Este mecanismo no ha sido ampliamente estudiado, pero hay ejemplos claros, como el de la catarina arlequín (*Harmonia axyridis*) que ha sido introducida en Norteamérica como control biológico de plagas agrícolas. Se ha observado que *H. axyridis* desplaza a las especies nativas de catarinas debido a que las contagia de un hongo microsporidio al cual las nativas no habían estado expuestas y que las infecta fatalmente (Vilcinskas *et al.*, 2013).

Rutas de invasión

Las actividades humanas tales como el comercio, aunadas a los tratados económicos internacionales que las regulan, generan rutas que permiten la diseminación e introducción en nuevas zonas geográficas de especies con potencial invasor (Costello y Solow, 2003; Levine y D'Antonio, 2003; Hulme, 2009; Kenis *et al.*, 2009). Una *ruta de introducción* es el camino y dirección particular que permite el avance de un organismo, sin importar el modo de dispersión a lo largo de la misma (Mack, 2003). Los mecanismos de entrada son los medios, propósitos, actividades o productos a través de los cuales una especie exótica puede ser transportada a un nuevo entorno, ya sea de manera intencional o accidental (Koike *et al.*, 2006).

La globalización ha permitido la creciente integración de las sociedades de consumo alrededor del mundo y disponer de bienes y servicios de muchos orígenes (CEPAL, 2002). La importación de mercancías a México, derivado del ingreso a la Organización Mundial de Comercio (OMC) y con la firma de tratados comerciales con otros países, incrementa el riesgo de introducción de invertebrados exóticos que no se encuentran en el territorio nacional. De acuerdo con el informe hecho por la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (Profepa, 2014), los principales puertos o puntos de ingreso donde se detectan insectos exóticos forestales son Tijuana, Mexicali, Nuevo Laredo, Tampico, Manzanillo y Veracruz.

Como muestra de esta problemática particular encontramos al insecto *Agrilus planipennis* Fairmairie que pertenece a la familia Buprestidae, nativo de China y de amplio rango de distribución en Asia. Sus hospedantes principales son árboles del género *Fraxinus* comúnmente denominados fresnos. *A. planipennis* tiene un alto potencial para establecerse en nuevos sitios gracias a sus hábitos y biología. En el año 2011 Koch y colaboradores elaboraron un estudio de riesgo de transporte de plagas en leña utilizada por paseantes en Estados Unidos bajo el nombre de “rutas de transporte recreacional” y encontraron que los movimientos de leña realizados por los paseantes ayudan a la dispersión no sólo de *A. planipennis* sino de otros organismos con potencial de establecerse y aumentar poblaciones al grado de considerarse plaga. El identificar actividades que siguen patrones de movimiento ayuda a tener acciones de alerta temprana de forma dirigida y con alta probabilidad de éxito.

En relación con las rutas de invasión, derivado de los tratados comerciales que tiene México, de los insectos exóticos que están vinculados con las especies agrícolas, el riesgo de introducción se encuentra focalizado en cargamentos provenientes de Estados Unidos y Perú (64% de las importaciones), así como China, Pakistán e India (30% de las importaciones). El uso primordial de los productos infestados es para industrialización (46%), seguido de consumo humano (34%) y en tercer lugar animal (12%), posiblemente referido a consumo animal, el 8% de los registros sin reporte de uso (López-Collado, 2015).

Para estas especies, los puntos de ingreso por donde transita la mayor cantidad de importaciones de productos agrícolas son los puertos y fronteras, y en menor medida los aeropuertos. Dentro de éstos, Altamira, Veracruz, Manzanillo y Lázaro Cárdenas movilizan 96% de la carga contenerizada, 65% del granel agrícola, 40% del granel mineral y 38% de la carga general suelta, por lo que son los más relevantes (DOF, 2013; Senesica, 2015). Por lo anterior, los principales puntos de entrada de plagas agrícolas reglamentadas se encuentran en la frontera norte del país: Nuevo Laredo, Piedras Negras, Ciudad Juárez, Tijuana, Mexicali, incluyendo los puertos de Veracruz, Manzanillo y Lázaro Cárdenas.

Vías de introducción

La mejor manera de evitar una invasión biológica a nuestro país y reducir su impacto ecológico es previniendo su introducción inicial. En la sección anterior se mencionó de forma general que el comercio internacional y sus rutas son una vía importante de movimiento e introducción de especies en espacios geográficos que de forma natural sería difícil su presencia al menos en un periodo corto.

Los principales productos forestales que son portadores de plagas cuarentenarias (especie de importancia económica potencial para el área en peligro aun cuando la plaga no existe o, si existe, no está extendida y se encuentra bajo control oficial) (NOM-144-SEMARNAT, 2012; NOM-016-SEMARNAT-2013, 2013) y que debido al comercio internacional pueden ser introducidas en México son: madera aserrada, árboles de navidad, embalaje de madera, y muebles. Antropogénicamente, la introducción de especies exóticas a un espacio geográfico nuevo se puede dividir en dos tipos: *a*) rutas intencionales, cuando resultan de liberaciones de organismos o propágulos con un propósito para ello (jardinería, horticultura, etc.); y *b*) rutas no intencionales, las cuales transportan especies de manera indirecta, por ejemplo tierra para jardinería o viveros, importación de alimentos, turismo (ANSTF y NISC, 2007).

En nuestro país, Baja California es un estado con alto riesgo de introducción de especies exóticas. Es un punto comercial de ingreso en el cual se han hecho detecciones importantes de organismos que ponen en riesgo ecosistemas forestales y plantaciones forestales comerciales. Recientemente, en este mismo estado se detectó a la palomilla del ciprés *Cydia cupressana* y actualmente se encuentra en alerta fitosanitaria debido a su cercanía con un punto geográfico positivo para el complejo de escarabajos ambrosiales *Eumwallacea* sp.-*Fusarium eumwallaceae*; y en el estado de Texas, Estados Unidos, se tiene el riesgo por el escarabajo ambrosial, causante de la marchitez del laurel (*X. glabratus* Eichhoff-*Raffaella laurícola* T. C. Harr.

Existen diferentes mecanismos que ayudan a la dispersión de especies, entre los que destacan factores naturales tales como: *a*) el desplazamiento natural de un organismo *per se*, y *b*) los fenómenos meteorológicos. En el primer grupo se encuentran aquellos organismos cuya morfología les permite tener un desplazamiento local y que debido a

condiciones de modificación de ecosistemas, ya sea derivado de variaciones climáticas o de actividades de mal manejo (ej. aprovechamientos forestales y restauración utilizando especies no nativas), sus poblaciones aumentan oportunamente y evitan la proliferación de otras con las que cohabitan. Por otro lado, los factores meteorológicos (vientos, huracanes) han tenido un papel importante en la introducción de especies en zonas lejanas de su distribución registrada como natural. Tal es el caso del ácaro rojo de las palmas (*Raoiella indica* Hirst), originario del sur de Asia y cuya presencia en Cuba es oficialmente reportada en 2007, en Estados Unidos en 2008 y en México en noviembre de 2009, en los municipios de Isla Mujeres y Benito Juárez, Quintana Roo. La introducción de esta plaga en territorio mexicano se infiere que fue por las corrientes de viento generadas del Caribe, donde estaba establecida (DGSV-CNRF, 2011; Senesica, 2015).

La palomilla del nopal (*Cactoblastis cactorum* Berg.) fue detectada en 2006 en Isla Mujeres, Quintana Roo. No se sabe cuándo ni cómo llegó exactamente la palomilla a Isla Mujeres, pero se especula que su entrada se debió a los huracanes *Stan* y *Wilma*, los cuales pasaron a través de la isla en octubre de 2005; el otro posible medio de entrada pudo ser el turismo y tráfico comercial en Isla Mujeres, Cancún, debido a que el aeropuerto es el más activo de la península (Zimmermann y Pérez-Sandi, 2006); sin embargo, hay que resaltar que actualmente se encuentra erradicada de México.

En el caso de los artrópodos invasores que se convierten en plagas agrícolas, son introducidos en México a través de procesos naturales o actividades humanas, generalmente asociadas a la importación comercial de productos agrícolas (IPCC, 2006; Alfaro *et al.*, 2014). Así, los puntos de ingreso (aeropuertos, puertos y fronteras) cobran gran importancia al ser parte de las principales vías de introducción, debido a que en éstos transitan los productos agrícolas que se importan a México. Algunas de las vías reconocidas son granos, material vegetal propagativo (árboles, arbustos, plántulas, bulbos, cormos, raíces, rizomas, tallos, tubérculos, esquejes, estacas o varetas), transportes marítimos y contenedores contaminados con plagas agrícolas, embalajes de madera, equipaje de pasajeros, vía correo, vehículos y equipos (FAOSTAT, 2012).

Además, existen limitaciones en la percepción humana de las invasiones biológicas, ya que muchas de ellas se dan de modo inadvertido

y con impactos iniciales limitados. Aunado a lo anterior, pueden pasar varias generaciones para su establecimiento y su reflejo en pérdidas económicas, como por ejemplo el psílido asiático de los cítricos (*Diaphorina citri* Kuwayama), plaga de origen asiático reportada en Yucatán en 2002, vector de la enfermedad conocida como HLB o huanglongbing, *Candidatus liberibacter asiaticus*, responsable de los daños económicos que se reflejaron siete años después. Otro caso reciente para México es la entrada del pulgón amarillo (*Melanaphis sacchari* Zehntner) originario de África y reportado en 2013 en campos de sorgo de Louisiana, Texas, Oklahoma y Mississippi en Estados Unidos (Kerns *et al.*, 2014; Villanueva y Sekula, 2014), y en el mismo año en Méndez, Río Bravo, San Fernando y Ciudad Victoria, Tamaulipas (Villanueva y Sekula, 2014); la llegada de este insecto fue probablemente mediante el vuelo de los insectos adultos y el arrastre de éstos por las corrientes de viento (frentes fríos y nortes), la movilización de maquinaria agrícola o por el intercambio comercial entre la franja fronteriza de ambos países, y posiblemente mediante pulgones adheridos a la ropa de trabajadores agrícolas que residen en México, pero que laboran en los campos agrícolas de sorgo infestados de Estados Unidos.

Control cuarentenario y puertos de ingreso de insectos exóticos

En el artículo 146 del Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable se especifica que es la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat) la que diseñará y coordinará los dispositivos de emergencia para la aplicación inmediata de las medidas fitosanitarias correspondientes, cuando la presencia de plagas o enfermedades ponga en riesgo fitosanitario una o varias especies forestales.

En el sector forestal de México se han establecido actividades de control fitosanitario exitosas y bien documentadas como son la erradicación de la cochinilla del nopal (*Cactoblastis cactorum* Berg.) y el control biológico de las poblaciones del psílido del eucalipto (*Glycaspis brimblecombei* Moore). Ambos son resultado de la coordinación interinstitucional de diferentes sectores involucrados no sólo en el área ambiental sino también en la agrícola en ámbitos nacionales e internacionales.

En 2013 se trataron fitosanitariamente más de 3,000 hectáreas de palma nativa con el objetivo de controlar poblaciones de ácaro rojo en la zona de reserva de Sian Ka'an, Quintana Roo (Conafor, 2013). Evaluaciones posteriores hechas por investigadores del Colegio de Postgraduados (Colpos) indicaron que los tratamientos empleados disminuyeron las poblaciones del teunipálpido. Sin embargo, es una plaga de difícil erradicación, por lo que es importante tener acciones de monitoreo constantes que permitan programar las actividades de tratamiento para su control exitoso.

En plantaciones forestales comerciales, la Conafor tiene registro de apoyos para el tratamiento fitosanitario del defoliador de la teca (*Hyblaea puera* Cramer). Es un lepidóptero asiático de amplia distribución y cuyos hospedantes en la totalidad de su ciclo biológico no están aún totalmente identificados para México. En literatura de la India y de Brasil se tiene el registro de que una parte de su desarrollo lo efectúa en manglares, siendo el producto de su actividad herbívora un efecto positivo, la acumulación y disposición de nutrientes dentro del microecosistema. Esta condición de alternancia de hospedantes no ha sido publicada aún en nuestro país.

Para la detección oportuna de plagas exóticas forestales de comportamiento invasor que ingresan por puertos y su monitoreo, en 2012 la Conafor apoyó un estudio para el establecimiento de un sistema de trampeo en los puertos de Manzanillo y Veracruz, aduana interior de Pantaco, aduana de Tijuana y aduana del Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México. Este sistema consistió en el establecimiento de trampas multiembudos con químicos atrayentes de insectos (comúnmente feromonas) en las que los insectos son atrapados en un contenedor de la trampa que contiene líquido retardante del deterioro de tejidos del organismo. Estas actividades tienen continuidad con el apoyo del Global Environmental Facility (GEF) en el marco del proyecto GEF-Invasoras (Conafor, 2017).

En relación con los insectos cuarentenarios agrícolas, México desarrolló un sistema de protección sanitaria para minimizar los factores de riesgo involucrados en el comercio de mercancías agropecuarias. En tal sentido, las inspecciones fitosanitarias realizadas por personal de la Dirección General de Inspección Fitosanitaria (DGIF) del Senasica, en los puntos de ingreso al país, constituyen una de las primeras acciones

fitosanitarias para impedir la entrada de plagas cuarentenarias asociadas principalmente a las mercancías cuya importación está sujeta a regulación por parte de la Sagarpa.

Así, la Sagarpa, a través del Senasica, establece las regulaciones para la importación de productos agropecuarios, acuícolas y pesqueros, además de promover la aplicación y certificación de los sistemas de reducción de riesgos de contaminación de los alimentos y la calidad agroalimentaria de éstos para proteger a los productores nacionales y los recursos agropecuarios del país de la posible introducción, establecimiento y diseminación de plagas y enfermedades de importancia cuarentenaria y económica.

El Sistema Nacional de Inspección cuenta con 118 oficinas de Inspección de Sanidad Agropecuaria (OISA's), ubicadas en puertos, aeropuertos y fronteras (65 oficinas base y 53 oficinas satelitales). La DGIF del Senasica coordina al personal responsable de realizar las inspecciones fitosanitarias y zoonosanitarias a productos agropecuarios de importación en las diferentes OISA's, dicho personal se compone de médicos veterinarios zootecnistas, ingenieros agrónomos y biólogos, los cuales realizan las funciones de verificación, vigilancia, validación, inspección y certificación fitozoosanitaria, acuícola y pesquera. Las actividades que se realizan en estos puntos de entrada tienen la finalidad de evitar y disminuir el riesgo de introducción de plagas y enfermedades de importancia cuarentenaria al territorio nacional (Senasica, 2015). En particular, se realizan actividades de inspección en puertos, aeropuertos, fronteras e “inspección en origen” (ésta consiste en constatar en el país de origen, previo a su importación, el cumplimiento de las normas oficiales mexicanas a la calidad fitosanitaria de los vegetales, sus productos o subproductos).

A través del Sistema Nacional de Inspección, el Senasica intercepta en las fronteras decenas de plagas potenciales cada año, aunque es indudable que muchas otras pasan inadvertidas. De los organismos detectados en puntos de ingreso, 7% corresponde a insectos que pudieran convertirse en plagas de diversos cultivos o productos. Todos los productos o subproductos vegetales, frescos, secos, procesados y deshidratados que arriben al punto de ingreso, están sujetos a inspección por personal oficial del Senasica. Cuando por requisito fitosanitario se detecta plaga cuarentenaria sujeta a tratamiento en punto de ingreso, como es el caso de los países con presencia de gorgojo Khapra (*Trogoderma granarium*), se

aplicará tratamiento y quedará al resguardo de la Secretaría (cuarentena post-entrada), siendo liberado una vez demostrada su sanidad. Cuando el diagnóstico sea positivo a plaga de interés cuarentenario y en la normativa no se especifica tratamiento en punto de ingreso, se procederá a retorno o destrucción. A modo de ejemplo, cabe destacar la intercepción en puntos de ingreso nacional de contenedores con especímenes vivos de *Thrips palmi* en espárragos procedentes de Perú, *Grapholita molesta* en pera y nectarina de Estados Unidos, *Brevipalpus chinensis* en membrillo de Chile y *Ostrinia nubilalis* en chile seco y verde procedente de China, entre otros (DGSV, 2014).

Además del sistema de inspección, el Senasica, a través de la Dirección General de Sanidad Vegetal, tiene establecidas políticas fitosanitarias para prevenir la introducción y dispersión de plagas cuarentenarias o de limitar las repercusiones económicas en vegetales, sus productos y subproductos; para ello lleva a cabo acciones de monitoreo, trapeo y exploración para la detección oportuna de plagas reglamentadas a través del Programa de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria (PVEF) bajo lo establecido en la NIMF No. 6 sobre las directrices para la vigilancia fitosanitaria y la NIMF No. 8 sobre las directrices de la situación de una plaga en un área (IPCC, 2006). Las plagas reglamentadas detectadas a través del PVEF han sido: *Drosophila suzukii*, *Grapholita molesta*, *G. packardii* y *Helicoverpa armigera* (DGSV, 2014; López-Collado, 2015), *Eumwallacea nr. fornicatus* – *Fusarium eumwallaceae*, en Tijuana, B. C., México (García-Ávila *et al.*, 2016).

La fluctuación anual de intercepciones y diagnósticos positivos de plagas cuarentenarias ha visto un decrecimiento a partir de 2012, lo que sugiere una mayor regulación de productos contaminados en puntos de origen. El Senasica, con apoyo interinstitucional, se mantiene a la vanguardia en la detección y mitigación de dispersión de plagas reglamentadas, como es el caso de la *Grapholita molesta* en Tijuana, Baja California, confinada en la zona como consecuencia de las acciones de control establecidas en el Plan de Acción de esta plaga. Sin embargo, es necesario continuar con actividades para la detección oportuna de plagas basadas en la inspección, el monitoreo, la exploración y los planes de acción de emergencia para plagas reglamentadas.

Identificación de rutas de dispersión dentro del territorio nacional

Las rutas de dispersión de artrópodos exóticos una vez que han ingresado a México también están fuertemente ligadas con las actividades antropogénicas, específicamente aquellas relacionadas con el comercio internacional (manejo de plantas de vivero, productos comerciales contaminados, durmientes, contenedores, etc.). De manera general, se pueden especificar dos tipos de diseminación de insectos: *a)* los naturales, que incluyen vientos, corrientes y fenómenos meteorológicos extremos, y *b)* aquellos productos de introducción artificial, resultado de actividades humanas.

Por ejemplo, se tiene que la importación de madera aserrada nueva ocupa cerca de 80% del total de las importaciones de productos y subproductos forestales regulados fitosanitariamente. El aumento del comercio internacional de este producto para satisfacer la demanda nacional incrementa la posibilidad de introducción de plagas cuarentenarias en México, las cuales representarían un riesgo potencial de causar impactos ecológicos y económicos. En el estado de Colima, la primera detección de la termita *Coptotermes gestroi* fue en 1994 en el puerto de Manzanillo. Posteriormente se interceptó en embalaje de madera en el puerto de Veracruz y Coatzacoalcos en 1996. Un punto intermedio de detección entre Tamaulipas y Colima se dio en el estado de Aguascalientes, siendo el movimiento de material infectado por vía terrestre el principal factor de dispersión de *C. gestroi* en México.

Aunque los principales puertos del país carecen de infraestructura apropiada para facilitar la transferencia de mercancía por ferrocarril, algunos puertos sí han adecuado su infraestructura para mover un mayor número de contenedores por vía férrea, como Manzanillo, Colima y Lázaro Cárdenas, Michoacán, esto debido a la gran cantidad de productos que llegan del continente asiático y con ello las vías férreas pueden constituir una vía de diseminación de artrópodos invasores.

Las carreteras que conectan los principales puertos hacia las ciudades destino registran la mayor parte de desplazamiento de personas y de carga entre ciudades y estados, y por tanto también son las vías de movimiento de los artrópodos invasores (DOF, 2013).

El principal destino de todas las mercancías agrícolas movilizadas dentro del territorio nacional es la Central de Abastos de la Ciudad de México, considerada el mercado mayorista más grande del mundo con 327 hectáreas de superficie (Echánove, 2002; ASERCA, 2015). Los centros de acopio y las comercializadoras también representan un medio de dispersión de artrópodos invasores, ya que en ellos se almacenan granos básicos (maíz, frijol, trigo y arroz), granos industriales (sorgo, avena y cebada) y oleaginosas (cártamo, girasol, soya y cebada), los cuales, si no llevan un correcto manejo fitosanitario, son punto de infestación a áreas donde se lleva a cabo el cultivo de cada uno de ellos. Los centros de acopio principales con capacidad de almacenamiento por encima de las 100,000 toneladas son: Baja California, Chihuahua, Guanajuato, Jalisco, Estado de México, Sinaloa, Sonora, Tlaxcala y Veracruz (Caballero, 2011; ASERCA, 2015).

Conclusiones

Dada la coyuntura que representan las especies de artrópodos exóticos invasores en México que pueden resultar altamente nocivos no sólo para las actividades agrícolas y forestales, sino para la biodiversidad de nuestro país, resulta fundamental fortalecer varios aspectos relacionados con la investigación y la política pública para poder enfrentar como país la problemática que esto representa. En primer lugar, es necesario realizar investigación básica sobre las especies que ya se tienen identificadas como problemáticas (tanto las que ya están establecidas en el país como las que están en las fronteras) para delimitar su distribución, determinar los daños que ocasionan y establecer acciones de control. Además, es muy importante fortalecer la normatividad en materia de regulación fitozoosanitaria para las importaciones y de esta manera contribuir a la mitigación de riesgos de introducción de especies que ya se han catalogado como problemáticas. En el caso de los artrópodos exóticos terrestres con potencial invasor, el ingreso al país rara vez ocurre de manera intencional, por lo que es indispensable fortalecer el sistema de detección tanto en las fronteras como en los departamentos del sector agrícola, forestal y de conservación.

Referencias

- Alfaro, R. M., Ramírez, M. C., Aguilera, G. C. y Meave del Castillo, M. E. (2014). Principales vías de introducción de las especies exóticas. En R. A. Mendoza y P. Koleff (eds.), *Especies acuáticas invasoras en México* (pp. 43-73). México: Conabio.
- Agencia de Servicios a la Comercialización y Desarrollo de Mercados Agropecuarios, ASERCA (2015).
- Beggs, J. R. y Wardle, D. A. (2006). Keystone species: Competition for honeydew among exotic and indigenous species. *Biological Invasions in New Zealand* (186), 281-294.
- Caballero, D. M. (2011). Estudio de gran visión y factibilidad económica y financiera para el desarrollo de infraestructura de almacenamiento y distribución de granos y oleaginosas para el mediano y largo plazo a nivel nacional.
- Cibrián-Llenderal, V. C., González-Hernández, H., Cibrián-Tovar, D., Campos-Figueroa, M., De los Santos-Posadas, H., Rodríguez-Maciel, J. C. y Aldrete, A. (2015). Incidence of *Hyblaea puera* (Lepidoptera: Hyblaeidae) in Mexico. *Southwestern Entomologist* (40), 441-444.
- Costello, C. J. y Solow, A. R. (2003). On the pattern of discovery of introduced species. *Proceedings of the National Academy of Science*, (100), 3321-3323.
- Dejean, A., Kenne, M. y Moreau, C. S. (2007). Predatory abilities favour the success of the invasive ant *Pheidole megacephala* in an introduced area. *Journal of Applied Entomology*, (131), 625-629.
- Dirección General de Sanidad Vegetal (DGSV) (2014). Oficio No. B00.01.01.02.03/ 00897. Notificaciones realizadas en el año 2012 por detección de plagas de importancia cuarentenaria para México. Guía general para la certificación de mercancías reguladas por la Sagarpa, importadas con fines comerciales. Sagarpa.
- Dirección General de Sanidad Vegetal (DGSV)-Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria (CNTF) (2011). Ácaro rojo de las palmas (*Raoiella indica* Hirst). México: Sagarpa-Senasica.
- Diario Oficial de la Federación (2013). Programa Sectorial de Comunicaciones y Transportes 2013-2018. *Diario Oficial de la Federación*, 13 de diciembre.

- Echánove, H. F. (2002). Del campo a la Ciudad de México. El sendero de las frutas y hortalizas.
- García-Ávila, C. J., Trujillo-Arriaga, F. J., López-Buenfil, J. A., González-Gómez, R., Carrillo, D., Cruz, L. F., Ruiz-Galván, I., Quezada-Salinas, A. y Acevedo-Reyes, N. (2016). First report of *Eumwallacea nr. fornicatus* (Coleoptera: Curculionidae) in Mexico. *Florida Entomologist*, (99), 555-556.
- GISP (2013). 100 of the world's worst invasive alien species.
- Goulson, D. (2003). Effects of introduced bees on native ecosystems. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, (34), 1-26.
- Grimaldi, D., y Engel, S. M. (2005). *Evolution of the insects*. Estados Unidos: Cambridge University Press.
- Hammond, P. (1992). Species inventory. En B. Groombridge (ed.), *Global biodiversity: Status of Earth's living resources* (pp. 17-39). Londres: Chapman and Hall.
- Holt, R. D. (1977). Predation, apparent competition, and the structure of prey communities. *Theoretical Population Biology*, (12), 197-229.
- Holway, D. A. (1999). Competitive mechanisms underlying the displacement of native ants by the invasive argentine ant. *Ecology*, (80), 238-251.
- Hulme, P. E. (2009). Trade, transport and trouble: Managing invasive species pathways in an era of globalization. *Journal of Applied Ecology*, (46), 10-18.
- IPCC (2006). Normas internacionales para medidas fitosanitarias. Secretaría de la Convención Internacional de Protección Fitosanitaria, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- Jenkins, J. C., Aber, J. D. y Canham, C. D. (1999). Hemlock woolly adelgid impacts on community structure and N cycling rates in eastern hemlock forests. *Canadian Journal of Forestry Research*, (29), 630-645.
- Jensen, A. B., Palmer, K. A., Boomsma, J. J. y Pedersen, B. V. (2005). Varying degrees of *Apis mellifera* ligustica introgression in protected populations of the black honeybee, *Apis mellifera*, in northwest Europe. *Molecular Ecology*, (14), 93-106.
- Johnson, D. M. y Stiling, P. (1998). Distribution and dispersal of *Cactoblastis cactorum* (Lepidoptera: Pyralidae), an exotic Opuntia-feeding moth, in Florida. *Florida Entomologist*, (81), 12-22.

- Kenis, M., Auger-Rosenberg, M. A., Roques, M., Timms, L., Péré, C., Cock, M. J. W., Settle, J., Augustin, S. y López-Vaamonde, C. (2009). Ecological effects of invasive alien insects. *Biological Invasions*, (11), 21-45.
- Kerns, D. L., Brewer, M. J., Armstrong, J. S., Villanueva, R. y Brown, S. (2014). *Outbreak of sugarcane aphid, Melanaphis sacchari on sorghum: Notes on distribution, crop injury and management*. Estados Unidos, Entomological Society of America.
- Kizilinski, M. L., Orwig, D. A., Cobb, R. C. y Foster, D. R. (2002). Direct and indirect ecosystem consequences of an invasive pest on forests dominated by Eastern Hemlock. *Journal of Biogeography*, (29), 1489-1503.
- Koike, F., Clout, M. N., Kawamichi, M., De Poorter, M. y Iwatsuki, K. (2006). Assessment and control of biological invasion risks. Shoukadoh Book Sellers-World Conservation Unit.
- Levine, J. M. y D'Antonio, C. M. (2003). Forecasting biological invasions with increasing international trade. *Conservation Biology*, (17), 322-326.
- López-Collado, J. (2015). Análisis de intercepciones de plagas de importancia cuarentenaria en México. Informe derivado del Convenio Específico de Colaboración celebrado entre la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación "Sagarpa", a través del Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria "Senasica" y el Colegio de Postgraduados.
- Louda, S. M., Kendall, D., Connor, J. y Simberloff, D. (1997). Ecological effects of an insect introduced for the biological control of weeds. *Science*, (277), 1088-1090.
- Lovett, G. M., Canham, C. D., Arthur, M. A., Weathers, K. C. Fitzhigh, R. D. (2006). Forest ecosystem responses to exotic pests and pathogens in eastern North America. *Bio-Science*, (56), 395-405.
- Lovett, G. M., Christenson, L. M., Groffman, P. M., Jones, C. G., Hart, J. E. y Mitchell, M. J. (2002). Insect defoliating and nitrogen cycling in forests. *Bio-Science*, (52), 335-341.
- Mack, R. N. (2003). Global plant dispersal, naturalization and invasion: Pathways, modes and circumstances. En G. Ruiz y J. Carlton (eds.), *Global pathways of biotic invasions* (pp. 3-30). Estados Unidos: Island Press.
- Mack, R. N., Simberloff, D., Lonsdale, W. M., Evans, H., Clout, M. y Bazzaz, F. (2000). Biotic invasions: Causes epidemiology and control. *Ecological Applications*, 10, 689-710.

- Morales, C. L., y Aizen, M. A. (2002). Does invasion of exotic plants promote invasion of exotic flower visitors? A case study from the temperate forests of the Southern Andes. *Biological Invasions*, 4, 87-100.
- NOM-016-SEMARNAT-2013. 2013. En <http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/6649/1/nom-016-semarnat-2013.pdf>.
- NOM-144-SEMARNAT. 2012. En http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5264439&fecha=16/08/2012.
- Poland, T. M. y McCullough, D. G. (2006). Emerald ash borer: Invasion of the urban forest and the threat to North America's ash resource. *Journal of Forestry*, (104), 118-124.
- Roubik, D. W., Moreno, J. E., Vergara, C. y Whittman, D. (1986). Sporadic food competition with the African honey bee: Projected impact on neotropical social species. *Journal of Tropical Ecology*, (2), 97-111.
- Schowalter, T. D. (2011). *Insect ecology. An ecosystem approach*. Oxford, Reino Unido: Academic Press.
- Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (Senasica) (2015). Actividades del servicio de inspección.
- Snyder, W. E. y Evans, E. W. (2006). Ecological effects of invasive arthropod generalist predators. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, (37), 95-122.
- Thomson, D. (2004). Competitive interactions between the invasive European honey bee and native bumble bees. *Ecology*, (85), 458-470.
- Vilcinskas, A., Stoecker, K., Schmidtberg, H., Röhrich, C. R. y Vogel, H. (2013). Invasive harlequin ladybird carries biological weapons against native competitors. *Science*, (340), 862-863.
- Villanueva, R. T. y Sekula, D. (2014). A new pest of Sorghum: The sugarcane aphid. 20th Annual Rio Grande Valley Cotton and Grain Pre-Plant Conference. Texas: Texas A & M University.

8. Análisis de riesgo, sistemas de información y Método de Evaluación Rápida de Invasividad

Ana Isabel González Martínez, Yolanda Barrios Caballero,*
Nubia Morales Guerrero* y Silvia De Jesús De Jesús**

Resumen

No todas las especies exóticas necesariamente se comportan como invasoras, es por ello que es necesario realizar evaluaciones conocidas como *análisis de riesgo*. Estas evaluaciones permiten clasificar y categorizar el riesgo asociado con la entrada de especies exóticas a un país o región específica y priorizar acciones y recursos para su prevención, manejo y control. En México se desarrolló una metodología de evaluación rápida de invasividad con la que se analizaron las especies que ya se enlistaban en el Sistema de Información de Especies Invasoras de la Conabio. De esta forma se ha obtenido de manera sistemática una lista de aquellas especies que son de prioridad muy alta, alta y media para nuestro país.

Introducción

Análisis de riesgo

La introducción, establecimiento y dispersión de especies a ambientes nuevos puede causar daños económicos, sociales y ecológicos (Andersen

* Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio), Dirección General de Análisis y Prioridades, Subcoordinación de Especies Invasoras.

et al., 2004). Aunque es posible que muchas de estas especies exóticas no encuentren las condiciones necesarias para convertirse en especies exóticas invasoras (EEI) (Leung *et al.*, 2012), es necesario evaluar los riesgos asociados con la introducción de cada una. Este análisis permite también cuantificar las diferentes estrategias de manejo y establecer prioridades para la asignación de recursos, ya que es imposible atender a todas las especies que se transportan e introducen entre un lugar y otro, o manejar todas las especies exóticas establecidas, y tampoco es factible eliminar el comercio global (Leung *et al.*, 2002, 2012).

Un análisis de riesgo para invasiones biológicas implica un análisis interdisciplinario que involucra biología, ecología, economía y matemáticas y es el primer punto de control o filtro para la prevención de introducción de especies que pueden ser potencialmente perjudiciales (Ojasti, 2001; Bomford, 2008). Estos análisis constituyen un mecanismo para la clasificación y categorización del riesgo de la entrada de especies y permiten priorizar acciones y recursos para la prevención, manejo y control de especies exóticas en un país o región específica (Bomford, 2008; Randall *et al.*, 2008; Zalba y Ziller, 2008, en Barrios *et al.*, 2014; CCA, 2009).

El análisis de riesgo evalúa y clasifica la probabilidad y severidad de efectos adversos potenciales a ciertos agentes o actividades (Andersen *et al.*, 2004). Predecir el riesgo de que una especie será transportada, introducida, que se dispersará y causará impactos es complicado, debido a que generalmente no se cuenta con toda la información necesaria para la mayoría de las especies, además de que el resultado de las introducciones es temporal y espacialmente específico a cada caso (Leung *et al.*, 2012). Adicionalmente, cada escenario depende del ecosistema, la ruta de introducción, la frecuencia o la época del año, entre otros factores (Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras, 2010). Sin embargo, el objetivo de un análisis de riesgo es evaluar los posibles resultados de un proceso de invasión para una especie o grupo de especies, tomando en cuenta la incertidumbre existente, dada la información disponible (Leung *et al.*, 2012).

Sistema de información

Como parte de su mandato y de acuerdo con lo establecido en el artículo 80, fracción V de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), la Conabio alberga el Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB), cuyo objetivo es compilar, organizar y distribuir la información sobre la diversidad biológica de México. Esta información originalmente estaba dirigida a especies nativas, sin embargo, conforme se fueron identificando las amenazas a la biodiversidad de nuestro país y se detectó que las especies exóticas invasoras eran un factor de pérdida importante, la Conabio se dio a la tarea de incluir también información sobre estas especies, formando así, como parte del SNIB, el Sistema de Información sobre Especies Invasoras (SIEI).

Este sistema se ha alimentado de información obtenida de proyectos financiados por la Conabio, talleres con expertos y trabajo conjunto con instituciones internacionales, que a su vez cuentan con sistemas de información mundiales.

La información que contiene incluye la especie (taxonomía, nombre común, sinónimos), distribución, nativa e invasora, mapas de distribución nativa y distribución como exótica y potencial en México, fichas de información sobre la biología de la especie, y lista de referencias, entre otros. Con base en esta información fue posible desarrollar una metodología específica para evaluar sistemáticamente el riesgo que presentan las especies exóticas para nuestro país.

Desarrollo de una metodología para México

Con el fin de evaluar de manera sistemática las especies que podrían ser invasoras para México, se revisaron diferentes metodologías de análisis de riesgo utilizadas alrededor del mundo y que son específicas para ciertas regiones o grupos de especies. Ejemplos de herramientas revisadas incluyen el enfoque de Australia para vertebrados (Bomford, 2008), los lineamientos trinacionales para especies acuáticas invasoras de Estados Unidos, Canadá y México (Mendoza Alfaro *et al.*, 2009), y los protocolos de varios países europeos como Austria, Alemania (Essl *et al.*, 2008), Bélgica (Branquart, 2007), Irlanda (Ireland, 2008), Suiza

(Weber *et al.*, 2005), Noruega (Gederaas *et al.*, 2007), Estados Unidos (Koop *et al.*, 2011) y Reino Unido (Baker *et al.*, 2005, 2008). Asimismo, se evaluaron los protocolos utilizados dentro del país para la regulación de plagas cuarentenarias, los lineamientos para importaciones y exportaciones o manejo de brotes para flora y fauna (Senasica-Sagarpa) y para la regulación de plagas forestales (Semarnat) que han resultado en las diferentes normas oficiales mexicanas existentes que regulan estas especies; sin embargo, se buscaba un método que fuera relativamente rápido y pudiera utilizarse para todos los grupos taxonómicos.

Para desarrollar este método se realizaron dos talleres con representantes del Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras, conformado por más de 50 especialistas de diferentes instituciones de los sectores académico, gubernamental y no gubernamental. Dentro de este grupo participaron expertos en análisis de riesgo, así como en los diferentes grupos taxonómicos que se evaluarían, con el fin de seleccionar los criterios que se utilizarían y asegurar que cubrieran todos los grupos. En estos talleres también se acordó el valor que se le daría a cada uno de los criterios y se hicieron pruebas con ejemplos reales de especies conocidas para evaluar los resultados obtenidos utilizando la metodología. Las especies seleccionadas para la evaluación fueron aquellas contenidas en el Sistema de Información de Especies Invasoras, aunque a partir de estos talleres se recibieron sugerencias adicionales de los especialistas.

El resultado final fue una herramienta de evaluación rápida, es decir, una herramienta de preselección que puede utilizarse para todos los grupos taxonómicos a partir de 10 criterios y un análisis de ponderación, obteniéndose así un valor de invasividad para la especie evaluada.

Método de Evaluación Rápida de Invasividad (MERI)

Antes de iniciar el análisis se plantean dos preguntas cuyas respuestas determinan si es necesario evaluar la especie. En la primera pregunta se revisa si ya hay un análisis de riesgo para la especie en México. Existen algunos grupos taxonómicos para los que ya se han realizado evaluaciones con metodologías específicas, y por tanto más detalladas. Para estas especies se tomarán los resultados del análisis de riesgo como base para cualquier decisión respecto del manejo de la especie, y no se considera

necesario evaluarlas nuevamente utilizando el MERI. La segunda pregunta está enfocada a la compatibilidad climática, y busca conocer si la especie exótica es nativa de, o se ha establecido en lugares que tienen climas similares con México; en caso de que se haya demostrado mediante modelos de similitud climática que comparan el clima en las regiones en las que la especie es nativa y los climas de México, que la especie no tiene afinidad con las condiciones del país, se asume que, aunque la especie sea introducida a México, no será posible que se establezca, ya que las condiciones climáticas no se lo permitirían. Debido a que en nuestro país contamos con una gran variedad de climas, se han encontrado pocas especies para las que se puede decir con seguridad que no tienen compatibilidad climática.

Si no existe un análisis de riesgo para la especie en México y la especie tiene compatibilidad climática con México, entonces se aplica el Método de Evaluación Rápida de Invasividad (MERI).

El MERI se divide en tres grandes rubros que en total consisten en 10 preguntas (Esquema 1).

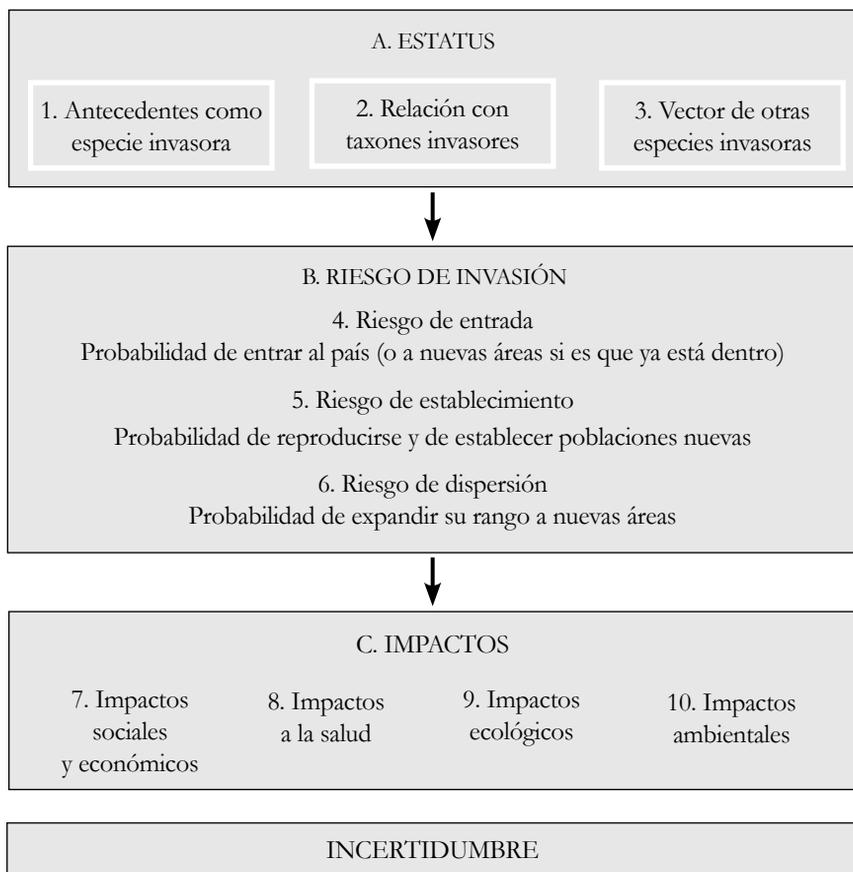
El esquema se divide en tres grandes rubros:

A. *Estatus*. Esta sección examina si la especie tiene antecedentes como especie invasora, compatibilidad climática o puede ser vector de especies invasoras. Consta de tres preguntas:

1. Reporte de invasora: se refiere a la existencia de análisis de riesgo, a reportes o listados que señalen a la especie como invasora en otras partes del planeta.
2. Relación con taxones invasores: evalúa si la especie está relacionada taxonómicamente con otras especies que ya hayan sido clasificadas como invasoras.
3. Vector de otras especies invasoras: examina si la especie tiene el potencial de transportar otras especies invasoras, incluyendo patógenos y parásitos de importancia para la vida silvestre, el hombre o actividades productivas.

B. *Riesgo de invasión*. En esta sección se evalúan los riesgos que presenta la especie en cuanto a introducción, establecimiento y dispersión. El planteamiento de la pregunta varía dependiendo de si la especie

Esquema 1. Representación general de las 10 preguntas que forman el Método de Evaluación Rápida de Invasividad



ya está en el país o aún no ha llegado. En todas las preguntas de esta sección se toma en cuenta la existencia de medidas preventivas existentes para evitar cualquiera de estos movimientos.

4. Riesgo de introducción: se refiere a la probabilidad de que la especie entre al país o de que se introduzca nueva o repetidamente, en caso de que ya haya sido introducida. Destaca la importancia de la vía o el número de vías de introducción por las que entra la especie. Interviene también el número de

- individuos y la frecuencia de introducción de los organismos (o propágulos).
5. Riesgo de establecimiento: se evalúa la probabilidad que tiene la especie de reproducirse y fundar poblaciones viables en una región fuera de su área de distribución natural (actual en el caso de nativas con potencial invasor o exóticas ya establecidas en México).
 6. Riesgo de dispersión: es la probabilidad que tiene la especie de expandir su rango geográfico cuando se establece en una región de la que no es nativa.
- C. *Impactos*. Evalúa los diferentes tipos de impactos que se han documentado para la especie o que podría ocasionar de acuerdo con sus características.
7. Impactos sanitarios: son aquellos impactos a la salud humana, animal o vegetal; por ejemplo, especies venenosas, tóxicas, causantes de alergias, epidemias, especies parasitoides, que la especie misma sea una enfermedad (ej., dengue, cólera, etc.).
 8. Impactos económicos y sociales: se evalúan los impactos a la economía y al tejido social. Puede incluir incremento de costos de actividades productivas, daños a la infraestructura, pérdidas económicas por daños o compensación de éstos, pérdida de usos y costumbres, desintegración social, etcétera.
 9. Impactos ambientales: se citan cambios físicos y químicos en agua, suelo, aire y luz.
 10. Impactos ecológicos: se evalúan los impactos a otras especies, los ecosistemas y las comunidades (por ejemplo, mediante herbivoría, competencia, depredación e hibridación).

Cada una de las 10 preguntas tiene seis valores posibles como respuesta (muy alto, alto, medio, bajo, nulo y se desconoce); el valor se asigna de acuerdo con lineamientos que se han establecido dentro de un instructivo que se envía al evaluador para calificar cada criterio y tienen asociado un valor numérico que va de 1 a 5: los valores de medio y se desconoce comparten un valor de 3.

Asimismo, se asigna un valor de incertidumbre de acuerdo con la calidad de la información utilizada para responder cada pregunta y dependiendo de si se usaron fuentes publicadas y revisadas por pares o información no verificada. Este valor también tiene un valor numérico y una vez que se tiene la información completa se aplica un análisis multicriterio (Golubov *et al.*, 2014); no todas las preguntas tienen el mismo peso o valor, éste fue asignado a cada pregunta en el taller de expertos mencionado anteriormente.

El análisis arroja un valor numérico entre 0 y 1 que indica el riesgo que presenta la especie como invasora potencial para México (Cuadro 1).

Cuadro 1. Clasificación de riesgo de invasividad de acuerdo con el valor obtenido en el MERI

<i>Valor numérico</i>	<i>Categoría como invasora</i>
Menor a 0.125	Bajo
0.125 a 0.25	Medio
Mayor a 0.25 a 0.5	Alto
Mayor de 0.5	Muy Alto

Aplicación del MERI

Para abril de 2017 se han evaluado con este método 520 especies (Cuadro 2), de un total de 1,803 que tiene la Conabio en su lista de especies potencialmente invasoras para México. Estas evaluaciones fueron realizadas por expertos en cada una de las especies, y en muchos casos se llevó a cabo más de una evaluación para cada especie, compilando así la información aportada por cada evaluador y comparando los valores otorgados por cada uno. De estas especies, 425 cuentan además con una ficha informativa que incluye la información taxonómica, fotografía del ejemplar y la respuesta a cada una de las 10 preguntas del MERI.

Adicionalmente, en la lista de especies invasoras se incluyeron algunas que no se evaluaron con el MERI, ya que éstas cuentan con un análisis de riesgo completo o están reguladas por algún otro instrumento como las Normas Oficiales Mexicanas, y que son de suma importancia por

Cuadro 2. Lista de especies exóticas invasoras evaluadas con el MERI a abril de 2017

<i>Grupo</i>	<i>Número de especies evaluadas</i>
Bacterias y hongos	4
Algas y protoctistas	16
Plantas	203
Invertebrados/briozoarios	7
Invertebrados/cnidarios	6
Invertebrados/anélidos	14
Invertebrados/arácnidos	5
Invertebrados/crustáceos	4
Invertebrados/insectos	41
Moluscos	24
Invertebrados/ascidia	1
Peces	104
Anfibios	3
Reptiles	51
Aves	19
Mamíferos	18
Total	520

los impactos que presentan, tales como los ejemplos que se presentan a continuación.

Entre las especies de más alto riesgo para el país destaca el pez león (*Pterois volitans*), con el valor más alto de invasividad de las especies evaluadas (0.89). Esta especie es originaria del oeste de Australia en el Océano Índico, hasta el sur de Japón y Corea del Sur (Froese y Pauly, 2017). Su invasión ha significado una de las mayores amenazas en la historia de los arrecifes coralinos del Atlántico (Brito-Bermúdez *et al.*, 2014). Debido a su índice elevado de reproducción y rápido crecimiento, es considerado un depredador voraz y generalista que logra consumir grandes cantidades de peces y crustáceos y compite por recursos con otras especies de importancia comercial. Sus larvas se dispersan rápidamente con las corrientes y los organismos alcanzan profundidades de hasta 300 metros, por lo que su erradicación es prácticamente imposible; sin



Foto 1. Pez león (*Pterois volitans*). Octavio Aburto Oropeza.
Fuente: Banco de Imágenes Conabio.

embargo, es importante realizar actividades de control y manejo como las que realiza la Conanp en el Caribe mexicano, en conjunto con organizaciones internacionales de otros países afectados (Mapa 1).

Otro ejemplo es el del perico argentino (*Myiopsitta monachus*) que también obtuvo calificación de especie con muy alto riesgo como invasora para México (valor de invasividad 0.652). Es una especie nativa de Argentina, Bolivia, Brasil, Paraguay y Uruguay que ha sido introducida en nuestro país y otras partes del mundo a través del mercado de mascotas. Se han reportado poblaciones ferales en diferentes países incluyendo México, y se ha determinado que estas poblaciones se han originado de escapes y liberaciones intencionales (MacGregor-Fors *et al.*, 2011; GISD, 2017).

Esta especie posee características que la hacen una invasora exitosa debido a que se adapta y establece fácilmente en nuevos ambientes, anidando durante todo el año; además, es portadora de varias enfermedades que pueden ser transmitidas a otras especies nativas. Construye nidos comunales de gran tamaño en árboles o estructuras hechas por

Mapa 1. Distribución exótica actual del pez león en el Atlántico



Fuente: Imagen tomada de la página del U.S. Geological Survey. U.S. Department of the Interior.



Foto 2. Perico monje o perico argentino (*Myiopsitta monachus*). Manuel Grosselet.

Fuente: Banco de Imágenes Conabio.

el hombre (Aramburú, 2009). Actualmente la Conabio aporta financiamiento para un proyecto que busca determinar el estado de las poblaciones de esta especie en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México y sus posibles medidas de control antes que llegue a zonas prioritarias y áreas naturales protegidas.

Es una especie acuática flotante nativa de la cuenca del Amazonas y los extensos lagos y pantanos de la región del Pantanal del occidente de Brasil; llegó a México con fines ornamentales al finalizar el siglo XIX y se propagó rápidamente.

Ha sido ampliamente cultivada como especie ornamental debido a sus llamativas flores (Verdejo *et al.*, 2006; CABI, 2015). Es una de las principales malezas de agua dulce a escala mundial debido a su rápido crecimiento y reproducción, alta competitividad, movimiento por el viento y corrientes de agua y propagación por el hombre con fines ornamentales; está considerada entre las 100 especies más invasoras del mundo por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), ya que impacta negativamente a las actividades humanas (pesca, transporte de agua, etc.) y la biodiversidad (CABI, 2015).



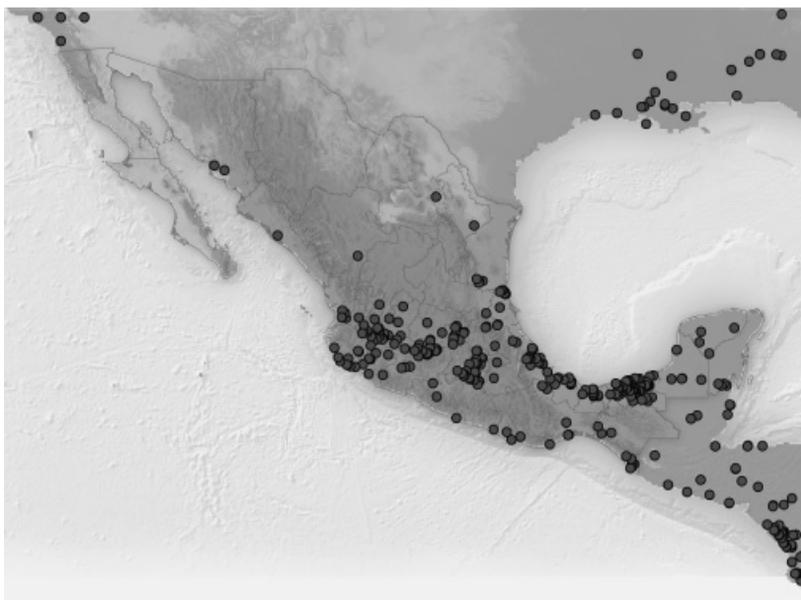
Foto 3. Lirio acuático (*Eichhornia crassipes*). Jaime Raúl Bonilla Barbosa.
Fuente: Conabio.

El Mapa 2 muestra las localidades en las que se tiene registrada dentro del SIEI y la distribución potencial de esta especie que debido a sus características y compatibilidad climática con nuestro país podría llegar a ocupar prácticamente todo el territorio.

La lista de especies invasoras y potencialmente invasoras compiladas, así como las fichas de las evaluaciones realizadas por la Conabio, se pueden consultar en la página de especies invasoras: <http://www.biodiversidad.gob.mx/invasoras>.

La información científica actual y correcta es indispensable para que la toma de decisiones cubra realmente las necesidades del país. Es importante que el resultado de esfuerzos como los análisis para determinar el riesgo de la introducción de especies exóticas se tome en consideración. Esto permitirá prevenir la entrada de especies de alto riesgo de invasividad y en caso que se decida introducirlas se podrá hacer con el conocimiento de las implicaciones que estas introducciones pueden

Mapa 2. Mapa de localidades (en puntos) y distribución potencial (en gris oscuro) de *Eichhornia crassipes* en México



Fuente: Conabio, 2013.

llegar a tener y de las medidas que se deben tomar para evitar su escape y dispersión, evitando así impactos negativos ambientales para nuestro país al tiempo que permitirá el intercambio comercial internacional.

Referencias

- Andersen, M. C., Adams, H. *et al.* (2004). Risk assessment for invasive species. *Risk Analysis*, 24(4), 787-793.
- Aramburú, R., Calvo, S., Carpintero, D. L. y Cicchino, A. C. (2009). Artrópodos presentes en nidos de cotorra *Myiopsitta monachus monachus* (Aves: Psittacidae). *Rev. Mus. Argentino Cienc. Nat.* 11(1), 1-5.
- Baker, R., Cannon, R., Bartlett, P. y Barker, I. (2005). Novel strategies for assessing and managing the risks posed by invasive alien species to global crop production and biodiversity. *Annals of Applied Biology*, 177-191.
- Baker, R. H. A., Black, R., Copp, G. H., Haysom, K. A., Hulme, P. E. *et al.* (2008). The UK risk assessment scheme for all non-native species. *NEOBIOTA Biological Invasions-from Ecology to Conservation*.
- Barrios, Y., Born-Schmidt, G., González Martínez, A. I., Koleff, P. y Mendoza, R. (2014). Avances en el desarrollo de criterios para definir y priorizar las especies invasoras. En R. Mendoza y P. Koleff (coords.), *Especies acuáticas invasoras en México* (pp. 113-121). México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- Bomford, M. (2008). *Risk assessment models for establishment of exotic vertebrates in Australia and New Zealand*. Canberra: Invasive Animals Cooperative Research Centre.
- Branquart, E. (2007). *Guidelines for environmental impact assessment and list classification of non-native organisms in Belgium*. Bruselas: Belgian Biodiversity Platform.
- Brito-Bermúdez, A., González-Baca, C. A. y Gómez-Lozano, R. (2014). Invasión, reacción y acción. La crónica de la invasión del pez león (*Pterois spp.*) en el Caribe mexicano. En R. Mendoza y P. Koleff Osorio (eds.), *Especies acuáticas invasoras en México* (pp. 445-468). México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- Centre for Agricultural Bioscience International (CABI) (2015). *Eichhornia crassipes*. En *Invasive Species Compendium*. Wallingford, Reino Unido: CAB

- International. Recuperado en abril de 2015 de <http://www.cabi.org/isc/datasheet/108967>
- Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras (2010). *Estrategia Nacional sobre Especies Invasoras en México. Prevención, control y erradicación*. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Comisión Nacional de Áreas Protegidas, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Comisión para la Cooperación Ambiental (CCA). *Protección de las Áreas Prioritarias de Conservación ante Especies Exóticas Invasoras*. Recuperado en mayo de 2017 de <http://www.ccc.org/es/recursos/especies-ex%C3%B3ticas-invasoras>
- Essl, F., Klingenstein, F., Nehring, S., Otto, C. y Rabitsch, W. (2008). The German-Schwarze Listen invasiver Arten—ein Instrument zur Risikobewertung für die Naturschutz-Praxis. *Natur und Landschaft*, (83), 418-424.
- Froese, R. y Pauly, D. (eds.) (2017). FishBase. Recuperada en febrero de 2017 de www.fishbase.org,
- Gederaas, L., Salvesen I. y Viken, Á. (2007). Norwegian black list—Ecological risk analysis of alien species. *Artsdatabanken*, Noruega.
- GISD (2017). *Myiopsitta monachus*. Recuperada en mayo de 2017 de <http://www.issg.org/database/species/ecology.asp?si=1021&fr=1&sts=sss&lang=EN>.
- Golubov, J., Mandujano, M.C., Guerrero-Eloísa, S., Mendoza, R., Koleff, P. *et al.* (2014). Análisis multicriterio para ponderar el riesgo de las especies invasoras. En R. Mendoza y P. Koleff Osorio (coords.), *Especies acuáticas invasoras en México* (pp. 123-133). México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- Ireland, I. S. (2008). *Invasive species Ireland risk assessment. Briefing document risk assessment*. Recuperado en mayo de 2017 de <http://invasivespeciesireland.com/toolkit/risk-assessment/detailed-risk-assessment/>
- Koop, A. L., Fowler, L., Newton, L. P. y Caton, B. P. (2011). Development and validation of a weed screening tool for the United States. *Biol. Invasions*, (14), 273-294.
- Leung, B., Lodge, D. M. *et al.* (2002). An ounce of prevention or a pound of cure: Bioeconomic risk analysis of invasive species. Proceedings of the Royal Society of London. *B Biological Sciences*, (269), 2407-2413.

- Leung, B., Roura-Pascual, N. *et al.* (2012). TEASIng apart alien species risk assessments: A framework for best practices. *Ecology Letters*, (15), 1475-1493.
- MacGregor-Fors, I., Calderón-Parra, R. *et al.* (2011). Pretty, but dangerous! Records of non-native Monk Parakeets (*Myiopsitta monachus*) in Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, (82), 1053-1056.
- Mendoza Alfaro, R. E., Cudmore, B., Orr, R., Fisher, J. P., Contreras Balderas, S. *et al.* (2009). Directrices trinacionales para la evaluación de riesgos de las especies acuáticas exóticas invasoras. México: Comisión para la Cooperación Ambiental.
- Ojasti, J. (2001). *Estrategia regional de biodiversidad para los países del trópico andino*. Caracas, Venezuela: Convenio de Cooperación Técnica no Reembolsable.
- Randall, J. M., Granillo, I. *et al.* (2008). *El monitoreo de los impactos de la erradicación de cabras y otras acciones de manejo sobre las plantas y animales de Isla Guadalupe*. México: INE-Semarnat.
- Verdejo, E., Palmerín, J. A., Aibar, J., Cirujeda, A., Taberner, A., Zaragoza, C. (2006). El lirio de agua *Eichhornia crassipes*. Plantas invasoras. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Secretaría General Técnica.
- Weber, W., Köhler, B., Gelpke, G., Perrenoud, A. y Gigon, A. (2005). Schlüssel zur Einteilung von Neophyten in der Schweiz in die Schwarze Liste oder die Watch-Liste. *Bot. Helv.*, (115), 169-194.
- Zalba, M. S. y Ziller, R. S. Herramientas de prevención de invasiones biológicas de I3N. Recuperado de https://www.sib.gov.ar/archivos/I3N_ManualHerramientasdePrevenciondeInvasiones.pdf

9. Lista oficial de especies exóticas invasoras para México

*Carlos Álvarez Echagaray** y *Alejandra Barrios Pérez***

Resumen

Se presenta la información relativa al proceso de elaboración del instrumento regulatorio mandatado por la Ley General de Vida Silvestre, el Acuerdo por el que se determina la lista de las especies exóticas invasoras para México.

Introducción

El mandato para la elaboración de la Lista de Especies Exóticas Invasoras (EEI) emana del decreto publicado en el *Diario Oficial de la Federación*,

* Jefe del Departamento de Biodiversidad; egresado de la carrera de Biología de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Trabaja en la Semarnat en la implementación de normas ambientales relacionadas con la biodiversidad, como la lista de especies en riesgo (NOM-059.SEMARNAT-2010), la Norma Mexicana para Zoológicos (NMX-AA-165-SCFI-2014) y el Acuerdo para la Lista de Especies Invasoras para México. Posee un diplomado en Estrategias y Técnicas para la Conservación de la Naturaleza por el Tecnológico de Monterrey, otro en Regulación por la Comisión Federal de Mejora Regulatoria (Cofemer), Red Latinoamericana de Mejora Regulatoria y Competitividad (LATIN-REG).

** Química en Alimentos y Maestría en Ciencias Bioquímicas por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Directora de Regulación de Bioseguridad,

por el cual se modificaba la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y la Ley General de Vida Silvestre del 6 de abril de 2010, de la siguiente manera:

En la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente:

Art. 80. Los criterios para la preservación y aprovechamiento sustentable de la flora y fauna silvestre, a que se refiere el Art. 79 de esta Ley, serán considerados en:

La protección y conservación de la flora y fauna del territorio nacional, *contra la acción perjudicial de especies exóticas invasoras, plagas...*

Art. 85. Cuando así se requiera para la protección de especies, hábitats, ecosistemas, la economía o la salud pública, *la Secretaría promoverá ante la Secretaría de Economía, el establecimiento de medidas de regulación o restricción, en forma total o parcial, a la exportación o importación de especímenes de la flora y fauna silvestres nativos o exóticos e impondrá las restricciones necesarias para la circulación o tránsito por el territorio nacional de especies de la flora y fauna silvestres procedentes del y destinadas al extranjero.*

Y en la Ley General de Vida Silvestre se incluye en el artículo 3, la definición:

xvii. Especie exótica invasora: Es aquella especie o población que no es nativa, que se encuentra fuera de su ámbito de distribución natural, que es capaz de sobrevivir, reproducirse y establecerse en hábitat y ecosistemas naturales y que amenaza la diversidad biológica nativa, la economía o la salud pública.

Art. 27 Bis.- *No se permitirá la liberación o introducción a los hábitats y ecosistemas naturales de especies exóticas invasoras.*

Biodiversidad y Recursos Genéticos; coordina y promueve el fortalecimiento del marco regulatorio mediante la elaboración de instrumentos regulatorios y de fomento (Normas y Acuerdos relacionados a Bioseguridad y Biodiversidad). Ha participado activamente en negociaciones internacionales del CBD y sus Protocolos.

La Secretaría *determinará* dentro de normas oficiales y/o *acuerdos secretariales* las *listas de especies exóticas invasoras*. Las listas respectivas serán revisadas cada 3 años o antes si se presenta información suficiente para la inclusión de alguna especie o población. Las listas y sus actualizaciones indicarán el género, la especie y en su caso, la subespecie y serán publicadas en el Diario Oficial de la Federación y en la Gaceta Ecológica.

Asimismo, *expedirá* las normas oficiales mexicanas y/o *acuerdos secretariales* relativos a la *prevención de la entrada de especies exóticas invasoras, así como el manejo, control y erradicación de aquellas que ya se encuentren establecidas en el país o en los casos de introducción fortuita, accidental o ilegal*.

Art. 27 Bis 1.- *No se autorizará la importación de especies exóticas invasoras o especies silvestres que sean portadoras de dichas especies invasoras que representen una amenaza para la biodiversidad, la economía o salud pública.*

De la lectura del segundo párrafo del artículo 27 Bis se le indica al Poder Ejecutivo:

1. Elaborar la lista de EEI mediante norma o acuerdo secretarial, y publicarla en el DOF.

De la lectura del tercer párrafo:

2. Expedir normas o acuerdos secretariales para la prevención de la entrada de EEI.
3. Expedir normas o acuerdos secretariales para el manejo, control y erradicación de las EEI ya establecidas.
4. Expedir normas o acuerdos secretariales para el manejo, control y erradicación para casos de introducción fortuita, accidental o ilegal.

Por su parte, el artículo 27 Bis 1 indica que no habrá autorización para importar EEI, o especies que las contengan (refiriéndose con esto también a plagas y malezas), que representen una *amenaza* para la biodiversidad, la economía o la salud pública.

Todos estos instrumentos a desarrollar contienen hipótesis diversas que sustentan actos administrativos que, entre sí, tienen alcances jurídicos distintos y complementarios y en algunos casos requieren la

actuación conjunta de la Secretaría con otra dependencia del Ejecutivo federal, por lo que la lista publicada sólo es de carácter informativo.

Competencia normativa sobre especies exóticas invasoras

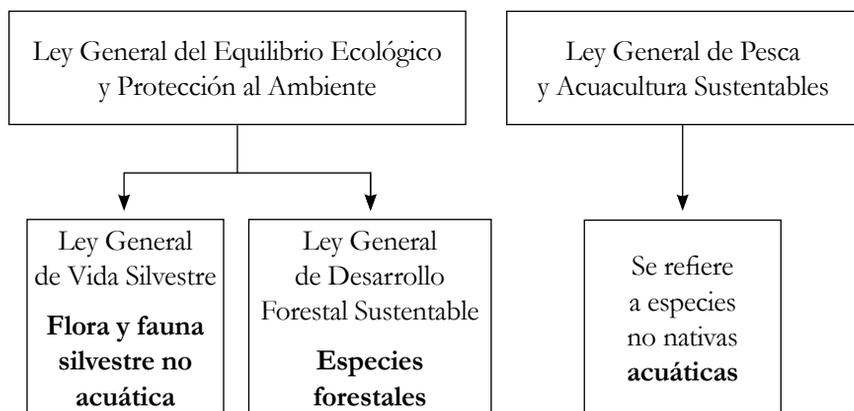
El marco regulatorio referente a las especies exóticas invasoras se refleja en la Figura 1.

Para el caso de especies invasoras consideradas como plagas o enfermedades, ya existe un marco bien establecido enfocado a la parte sanitaria tanto forestal como agrícola, a través de diversas normas (véase el capítulo 3).

La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, a través de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (Profepa), es la responsable de vigilar el cumplimiento de la normatividad aplicable al manejo y aprovechamiento de la vida silvestre. Para ello ya existe un programa de inspección, por lo que se cuenta con una infraestructura reglamentaria.

A la Semarnat se le confieren atribuciones por la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (arts. 80 y 85), la Ley General de Vida Silvestre (arts. 27 Bis y 27 Bis 1), enunciadas anterior-

Figura 1. Marco regulatorio referente a las especies exóticas invasoras



mente, así como por la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable en los siguientes artículos:

Artículo 85. Queda prohibido el establecimiento de plantaciones forestales comerciales en sustitución de la vegetación primaria nativa actual de los terrenos forestales, salvo en los siguientes casos:

I. Cuando se compruebe mediante estudios específicos que no se pone en riesgo la biodiversidad, o

II. Cuando se demuestre mediante estudios específicos que la vegetación nativa tenga poco valor comercial o biodiversidad, y se juzgue conveniente promover plantaciones de especies provenientes de otros lugares que se adapten a la zona e inclusive favorezcan la fauna y los bienes y servicios ambientales.

La Secretaría expedirá la norma oficial mexicana que establezca las especies de vegetación forestal exótica que ponga en riesgo la biodiversidad.

Artículo 131. La reforestación que se realice con propósitos de conservación y restauración, las actividades de forestación y las prácticas de agrosilvicultura en terrenos degradados de vocación forestal, no requerirán de autorización y *solamente estarán sujetas a las normas oficiales mexicanas, en lo referente a no causar un impacto negativo sobre la biodiversidad.*

... Se impulsará la reforestación con especies forestales autóctonas o nativas. *La norma oficial mexicana definirá las especies de vegetación forestal exótica, que por sus características biológicas afecten los procesos o patrones de distribución de la vegetación forestal nativa en terrenos forestales y preferentemente forestales, cuya autorización esté prohibida.*

Es competencia de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (Sagarpa) la Ley General de Pesca y Acuicultura Sustentables en los siguientes artículos:

Artículo 17...

VI. El ordenamiento de la acuicultura a través de programas que incluyan la definición de sitios para su realización, su tecnificación, diversificación, buscando nuevas tecnologías que reduzcan los impactos ambientales y que permitan ampliar el número de especies nativas que se cultiven, *dando prioridad en todo momento al cultivo de especies nativas sobre las especies exóticas.*

Ruta crítica para la publicación de la Lista de Especies Exóticas Invasoras

Se estableció un grupo de trabajo para evaluar y avalar la lista de especies, conformado por el Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras (más de 50 instituciones de los sectores académico, gubernamental y no gubernamental), coordinado por la Conabio (Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras, 2010) (véase capítulo 8).

Derivado de estas evaluaciones, la Conabio remitió oficialmente una lista con 476 especies evaluadas; es decir, que de acuerdo con el Método de Evaluación Rápida de Invasividad (MERI) poseen un índice de riesgo de invasividad mayor o igual a 0.125 (véase capítulo 8) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Número de especies exóticas invasoras por grupo evaluadas por la Conabio

<i>Grupo</i>	<i>Número de especies</i>
Bacterias y hongos	4
Algas	13
Plantas	156
Invertebrados/anélidos	14
Invertebrados/briozoarios	6
Invertebrados/cnidarios	6
Invertebrados/crustáceos	3
Invertebrados arácnidos	3
Invertebrados/insectos	63
Invertebrados/moluscos	22
Urocordados	1
Peces	103
Anfibios	2
Reptiles	48
Aves	16
Mamíferos	16
Total	476

Cada especie contenía una categoría sobre invasividad (no autorizadas para importación, introducción fortuita, manejo y control, nativas traslocadas y no permitidas en áreas naturales protegidas), que al revisar la Unidad Coordinadora de Asuntos Jurídicos de la Semarnat comentó que se trataba de integrar en un solo instrumento los actos administrativos derivados de los artículos 27 Bis y 27 Bis 1 de la ley General de Vida Silvestre, y que no deberían estar debido a que contienen hipótesis diversas y a que sustentan actos administrativos que, entre sí, tienen alcances jurídicos distintos, por lo que la lista que se publique sólo puede abarcar a las especies dentro del ámbito de validez de la ley, por lo que se excluyeron de la lista original las categorías y las especies acuáticas y forestales que no están clasificadas en algún estatus de riesgo, debido a que sólo es una lista enunciativa y se atiende exclusivamente al segundo párrafo del artículo 27 Bis.

El acuerdo se conformó con tres apartados:

- a) Un apartado de considerandos técnicos y legales en los que se justifica la emisión del instrumento regulatorio, así como una breve descripción del Método de Evaluación Rápida de Riesgo de Invasividad (MERI) (Golubov *et al.*, 2014).
- b) Dos artículos operativos que se vinculan a sus respectivos anexos.
- c) Dos artículos transitorios que indican la entrada en vigor del acuerdo y un mandato a la Semarnat para publicar las fichas de cada especie determinada como EEI.

Derivado del proceso de Mejora Regulatoria mandatado por la Ley Federal de Procedimiento Administrativo (DOF, 1994) y el Acuerdo de Calidad Regulatoria (DOF, 2007) de la Comisión Federal de Mejora Regulatoria (Cofemer), se debe presentar ante esta Comisión una Manifestación de Impacto Regulatorio, en la que se incluya un estudio de costo-beneficio económico y ambiental para la sociedad por la emisión del instrumento. Adicionalmente, el Proyecto de Acuerdo fue dictaminado por la Unidad Coordinadora de Asuntos Jurídicos de la Semarnat en la constitucionalidad del instrumento.

Se presentó ante la Cofemer el Anteproyecto del Acuerdo por el que se determina la Lista de las Especies Exóticas Invasoras para México y el formulario de solicitud de exención de Manifestación de Impacto

Regulatorio (MIR), pues se determinó que, dado que el acuerdo únicamente tiene como objetivo dar a conocer al público en general el listado, los costos se consideran asumidos por la publicación de las modificaciones legislativas.

El proyecto fue publicado en la página de la Cofemer durante cinco días y fue dictaminado el 16 de noviembre de 2016; el dictamen de la Cofemer exige a la Semarnat de la presentación de la MIR correspondiente, toda vez que el contenido del anteproyecto es de carácter informativo y no genera obligaciones adicionales a las previstas en el marco regulatorio vigente; es posible determinar que su emisión no generará costos de cumplimiento para los particulares. Durante su publicación¹ se recibieron 35 comentarios que versaron principalmente en que la lista debería incluir especies acuáticas, sin embargo, como se explicó anteriormente, estas especies no son de atribución estricta de la Semarnat.

Lista de especies exóticas invasoras

El Acuerdo con la Lista de las Especies Exóticas Invasoras para México fue publicado en el *Diario Oficial de la Federación* el pasado 7 de diciembre de 2016 (DOF, 2016); cuenta con un total de 348 especies listadas en dos anexos, los cuales se componen de los campos del nombre científico (incluido autor, nombre común y sinonimia) y el campo de distribución natural, ya que la definición legal de las EEI abarca tanto a las especies cuyo ámbito de distribución natural se ubica en otro país, como aquellas que, siendo nativas de México, sean exóticas para otro hábitat dentro del propio territorio nacional.

Anexo 1. Lista con las especies consideradas exóticas invasoras mediante el Método de Evaluación Rápida de Riesgo de Invasividad (MERI), elaborado para tal fin (Cuadro 2).

Anexo 2. Lista con las especies acuáticas consideradas especies exóticas invasoras para Áreas Naturales Protegidas que cuentan con cuerpos de agua continentales y marinos; hábitats críticos para la conservación de la vida silvestre, y en las áreas de refugio para proteger especies acuáticas, ya que pueden representar una amenaza para la

¹ <http://www.cofemersimir.gob.mx/portales/resumen/41465>

Cuadro 2. Número de especies por grupo enlistadas en el anexo 1

<i>Grupo</i>	<i>Número de especies</i>
Bacterias y hongos	4
Plantas	130
Invertebrados arácnidos	3
Invertebrados insectos	63
Invertebrados moluscos	4
Peces	3
Anfibios	2
Reptiles	49
Aves	16
Mamíferos	16
Total	290

biodiversidad, la economía o la salud pública y causar severos impactos en los ecosistemas y en los servicios ambientales que proporcionan (Cuadro 3).

Como se mencionó anteriormente, el acuerdo sólo contiene a las especies de las que la Semarnat tiene competencia según la Ley General de Vida Silvestre, contenidas en el anexo 1, y sólo aquellas especies acuáticas que no tienen un aprovechamiento regulado (competencia de la Sagarpa), consideradas exóticas invasoras en Áreas Naturales Protegidas (Gráfica 1).

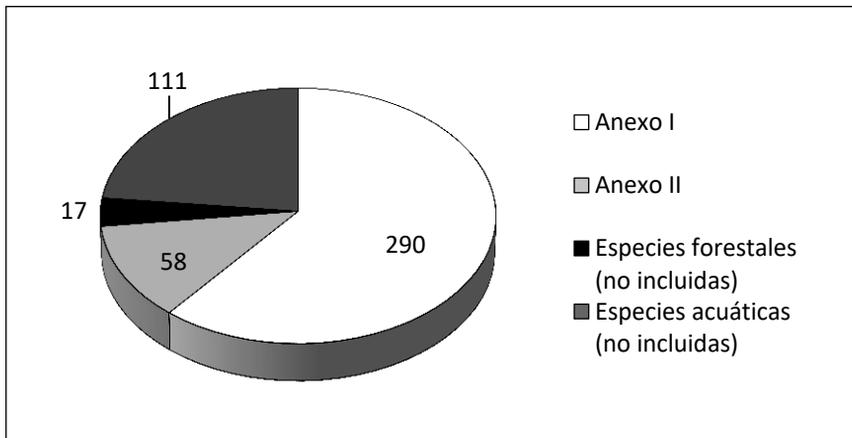
Dentro de la propuesta original de lista se encontraban 17 especies forestales consideradas especies exóticas invasoras, que deberán ser incluidas dentro de la Norma Oficial Mexicana referente, de acuerdo con la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable.

De las 164 especies exóticas invasoras acuáticas evaluadas, no se incluyeron 111 especies en el acuerdo oficial; es necesario que éstas sean reguladas por la autoridad en la materia (Ley General de Pesca y Acuicultura Sustentables), por lo que en trabajos transversales se compartirá toda la información con la Sagarpa para que sean publicadas por ella.

Cuadro 3. Número de especies por grupo enlistadas en el anexo 2

<i>Grupo</i>	<i>Número de especies</i>
Algas	4
Plantas	4
Invertebrados anélidos	13
Invertebrados briozoarios	6
Invertebrados cnidarios	6
Invertebrados crustáceos	3
Invertebrados moluscos	15
Urocordados	1
Peces	6
Total	58

Gráfica 1. Número de especies evaluadas



Conclusión

En resumen, se cuenta con un listado ya publicado de especies exóticas invasoras, pero aún falta desarrollar una norma donde se indiquen las categorías de riesgo que lleva cada una para su manejo, control o erradicación, así como, junto con la Secretaría de Economía, inscribir a las especies que ya no se podrán importar.

Referencias

- Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras (2010). *Estrategia Nacional sobre Especies Invasoras en México. Prevención, control y erradicación*. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Comisión Nacional de Áreas Protegidas, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Diario Oficial de la Federación* (DOF) (1994). Ley Federal de Procedimiento Administrativo, 4 de agosto de 1994.
- Diario Oficial de la Federación* (DOF) (2007). Acuerdo de Calidad Regulatoria, 2 de febrero de 2007.
- Diario Oficial de la Federación* (DOF) (2016). Acuerdo por el que se determina la Lista de las Especies Exóticas Invasoras para México, 7 de diciembre de 2016.
- Golubov, J., Mandujano, M. C., Guerrero-Eloísa, S., Mendoza, R., Koleff, P., González, A. I., Barrios, Y. y Born-Schmidt, G. (2014). Análisis multicriterio para ponderar el riesgo de las especies invasoras. En R. Mendoza y P. Koleff (coords.) (2014). *Especies acuáticas invasoras en México*. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

10. Mecanismos económicos para la atención de especies exóticas invasoras en México

Jordi Parpal Servole, Laura Saad Alvarado,**
Georgia Born-Schmidt****

Resumen

El costo de los impactos económicos de las especies exóticas invasoras (EEI) se ha estimado en aproximadamente 5% del PIB mundial. Sin embargo, hay pocos datos para México hasta la fecha, aunque la Estrategia Nacional sobre Especies Invasoras (ENEI) ha determinado, entre sus metas, el establecimiento de mecanismos financieros para prevenir, reparar y compensar los daños a la biodiversidad. Por eso, en el marco del proyecto GEF-Invasoras se dio a la tarea de generar datos económicos que demuestren el monto agregado de los costos asociados a las EEI y de una gestión mejorada de prevención de EEI en comparación con enfoques más tradicionales de control y erradicación en ecosistemas vulnerables. Estos datos también permiten orientar las decisiones sobre las intervenciones prioritarias y la asignación de los recursos limitados. Además, se desarrollaron propuestas acerca de instrumentos económicos adecuados para atender la problemática de las EEI, por ejemplo, pagos

*Licenciado en Biología. Maestro en Conservación de Recursos Naturales. Unidad Coordinadora del Proyecto GEF-Invasoras, PNUD. Correo electrónico: jparpal@conabio.gob.mx

** Maestra en Geografía/Geoecología por la Universidad Gutenberg de Mainz. Unidad Coordinadora del Proyecto GEF-Invasoras, PNUD. Correo electrónico: gborn@conabio.gob.mx

*** Consultora en temas económicos.

de derechos con destino específico (Título I y Título II de la Ley Federal de Derechos relacionados con la importación y el manejo; la utilización de un fondo para emergencias; y seguros y fianzas entre otros instrumentos con el fin de generar recursos monetarios para financiar la gestión de EEI y concientizar a los productores y usuarios de estas especies del riesgo que puede implicar su posesión y distribución.

Introducción

La globalización y, en general, la actividad económica, incrementan significativamente la frecuencia e intensidad del movimiento de especies que pueden volverse invasoras. Por tanto, pueden constituir una amenaza para la biodiversidad, los servicios de los ecosistemas, la seguridad alimentaria, la salud y la economía de subsistencia (IPBES, 2017). En México estas especies han sido responsables de la extinción de animales nativos, degradación de ecosistemas amenazados y comunidades ecológicas, fallas de cultivos y disminución de la productividad agrícola, así como daños a la pesca y actividades recreativas. La presencia de especies exóticas, es decir, originarias de otra parte del mundo, es común en México al igual que en la mayor parte de los países. Éstas, no obstante, puede que lleven mucho tiempo establecidas en el país formando parte del paisaje mexicano sin originar problemas significativos a las comunidades naturales mexicanas. En ciertos casos, su entrada al país ocurrió hace tanto tiempo y su extensión actual es tan amplia, que su presencia es considerada por el público en general como si fueran especies propias del país. En algunas ocasiones su existencia no implica riesgos mayores o, incluso, aportan un beneficio relativo (Gómez, s/a). En otros casos estas especies se adaptan de manera extraordinaria a las condiciones ambientales y climáticas de México y por consiguiente llegan a expandirse rápidamente, ocasionando problemas importantes a los ecosistemas de México e incluso convirtiéndose en un peligro para la salud humana o generando importantes perjuicios a la economía local y distorsiones sociales en las comunidades afectadas. Es en este momento que puede hablarse de especies exóticas invasoras. Ejemplos de éstas se encuentran por toda la república y afectan a numerosas ecorregiones y sectores productivos.

Muchas especies exóticas invasoras (EEI) han llegado a nuestro país de forma accidental, ya sea por dispersión natural o por introducción accidental como polizontes en medios de transporte o en mercancías (Figura 1). Pero también muchas de ellas se dispersan al medio natural a causa de liberaciones deliberadas, ya sea por motivos económicos (p.ej. siembras de peces para el consumo en los ríos para potenciar la actividad pesquera) o de manera más personal (p.ej. liberación de mascotas por el propietario una vez que decide que no puede mantenerlas). En todos estos casos, la atención temprana del problema puede evitar enormes costos al erario público. No hay que olvidar que una de las principales características de las EEI es su elevada tasa de reproducción, lo cual implica un aumento exponencial de su tamaño poblacional.

El costo de las acciones de atención a las EEI

Una vez que una especie exótica se introduce en el país, y encuentra las condiciones necesarias para establecerse, empieza la colonización de

Figura 1. Invasión de lirio acuático (*Eichhornia crassipes*) en la Laguna de Coyuca, Guerrero



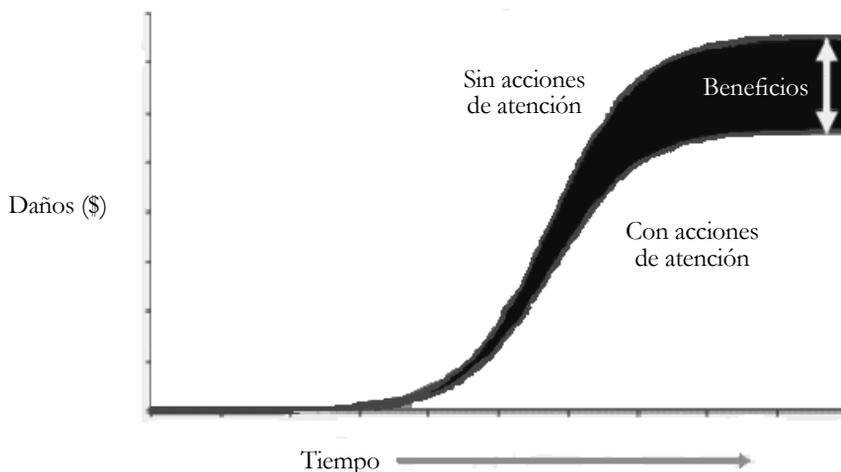
Foto. Michael Schmidt.

nuevos territorios e inicia su expansión y, en consecuencia, la competencia con especies nativas. En un primer estadio, sus poblaciones son reducidas y se ubica en una pequeña porción de terreno. Pero rápidamente empieza a crecer y a expandirse a superficies mayores.

Atendiendo a estas circunstancias, cuanto antes se actúe en el control de la especie, será más fácil optimizar los costos de atención (Figura 2). Por este motivo, es primordial destinar una importante parte del presupuesto disponible para la atención a las EEI, a mecanismos de prevención de la entrada de éstas y a su detección temprana una vez que se han introducido en el país. Lamentablemente, estas prioridades no han estado claras hasta el momento por lo que normalmente se ha empezado a actuar una vez que las poblaciones de EEI ya están establecidas y los costos de control y erradicación son considerables con rápidos incrementos debido al crecimiento exponencial de las mismas.

En México existen tanto experiencias positivas como negativas. Como caso exitoso de detección temprana hay que destacar la actuación realizada entre los años 2002 y 2009 para prevenir la dispersión de la palomilla del nopal (*Cactoblastis cactorum*). Esta especie, originaria de Argentina,

Figura 2. Curva de invasión y daños causados por el crecimiento poblacional de EEI



Fuente: Brown y Daigneault, 2015.

en su etapa larvaria parasita los cladodios de los nopales: potencialmente se trata de 83 especies de *Opuntia* sp. presentes en México, algunas de ellas de importancia como producto agrícola que genera más de dos millones de pesos anuales, 3.84% del PIB agrícola (Sánchez *et al.*, 2006).

La entrada de la palomilla por el Caribe (se detectó por primera vez en 2002 en Isla Mujeres) podría haber puesto en riesgo este potencial económico con los problemas sociales asociados que hubiera generado. La acción coordinada de distintas instituciones, gracias a la alerta lanzada por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio), consiguió erradicar el brote de esta palomilla en el país y prevenir su dispersión a otras áreas del sur mexicano. Con un costo aproximado de 5 millones de pesos anuales entre 2005 y 2009 por parte del Senasica (Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria) se consiguió frenar esta amenaza a la socioeconomía rural y a las poblaciones naturales de *Opuntia* sp. mexicanas (Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras, 2010).

Otro ejemplo para ilustrar el costo que pueden llegar a generar las EEI una vez establecidas es el caso de la invasión de pez diablo (complejo grupo de peces de la familia *Loricariidae*) en la presa de El Infiernillo. Esta especie, originaria de la cuenca del Amazonas, fue introducida

Figura 3. Imagen de la etapa larvaria de la palomilla del nopal



Fuente: Banco de Imágenes de la Conabio.

en la presa Ingeniero Carlos Ramírez (río Balsas) para controlar poblaciones de algas. Cuando la presa abrió sus puertas, en 1995, introdujo al río Balsas una población importante de este pez (Martínez-Palacios *et al.*, 2010). Aguas abajo, el pez diablo se instaló en la presa Ingeniero Adolfo López Mateos (o El Infiernillo), con lo que provocó la pérdida de 80% de las capturas de tilapia, pesquería que ya venía decayendo, pero que era la base de la economía local de 3,600 pescadores. La invasión del pez diablo, de poco valor comercial, resultó para estas familias en una pérdida económica de 36 millones de pesos al año (Mendoza *et al.*, 2007), ya que antes se capturaban 20,000 toneladas de tilapias al año en la presa.

Los casos arriba descritos constituyen sólo dos ejemplos de las consecuencias económicas que pueden ser generadas por especies exóticas invasoras y señalan la necesidad de establecer mecanismos económicos para su atención. Esta cuestión ha contado con la atención de los tomadores de decisiones en temas de biodiversidad, haciéndose explícita en 2010 durante la Décima Reunión de las Partes del Convenio sobre la Diversidad Biológica, cuando se adoptaron las 20 metas para lograr el Plan Estratégico 2011-2020, las denominadas Metas de Aichi. Entre ellas, se incluye una (la Meta 3) enfocada específicamente a instrumentos financieros.

Meta 3: Para 2020, a más tardar, se habrán eliminado gradualmente o reformado los incentivos, incluidos los subsidios, perjudiciales para la diversidad biológica, a fin de reducir al mínimo o evitar los impactos negativos, y se habrán desarrollado y aplicado incentivos positivos para la conservación y utilización sostenible de la diversidad biológica, de conformidad y en armonía con el Convenio y otras obligaciones internacionales pertinentes, tomando en cuenta las condiciones socioeconómicas nacionales.

En paralelo, en México la Estrategia Nacional sobre Especies Invasoras presentada en 2010 también se enfoca en esta cuestión, incluyendo una meta específica orientada a la creación de mecanismos de financiamiento para la atención de las EEI (Cuadro 1).

Con base en este marco nacional e internacional, en México se han iniciado diversas iniciativas orientadas a definir mecanismos económi-

Cuadro 1. Meta del objetivo estratégico y acciones transversales identificados en la *Estrategia Nacional de Especies Invasoras*

<i>Meta al 2020</i>	<i>Acciones prioritarias</i>
2.3 Mecanismos de financiamiento mixto para la prevención, el control y la erradicación en casos de atención urgente.	Crear un fondo nacional para control y erradicación de especies invasoras.
	Establecer incentivos fiscales para promover la aplicación de medidas de bioseguridad en los sectores de producción y comercialización.
	Desarrollar incentivos económicos específicos, dentro de planes de atención integral, para llevar a cabo programas de erradicación de especies invasoras.
	Establecer un fondo multisectorial de atención a contingencias causadas por las especies invasoras.

Fuente: Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras, 2010.

cos para atender la problemática asociada a las EEI, tales como estudios prácticos de análisis costo-beneficio y propuestas de instrumentos económicos.

Los mecanismos económicos para la atención de las invasiones biológicas: estudios de costo-beneficio

Como ya se ha comentado, el manejo de las EEI puede suponer un elevado costo económico que, principalmente, es afrontado por las instituciones de gobierno. Por este motivo, al tomar una decisión respecto de la gestión y manejo de las invasiones biológicas, es muy importante hacerlo con la mejor y mayor cantidad posible de información, tanto ecológica como económica, prever el mejor momento de actuación, así como las técnicas que permitan una optimización de los escasos recursos públicos al respecto. Aunque no hay soluciones únicas ni mágicas para ello, en cualquier caso es imprescindible identificar las características de la especie sobre la que se quiere actuar, sus

daños y beneficios potenciales, y asignarles un valor económico. Así, por ejemplo, es importante conocer el grado de riesgo que supone una determinada especie, su capacidad –y sus vías– de dispersión, así como el tiempo en que puede llegar a generar impactos; en algunos casos pueden pasar años en que se detecta una especie y que empieza a manifestarse como invasora, periodo conocido como “latencia” o “lag”, en inglés (Brown y Daigneault, 2015). También es importante conocer la biología de la especie para determinar con precisión a qué organismos puede afectar, ya sean silvestres o domésticos o, incluso, al hombre. Por último, debe conocerse con la mayor precisión posible cómo afecta la EEI a los ecosistemas –tanto naturales como productivos–, a sus procesos, sus funciones o sus componentes. Toda esta información es necesaria para poder definir la mejor manera de actuar frente a una posible entrada al país de una nueva EEI.

Cuadro 2. Algunos ejemplos de costos de la atención a las EEI y de daños causados

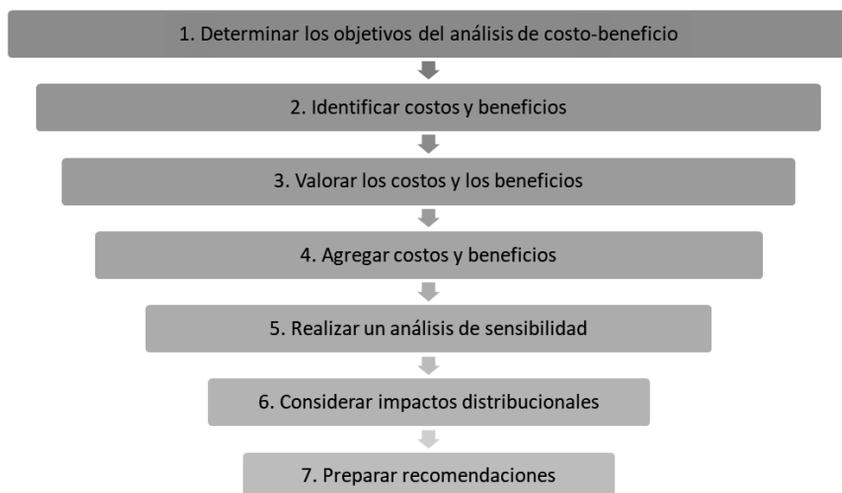
<i>Fuente</i>	<i>Especie/Grupo</i>	<i>Costo anual (millones de USD)</i>
Pimentel <i>et al.</i> (2000)	Globales de EEI en EE.UU.	\$ 137,000
	Control de peces en EE.UU.	\$ 5,400
Evans <i>et al.</i> (2003)	Control de plagas agroforestales en EE.UU.	\$ 531,6
	Pérdidas a la industria	\$ 887,5
Peter Jenkins (2007)	Control de <i>Anoplophora glabripennis</i> EE.UU.	\$ 365
	Daños causados por esta especie	\$ 600,000
Tisdell (1990)	Control de malezas en Australia	\$ 33
Wit <i>et al.</i> (2001)	Árbol de la acacia negra Sudáfrica	\$ 552
Kettunen <i>et al.</i> (2008)	Globales de EEI en Europa	12,000 millones (euros)

El siguiente paso es determinar el valor económico de los potenciales daños o beneficios que pueda causar una especie. Para ello hay que considerar los métodos desarrollados por la economía ambiental. Valorar estas cuestiones constituye uno de los principales retos para poder determinar los mecanismos económicos más adecuados. Hay que tener en cuenta que los daños o beneficios ambientales usualmente no se reflejan en términos de dinero. Una especie puede constituir una fuente alimentaria de otras especies, aportar o tomar nutrientes del suelo, evitar la erosión del suelo o, por el contrario, contribuir a incrementarla. Ninguno de estos aspectos tiene usualmente un precio de mercado, un valor monetario, y ésta es una dificultad inherente a las evaluaciones económicas de temas ambientales; para soslayarla, existen alternativas que buscan la estimación de un valor equivalente (Emerton y Howard, 2008; Gómez, s/a). En este sentido, Pearce y Turner (1995) desarrollaron la teoría del valor económico total, la cual adapta la economía a la cuantificación de los recursos naturales y ambientales. Los métodos o herramientas de evaluación económica ambiental son la valoración directa, valoración indirecta, valoración contingente y otros métodos; en estos últimos se cataloga al costo-beneficio. El análisis costo-beneficio puede ser una herramienta eficaz para poder cuantificar estos valores y mostrar al tomador de decisiones la opción de actuación más adecuada. Este método también se orienta a discriminar entre diferentes opciones de intervención a fin de determinar cuál de ellas es la más eficiente teniendo en cuenta los costos y los beneficios de cada una. La ventaja de tales estudios es que suponen una herramienta objetiva y transparente que sustenta las decisiones a tomar que permiten optimizar la asignación de recursos (Emerton y Howard, 2008; Gómez, s/a). Los estudios de costo-beneficio:

- Analizan las causas de un problema.
- Establecen las conexiones entre el comportamiento humano y los procesos naturales afectados.
- Identifican y valoran los costos y los beneficios (ambientales y sociales) de cada opción predeterminada.

Los pasos a seguir en un análisis costo-beneficio se ilustran en la Figura 4.

Figura 4. Pasos de un estudio costo-beneficio



Fuente: Brown y Daigneault, 2015. Landcare Research New Zealand Limited.

Con este método el servidor público puede optar por la solución que tenga un mayor porcentaje de beneficios en relación con los costos de la actuación. La diferencia con otros tipos de análisis, como los de costo-efectividad, recae en que no siempre se escoge la solución más económica a corto plazo sino que se decide también en función de los beneficios generados por cada actuación. Es decir, considera los costos evitados por una determinada intervención, los ahorros en gastos de productividad, los impactos positivos ambientales, sociales y para la salud resultantes de la intervención (Brown y Daigneault, 2015). Además, debe realizarse un análisis de sensibilidad que valore quién se verá afectado por la intervención de manera positiva y negativa y estime los efectos de la misma sobre diversos sectores sociales y ubicaciones geográficas.

En el marco del proyecto para poner en marcha la Estrategia Nacional sobre Especies Invasoras, financiado por el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF, por su nombre en inglés), la Conabio organizó un curso impartido en dos sesiones, en 2015 y 2016, para capacitar en este tipo de estudios a académicos y representantes del gobierno, expertos en EEI (Figura 5).

Figura 5. Sesión del curso sobre estudios de costo-beneficio organizado por la Conabio en el marco del Proyecto GEF-Invasoras



Foto. Jordi Parpal.

Éste ha contado con la participación de 15 personas y se han desarrollado nueve casos de estudio de algunas de las principales especies invasoras del país:

Pez león (*Pterois volitans*)
 Peces de ornato
 Cabras ferales
 Tilapia (*Tilapia cf. Zillii*)
 Pez diablo (familia *Loricariidae*)
 Micromamíferos en islas
 Ácaro rojo de la palma (*Raoiella indica*)
 Cotorra argentina (*Myiopsitta monachus*)
 3 especies de bivalvos (*Corbicula fluminea*; *Melanooides tuberculata*; *Tarebia granifera*)

La propuesta de instrumentos económicos

Con base en todo lo dicho, para México es importante plantear la necesidad de establecer instrumentos económicos que permitan atender,

Figura 6. Trabajos de erradicación de ratones en la isla San Benito O.



Foto. GECI, banco de imágenes.

Figura 7. Pastoreo libre de cabras en la Reserva de la Biosfera de El Vizcaíno (BCS) que afecta a la vegetación herbacia y arbustiva nativa



Foto. Jordi Parpal.

de forma adecuada, las diferentes actividades relacionadas con la gestión de especies invasoras. Por este motivo, en el marco del Proyecto GEF-Invasoras se encargó un estudio con el triple objetivo de: *a)* revisar la literatura internacional sobre instrumentos económicos; *b)* analizar la viabilidad de la aplicación de los distintos instrumentos económicos identificados de acuerdo con el marco internacional y legal; y *c)* realizar una propuesta de su posible aplicación en el país.

Este estudio parte de dos principios básicos, el precautorio y el de corresponsabilidad, es decir, “el que contamina paga”, por lo que se enfoca en considerar a todos los sectores, el productivo –involucrado en muchas de las introducciones de especies al país– y a la sociedad en su conjunto para atender esta problemática. A partir de una extensa revisión de más de 50 autores, el estudio (Saad, 2016) plantea la necesidad de aplicar instrumentos tanto financieros como de mercado en México con dos objetivos:

- Generar recursos monetarios para financiar acciones de prevención, contención, control, mitigación y erradicación de EEI.
- Concientizar a los productores y usuarios de estas especies del riesgo que puede comportar su tenencia y distribución.

Para cada uno de los instrumentos propuestos se analizan las ventajas y las dificultades de su correcta aplicación en México partiendo del marco legal existente. En este aspecto, cabe destacar que cada uno de los instrumentos económicos propuestos requiere de un análisis específico que incluya las metodologías antes expuestas a fin de valorar su efecto en los sectores productivos a los que se dirija y que justifique adecuadamente su aplicación. Su desarrollo debe ir acompañado siempre de una campaña de comunicación específica que ayude a concientizar a las partes implicadas sobre las ventajas de su puesta en práctica, así como los recursos naturales que se protegen y a sus propietarios. El análisis deberá tener en cuenta el grado de riesgo que implica para el país cada una de las especies y cuantificar la propuesta económica en función de éste. Asimismo, y como no podría ser de otra manera, se proponen instrumentos dirigidos a productores, comercializadores o compradores –según el caso– de especies o grupos de especies que no estén prohibidos en el país según lo que contempla el artículo 27 de la Ley General de Vida Silvestre.

A continuación se detalla a grandes rasgos las propuestas incluidas en el *Estudio sobre la viabilidad, el desarrollo y la implementación de instrumentos económicos*.

Fondo Ambiental para Especies Exóticas Invasoras

Se trata de la creación de un fondo que integre los recursos obtenidos por uno —o varios— de los instrumentos económicos que se proponen, o por donaciones. Puede ser un fondo permanente, que sirva para financiar los montos que el gobierno federal destina en prevención y manejo de invasiones biológicas, o un fondo temporal. En este caso, podría iniciarse con la imposición de un gravamen reducido en un tiempo determinado hasta que se consiga un monto especificado *a priori* y que responda a objetivos concretos también previamente definidos. Este tipo de fondos temporales goza de mayor aceptación.

Para establecer este fondo deben considerarse diferentes elementos, entre los que destacan: los donantes y sus aportaciones; los instrumentos económicos con destino específico al fondo; las estrategias de capitalización; los intermediarios o gestores financieros; los gastos de operación; los mecanismos de transparencia y auditoría; los servicios de apoyo para el proceso exitoso de los proyectos; el destino de los recursos; las entidades a financiar; los tipos de proyectos con montos mínimos y máximos a financiar; los criterios de elegibilidad y cobertura geográfica; y los requisitos para los solicitantes de esos fondos.

Asimismo, una opción viable podría ser la de integrar la atención de las EEI en un fondo ya existente, como podría ser el Fondo para Desastres Naturales (Fonden), y su hermano, el Fondo para la Prevención de Desastres Naturales (Fopreden). Para ello, se propone integrar a las invasiones biológicas como una de las categorías de “Desastres Naturales” a las que atienden estos fondos, incluyendo, en el Fopreden, la Prevención de los Desastres Naturales causados por Especies Exóticas Invasoras, y en el Fonden, el control y la erradicación de EEI, así como la restauración de los ecosistemas afectados por invasiones biológicas. Esta propuesta integraría las invasiones biológicas en la categoría, definida en el Reglamento del Fonden, de “Otros fenómenos” dentro de la de “Fenómeno Natural Perturbador a Prevenir”, en los

casos que por su dimensión o gravedad afecten a más de una entidad federativa, ya sea por su ubicación o por sus posibles efectos. De ser así, el gobierno federal contaría con recursos para poder afrontar el elevado riesgo que supone la introducción o producción de determinadas especies exóticas invasoras en el país. Estos recursos deberían ser solicitados y gestionados por instituciones con atribuciones para el manejo de EEI con impacto al medio ambiente, tales como la Semarnat o la Sagarpa, según el caso (Saad, 2016).

Estos fondos tienen enfoques similares al que se efectúa para las EEI. En ambos casos se trabaja en:

- Evaluación del riesgo.
- Reducción del riesgo.
- Iniciativas para crear capacidades en materia de prevención de riesgos.
- Un área técnica enfocada en la reducción del riesgo de EEI (diversas dependencias de gobierno ya poseen amplio conocimiento al respecto, como la Conabio, la Conafor [Comisión Nacional Forestal] o el Senasica).
- Una plataforma de información geográfica (Semarnat, Conabio, INEGI).
- Apoyos preventivos para la infraestructura productiva y para desastres naturales.

Establecimiento de un seguro ambiental

El *seguro* es un contrato entre particulares por el cual el asegurador contrae el compromiso, mediante la cobranza de una prima, de resarcir el daño producido al asegurado, o satisfacer un capital, una renta u otras prestaciones convenidas, en el caso de que se produzca el evento cuyo riesgo es objeto de cobertura (a indemnizar). Para los estudiosos del tema, los incentivos más eficaces son los que enfrentan a las personas que causan el problema con el costo total de su comportamiento.

El seguro de responsabilidad ambiental sería aplicable principalmente por la introducción accidental de especies exóticas o EEI al medio natural a partir de actividades de importación o de producción de especies

exóticas o EEI. Así, el importador o productor de EEI se hace responsable de los posibles escapes de sus instalaciones. El seguro no impide el impacto generado por las EEI como tal, sino que simplemente exige que el responsable proporcione una compensación por el daño causado. Se propone orientar estas propuestas a las actividades que pueden ser vías de entrada al país de EEI, especialmente en sectores como acuicultura, producción hortícola o de planta ornamental, así como centros de venta de mascotas al menudeo y Unidades de Manejo para la Conservación de Vida Silvestre (UMA) que usen especies exóticas y EEI. La mayoría de las actividades de alto riesgo podría ser determinada a partir de la evaluación de riesgos y conducida bajo el alcance de las disposiciones nacionales de seguros de responsabilidad. Una posibilidad sería que los seguros en el sector agropecuario enfocados al medio ambiente operaran a través de Agroasemex (Saad, 2016), que es una institución nacional de seguros que tiene como misión proteger el patrimonio y la capacidad productiva del sector rural, con capacidad para la gestión de riesgos en la agricultura, como la vulnerabilidad climática.

Los principales obstáculos para la aplicación de un sistema de seguro de responsabilidad civil recaen en la dificultad de establecer la relación de causalidad entre una invasión y los daños directos e indirectos causados por ésta, así como el potencial tiempo de latencia entre la introducción y la invasión de una especie.

Establecimiento de fianzas o bonos de cumplimiento ambiental

Este instrumento implica que los importadores de especies exóticas invasoras o las empresas en el país que producen determinadas EEI de alto riesgo deben depositar una fianza, equivalente al daño posible si la especie se establece y se convierte en una amenaza. Se trata de un instrumento dirigido específicamente a la internalización de los costos ambientales inciertos que puedan surgir de una actividad y es la garantía de cumplimiento de ciertos requisitos de bioseguridad actuando como complemento a las normas de responsabilidad. La persona física o moral debe contratar una fianza por un determinado monto en el momento en que quiera importar una EEI —o en el momento que quiera producir—

la en el país—, cantidad que le será devuelta pasado cierto tiempo si se demuestra que no ha generado ningún daño. Su establecimiento supone el conocimiento por parte de la autoridad de los efectos adversos y la estimación máxima monetaria de los daños para poder establecer el monto del bono de cumplimiento ambiental. Este instrumento tiene la ventaja de que el sujeto económico regulado cumplirá con los estándares establecidos por la autoridad y así evitará incurrir en acciones que provoquen escapes de especies o prevendrá invasiones biológicas. Al mismo tiempo, proveerá de mayor información sobre el desempeño ambiental por parte del afianzado con el fin de recuperar el monto del bono o fianza (Saad, 2016).

Lo anterior supone que la autoridad reúna una gran cantidad de información, debido a la amplitud de las especies exóticas y las EEI de los ecosistemas, así como valoraciones monetarias a precios de mercado de los perjuicios causados por las EEI, esto es, conocer los costos sociales de las externalidades causadas por las actividades económicas que se basan en dichas especies. La autoridad deberá, también, conocer el tiempo de latencia de la especie en cuestión a fin de establecer una fecha límite para la fianza.

El bono de desempeño ambiental adoptaría la forma legal de *fianza de empresa*, que se asume por medio de póliza. En México la *fianza de empresa* está regida por el gobierno mexicano a través de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP), específicamente por medio de la Comisión Nacional de Seguros y Fianzas (CNSF). Debido a las atribuciones que la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal otorga a la SHCP, es necesaria la colaboración de este ministerio para planear y poner en práctica el bono de desempeño ambiental o fianza.

Pago de derechos

El estudio se concentra, de manera especial, en el desarrollo de pagos por derechos —o el incremento de los mismos cuando ya existen— para determinados trámites en los que están involucradas las especies exóticas. Se trata de los únicos instrumentos económicos que disponen de destino específico en los presupuestos federales, por lo que su atención directa a los sectores afectados por las EEI es inmediata. En general,

se plantea que el incremento del pago esté relacionado con el grado de riesgo de la especie y se justifica por el hecho de que los servidores públicos deben llevar a cabo más procesos previos de revisión de los análisis de riesgo y de análisis de puntos críticos de control (HACCP, por su nombre en inglés) que quien realiza el trámite debe aportar, lo cual conlleva mayor dedicación y tiempo por parte de la autoridad (Título I de la Ley Federal de Derechos). Asimismo, también plantea algunas propuestas derivadas del Título II de la ley antes mencionada por uso de aguas nacionales (Saad, 2016).

Cargo por aguas de lastre

Se propone un cargo por descarga de agua de lastre para los buques o embarcaciones que atraquen en puertos mexicanos. Éste podría establecerse en relación con diferentes características, como el destino y la duración de la ruta, la distancia a la costa del punto donde se realiza la descarga, o el tamaño de la embarcación. Este cargo debe tramitarse de acuerdo con la Secretaría de Comunicaciones y Transporte (SCT) en cumplimiento del Convenio Internacional para el Control y la Gestión del Agua de Lastre y los Sedimentos de los Buques (51 International Convention for the Control and Management of Ships' Ballast Water and Sediments 2004) que entrará en vigor, según su formulación, en septiembre de 2017.

Aranceles y regulación técnica

El comercio internacional es una de las principales vías de entrada de nuevas especies exóticas potencialmente invasoras en México. El estudio propone la utilización de una regulación no arancelaria o regulación técnica para la entrada de las especies con mayor potencial invasor que ameriten acciones de control específicas. Ésta serviría para que los agentes económicos conozcan los requisitos a satisfacer ante las autoridades mexicanas antes de la importación de determinadas especies exóticas. En este caso, se obligaría a realizar evaluaciones de riesgo completas para estas especies y la adopción de determinados requisitos preventivos

que variarían en función de la especie (Saad, 2016). Tal tema adquiere relevancia en este momento dada la revisión anunciada del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN).

Por otra parte, a nivel macroeconómico, Perrings (2005) señala que los países que dependen más de los recursos primarios para las actividades económicas de producción y comercio internacional están más expuestos a las especies exóticas invasoras:

- Si la inversión en la conservación de los servicios ecosistémicos y el control de las especies invasoras se correlacionan con el PIB, los países más pobres también pueden ser más invadidos que los países y las regiones ricas.
- Ya que las plagas y los patógenos invasivos afectan principalmente a la agricultura, la silvicultura y la pesca, la mayor dependencia de los productores pobres en la producción primaria los hace más vulnerables a los efectos de las invasiones biológicas.

El Cuadro 3 resume las principales propuestas que se indican en el estudio.

Para la aplicación de alguna de estas propuestas, es importante tener en cuenta factores como los siguientes:

- Antes de su puesta en marcha deberá realizarse un estudio detallado de su aplicabilidad teniendo en cuenta las EEI a que hace referencia y su grado de riesgo para el país.
- El gravamen o instrumento económico (IE) que se proponga se establecerá según el nivel de riesgo de cada especie, que se evalúa con el Método de Evaluación Rápida de Invasividad para especies exóticas en México.
- Hay que definir los IE en función de las EEI que pueden generar un mayor impacto según el sector al que se dirige el instrumento.
- Los IE no aplican sobre las EEI que queden incluidas en la Lista de Especies Exóticas Invasoras publicada en el *Diario Oficial de la Federación* (DOF) el 6 de diciembre de 2016.
- Para una mejor acogida de las medidas y para optimizar el uso de los recursos de la nación, es importante que cualquier tipo de gravamen que se recaude tenga un destino específico. Esa recaudación

Cuadro 3. Ejemplos de las propuestas de instrumentos económicos

Creación de un fondo ambiental para control y erradicación de EEI.

Integración de las invasiones biológicas en el Fonden y el Fopreden.

Creación de seguros de responsabilidad ambiental por la introducción o producción de especies exóticas invasoras en diferentes actividades económicas (mascotas, peces exóticos invasores o planta ornamental exótica invasora).

Establecimiento de fianzas o bonos de cumplimiento ambiental para la importación, comercialización y posesión de EEI.

Regulación no arancelaria o regulación técnica para la entrada al país de EEI que ameriten acciones de control en los casos en que no esté prohibida su entrada.

Cargo por agua de lastre de embarcaciones o buques comerciales.

Modificación a los trámites de avisos de Vida Silvestre que requieran respuesta y se realice un pago de derechos, conforme al Título I de la LFD, por producción o uso de EEI, en función del índice de riesgo (SEMARNAT-08-022; SEMARNAT-08-056; SEMARNAT-08-032).

Pago de derecho por parte de los navegantes al adquirir el permiso de navegación en aguas mexicanas o a las empresas que ofrecen servicios de navegación a turistas para actividades de pesca recreativa.

Pago de derechos por la prestación del servicio de revisión de evaluación de riesgo para los solicitantes de importación de especies exóticas.

Incremento del pago de derechos por el registro de invernaderos (agricultura protegida) para plantas ornamentales y productos forestales exóticos invasores.

Incremento del pago de derechos por el uso y aprovechamiento de aguas nacionales y descarga de aguas residuales para las actividades que empleen especies exóticas invasoras conforme al Título II de la LFD.

deberá servir para financiar o apoyar acciones específicas para la prevención, la contención, el control, la mitigación y la erradicación de EEI. Sin ese destino específico la aplicación de una medida de estas características puede ser contraproducente.

- Ningún instrumento económico por sí solo es adecuado para hacer frente a todas las vías de entrada de especies exóticas invasoras y su aplicación debe ser flexible e incentivar las medidas de prevención de riesgo por parte de los agentes implicados.
- Las diferentes secretarías, en el ámbito de sus atribuciones, deberán elaborar disposiciones administrativas en las que se establezcan los procedimientos oficiales para prevenir, controlar o erradicar EEI (Saad, 2016).

El marco legal relacionado con la aplicación de instrumentos económicos en México

Hay gran diversidad de normatividad aplicable a la conservación de la biodiversidad. Una gran parte de ella habla, aunque sea de manera indirecta, de la importancia de la aplicación de mecanismos económicos para alcanzar los objetivos definidos. De la normatividad internacional se pueden destacar diversos instrumentos que mencionan aspectos vinculados a los instrumentos económicos para manejar las EEI (Cuadro 4). Éstos pueden dividirse entre los de contenido ambiental, los referentes a sanidad y los comerciales.

Además, hay diversas organizaciones internacionales que de alguna manera inciden en la posibilidad de poner en marcha algún tipo de IE. Las más significativas para México son: la Organización Norteamericana de Protección a las Plantas (NAPPO, por su nombre en inglés), la Comisión para la Cooperación Ambiental (CCA) de América del Norte del TLCAN, y el Comité Trilateral para la Conservación y el Manejo de la Vida Silvestre y los Ecosistemas.

En el ámbito mexicano, la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos instituye los fundamentos de la organización de un país y expone de forma general los derechos y obligaciones de los ciudadanos. Diversos artículos de la misma son aplicables al medio ambiente y las EEI, así como a la responsabilidad de los ciudadanos en su conservación.

Cuadro 4. Instrumentos económicos para manejar las EEI

<i>Ambientales</i>	<i>Sanitarios</i>	<i>Comerciales</i>
- Convenio de Biodiversidad Biológica.	- Convención Internacional de Protección Fitosanitaria.	- Acuerdo sobre la aplicación de medidas sanitarias y fitosanitarias (SPS Agreement).
- Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES).		- Convenio Internacional para el Control y la Gestión del Agua de Lastre y los Sedimentos de los Buques.
- Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar.		
- Convenio para la Cooperación sobre la Protección y la Mejora del Medio Ambiente en la Zona Fronteriza.		

Entre las diversas leyes relacionadas con el diseño de los instrumentos económicos, además de las que atañen a las EEI, deben tenerse en cuenta las leyes hacendarias, financieras y comerciales. De manera específica, la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA) incluye aspectos vinculados a los instrumentos económicos en los siguientes puntos: Sección III, artículos 21, 22 y 22 Bis; y los relacionados con Áreas Naturales Protegidas, artículos 45 Bis y 64 Bis Inciso II (Ortiz Monasterio, 2013). Según Saad (2016), la LGEEPA es sobresaliente debido a que:

- a) Pretende la internalización de las externalidades al señalar que se fomentará la incorporación al sistema de precios de las consecuencias, y de los beneficios y costos ambientales; los que realicen un uso impropio de recursos naturales o perturben los ecosistemas, asuman los costos respectivos (art. 21). Se consideran instrumentos económicos los mecanismos normativos y administrativos de carácter fiscal, financiero o de mercado mediante los cuales las personas asumen los beneficios y costos ambientales que generen sus actividades económicas (art. 22). Además indica (art. 21) la compatibilidad con otros instrumentos de política ambiental,

como el comando control (ejemplo NOM o el ordenamiento territorial).

- b) Enmarca a tres tipos de IE: de carácter fiscal (derechos, impuestos, estímulos), financieros (seguros, fianzas, garantías, créditos) o de mercado (permisos comercializables, sistemas depósito-reembolso, sobreprecios) (Vega, 1996). Explicita que los IE fiscales no son exclusivamente recaudatorios sino con ambos fines, ambientales y recaudatorios; puesto que si sólo tiene fin recaudatorio son atribución de la SHCP, mientras que el gravamen ambiental tiene una finalidad extra fiscal, ya que no solamente busca recaudar, sino que en primer lugar busca incidir en la conducta del individuo o agentes que contaminan (Cortina, 2002). Los IE señalados en el art. 22 son compatibles con los señalados en la revisión de literatura sobre instrumentos económicos para EEL, por ejemplo, los bonos de desempeño ambiental (fianza) y el seguro de responsabilidad medioambiental (Perrings, 2001; Perrings *et al.*, 2002; Fernández, 2011; Baroni, 2012, 2013).
- c) El art. 22 también señala como instrumento financiero a los fondos, algunos de los cuales se muestran en este estudio.
- d) El art. 22 Bis está enfocado a los estímulos para disminución de la contaminación por emisiones, descargas, fuentes de energía conforme a la Ley de Ingresos. Abarca desde investigación hasta tecnología, maquinaria y equipo, y contempla, también, a los recursos naturales como el agua y las ANP, así como todas las actividades relacionadas con la preservación y restauración del equilibrio ecológico y la protección al ambiente.

Además de la normatividad anterior, es necesario que los instrumentos económicos cumplan con diferentes leyes y las reglamentaciones respectivas, como el Código Fiscal de la Federación (Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, 2013), que define a los impuestos, los derechos y las contribuciones; Ley de Ingresos de la Federación para el ejercicio fiscal correspondiente; Ley Federal de Derechos; Ley de Coordinación Fiscal; Presupuesto de Egresos de la Federación para el ejercicio fiscal correspondiente; Ley Federal del Presupuesto y Responsabilidad Hacendaria; Ley del Impuesto al Valor Agregado; Ley del Servicio de Administración Tributaria; Ley Federal de los Derechos

del Contribuyente; Ley de Fondos de Inversión y Ley de Seguros y Fianzas.

Por otra parte, la Comisión Nacional de Seguros y Fianzas, que depende directamente del secretario de la SHCP (según el DOF, martes 6 enero de 2015), de conformidad con el artículo 98-C del Reglamento Interior de la SHCP, tendrá la organización y las atribuciones que establezcan los ordenamientos legales y reglamentarios por los que fue creado.

Finalmente, existen leyes concernientes a los IE de seguros y fianzas, como la Ley General de Instituciones y Sociedades Mutualistas de Seguros; la Ley sobre el Contrato de Seguro, el Reglamento del Artículo 95 de la Ley Federal de Instituciones de Fianzas para el Cobro de Fianzas Otorgadas a Favor de la Federación, del Distrito Federal, de los Estados y de los Municipios, distintas de las que garantizan obligaciones fiscales federales a cargo de terceros; por lo que es necesaria la colaboración entre las áreas pertinentes de la administración pública federal, puesto que no son atribuciones del sector ambiental.

Conclusiones

Como se ha detallado en este artículo, los costos derivados de la atención de las especies exóticas invasoras (EEI) son muy elevados y generalmente sobrepasan las posibilidades presupuestarias inmediatas del gobierno federal. Muchas son las cuestiones que contribuyen a elevar estos costos, pero quizás la más importante de ellas es la falta de planes específicos de prevención de su entrada o de respuesta rápida una vez que se detecta su presencia. Aunque hay notables excepciones, un fortalecimiento normativo respecto de esta cuestión es necesario para poder optimizar los recursos disponibles.

Por otro lado, es necesario que México cuente con la mejor información, y las mejores herramientas, para que sus tomadores de decisiones puedan optar por la mejor solución posible a un determinado problema originado por una especie invasora. Es por ello que en el marco del Proyecto GEF-Invasoras se ha desarrollado una serie de estudios específicos de análisis de costo-beneficio que debe servir para disponer del erario público de la manera más eficiente y dar transparencia a las decisiones públicas al respecto.

Asimismo, acorde con la Estrategia Nacional sobre EEI y con el marco legal internacional y nacional, deben buscarse mecanismos para responsabilizar a todos los sectores involucrados en la entrada o producción de las EEI. De este modo, se plantea el establecimiento en México de diversos instrumentos económicos que además de servir para obtener los recursos monetarios necesarios para la atención de las problemáticas generadas por las EEI, también permitan la sensibilización de los productores, con la aplicación de buenas prácticas en sus actividades o instalaciones y de los usuarios finales de las EEI. Para ello, aunque el marco legal ya otorga una base conceptual, es necesario trabajar en la modificación de determinados instrumentos legales o reglamentarios que faciliten la implantación de estos instrumentos. En este sentido, es crucial una estrecha colaboración entre el Poder Legislativo y los diferentes actores gubernamentales, tanto del sector ambiental como del productivo o hacendario ya que, en definitiva, se están afrontando retos de alcance nacional y con gran trascendencia en el capital ambiental, productivo y humano de este país.

Referencias

- Brown, P. y Daigneault, A. (2015). *Economic analysis of invasive species*. Landcare Research New Zealand Limited.
- Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras (2010). *Estrategia Nacional sobre Especies Invasoras en México. Prevención, control y erradicación*. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Comisión Nacional de Áreas Protegidas, Secretaría de Medio ambiente y Recurso Naturales.
- Emerton, L. y Howard, G. (2008). *A Toolkit for the economic analysis of invasive species*. Global Invasive Species Programme, Nairobi.
- Evans, E. A., Spreen, T. H. y Knapp J. L. (2003). *Economic issues of invasive pests and diseases and food safety*, MGTC 02-2. Gainesville, Florida: University of Florida, International Agricultural Trade and Policy Center.
- Gómez Gutiérrez, C. (s/a). *Guía metodológica para la evaluación económica de las especies exóticas invasoras*. Cuba.
- Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES). 2017 5/INF/10.

- Jenkins, P. (2007). *Paying for protection from invasive species*. Dallas, Texas: Universidad of Texas.
- Kettunen, M., Genovesi, P., Gollasch, S., Pagad, S., Starfinger, U., ten Brink, P. y Shine, C. (2008). *Technical support to EU strategy on invasive species (IAS) - Assessment of the impacts of IAS in Europe and the EU* (final module report for the European Commission). Bruselas, Bélgica: Institute for European Environmental Policy (IEEP).
- Martínez Palacios, C. A., Ross, L. G., Arreguín Sánchez, F., Díaz Pardo, E., Fonseca Madrigal, J. *et al.* (2010). Peces amazónicos invaden las aguas continentales de México y Guatemala en forma alarmante. *Ciencia y Tecnología*, 15(20), 25-32. El Salvador: Conacyt.
- Mendoza, R., Contreras, S., Ramírez, C., Koleff, P., Álvarez, P. y Aguilar, V. (2007). Los peces diablo: especies invasoras de alto impacto. *Biodiversitas*, (70), 1-5
- Ortiz Monasterio, A. (2013). *Análisis de la legislación mexicana referente al manejo de EEI*. México: Academia Mexicana de Derecho Ambiental, PNUMA, GEF, Conabio.
- Pearce, D. W. y Turner, R. K. (1995). *Economía de los recursos naturales y del medio ambiente*. Madrid: Colegio de Economistas de Madrid, Celeste Ediciones.
- Perrings, C. (2005). The socioeconomic links between invasive alien species and poverty. Report to the Global Invasive Species Program. Estados Unidos: University of York.
- Pimentel, D., Lach, L., Zúñiga, R., y Morrison, D. (2000). Environmental and economic costs of nonindigenous species in the United States. *Bioscience*, 50(1), 53-56.
- Saad Alvarado, L. (2016). Estudio sobre la viabilidad del desarrollo e implementación de instrumentos económicos para reducir el riesgo de introducciones intencionales de EEI que amenazan la biodiversidad. Informe al Global Environment Facility (GEF) sobre el Proyecto 00089333 Aumentar las Capacidades Nacionales para el Manejo de las Especies Exóticas Invasoras (EEI) a través de la Implementación de la Estrategia Nacional de EEI, México: PNUD, Conabio, Semarnat.
- Tisdell, C. A. (1990). *Natural resources, growth and development*. Nueva York, Westport, CT y Londres: Praeger.

11. Estrategias de atención a especies exóticas invasoras en áreas naturales protegidas de competencia federal en México

*Eduardo Rendón Hernández, * José F. Bernal Stoopan, **
Brenda Hernández Hernández*** y Eileen Müller Guerra*****

Resumen

Las Áreas Naturales Protegidas (ANP) representan la principal estrategia de conservación del capital natural de México; su función es conservar los bienes y servicios ambientales de los cuales la población humana se beneficia. Entre las diversas problemáticas que enfrentan las ANP se encuentra la introducción de especies exóticas invasoras (EEI), ya que afectan a la biodiversidad nativa y en general al equilibrio ecológico de los ecosistemas. Este capítulo resume las principales acciones que implementa la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (Conanp) para atender la problemática de EEI en ANP de competencia federal, a

* Maestro en Ciencias/Medio Ambiente y Desarrollo por el Instituto Politécnico Nacional (IPN) y biólogo por la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM). Coordinador de Especies Invasoras en Áreas Protegidas de Competencia Federal, Conanp. Correo electrónico: erendon@conanp.gob.mx

** Doctor en Ciencias/Manejo de Fauna Silvestre por Texas A&M University y MVZ por la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM). Director de Especies Prioritarias para la Conservación, Conanp. Correo electrónico: jose.bernal@conanp.gob.mx

*** Maestra en Ciencias/Limnología y bióloga por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Enlace de la Coordinación de Especies Invasoras, Conanp. Correo electrónico: brenda.hernandez@conanp.gob.mx

**** Bióloga por la Universidad Veracruzana. Coordinadora del Sistema Nacional de Monitoreo de Biodiversidad, Conanp, ENDESU-Conanp. Correo electrónico: eileen.muller@conanp.gob.mx

partir de los siguientes instrumentos: *a)* el Programa de Conservación de Especies en Riesgo; *b)* el Programa de Conservación para el Desarrollo Sostenible; *c)* el Proyecto GEF-Invasoras, y *d)* el Sistema Nacional de Monitoreo de la Biodiversidad. Asimismo, plantea una reflexión sobre las prioridades para la atención a EEI en ANP de México.

Introducción

Los ecosistemas y sus servicios ambientales constituyen un capital comparable a los capitales financieros y de infraestructura de una nación. Estudios realizados por economistas demuestran que la mayoría de los países presentan, cuando se destruye el capital natural, un crecimiento económico negativo. Sin duda, este costo tiene un efecto inmediato o de corto plazo en los sectores menos favorecidos de la sociedad y, finalmente, en el largo plazo, para el país mismo. Por tanto, el capital natural de México representa un gran potencial para el desarrollo y la generación de beneficios para toda la población (Conabio, 2016).

Las ANP representan uno de los principales instrumentos para la conservación del capital natural. Siendo “la piedra angular” de gran parte de las estrategias nacionales e internacionales de conservación de los recursos naturales, las ANP están destinadas a mantener ecosistemas, actuar como refugios para las especies y mantener el equilibrio de los procesos ecológicos. Las ANP actúan como indicadores que nos permiten entender las interacciones humanas con el entorno natural y constituyen la última esperanza para impedir la extinción de especies en riesgo o endémicas.

Las ANP de mayor superficie también proporcionan un espacio para la evolución y la futura adaptación ecológica, ambas de una creciente importancia bajo condiciones de acelerado cambio climático (Dudley, 2008).

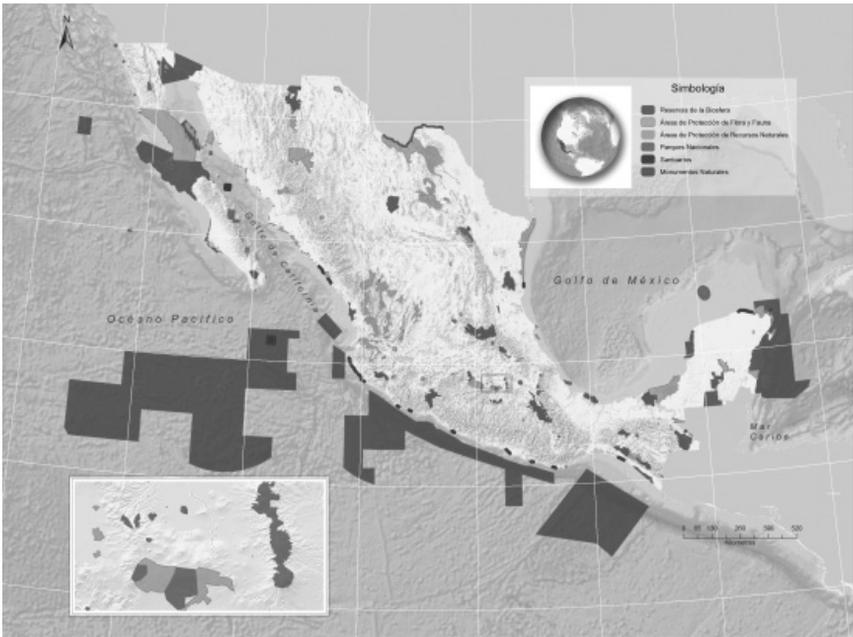
La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) define a las *áreas naturales protegidas* como “las zonas del territorio nacional y aquellas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción, en donde los ambientes originales no han sido significativamente alterados por la actividad del ser humano o que requieren ser preservadas y restauradas” (LGEEPA, 2017). A nivel federal, la Conanp, órgano desconcentrado de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos

Naturales (Semarnat), es la institución encargada de administrar estos espacios naturales y de garantizar su conservación.

En México hay 182 ANP de competencia federal (Figura 1) distribuidas en las siguientes categorías de protección: Reserva de la Biosfera, Parque Nacional, Área de Protección de Flora y Fauna, Área de Protección de Recursos Naturales, Monumento Natural y Santuario, representando una superficie total de 90,839,521 hectáreas (Conanp, 2017a) que corresponde al 10.77% del territorio nacional terrestre, incluyendo aguas continentales, así como a 22.64% del mar territorial. Asimismo, la Conanp ha certificado 388 Áreas Destinadas Voluntariamente a la Conservación distribuidas en 20 estados del país, lo que añade una superficie de 417,562 hectáreas (Conanp, 2017a).

Es claro que las ANP y otros instrumentos que conservan el capital natural requieren ser preservados para continuar obteniendo los beneficios derivados de los bienes y servicios que proveen. Sin embargo, existen problemáticas complejas que obstaculizan las funciones ambientales y

Figura 1. Mapa de las ANP de competencia federal



por tanto el equilibrio ecológico de los ecosistemas. A escala mundial, se ha identificado a la fragmentación del hábitat, la introducción de EEI, la contaminación y el cambio climático como las principales causas de pérdida de la biodiversidad (Leung *et al.*, 2002). De éstas, las EEI son consideradas como la segunda causa de amenaza y extinción de especies nativas (Lowe *et al.*, 2004).

Las EEI y su impacto en las ANP

Una EEI “es aquella especie o población que no es nativa, que se encuentra fuera de su ámbito de distribución natural, que es capaz de sobrevivir, reproducirse y establecerse en hábitats y ecosistemas naturales, y que amenaza la diversidad biológica nativa, la economía o la salud pública” (IGVS, 2016). Las EEI se representan en todos los grupos taxonómicos y pueden afectar a todos los tipos de ecosistemas. A menudo, estas especies se introducen deliberadamente; por ejemplo, mediante la piscicultura, el comercio de mascotas, la horticultura o el control biológico. Asimismo, también pueden introducirse involuntariamente por medios tales como el transporte terrestre y marítimo (CBD, 2017).

Las características comunes de las EEI son las siguientes: reproducción y crecimiento rápido, alta capacidad de propagación, plasticidad fenotípica (capacidad para adaptarse fisiológicamente a nuevas condiciones) y capacidad para sobrevivir en una amplia gama de condiciones ambientales (Williams y Meffe, 2001). En este contexto, la introducción de EEI en ANP puede tener impactos devastadores, ya que una vez establecidas pueden afectar la funcionalidad de los sistemas ecológicos a través de procesos como: competencia por recursos, depredación, transmisión de enfermedades, modificación del hábitat y la alteración de la estructura trófica y las condiciones biofísicas de los ambientes.

De acuerdo con el Grupo Internacional de Especialistas de Especies Invasoras de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN), todas las regiones del mundo reportan la presencia significativa de EEI como un problema para la conservación en sus ANP (Schüttler y Karez, 2009).

Se ha estimado que, en términos económicos, los costos anuales totales de las EEI, incluyendo los daños ambientales y costos de con-

troles, representan pérdidas de cientos de miles de millones de dólares (Pimentel *et al.*, 2001). Además, las afectaciones económicas sobre las actividades agrícolas y pecuarias, la piscicultura y la producción forestal son considerables. Otras EEI causan enfermedades en los humanos, ya sea actuando de manera directa o como vectores de parásitos (Schüttler y Karez, 2009). Los impactos de las EEI varían en función de la especie y el hábitat, y las consecuencias son de muy diversos tipos, especialmente cuando no están controladas (Matthews, 2005).

Por lo anterior, queda de manifiesto que la atención a EEI representa un tema prioritario para lograr la conservación de la diversidad biológica, principalmente en ANP. En este contexto, la Conanp pone en marcha una serie de estrategias para prevenir, controlar y erradicar su presencia.

Estrategias de atención a EEI en la Conanp

Programa de Conservación de Especies en Riesgo (Procer)

El Procer busca beneficios ambientales en cuatro aspectos: *a)* el mejoramiento del estado que guardan las especies y los ecosistemas; *b)* el desarrollo de alternativas en diversos sectores productivos; *c)* la conservación de los bienes y servicios ambientales en beneficio de la sociedad, y *d)* la conservación de la diversidad genética como fundamento de la seguridad alimentaria y el patrimonio genético del país (Conanp, 2007).

El Procer tiene como objetivo general establecer las bases, coordinar, impulsar y articular los esfuerzos del gobierno federal y diversos sectores de la sociedad en la conservación y recuperación de las especies en riesgo, para obtener resultados contundentes en el corto plazo e integrar los elementos necesarios para mantener un esfuerzo continuo y permanente a mediano y largo plazos (Conanp, 2007).

Desde 2013 la Conanp, a través del Procer, subsidia pone en práctica proyectos sobre acciones de atención a EEI con el objetivo de apoyar los esfuerzos para la conservación de diversas especies en riesgo listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, con prioridad en las especies que cuentan con un Programa de Acción para la Conservación de la Especie (PACE) (Cuadro 1). Las líneas estratégicas en las que se enmarcan los proyectos Procer en la modalidad de especies invasoras

Cuadro 1. Especies PACE

Águila real <i>Aquila chrysaetos</i>	Jaguar <i>Panthera onca</i>	Lobo mexicano <i>Canis lupus baileyi</i>	Tortuga laúd <i>Dermodochelys coriacea</i>
Vaquita <i>Phocoena sinus</i>	Berrendo <i>Antilocapra americana</i>	Tapir <i>Tapirus bairdii</i>	Tortuga Carey <i>Eretmodochelys imbricata</i>
Tortuga caguama <i>Caretta caretta</i>	Tortuga verde/negra <i>Chelonia mydas</i>	Guacamaya roja <i>Ara macao</i>	Oso negro <i>Ursus americanus</i>
Pavón <i>Oreophaps derbianus</i>	Bisonte americano <i>Bison bison</i>	Ballena azul <i>Balaenoptera musculus</i>	Ballena jorobada <i>Megaptera novaeangliae</i>
Manatí del Caribe <i>Trichechus manatus</i>	Cóndor de California <i>Gymnogyps californianus</i>	Zapote prieto <i>Diospyros digyna</i>	Guacamaya verde <i>Ara militaris</i>
Tortuga lora <i>Lepidochelys kempii</i>	Tortuga golfina <i>Lepidochelys olivacea</i>	Perrito llanero cola negra <i>Cynomys ludovicianus</i>	Teporingo / Zacatuche <i>Romerolagus diazi</i>
Pecarí de labios blancos <i>Tayassu pecari</i>	Tiburón ballena <i>Rhincodon typus</i>	Tiburón blanco <i>Carcharodon carcharias</i>	Castor <i>Castor canadensis</i>
Nutria de río <i>Lontra longicaudis</i>	Quetzal <i>Pharomacrus mocino</i>	Venado Bura de Isla Cedros <i>Odocoileus hemionus cerrosensis</i>	Gorrión de worthen <i>Spizella northeni</i>
Ballena de aleta <i>Balaenoptera physalus</i>	Abronias <i>Abronia spp.</i>	Halcón aplomado <i>Falco femoralis</i>	Ajolote <i>Ambystoma mexicanum</i>
Lobo fino de Guadalupe <i>Arctocephalus townsendi</i>	Acroporas:	Cotorras:	Loros:
	Cuerno de alce <i>Acropora palmata</i>	Cotorra serrana occidental <i>Rhynchopsitta pachyrhyncha</i>	Loro cabeza amarilla <i>Amazona oratrix</i>
	Cuerno de ciervo <i>Acropora cervicornis</i>	Cotorra serrana oriental <i>Rhynchopsitta terrisi</i>	Loro nuca amarilla <i>Amazona auropalliata</i>
Primates:	Pequeños felinos:	Rapaces neotropicales:	
Mono araña <i>Ateles geoffroyi</i>	Ocelote <i>Leopardus pardalis</i>	Águila arpía <i>Harpia harpyja</i>	
Mono aullador de manto <i>Alouatta palliata</i>	Tigrillo <i>Leopardus wiedii</i>	Águila de penacho <i>Spizaeetus ornatus</i>	
Mono aullador negro <i>Alouatta pigra</i>	Jaguarundi <i>Herpailurus yagouaroundi</i>	Águila blanquinegra <i>Spizaeetus melanoleucus</i>	
		Águila tirana <i>Spizaeetus tyrannus</i>	
		Zopilote rey <i>Sarcoramphus papa</i>	

son: *a)* detección temprana y respuesta rápida; *b)* monitoreo; *c)* manejo; *d)* control; *e)* erradicación; *f)* capacitación comunitaria y educación ambiental, y *g)* restauración de ecosistemas.

Entre 2013 y 2016 se pusieron en marcha 95 proyectos con el Procer Subsidio en 40 ANP, atendiendo acciones sobre 45 EEI, siendo las más representativas el pez león (*Pterois volitans*), el pez diablo (*Pterygoplichthys* sp.) y diversas especies ferales (Cuadro 2).

Programa de Conservación para el Desarrollo Sostenible (Procodes)

El Procodes es un programa de subsidio que constituye un instrumento de política pública que promueve la conservación de los ecosistemas y su biodiversidad en las localidades de las ANP de competencia federal, sus zonas de influencia y otras regiones prioritarias para la conservación (RPC), mediante el aprovechamiento sustentable de los mismos, con igualdad de oportunidades para las mujeres y hombres, con énfasis en la población indígena (Conanp, 2017b).

A través de su operación, se llevan a cabo acciones de atención a EEI en los siguientes componentes: *a)* proyectos; por ejemplo, conservación y restauración de ecosistemas: protección de arrecifes e islas; *b)* cursos de capacitación; por ejemplo, educación ambiental; *c)* estudios técnicos; por ejemplo, estudios para el monitoreo, la conservación y el manejo de los recursos naturales, y *d)* brigadas de contingencia ambiental; por ejemplo, restauración y rehabilitación (Conanp, 2017b).

El recurso económico está dirigido a hombres y mujeres propietarios, poseedores, usufructuarios o usuarios de los recursos naturales en las regiones que la Conanp designa como prioritarias, en las cuales se conforman grupos organizados, ejidos, comunidades o personas morales; los apoyos se asignan con la firme convicción de que el trabajo con las comunidades es fundamental para garantizar la atención a EEI y minimizar los impactos que éstas causan a los ecosistemas (Conanp, 2017b).

Como ejemplo de los principales apoyos para EEI en los componentes del Procodes se encuentran las acciones de control y aprovechamiento del pez león (*Pterois volitans*) en las siguientes ANP: Sistema Arrecifal Veracruzano, Arrecife Alacranes, Arrecife de Puerto Morelos, Isla Mujeres, Cancún y Nizuc, Arrecifes de Cozumel, Banco Chinchorro y Tulum.

Cuadro 2. Principales EEI atendidas a través del Procer Subsidio

<i>Especie Exótica Invasora</i>	<i>Área Natural Protegida</i>	<i>Estrategia de atención</i>
Pez diablo <i>Pterygoplichthys</i> sp.	Laguna de Términos, Pantanos de Centla	Control Aprovechamiento
	Laguna Madre y Delta del Río Bravo	Educación ambiental Control
	Los Tuxtlas, Palenque	Educación ambiental Monitoreo
Pez león <i>Pterois volitans</i>	Arrecife Alacranes, Arrecife de Puerto Morelos	Educación ambiental Monitoreo
	Banco Chinchorro, Arrecifes de Xcalak	Control Aprovechamiento
Perro feral <i>Canis familiaris</i>	Cañón del Sumidero, Huatulco, Isla Cedros	Educación ambiental Monitoreo Control
Cerdo asilvestrado <i>Sus scrofa</i>	La Michilía, Laguna de Términos, Sierra La Laguna	Monitoreo Control
Chivo berberisco <i>Ammotragus leervia</i>	Cañón de Santa Elena	Monitoreo Control
Cabra doméstica <i>Capra hircus</i>	Isla Guadalupe	Acciones de restauración después de la erradicación
	Isla Venados	Monitoreo Control
Conejo doméstico <i>Oryctolagus cuniculus</i>	Isla Pájaros	Monitoreo Control
	Isla Clarión	Monitoreo
Palomilla del nopal¹ <i>Cactoblastis cactorum</i>	Laguna Madre y Delta del Río Bravo, Cuatrociénegas, Mapimí	Detección temprana y respuesta rápida
Ácaro rojo <i>Raoiella indica</i>	Sian Ka'an, Tulum, Yum Balam, Isla Contoy	Monitoreo Control
Kalanchoe <i>Kalanchoe bightonii</i>	Cumbres de Monterrey	Educación ambiental Monitoreo
Trueno <i>Ligustrum lucidum</i>		Control
Sombrilla japonesa <i>Koelerteria paniculata</i>		
Tabaco silvestre <i>Nicotiana glauca</i>		
Carrizo <i>Arundo donax</i>		
Casuarina <i>Casuarina equisetifolia</i>	Sian Ka'an, Yum Balam, Isla de Cozumel, Tulum	Control
Palma africana <i>Elaeis guineensis</i>	La Encrucijada	Educación ambiental Control
Clavel aleman <i>Cryptostegia grandiflora</i>	Sierra La Laguna	Monitoreo Control

¹ Esta especie no se encuentra en México, los trabajos que se realizaron fueron preventivos.

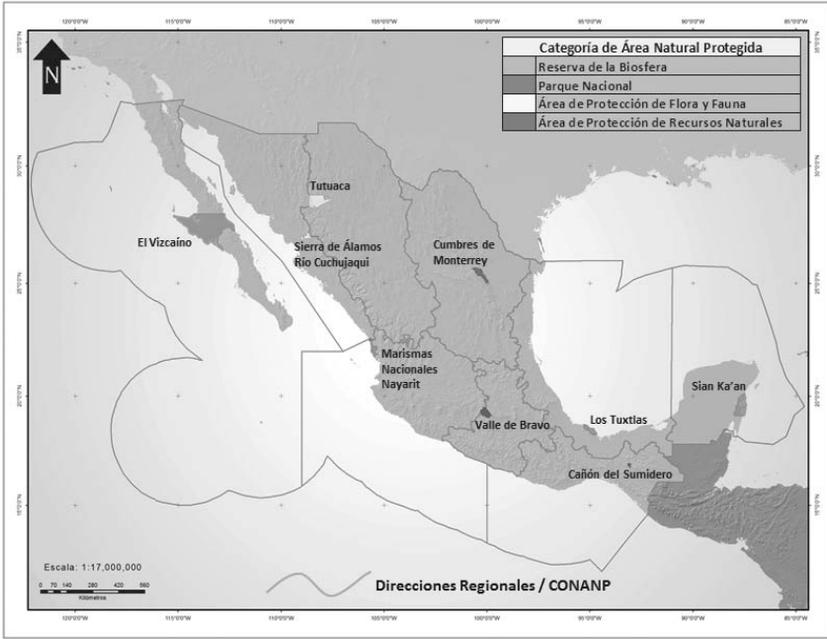
Global Environment Facility (GEF): aumentar las capacidades nacionales para el manejo de EEI a partir de la puesta en marcha de la Estrategia Nacional sobre Especies Invasoras

El Proyecto GEF-Invasoras tiene como objetivo proteger la biodiversidad de importancia global en ecosistemas vulnerables a partir del establecimiento de capacidades para prevenir, controlar y manejar EEI en México (Conabio, 2014). Este proyecto es coordinado a escala nacional por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio) en estrecha colaboración con la Conanp, a través de la Dirección de Especies Prioritarias para la Conservación (DEPC) y mediante los procesos administrativos y financieros del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). El proyecto busca fortalecer las líneas estratégicas establecidas en la Estrategia Nacional sobre Especies Invasoras.

Uno de los componentes del Proyecto GEF corresponde a proyectos piloto en ANP y hace referencia al manejo integral de EEI, el cual a su vez cuenta con los siguientes subcomponentes:

- A) Fortalecimiento de la prevención y control de las poblaciones clave de EEI en seis áreas protegidas insulares: *a)* Reserva de la Biosfera Isla Guadalupe, Reserva de la Biosfera Islas del Pacífico de la Península de Baja California (Isla San Benito), Área de Protección de Flora y Fauna Islas del Golfo de California (Isla Espíritu Santo), Parque Nacional Revillagigedo (Isla Socorro), Parque Nacional Arrecife Alacranes y Reserva de la Biosfera Banco Chinchorro. Las acciones de este componente son coordinadas por el Grupo de Ecología y Conservación de Islas A. C. (GECI) en conjunto con la Conanp.
- B) Estrategias de vigilancia y control de EEI para favorecer la conservación de la biodiversidad en nueve ANP continentales (Figura 2). La DEPC coordina la puesta en marcha de proyectos a través de las siguientes líneas estratégicas: *a)* línea base para la planeación del manejo efectivo de las EEI; *b)* fortalecimiento de capacidades y procesos de manejo de EEI dentro y en la zona de influencia de las áreas; *c)* establecimiento de buenas prácticas en sectores productivos específicos para reducir la propagación de EEI; *d)* incremento

Figura 2. Áreas naturales protegidas continentales del Proyecto GEF-Invasoras



de la concientización y participación pública en el manejo de las EEI dentro y en la zona de influencia de las áreas; e) puesta en práctica de programas de detección temprana y respuesta rápida; f) realización de actividades de monitoreo, control y erradicación, y g) restauración de ecosistemas en áreas impactadas significativamente por EEI. Los principales resultados se muestran en el Cuadro 3.

Sistema Nacional de Monitoreo de la Biodiversidad (SNMB)

La Estrategia de Cambio Climático desde las Áreas Naturales Protegidas (ECCAP) guía las acciones de la Conanp en lo referente al estado que guarda la biodiversidad en las ANP, ya que considera de vital importancia la generación de conocimiento para la toma de decisiones. Con este

**Cuadro 3. Principales productos del GEF
en áreas protegidas continentales**

<i>Área Natural Protegida</i>	<i>Principales resultados</i>
Reserva de la Biosfera El Vizcaíno	Un programa de mejores prácticas en caprinocultura. Tres planes de manejo y control para vidrillo (<i>Mesembryanthemum crystallinum</i>), rana toro (<i>Litobates catesbeianus</i>) y tilapia (<i>Oreochromis</i> sp).
Área de Protección de Flora y Fauna Tutuaca	Adjudicación de un estudio para definir la línea base de cuatro especies invasoras: trucha arcoíris (<i>Oncorhynchus mykiss</i>), tilapia (<i>Oreochromis</i> sp), zacate buffel (<i>Cenchrus ciliaris</i>) y zacate rosado (<i>Melinis repens</i>).
Área de Protección de Flora y Fauna Sierra de Álamos-Río Cuchujaqui	Infografía sobre la problemática de EEI. Un taller de capacitación a una comunidad del área protegida sobre control de EEI. Diagnóstico de control de pino salado (<i>Tamarix ramosissima</i>).
Reserva de la Biosfera Marismas Nacionales Nayarit	Un plan de reconversión ganadera como estrategia de manejo para EEI y ferales. Un taller de capacitación dirigido al sector ganadero sobre manejo de prácticas ganaderas sustentables.
Parque Nacional Cumbres de Monterrey	Un diagnóstico de flora exótica invasora. Seis talleres de educación ambiental sobre la problemática de EEI: tres en el sector urbano y tres en el rural.
Área de Protección de Recursos Naturales Valle de Bravo	Una infografía sobre acciones de identificación, control y erradicación de EEI. Un diagnóstico de mejores prácticas acuícolas en la producción de trucha arcoíris (<i>Oncorhynchus mykiss</i>) en el municipio de Amanalco. Un diagnóstico de mejores prácticas con énfasis en ganado ovino, caprino y bovino.
Reserva de la Biosfera Los Tuxtlas	Tres talleres de educación ambiental: uno para brigadas de vigilancia comunitaria y monitores ambientales; uno para representantes del sector productivo (ganadero, pesquero y acuícola), y uno para autoridades del sector ambiental y productivo. Constitución de un Subconsejo de Especies Exóticas Invasoras.
Parque Nacional Cañón del Sumidero	Realización del foro “EEI, una Amenaza para la Biodiversidad”. Un Protocolo de Detección Temprana y Respuesta Rápida sobre EEI. Un diagnóstico del control de pasto jaragua (<i>Hyparrhenia rufa</i>).
Reserva de la Biosfera Sian Ka’an	Adjudicación de un estudio para la elaboración y puesta en marcha de un plan de reconversión productiva de tilapia por la especie nativa tenguayaca.

enfoque se busca lograr la gestión del conocimiento y la creación de capacidades en cumplimiento al objetivo “E” del Plan Estratégico para la Diversidad Biológica 2011-2020. Por tanto, el monitoreo se convierte en un eje rector de su quehacer, en el que a la fecha incorpora actividades de colecta, sistematización y análisis de información de especies y ecosistemas a escala local, regional y nacional. En este contexto, se impulsan sinergias para potenciar esfuerzos intra e interinstitucionales, y es así como se suma a la construcción del Sistema Nacional de Monitoreo de la Biodiversidad (SNMB).

El SNMB se basa en el concepto de *integridad ecosistémica* con el fin de documentar el estado que guardan los ecosistemas en México. Para ello, incorpora variables de composición, estructura y función, representativas de la biodiversidad (Conabio-Conafor-Conanp-FMCN, 2017). Estas variables son registradas de acuerdo con un patrón espacial representado por una malla nacional de 79,580 sitios distribuidos cada 5 km (Conabio, Conafor, Conanp, FMCN, 2016).

El diseño del SNMB se realiza a escala nacional a partir de dos protocolos específicos: el Sistema de Alta Cobertura para el Monitoreo de Diversidad (SAC-MOD), puesto en práctica por la Comisión Nacional Forestal (Conafor); y el Sistema de Alta Resolución para el Monitoreo de Diversidad (SAR-MOD), coordinado por la Conanp. Así, la ejecución del SNMB contribuye mediante la colecta sistemática de información de fauna, vegetación y suelo en sitios de muestreo permanentes, con una periodicidad de 15 días continuos, dos veces al año con el SAR-MOD, y un día por año en un ciclo de cinco años con el SAC-MOD.

El sistema representa un monitoreo estandarizado, el cual integra información sobre EEI que es colectada de manera transversal a través de transectos. Además, comprende el uso de cámaras trampa, así como grabadoras y micrófonos que captan un amplio rango de sonidos. Gracias al empleo de estos métodos, el sistema puede ayudar a fortalecer el conocimiento respecto de invasiones biológicas y los impactos que ocasionan.

A la fecha, la Conanp ha incrementado su esfuerzo a 145 sitios de muestreo en 35 ANP (Figura 3). Con el análisis de estos datos el sistema contribuirá a la generación de productos específicos, que al vincularse con otras iniciativas, como el monitoreo de variables climáticas, proporcionará una base sólida de información oportuna que pueda orientar la

toma de decisiones para un manejo adaptativo del territorio. Con ello, podrá reportar sobre la degradación ecosistémica y sus implicaciones para la biodiversidad en un contexto de cambio climático.

Con estas acciones, el SNMB se suma a la Estrategia Nacional sobre Especies Invasoras en México. Prevención, control y erradicación, específicamente al Objetivo Estratégico 1, mediante la generación de conocimiento basado en información científica de calidad, logrando reducir la vulnerabilidad de los ecosistemas mexicanos y contribuir a una sociedad más resiliente.

Por lo anterior, el SNMB constituye un proceso de responsabilidad compartida sin precedentes para México. Tres instituciones del gobierno federal (la Conanp, la Conafor y la Conabio) han unido esfuerzos con la academia, la sociedad civil organizada e instituciones de cooperación nacional e internacional, para dar cumplimiento a los mandatos en materia de cambio climático y conservación de la biodiversidad de México.

Reflexión final

A escala mundial, la dispersión de EEI ha planteado desafíos complejos y de gran trascendencia. Esta problemática representa una seria amenaza para los ecosistemas y la sociedad, por lo que se requieren medidas de atención inmediata, particularmente en zonas de elevado valor biológico y cultural, como es el caso de las ANP, sobre todo cuando se ven amenazadas por especies potencialmente invasivas. Se ha comprobado que aplicar el principio de precaución a través de sistemas de bioseguridad y protocolos de detección temprana y respuesta rápida incrementa las probabilidades de evitar el establecimiento de EEI, lo que garantiza una menor inversión, comparada con los recursos que implica el control o erradicación una vez que éstas se establecen. Sin embargo, en México las instituciones encargadas del tema no cuentan con los recursos humanos, materiales y financieros suficientes para atender esta problemática tan grave, que pudiera ser vista como de prioridad nacional en la agenda de desarrollo sustentable. Por tanto, se requiere fortalecer el presupuesto de instituciones clave como la Semarnat, la Conanp, la Conafor, la Profeпа y la Conabio, por mencionar sólo al sector ambiental. Además, es

necesario generar un fondo nacional para la atención a EEI que funcione como un instrumento para prevenir, detectar, controlar o erradicar EEI, junto con las estructuras y los mecanismos de operación para asegurar procesos eficientes y garantizar los recursos económicos para atender un escenario que represente un peligro para el país. Finalmente, se requiere fortalecer el marco legal para que leyes, reglamentos, normas y acuerdos permitan a las instituciones encargadas de atender la problemática de EEI poder actuar de manera contundente. Por ejemplo, integrar una única lista nacional de EEI que incluya a las especies reguladas por la Ley General de Vida Silvestre, la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable y la Ley General de Pesca y Acuicultura Sustentables.

Referencias

- Convenio sobre Diversidad Biológica (2017). Disponible en: <https://www.cbd.int/undb/media/factsheets/undb-factsheet-ias-es.pdf>
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio) (2014). Project Document (Prodoc) del Proyecto Aumentar las Capacidades de México para el Manejo de las Especies Exóticas Invasoras (EEI) a través de la Implementación de la Estrategia Nacional de EEI.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio) (2016). *Capital natural de México Vol. IV. Capacidades humanas e institucionales*. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio), Comisión Nacional Forestal (Conafor), Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (Conanp), Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza (FMCN) (2016). *Desarrollo de capacidades para el monitoreo de bosques en México*. México.
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (Conanp) (2007). Programa de Conservación de Especies en Riesgo. México.
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (Conanp) (2007a). Disponible en: http://sig.conanp.gob.mx/website/pagsig/datos_anp.htm
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (Conanp) (2007b). Disponible en: <http://www.gob.mx/conanp/acciones-y-programas/>

- programa-de-conservacion-para-el-desarrollo-sostenible-procodes-57997
- Conabio-Conafor-Conanp-FMCN (2017). Sistema Nacional de Monitoreo de la Biodiversidad. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Primera edición. García-Alaniz, N., Schmidt, M., Maeda, P., Equihua Zamora, M., Pérez Maqueo, O., Equihua Benítez, J., y Pardo Urrutia, F. J. Ciudad de México.
- Dudley, N. (ed.) (2008). *Directrices para la aplicación de las categorías de gestión de áreas protegidas*. Gland, Suiza: Unión Mundial para la Naturaleza (UICN).
- Leung, B., Lodge, D. M., Finnoff, D., Shogren, J. F., Lewis, M. A. y Lambert, G. (2002). *An ounce of prevention or a pound of cure: Bioeconomic risk analysis of invasive species*. Proc. R. Soc. Lond. B. 269: 2407-2413.
- Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) (2017). Decreto por el que se reforma y se adicionan diversas disposiciones de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. *Diario Oficial de la Federación*, 24 de enero.
- Ley General de Vida Silvestre (LGVS) (2016). Disponible en: http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/146_191216.pdf
- Lowe, S., Browne, M., Boudjelas, S. y De Poorter, M. (2004). *100 de las especies exóticas invasoras más dañinas del mundo*. Global Invasive Species Database, Grupo Especialista de Especies Invasoras (GEEI), Comisión de Supervivencia de Especies (CSE), Unión Mundial para la Naturaleza (UICN).
- Matthews, S. (2005). Programa Mundial sobre Especies Invasoras. GIPS.
- Pimentel, D., McNair, S., Janecka, J., Wightman, J., Simmonds, C., O'Connell, C., Wong, E., Russel, L., Zern, J., Aquino, T. y Tsomondo, T. (2001). Economic and environmental threats of alien plant, animal, and microbe invasions. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, (84), 1-20.
- Schüttler, E. y Karez, C. S. (eds.) (2009). Especies exóticas invasoras en las Reservas de Biosfera de América Latina y el Caribe. Informe técnico para fomentar el intercambio de experiencias entre las Reservas de Biosfera y promover el manejo efectivo de las invasiones biológicas. Montevideo: UNESCO.
- Williams, J. D. y Meffe, G. K. (2001). *Nonindigenous species. Status and trends of the nation's biological resources. Part 1: Factors affecting biological resources*. Estados Unidos: USGS.

12. Avances en la conservación y restauración integral de las islas de México y mejoras al marco legal para consolidar la trayectoria positiva

*Alfonso Aguirre Muñoz, * Federico Méndez Sánchez, **
Mariam Latofski Robles, * Karina Salizzoni Chávez, *
Luciana Luna Mendoza, * Antonio Ortiz Alcaraz, * Julio Hernández
Montoya, * Yuliana Bedolla Guzmán* y Evaristo Rojas Mayoral**

Resumen

México tiene en sus islas una riqueza natural extraordinaria. El país, con sus más de cuatro mil islas, islotes y cayos, es una de las naciones con más islas en el planeta. La riqueza está, más que en el tamaño del territorio insular, en la riqueza biológica, en los recursos naturales de sus aguas adyacentes y en la Zona Económica Exclusiva que el país tiene gracias a la afortunada localización de sus islas, en especial las oceánicas, como Guadalupe y el archipiélago de Revillagigedo, aspecto de la mayor relevancia para la soberanía nacional. La nación ya ha resuelto el destino de largo plazo de sus islas, pues todas cuentan con decretos federales

* Grupo de Ecología y Conservación de Islas, A.C. Ensenada, Baja California, México. www.islas.org.mx @IslasGECI +federico.mendez@islas.org.mx

Alfonso Aguirre Muñoz es oceanólogo (UABC) con Especialidad en Acuicultura (Univ. de Kagoshima, Japón) y doctorado en Estudios Regionales y Desarrollo Sustentable (El Colef). Director General del Grupo de Ecología y Conservación de Islas, A. C. (GECI) hasta marzo de 2017 (ahora es Consejero en Temas Estratégicos). Correo electrónico: alfonso.aguirre@islas.org.mx.

Federico A. Méndez Sánchez es oceanólogo con maestría en Gestión Ambiental (Univ. de Auckland, Nueva Zelanda). Director General de GECI. Correo electrónico: federico.mendez@islas.org.mx

como Áreas Naturales Protegidas. Los recursos naturales de las islas, en especial a través de la pesca ribereña, son sustento para comunidades locales. Si bien el estado de conservación de las islas mexicanas es en general muy bueno, ha habido serios impactos negativos a causa de las especies invasoras, en especial de la rata negra, el gato feral, el chivo feral y el borrego feral. México, a través de una amplia red de colaboración que integra a una organización de la sociedad civil, dependencias federales, donantes y la academia, ha respondido como pocos países en el mundo a esta afrenta. A la fecha se han logrado 58 erradicaciones en 37 islas, con un gran beneficio para la biodiversidad nacional y global, previniendo extinciones de especies endémicas insulares. Para concluir el trabajo y consolidar esta trayectoria, se hace necesario mejorar el marco regulatorio, de tal manera que se faciliten todas las labores prioritarias de conservación y restauración del territorio insular mexicano.

Mariam Latofski Robles es bióloga (UANL) con maestría en Ciencias Ambientales (UASLP) y maestría en Ciencias en Tecnología y Manejo de Recursos Naturales (Univ. de Colonia, Alemania). Directora de Desarrollo y Bioseguridad de GECL. Correo electrónico: mariam.latofski@islas.org.mx

Karina Salizzoni Chávez es abogada (UABC) especializada en temas ambientales. Especialista en Gestión Ambiental de GECL. Correo electrónico: karina.salizzoni@islas.org.mx

Luciana Luna Mendoza es bióloga (UABC) y Dra. en Ecología (Univ. de Auckland, Nueva Zelanda). Directora de Ecología de GECL. Correo electrónico: luciana.luna@islas.org.mx

Antonio Ortiz Alcaraz es biólogo (UABC), maestro en Ciencias en Manejo de Recursos Naturales y Dr. en Ciencias en el Uso, Manejo y Preservación de los Recursos Naturales (Cibnor). Director del Proyecto Islas del Golfo de California, GECL. Correo electrónico: antonio.ortiz@islas.org.mx

Julio C. Hernández Montoya es Oceanólogo (UABC), maestro en Ecología (CICESE) y candidato a Dr. en Ciencias en el Uso, Manejo y Preservación de los Recursos Naturales (Cibnor). Director del Proyecto Isla Guadalupe, GECL. Correo electrónico: julio.montoya@islas.org.mx

Yuliana Bedolla Guzmán es bióloga marina (UABCs), maestra en Ciencias (UABC) y candidata a Dr. en Ciencias de la Vida (Univ. Justus Liebig, Giessen, Alemania). Directora del Proyecto Aves Marinas de GECL. Correo electrónico: yuliana.bedolla@islas.org.mx

Evaristo Rojas Mayoral es matemático y oceanólogo (UABC) y maestro en Ciencias (UABC). Es Director de Análisis Científico de GECL. Correo electrónico: evaristo.rojas@islas.org.mx

Introducción

En este capítulo se presenta, primero, la situación actual de las islas de México a partir de un análisis articulado por tres ejes principales, mismos que corresponden a los valores centrales de estos territorios: 1) conservación del Territorio Insular Mexicano (TIM) como patrimonio natural de la nación; 2) ejercicio de la soberanía en el TIM y la zona económica exclusiva correspondiente; y 3) el desarrollo sustentable con las comunidades locales vinculadas con las islas. A partir de ahí se ofrecen oportunidades de mejora al marco legal, con énfasis en el cuidado y uso sustentable de las islas de México, siendo que prácticamente todas son ya Áreas Naturales Protegidas (ANP) de carácter federal, y las prioridades de acción se relacionan por consiguiente con su restauración y conservación ambiental de largo plazo.

Las islas de México: Territorios únicos para la soberanía

Los ecosistemas insulares de México son críticos para la conservación de la biodiversidad y la soberanía, además de ser sustento para comunidades locales a través de la pesca artesanal ribereña. Las islas del mundo, incluyendo las de nuestro país, albergan numerosas especies endémicas, y son importantes áreas de crianza y refugio, particularmente de aves y mamíferos marinos. Si bien las islas del planeta representan sólo 5.5% de la superficie terrestre, en éstas se encuentra una quinta parte del total de las especies de plantas, reptiles y aves (Whittaker y Fernández-Palacios, 2007; Kier *et al.*, 2009). Por ejemplo, una de cada seis especies de las plantas del mundo se encuentra en islas oceánicas, mientras que 17% del total de las especies de aves está confinado a estas regiones, particularmente las aves marinas (Croxall *et al.*, 2012). En términos de endemismo —característica destacada de las islas—, albergan 9.5 y 8.1 veces más plantas y vertebrados endémicos, respectivamente, que los continentes (Kier *et al.*, 2009).

Así, en el caso de México, los 4,111 elementos insulares —islas, islotes, cayos y arrecifes— distribuidos a lo largo y ancho de todos los mares del país contribuyen muy significativamente a la riqueza biológica nacional. Todos estos elementos insulares —de jurisdicción federal, salvo

contadas excepciones—, en su conjunto forman el TIM y comprenden una superficie de 8,025.2 km², de acuerdo con el *Catálogo del Territorio Insular Mexicano* que fue elaborado de manera participativa –Segob, Semar, SRE, Semarnat, SCT, INECC, Conanp, UNAM, INEGI y GECI– y publicado por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2015). De este conjunto, 65 islas que aquí se clasifican como “grandes”, es decir, mayores a 1,000 hectáreas, contribuyen con 87.6% del total de la superficie insular nacional (Cuadro 1), incluidas: Tiburón (119,875 ha), Ángel de la Guarda (93,052 ha), Cozumel (46,973 ha), Cedros (34,688 ha) y Guadalupe (24,360 ha).

Cuadro 1. Clasificación de los elementos insulares de México (islas, islotes, cayos y arrecifes) de acuerdo con su tamaño

Tamaño (ha)	Clasificación por tamaño	Número de elementos insulares (% del total)	Superficie total (ha)	Contribución a la superficie total (%)
< 1	Roca	1,308 (31.8)	546	0.1
1 a 9	Islote	1,640 (39.9)	6,279	0.8
10 a 99	Isla chica	883 (21.5)	28,451	3.5
100 a 1,000	Isla mediana	215 (5.2)	64,189	8.0
> 1,000	Isla grande	65 (1.6)	703,050	87.6
Total		4,111 (100)	802,515	100

Fuente: Elaboración propia a partir de INEGI, 2013.



Foto 1. Vista panorámica de la punta sur de Isla Guadalupe y sus islotes.

Las islas con mayor riqueza de especies son: Clarión (646 marinas y 346 terrestres); Cozumel (487 y 437); Cayo Centro en Banco Chinchorro (574 y 174); Arrecife Alacranes (695 y 162); y Espíritu Santo (428 y 241) (Conabio, 2007). Las islas de México son también hábitat para 361 especies y subespecies endémicas —conteniendo 3.7% de los endemismos del país—, lo que las hace territorios nueve veces (900%) más ricos en endemismos por unidad de superficie que la porción continental de nuestro país. Las islas con el mayor número de especies endémicas estrictas son: Guadalupe (36 especies); Tiburón (19); Espíritu Santo (14); Cerralvo (13); y Santa Catalina o Catalana (11) (Conabio, 2007). Asimismo, las islas de México son sitios clave para la reproducción, alimentación y descanso de un tercio de todas las especies de aves marinas del mundo: del total global de 364 especies de aves marinas, 110 habitan en las islas y mares de México, incluidas ocho especies endémicas que anidan únicamente en islas mexicanas (Aguirre Muñoz *et al.*, 2016).

Las islas son además clave para la soberanía nacional. Gracias a la localización de islas oceánicas como Guadalupe y el Archipiélago de Revillagigedo, México cuenta con la décimo tercera Zona Económica Exclusiva (ZEE) más grande en el mundo —3.1 millones de km²—, de gran beneficio económico para nuestro país por los recursos naturales



Foto 2. Islas San Benito, parte de la recién decretada Reserva de la Biosfera Islas del Pacífico de la Península de Baja California (DOF, 2016), donde más de dos millones de individuos de 12 especies de aves marinas anidan cada año.

que en ella se encuentran. En términos de población humana, 73 islas son el hogar de 294,710 habitantes. Las islas Del Carmen (169,725 habitantes; Golfo de México), Cozumel (79,522; Mar Caribe) y Mujeres (12,642; Mar Caribe) concentran 89% de la población insular. Éstas tienen muy altas densidades de población (hab/km²): 1,472, 162.9 y 2,366, respectivamente, siendo que a escala nacional la densidad de población promedio es de 61 hab/km² (INEGI, 2013, 2016).

Administración de las islas de México

La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en su artículo 42, establece que las islas, islotes, rocas, cayos y arrecifes localizados en los mares adyacentes son partes integrantes del territorio nacional. De manera complementaria, en relación con su administración, la propia Constitución de manera categórica establece en el artículo 48 que las islas dependen directamente de la federación, con excepción de aquellas que se encontraban bajo jurisdicción de los estados hasta antes de la promulgación de la Constitución de 1917. Es decir, sólo pueden reclamar para sí las islas aquellos estados que hubieren ejercido jurisdicción sobre éstas con anterioridad a 1917. Una entidad, Campeche, satisface de manera clara el requisito de jurisdicción sobre territorio insular establecido en el artículo 48 de la Constitución, dado que la isla Del Carmen formó parte del territorio de la entidad desde que aquél se erigió en estado a mediados del siglo XIX, por lo que su jurisdicción sobre dicha isla no se ha puesto en duda (Garmendía, 2010). En relación con las islas del Caribe que se encuentran frente a Quintana Roo, aunque jurídicamente no son reconocidas como parte integral del territorio del estado de Quintana Roo, es importante señalar que una parte considerable de la economía de ese estado depende de dichas islas (Cabada-Huerta, 2007), en particular del turismo, como es el caso de Cozumel, Mujeres, Contoy y Holbox.

La administración de las islas corresponde así de manera indubitable a la administración pública federal, responsabilidad repartida sobre todo entre la Secretaría de Gobernación (Segob), la Secretaría de Marina-Armada de México (Semar) y la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat). Siendo que actualmente ya la gran mayoría de las

islas mexicanas son ANP de carácter federal, la intervención en su administración por parte de la Conanp (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas) y la Semarnat es crucial. Las labores de inspección y vigilancia, y en general las funciones relacionadas con la soberanía nacional, corresponden a la Semar, con una injerencia muy relevante cuando hay infraestructura militar en las islas y presencia permanente de las fuerzas armadas.

Las especies exóticas invasoras: la mayor amenaza para la biodiversidad insular

A pesar de su gran riqueza biológica, las islas han sufrido extinciones de especies de forma desproporcionada (Doherty *et al.*, 2016; Mulongoy *et al.*, 2006; Tershy *et al.*, 2015; Veitch *et al.*, 2011, entre otros). De las extinciones que se han registrado históricamente a escala mundial, 61% han ocurrido en islas, además de que en éstas se encuentra 37% de todas las especies en peligro crítico de extinción de acuerdo con la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, por su nombre en inglés, 2017; Tershy *et al.*, 2015). De esta manera, las especies exóticas invasoras (EEI) son, por mucho, la causa principal de extinción de especies endémicas insulares (Early *et al.*, 2016; Simberloff



Foto 3. Buque ARM “BRETÓN” (PO, 124) de la Secretaría de Marina-Armada de México, dando apoyo logístico para la restauración ambiental de las islas de México –como un mandato amplio a favor del cuidado de la soberanía y el patrimonio natural nacional– durante el proyecto de erradicación del ratón invasor en la isla San Benito Oeste, en el Pacífico mexicano, ejecutado por el Grupo de Ecología y Conservación de Islas (GECI) en noviembre de 2013.

et al., 2016). En particular los mamíferos invasores –sobre todo roedores, gatos, cabras y borregos– son los más dañinos y dispersos (Spatz *et al.*, 2014; Doherty *et al.*, 2016). Cada introducción contribuye a incrementar el número de especies extintas. Entre los efectos más evidentes están los causados por mamíferos invasores sobre las poblaciones de aves y mamíferos nativos (Croxall *et al.*, 2012; Szabo *et al.*, 2012; Jones *et al.*, 2016). Los impactos directos son la depredación, competencia, destrucción y fragmentación de hábitats, daños físicos y químicos al suelo incluyendo su pérdida por erosión, como lo hemos visto en el caso del impacto del borrego feral introducido en Isla Socorro (e.g., Ortiz-Alcázar *et al.*, 2017, 2016). Hay, además, impactos indirectos como la introducción de semillas, propágulos, enfermedades, endo y ectoparásitos, y graves desequilibrios en las redes tróficas (Rogers *et al.*, 2017); aunado al hecho de que las EEI también ocasionan serios y diversos impactos socioeconómicos, afectan la salud humana y animal, las pesquerías, la infraestructura y el turismo (Reaser *et al.*, 2007; Early *et al.*, 2016).

En nuestro país, 21 de las 24 extinciones confirmadas de vertebrados terrestres han ocurrido en islas; 17 de las mismas (71%) han sido a causa de EEI, particularmente por la rata negra y el gato feral (Cuadro 2). Las especies endémicas insulares, al no haber coevolucionado con ciertos depredadores, no cuentan con mecanismos de defensa ante éstos, situación que las hace especialmente vulnerables a ser depredadas.

Uno de los grandes obstáculos en cuanto al control de las EEI es la pobre regulación del sacrificio de animales como medida de contingencia ecológica. En México no contamos aún con un marco jurídico idóneo y completo aplicable para este caso. No hay tampoco normas específicas para el sacrificio de especies ferales como medida de restauración ecológica, ni leyes o reglamentos que consideren a las actividades de erradicación de especies exóticas invasoras como acciones prioritarias, siendo que, de hecho, tales erradicaciones son condición indispensable para la restauración ecológica de las islas de México. A pesar de esa falta de regulación legal, en nuestro país se aplican los más altos estándares para dichas erradicaciones. Si bien existe un marco legal amplio, partiendo por la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, que formula claramente las obligaciones tanto del gobierno como de los ciudadanos para la conservación del patrimonio natural de la nación, también es un hecho que es necesario realizar adiciones y reformas a las

Cuadro 2. Vertebrados extintos debido a los impactos de especies exóticas invasoras en islas mexicanas

Nombre científico	Nombre común	Isla	Año del último registro	EEI reportada
Aves				
<i>Oceanodroma macrodactyla</i>	Petrel de Guadalupe		1912	
<i>Colaptes auratus rufipileus</i>	Carpintero de Guadalupe		1906	
<i>Thryomanes bewickii brevicauda</i>	Saltapared de Guadalupe	Guadalupe	1892	Gato (P)
<i>Regulus calendula obscurus</i>	Reyezuelo sencillo de Guadalupe		1953	Cabra (E)
<i>Pipilo maculatus consobrinus</i>	Toquí pinto de Guadalupe		1897	
<i>Caracara lutosa</i>	Caracara de Guadalupe		1900	
<i>Aimophila ruficeps sanctorum</i>	Zacatonero	Todos Santos	1927	Gato (E)
<i>Zenaidura macroura</i>	Paloma de Socorro	Socorro (Archipiélago Revillagigedo)	1972	Gato (P) Borrego (E)
<i>Micrathene nebtingi graysoni</i>	Tecolote enano de Socorro		1932	
Mamíferos				
<i>Chaetodipus baileyi fornicatus</i>	Ratón de abazones	Montserrat	1957	Gato (E)
<i>Neotoma anthonyi</i>	Rata cambalchera de Todos Santos	Todos Santos	1950s	Gato (E)
<i>Neotoma bunkeri</i>	Rata de campo de Coronados	Coronados	1980s	Gato (E)
<i>Neotoma martinensis</i>	Rata cambalchera de San Martín	San Martín	1925	Gato (E)
<i>Oryzomys nelsoni</i>	Rata arrocera de Tres Marías	María Madre	1898	Gato (P)
<i>Peromyscus guardia barbisoni</i>	Ratón de Ángel de la Guarda	Granito	1973	Rata negra (P)
<i>Peromyscus guardia mejia</i>	Ratón de Mejía	Mejía	1973	Rata negra (P)
<i>Peromyscus maniculatus cineritius</i>	Ratón de San Roque	San Roque	1960s	Gato (E)
				Rata negra (E)

Nota: (E) = Erradicado; (P) = Presente.

leyes y reglamentos aplicables sobre los aspectos relacionados con las erradicaciones de poblaciones de especies ferales con fines de conservación y restauración ecológica, en atención a las necesidades concretas de nuestro país y la conservación de nuestro patrimonio natural.

Igualmente, resulta crítica y urgente la puesta en marcha y regulación de la bioseguridad insular para mantener los resultados en el largo plazo. El término *bioseguridad* se refiere al conjunto de políticas, medidas y acciones que se llevan a cabo para proteger la biodiversidad y, en este caso, el territorio insular de las EEI (Aguirre Muñoz *et al.*, 2016). Su objetivo central es impedir la llegada o el establecimiento de cualquier EEI. Consta de tres componentes: la prevención, la vigilancia o detección temprana, y la respuesta rápida a incursiones. Por ello, es de vital importancia la adición de este concepto en el marco legal existente, en donde se regulen las medidas correspondientes, así como se designe a las autoridades responsables de vigilar que estas medidas sean puestas en práctica y, por último, estipular las sanciones que se aplicarán a quien incumpla con las mismas.

Programa Nacional de Restauración Ecológica Insular

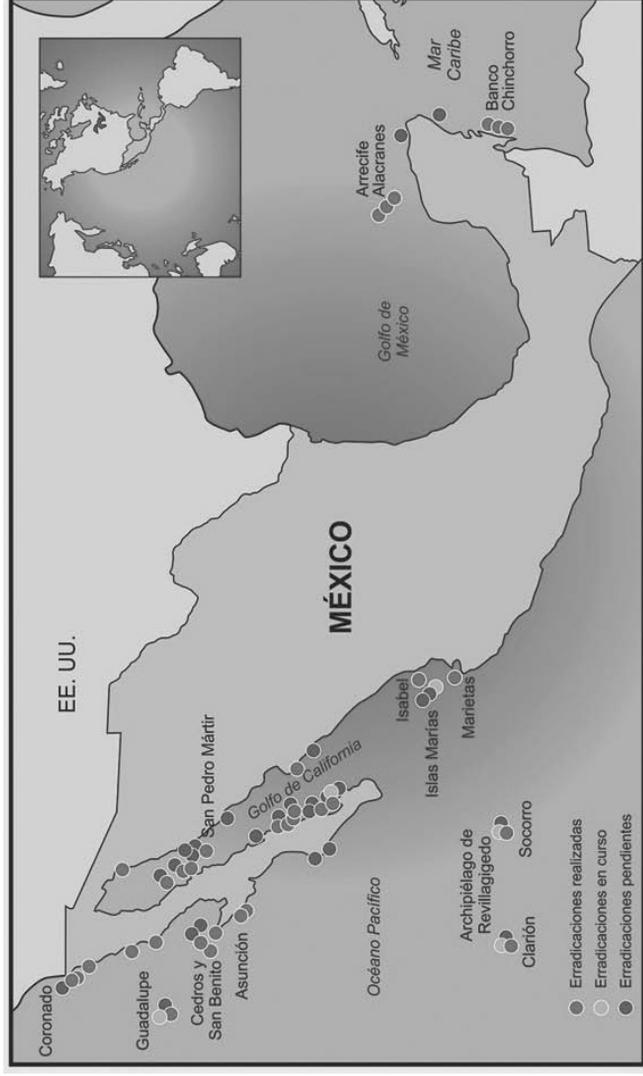
Como una medida para conservar y proteger toda la riqueza biológica contenida en su territorio insular, durante las últimas dos décadas, a través de una estrecha red de colaboración interinstitucional que incluye dependencias de la administración pública federal (Conanp, Conabio, INECC, Semarnat, Segob y Semar), instituciones académicas y centros de investigación, comunidades locales y cooperativas pesqueras, organizaciones de la sociedad civil, así como donantes nacionales e internacionales, se han puesto en marcha en México de manera sistemática proyectos estratégicos a favor de las islas. Es de destacar el apoyo de la Semar en todo lo relativo a logística: uso especial de grandes barcos con helipuerto y hangar, hospedaje, transporte de personal y equipos a las islas. El núcleo de esta amplia red lo conforma la asociación civil profesionalizada Grupo de Ecología y Conservación de Islas, A.C. (GECI), que se dedica por completo a la restauración y conservación de las islas mexicanas (Aguirre Muñoz *et al.*, 2016, 2017), como un brazo ejecutor del gobierno federal. El sostenido esfuerzo —que ya llega a dos décadas—, gracias a

un esquema de sinergia y colaboración, ha resultado en el crecimiento y la profesionalización de esta organización de la sociedad civil en todos los niveles, desde sus habilidades técnicas hasta la cantidad de personal, siendo ya el equipo más destacado en el tema a escala mundial (Aguirre Muñoz *et al.*, 2011a). El GECI cuenta con 100 científicos y técnicos de tiempo completo, especializados y multifuncionales, que atienden de manera simultánea 12 proyectos, con múltiples actividades en islas en todos los mares de México, tales como: erradicaciones, restauración activa de vegetación y aves, bioseguridad, investigación, gestión, educación y cultura.

Con la experiencia, trayectoria y los avances de México en el tema, como una construcción social, se ha institucionalizado el Programa Nacional de Restauración Ecológica Insular en nuestro país (Aguirre Muñoz *et al.*, 2016, 2017) (Figura 1). Las primeras erradicaciones de mamíferos invasores en islas pequeñas (<100 hectáreas) facilitaron la confianza al interior de la red de colaboración. Se sentaron así las bases para erradicaciones complejas en islas de mayor tamaño que requirieron innovación, desarrollo de capacidades e investigación. El GECI ha sentado récords a escala mundial, como la erradicación de rata negra en la isla Cayo Centro, de la Reserva de la Biosfera Banco Chinchorro, realizada en 2015, que representa la isla tropical más grande donde se ha realizado exitosamente una erradicación de roedores (Samaniego Herrera *et al.*, 2017a, 2017b). Con el paso de los años este programa se ha hecho más integral, desarrollándose de manera muy orgánica –atendiendo en forma adaptativa los retos y las oportunidades que se presentan– conforme se desenvuelve. Así, se ha impuesto la necesidad de enfocarse en otros temas prioritarios como la restauración post-erradicación de mamíferos invasores para fortalecer la resiliencia de los ecosistemas insulares frente al cambio climático, así como la construcción social de una cultura ambiental que integre los intereses de conservación con la perspectiva e intereses de las comunidades isleñas, en general integradas por pescadores artesanales ribereños.

Los resultados de este programa a la fecha incluyen: 1) la erradicación de 58 poblaciones de mamíferos invasores en 37 islas de todos los mares de México (Cuadro 3); 2) la publicación, en febrero de 2012, de la Estrategia Nacional para la Conservación y el Desarrollo Sustentable del Territorio Insular Mexicano (CANTIM, 2012), primer instrumento en

Figura 1. Trayectoria de México en la restauración ecológica de sus islas indicando erradicaciones de especies exóticas invasoras (actualizado a abril de 2017)



Cuadro 3. Especies, técnicas y fechas de erradicación de mamíferos invasores en islas de México hasta abril de 2017

<i>Isla</i>	<i>Área (ha)</i>	<i>Mamíferos erradicados</i>	<i>Fecha de erradicación</i>	<i>Técnicas de erradicación</i>
Océano Pacífico				
Asunción	41	Gato	1995	Trampeo
Clarión	1,958	Borrego, cerdo	2002	Cacería
Coronado Norte	37	Gato	1995-1996	Trampeo
Coronado Sur	126	Gato, cabra, burro	2003	Trampeo, cacería
Guadalupe	24,171	Conejo, burro	2002	Remoción de individuos vivos
		Caballo	2004	Remoción de individuos vivos
		Cabra	2003-2006	Remoción de individuos vivos, trampeo, cacería y telemetría
		Perro	2007	Remoción de individuos vivos, trampeo y cacería
Natividad	736	Cabra, borrego	1997	Remoción de individuos vivos
		Gato	1998-2000	Trampeo, cacería, remoción de individuos vivos
		Perro	2001	Remoción de individuos vivos
San Benito Este	146	Conejo	1999	Trampeo y cacería
San Benito Medio	45	Conejo	1998	Trampeo y cacería
San Benito Oeste	400	Conejo, cabra	1998	Trampeo y cacería
		Burro	2005	Remoción de individuos vivos
		Ratón de cactus	2013	Dispersión aérea
San Jerónimo	48	Gato	1999	Trampeo y cacería
San Martín	265	Gato	1999	Trampeo y cacería
San Roque	35	Gato	1995	Trampeo
		Rata negra	1995	Estaciones de carnada
Socorro	13,033	Borrego	2009-2010	Cacería y telemetría
Todos Santos Norte	34	Gato, conejo	1999-2000	Trampeo y cacería
		Burro	2004	Remoción de individuos vivos
Todos Santos Sur	89	Gato	1997-1998/ 1999/2004	Trampeo y cacería
		Conejo	1997	Trampeo y cacería

Continúa...

Continuación...

<i>Isla</i>	<i>Área (ha)</i>	<i>Mamíferos erradicados</i>	<i>Fecha de erradicación</i>	<i>Técnicas de erradicación</i>
Golfo de California				
Coronados	715	Gato	1998-1999	Trampco
Danzante	412	Gato	2000	Trampco
Estanque	82	Gato	1999	Trampco y cacería
Farallón de San Ignacio	17	Rata negra	2007	Dispersión aérea
Isabel	82	Gato	1995-1998	Trampco, cacería y estaciones de carnada
		Rata negra	2009	Dispersión aérea
Mejía	245	Gato	1999-2001	Trampco y cacería
Montserrat	1,886	Gato	2000-2001/ 2003	Trampco y cacería
Partida Sur	1,533	Gato	2000	Remoción de individuos vivos
Rasa	57	Rata negra, ratón casero	1995-1996	Estaciones de carnada
Redonda	23	Gato	2012-2014	Trampco y cacería
San Jorge Este	9	Rata negra	2000-2002	Estaciones de carnada
San Jorge Medio	41	Rata negra	2000-2002	Estaciones de carnada
San Jorge Oeste	7	Rata negra	2000-2002	Estaciones de carnada
San Francisco	374	Gato	2000	Trampco y cacería
		Cabra	1999	Cacería
San Pedro Mártir	267	Rata negra	2007	Dispersión aérea
Santa Catalina (Catalana)	3,890	Gato	2000-2004	Trampco y cacería
Golfo de México y Mar Caribe				
Cayo Norte Mayor	29	Rata negra	2012	Dispersión aérea
Cayo Norte Menor	15	Rata negra	2012	Dispersión aérea
Cayo Centro	539	Gato	2014	Trampco
		Rata negra	2015	Dispersión aérea y manual
Muertos	16	Ratón casero	2011	Dispersión manual
Pérez	11	Rata negra	2011	Dispersión manual
Pájaros	2	Ratón casero	2011	Dispersión manual
Total	51,377			

su tipo en el mundo, y donde se delinearon, de manera amplia y participativa, los objetivos, las metas y las acciones estratégicas que México asume en temas de soberanía, conservación, desarrollo sustentable, financiamiento, coordinación interinstitucional, políticas públicas y conocimiento; 3) la identificación de prioridades de conservación para las islas de México (Latofski Robles *et al.*, 2014); 4) la restauración activa de colonias de aves marinas para atraer poblaciones de aves que fueron extirpadas de las islas a causa de los mamíferos invasores; 5) la restauración de comunidades vegetales, particularmente en Isla Guadalupe, con un enfoque integral de paisaje, con el respaldo de la Conafor como un proyecto pionero a escala nacional; 6) investigación aplicada y desarrollo de infraestructura y equipo adecuados para el propósito y los retos de restauración; 7) la protección legal de todas las islas de México como ANP, hecho que destaca en el ámbito mundial por ser México el primer país que lo logra y porque abona de manera muy destacada a los compromisos del país al respecto ante la Organización de las Naciones Unidas (ONU); 8) la evaluación de los efectos del cambio climático tanto para la biodiversidad como para la población humana que habita en las islas de México; 9) la ejecución del Programa Nacional de Bioseguridad Insular para prevenir la introducción de EEI; y 10) la formación de recursos humanos especializados a través de programas de posgrado (maestrías y doctorados) en colaboración y vinculados a centros de investigación y universidades en México y el extranjero.

Un asunto de suma relevancia es la bioseguridad insular, a través de la cual se garantiza: 1) que las inversiones hechas en erradicaciones perduren y no haya reinvasiones de animales exóticos invasores, siendo que esto es especialmente delicado para el caso de roedores y gato feral; y 2) prevención de nuevas invasiones en islas que se han mantenido libres de especies invasoras. Un análisis de costos a partir de las experiencias concretas mexicanas muestran de manera contundente que es crucial invertir en el tema de bioseguridad en lugar de tener que hacer costosas erradicaciones. Las erradicaciones de rata negra en diversas islas de México, todas recientes, nos muestran que, en promedio, cuesta 20 veces más la erradicación que el costo de la prevención a través de medidas de bioseguridad, tales como inspecciones detalladas bajo protocolos formales, de barcos que llegan a las islas, antes de que zarpen del continente.



Foto 4. Colaboración interinstitucional (GECI, Conanp, Semar, Conabio, Alianza WWF-FCS, Fundación Packard, Fundación Marisla y NFWF) durante la ejecución del proyecto de erradicación de rata negra en las islas Cayo Norte Mayor y Cayo Norte Menor, parte de la Reserva de la Biosfera Banco Chinchorro, en abril de 2012.

Resultados tangibles en conservación ambiental

Las islas se recuperan de manera dramática gracias a la erradicación de mamíferos invasores: por lo menos 147 taxones endémicos de mamíferos, reptiles, aves y plantas han sido protegidos (Aguirre Muñoz *et al.*, 2008, 2016, 2017). Además, 227 colonias de aves marinas, especies altamente vulnerables a las ratas y los gatos, se salvan de ser extirpadas. En todas las islas se realiza monitoreo post-erradicación que ha revelado asombrosos impactos positivos. En Isla Guadalupe (Océano Pacífico), por ejemplo, especies de plantas que se creían extintas, como la saturaja de Guadalupe (*Satureja palmeri*), han reaparecido tras la erradicación de la cabra feral. En la isla Farallón de San Ignacio (Golfo de California), al erradicarse la rata negra se registró un incremento de 60% de nidos de rabijunco pico-rojo (*Phaethon aethereus*), aumentando también su éxito

reproductivo. Mientras tanto, en la isla San Pedro Mártir (Golfo de California), se volvió a observar a la serpiente rey (*Lampropeltis getula nigrita*), tras años de no haberse documentado debido a la fuerte depredación que sufría por la rata negra (Aguirre Muñoz *et al.*, 2011b). De la misma manera, se han observado impactos positivos en las comunidades de invertebrados marinos de las zonas entre mareas de las islas, gracias a la erradicación de la rata negra (Samaniego-Herrera y Bedolla-Guzmán, 2012).

Por otro lado, la restauración activa de aves marinas por medio de vanguardistas sistemas de atracción social y de restauración de hábitat, también ha comenzado a rendir frutos. La atracción social –acción que en algunos casos se impone después de la erradicación de mamíferos invasores– consiste en recrear colonias de aves, por medio de señuelos, construyendo madrigueras artificiales y reproduciendo vocalizaciones. Estos proyectos, por su propia naturaleza adaptativa, deben tener una visión de largo plazo para generar resultados. No obstante, afortunadamente en nuestras islas, al cabo de unos cuantos años, ya se observan efectos positivos alentadores. En la isla Todos Santos Sur, por



Foto 5. Cormorán doble cresta anidando entre la colonia de señuelos artificiales en la isla Todos Santos Sur, resultado de las acciones de restauración de aves marinas mediante técnicas de atracción social.

ejemplo, ya se registró anidación exitosa dentro de una colonia artificial de cormorán doble cresta (*Phalacrocorax auritus*). También se ha registrado anidación de la alcuela oscura (*Ptychoramphus aleuticus*) en islas donde había sido extirpada por gatos ferales, destacando también las islas Todos Santos, donde el último registro era de hace casi un siglo.

El GECI también ha incursionado en la restauración de las comunidades vegetales nativas, destacando el caso de Isla Guadalupe, donde se lleva a cabo un proyecto de restauración integral, en estrecha colaboración con el gobierno federal a través de la Conafor y la Conanp, y con el apoyo de la Semar. Este proyecto incluye la producción masiva en invernadero de plantas endémicas y nativas –como el ciprés de Guadalupe (*Cupressus guadalupensis*) y el encino insular (*Quercus tomentella*)– en la isla, utilizando el banco de semillas ahí presente; así como el manejo de suelo, la remoción de material combustible y el mantenimiento de brechas cortafuego. Este proyecto es pionero a escala nacional, y un parteaguas en restauración forestal, que brinda una visión integral y alternativa a los esquemas tradicionales de reforestación.



Foto 6. Producción de plántulas de especies endémicas y nativas en el vivero de Isla Guadalupe, proyecto puesto en marcha por el GECI con el apoyo de la Conafor, la Conanp y la Semar.

Asimismo, esta extraordinaria Isla Guadalupe puede significar la salvación de una especie de ave marina, el albatros de Laysan (*Phoebastria immutabilis*), cuyo principal sitio de anidación se encuentra a miles de kilómetros de distancia –las islas de Midway y Laysan, Hawái–, mismo que está seriamente amenazado por el aumento del nivel del mar debido al cambio climático. Una colonia desarrollada de manera exitosa en Isla Guadalupe durante los últimos 20 años está siendo protegida del gato feral con acciones sistemáticas de control –trampeo y cacería–, más la construcción de un cerco exclusor en un sitio de anidación muy elevado en relación con el mar, y con condiciones ideales para la especie (Hernández-Montoya *et al.*, 2014).

El futuro de las islas de México

La visión a largo plazo, consensuada y validada por la Estrategia Nacional para la Conservación y el Desarrollo Sustentable del TIM, es que las islas mexicanas se encuentren totalmente libres de mamíferos invasores para 2030 y en pleno proceso de recuperación. El avance hasta ahora es de aproximadamente 50%. Se ha estimado que quedan alrededor de 83 poblaciones de mamíferos invasores en 34 islas mexicanas. Para continuar avanzando, se ha realizado un análisis multicriterio con el fin de establecer prioridades de erradicación tomando en cuenta el valor de biodiversidad de las islas en cuestión y la factibilidad del proyecto (Latofski Robles *et al.*, 2014).

A la par de las campañas de erradicación, la bioseguridad insular es un componente clave en el largo plazo. Esto requiere de una amplia red de colaboración interinstitucional que se consolide en el tema y sea adoptada como un compromiso a escala nacional. Todo ello, más la valoración del territorio insular, requiere de ir acompañado de una amplia estrategia de aprendizaje y cultura ambiental con las comunidades locales asentadas en las islas, y con los usuarios que dependen de ellas o las visitan.

Adicionalmente, la visión de futuro incorpora el que todas las actividades en las islas de México se lleven a cabo con las mejores prácticas y de manera sustentable, incluyendo la pesca, el uso de energías alternativas y el turismo de naturaleza. En ese sentido, la Estrategia Nacional

para la Conservación y el Desarrollo Sustentable del Territorio Insular Mexicano (CANTIM, 2012) establece un plan de ruta con visión y objetivos a largo plazo.

Las islas brindan también grandes oportunidades para la investigación básica y aplicada. De hecho, la mayoría de las islas de México en este sentido han estado abandonadas desde hace siglos, de tal manera que hay numerosos casos en que los vacíos de datos científicos son enormes. Como respuesta a tal situación y de manera muy destacada, se desarrolla ya en México todo un paradigma vinculado al conocimiento sobre los ecosistemas insulares propios del país. A la fecha, son ya ocho doctorados y 12 maestrías realizadas por mexicanos, en islas mexicanas, sobre temas de ecología aplicada de islas. En todos los casos se trata de preguntas de investigación que responden a retos concretos de restauración y ecología aplicada de las islas de México, preguntas que se han respondido con los máximos estándares científicos y juntando acciones e intervenciones de conservación aplicada con encuadres académicos formales. De esta manera, ha sido crucial la vinculación del tema de conservación y restauración ambiental de las islas de México con instituciones académicas como el CIBNOR, la UABC, la UABCS, la Universidad de Giessen y la Universidad de Colonia, ambas de Alemania, la UASLP, la UANL, el Colegio de Posgraduados y la Universidad Autónoma de Chapingo, Landcare Research y la Universidad de Auckland, ambas de Nueva Zelanda, el Museo de Historia Natural de Madrid, la Universidad de Cornell y el Instituto de Ecología Aplicada de Canberra, Australia. Este desarrollo de todo un programa de investigación integral e interdisciplinaria tiene un vasto potencial, ya probado, para contribuir de manera relevante al desarrollo de una economía del conocimiento en el México del siglo XXI, con generación de empleo de calidad para científicos jóvenes mexicanos, incluyendo aspectos de investigación y desarrollo de vanguardia y de clase mundial.

El establecimiento de un financiamiento de largo aliento para este propósito por parte del Conacyt hará un gran favor a la causa. En términos institucionales, esto pudiera darse a partir de la incorporación del GECI por parte del Conacyt, como un Centro de Investigación de su sistema, con vocación incluso de cooperación internacional. La infraestructura y los equipamientos propios del GECI en Ensenada, La Paz e Isla Guadalupe —oficinas, talleres, embarcaciones, vehículos y estaciones

y equipos de campo— son un activo relevante para el propósito, además de los 100 científicos y especialistas jóvenes trabajando de tiempo completo en la conservación de las islas de todos los mares de México, así como los recursos financieros existentes relacionados con proyectos de restauración y conservación.

La consolidación y retención de los recursos humanos especializados en las islas de México, como masa crítica y operando como un equipo perfectamente embalado, es una prioridad para asumir y resolver las oportunidades y los retos de los próximos años. En ese sentido, el otorgamiento de los incentivos vinculados al Sistema Nacional de Investigación, operado por el Conacyt, a favor de los investigadores del GECI, sería un estímulo importante para retener y motivar al personal que se dedica de lleno al cuidado del patrimonio natural del país.

Es esencial robustecer la conservación y restauración insular con el fortalecimiento del programa nacional de bioseguridad, impulsado por la Conabio, la Conanp y el GECI, con el involucramiento activo de la Semar y todos los usuarios de las islas. Prevenir introducciones a las islas es un componente indispensable. Como un componente social y legal, la bioseguridad requiere de una amplia cooperación interinstitucional y el compromiso de todos los actores sociales.

Marco legal actual y sus áreas de oportunidad

Hasta la fecha, es afortunado que el marco legal existente haya resultado suficiente para poder avanzar en la atención de prioridades y con los objetivos del Programa Nacional de Restauración Insular. Tanto los logros como las metas de este programa son de alcance nacional y obedecen a prioridades establecidas de manera formal, incluso en el plano internacional, como son las metas de Aichi del Convenio sobre la Diversidad Biológica en el marco de la Organización de las Naciones Unidas. Ahora bien, con esa perspectiva y buscando consolidar los logros actuales y avanzar de manera más eficiente, existen oportunidades de mejora con el fin de lograr un marco legal nacional explícitamente favorecedor para la soberanía, la conservación, la restauración y el desarrollo sustentable de las islas de México. En ese sentido, con una visión integral, con la experiencia práctica y un amplio conocimiento de causa, hemos identificado

las áreas de oportunidad para mejorar el marco legal en torno a las islas de México que se describen a continuación:

1. Incluir en la Iniciativa de Ley General de Biodiversidad, presentada ante el Senado de la República en 2016, lo relativo a la conservación y restauración de las islas de México de manera explícita. El incorporar lo establecido en la Estrategia Nacional para la Conservación y el Desarrollo Sustentable del Territorio Insular Mexicano es un punto de partida mínimo, ya que en dicha iniciativa se ignoró por completo lo relativo al TIM.
2. Publicación de una Norma Oficial Mexicana para la Conservación del Territorio Insular Mexicano de Jurisdicción Federal. El objetivo de esta NOM sería establecer las especificaciones, los procedimientos, los criterios y las mejores prácticas a los que se sujetará la operación de los programas de manejo respectivos, las campañas de control y erradicación de especies introducidas, exóticas, ferales o asilvestradas en todo el territorio insular mexicano de jurisdicción federal, así como las medidas de bioseguridad insular u otras adicionales de urgente aplicación para garantizar en el corto, mediano y largo plazos la conservación integral de estos ecosistemas insulares, armonizando de manera transversal las responsabilidades de las diversas dependencias. Dicha norma pretende asegurar la conservación y la restauración de las islas a la par de un uso sustentable y disfrute de las mismas. El GECI (2007) cuenta con un borrador del proyecto “Norma Oficial Mexicana Emergente para la Conservación y Uso Sustentable de las Islas de México”, el cual en su momento se desarrolló en colaboración con la Segob, la Semarnat y la Conanp. Este documento contempla: el valor de las islas; problemas actuales en el TIM; proyectos de conservación y restauración que se llevan a cabo en la actualidad; métodos de sacrificio humanitario para las EEI; y sanciones por introducciones no autorizadas de EEI, tanto intencionales como accidentales. Dado el avance, dicho borrador de proyecto podría ser actualizado al marco jurídico vigente—con base en el artículo 27 Bis de la Ley General de Vida Silvestre—, con la oportunidad incluso de incorporar el tema de bioseguridad insular.

3. Incluir en la Ley Federal de Armas de Fuego y Explosivos, de manera explícita, la expedición de licencias específicas para actividades de control y erradicación de especies exóticas invasoras a favor de la restauración ecológica insular. Actualmente el marco legal obliga a que se lleve a cabo la cacería de erradicación de especies invasoras con licencias para actividades deportivas vinculadas a clubes cinegéticos, generando serias ineficiencias. Por ende, se propone cambiar el artículo 10 de la Ley Federal de Armas de Fuego y Explosivos para que, con ajustes menores, quede como sigue:

Las armas que podrán autorizarse a los deportistas de tiro o cacería, así como a los cazadores de especies exóticas invasoras con fines de restauración ecológica, para poseer en su domicilio y portar con licencia, son las siguientes:

- I. Pistolas, revólveres y rifles calibre .22, de fuego circular.
- II. Pistolas de calibre .38 con fines de tiro olímpico o de competencia.
- III. Escopetas en todos sus calibres y modelos, excepto las de cañón de longitud inferior a 635 mm. (25), y las de calibre superior al 12 (.729 o 18.5 mm.).
- IV. Escopetas de 3 cañones en los calibres autorizados en la fracción anterior, con un cañón para cartuchos metálicos de distinto calibre.
- V. Rifles de alto poder, de repetición o de funcionamiento semi-automático, no convertibles en automáticos, con la excepción de carabinas calibre .30, fusil, mosquetones y carabinas calibre .223, 7 y 7.62 mm y fusiles Grand calibre .30.
- VI. Rifles de alto poder de calibres superiores a los señalados en el inciso anterior, con permiso especial para su empleo en el extranjero, en cacería de piezas mayores no existentes en la fauna nacional.
- VII. Las demás armas de características deportivas de acuerdo con las normas legales de cacería, aplicables por las Secretarías de Estado u Organismos que tengan injerencia, así como los reglamentos nacionales e internacionales para tiro de competencia.

A las personas que practiquen el deporte de la charrería podrá autorizárseles revólveres de mayor calibre que el de los señalados en el Artículo

9o. de ésta Ley, únicamente como complemento del atuendo charro, debiendo llevarlos descargados.

De la misma manera, en relación con el artículo 19, también con cambios menores, se propone que quede de la siguiente forma:

La Secretaría de la Defensa Nacional tendrá la facultad de determinar en cada caso, qué armas para tiro o cacería de las señaladas en el Artículo 10, por sus características, pueden poseerse, así como las dotaciones de municiones correspondientes. Respecto a las armas de cacería, se requerirá previamente la opinión de las Secretarías de Estado u Organismos que tengan injerencia. Las solicitudes de autorización se harán directamente o por conducto del Club o Asociación. En el caso de la cacería para restauración ecológica las solicitudes se harán directamente por el cazador o por la organización involucrada en la ejecución del proyecto.

4. Publicación urgente de la actualización del programa de manejo de la Reserva de la Biosfera Isla Guadalupe, el cual fue revisado y planteado por el Consejo Asesor de dicha Reserva desde hace cuatro años. Asimismo, la actualización de los programas de manejo de las ANP insulares donde corresponda, con la finalidad de facilitar las labores de erradicación de especies exóticas invasoras, medidas de restauración ecológica, así como mecanismos de prevención sobre introducciones accidentales de las EEI.
5. Que la designación de directores para las ANP cumpla con los requisitos designados en la LGEEPA y su reglamento en Materia de Áreas Naturales Protegidas: perfil de los candidatos y procedimiento para su nombramiento. Esto debido al papel clave que tienen los directores en cuanto a la conservación, preservación, protección y restauración de los ecosistemas y, en general, como actores clave para la gobernabilidad efectiva en todas las ANP de México. Casos concretos en este sentido son las designaciones en curso de los directores para la Reserva de la Biosfera Isla Guadalupe, la nueva Reserva de la Biosfera de las Islas del Pacífico de la Península de Baja California y la nueva Reserva de la Biosfera Caribe Mexicano.

6. Actualización de la Estrategia Nacional para la Conservación y el Desarrollo Sustentable del Territorio Insular Mexicano, creando una versión mejorada, la cual se realice de forma participativa.
7. Establecer un acuerdo intersecretarial e interinstitucional sobre restauración de islas, manejo de especies exóticas invasoras y bioseguridad, a fin de garantizar la institucionalización y puesta en marcha tanto del Programa Nacional de Restauración Ecológica Insular como del Programa Nacional de Bioseguridad Insular.
8. Promover la creación de un Instituto Internacional de las Islas que permita tender puentes de colaboración en temas de conservación, restauración y desarrollo sustentable entre los diferentes países con islas o insulares, y avanzar, bajo esquemas de colaboración internacional, en el conocimiento básico y aplicado sobre la conservación y el manejo de ecosistemas insulares, con enfoques interdisciplinarios y la formación de recursos humanos de diversos países. En este caso, la trayectoria positiva de México le da fuerza y liderazgo reconocido para lograr una amplia convocatoria y ofrecerse como país sede, incluyendo también las ricas oportunidades de colaboración Sur-Sur con países como Nueva Zelanda, Australia, Chile, Ecuador, Costa Rica, Cuba, República Dominicana, Argentina, Brasil y Belice, con los cuales ya hay antecedentes valiosos en ese sentido.
9. Asignación de presupuesto público, a través de la creación de un fondo específico, al Programa Nacional de Restauración Ecológica Insular. La continuidad de financiamiento sostenido y con visión de largo plazo es un factor clave para mantener la trayectoria actual y los resultados positivos, mismos que destacan a nivel global.
10. Establecer una política pública en relación con aspectos poblacionales en las islas de México, con el objetivo de definir capacidades de carga, derechos para las poblaciones de las comunidades locales, y no comprometer la viabilidad del desarrollo sustentable y la conservación ambiental del territorio insular mexicano.
11. Promover la creación de un Sitio Patrimonio Natural de la Humanidad Binacional entre México y Estados Unidos, que incluya a las islas del Canal, frente a California, y a las islas del Pacífico frente a la península de Baja California.



Foto 7. Vista panorámica de Isla Cedros, parte de la nueva Reserva de la Biosfera Islas del Pacífico de la Península de Baja California, donde habita una subespecie endémica de venado bura (*Odocoileus hemionus subsp. cerrosensis*).

Créditos de las fotos: ©Archivo GECI / J.A. Soriano.

En todos estos casos, la gestión de tales instrumentos de política pública se dará desde el Poder Legislativo, y el diálogo con el Poder Ejecutivo será crucial para avanzar esta agenda. Dicha dinámica positiva y con resultados ha quedado bien demostrada para el tema de las islas a través de los exhortos hechos por el Congreso y el Senado al Ejecutivo a favor de la creación de nuevas áreas naturales protegidas insulares, con éxito probado.

Referencias

- Aguirre Muñoz, A., Méndez Sánchez, F. y Latofski Robles, M. (2017). Conservación y restauración de las islas mexicanas. En M. Llano y H. Fernández (eds.), *Análisis y propuestas para la conservación de la biodiversidad en México, 1995-2017* (pp. 77-82). México: Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza, A. C.
- Aguirre Muñoz, A., Samaniego Herrera, A., Luna Mendoza, L., Ortiz Alcaraz, A., Méndez Sánchez, F. y Hernández Montoya, J. (2016). La restauración ambiental exitosa de las islas de México: una reflexión sobre los avances a la fecha y los retos por venir. En E. Ceccon y C. Martínez-Garza (eds.), *Experiencias mexicanas en la restauración de los ecosistemas* (pp. 487-512). Cuernavaca, Morelos, México: Universidad Nacional Autónoma de México, Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

- Aguirre-Muñoz, A., Samaniego-Herrera, A., Luna-Mendoza, L., Ortiz-Alcaraz, A., Rodríguez-Malagón, M., Félix-Lizárraga, M., Méndez-Sánchez, F., González-Gómez, R., Torres-García, F., Hernández-Montoya, J. C., Barredo-Barberena, J. M. y Latofski-Robles, M. (2011a). Eradications of invasive mammals on islands in Mexico: The roles of history and the collaboration between government agencies, local communities and a non-government organisation. En C. R. Veitch, M. N. Clout y D. R. Towns (eds.), *Island invasives: Eradication and management*, Gland: IUCN. Recuperado de http://www.issg.org/pdf/publications/Island_Invasives/pdfwebview/4Aguirre-MunozE.pdf, pp 386-394.
- Aguirre-Muñoz, A., Luna-Mendoza, L., Samaniego-Herrera, A., Félix-Lizárraga, M., Ortiz-Alcaraz, A., Rodríguez-Malagón, M., Méndez-Sánchez, F., González-Gómez, R., Torres-García, F., Latofski-Robles, M., Hernández-Montoya, J. C., Barredo-Barberena, J. M., Hermsillo-Bueno, M. A., Silva-Estudillo, N. y Soqui-Gómez, E. (2011b). Island restoration in Mexico: Ecological outcomes after systematic eradications of invasive mammals. En C. R. Veitch, M. N. Clout y D. R. Towns (eds.). *Island invasives: Eradication and management*, Gland: IUCN. Recuperado de http://www.issg.org/pdf/publications/Island_Invasives/pdfHQprint/3Aguirre-MunozI.pdf, pp. 250-258.
- Aguirre Muñoz, A., Rodríguez Malagón, M., Samaniego Herrera, A., Luna Mendoza, L., Ortiz Alcaraz, A., Méndez Sánchez, F. *et al.* (2011). Island restoration in Mexico: Ecological outcomes after systematic eradications of invasive mammals. En C. R. Veitch, M. N. Clout y D. R. Towns (eds.). *Island invasives: Eradications and management*. Gland, Suiza: IUCN.
- Aguirre Muñoz, A., Croll, D. A., Donlan, C. J., Henry III, R. W., Hermsillo, M. A., Howald, G. R. *et al.* (2008). High-impact conservation: Invasive mammal eradications from the islands of western Mexico. *Ambio*, 37(2), 101-107.
- Cabada-Huerta, M. (2007). *El territorio insular de México*. Serie Amarilla, Temas Políticos y Sociales. México: Centro de Estudios de Derecho e Investigaciones Parlamentarias, Cámara de Diputados, LIX Legislatura, H. Congreso de la Unión.
- Comité Asesor Nacional sobre el Territorio Insular Mexicano (CANTIM) (2012). *Estrategia Nacional para la Conservación y el Desarrollo Sustentable del*

- Territorio Insular Mexicano*. México, D. F. y Ensenada, B. C.: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, Secretaría de Gobernación, Secretaría de Marina-Armada de México, Grupo de Ecología y Conservación de Islas, A. C.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio) (2007). *Análisis de vacíos y omisiones en conservación de la biodiversidad marina de México: Océanos, costas e islas*. México: Conabio, Conanp, TNC-Programa México, Pronatura, A. C.
- Croxall, J. P., Butchart, S. H. M., Lascelles, B., Stattersfield, A. J., Sullivan, B., Symes, A. *et al.* (2012). Seabirdconservation status, threats and priorityactions: A global assessment. *Bird Conservation International*, 01(22), 1-34. doi: 10.1017/S0959270912000020.
- Diario Oficial de la Federación (DOF) (2016). Decreto por el que se declara Área Natural Protegida, con el carácter de reserva de la biosfera, la región conocida como Islas del Pacífico de la Península de Baja California. *Diario Oficial de la Federación*. Disponible en: http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5464451&fecha=07/12/2016
- Doherty, T. S., Glen, A. S., Nimmo, D. G., Ritchie, E. G. y Dickman, C. R. (2016). Invasive predators and global biodiversity loss. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113(40), 11261-11265. doi: 10.1073/pnas.1602480113.
- Early, R., Bradley, B. A., Dukes, J. S., Lawler, J. J., Olden, J. D., Blumenthal, D. M. *et al.* (2016). Global threats from invasive alien species in the twenty-first century and national response capacities. *NatCommun* no. 7. doi: 10.1038/ncomms12485.
- Garmendia, X. (2010). Patrimonio nacional. Islas. Patrimonio insular mexicano. *Revista Praxis de la Justicia Fiscal y Administrativa*, 2(4), mayo-septiembre. México: Instituto de Estudios sobre Justicia Fiscal y Administrativa.
- Grupo de Ecología y Conservación de Islas (GECI) (2007). Proyecto de Norma Oficial Mexicana de Emergencia NOM-EM-XXX-SEMARNAT-2007, para la conservación de los ecosistemas insulares mexicanos de jurisdicción federal a través de la regulación de programas de manejo, control y erradicación de especies introducidas, exóticas o ferales. México, D. F. y Ensenada, B. C.: Conanp, Semarnat, GECI.

- Hernández-Montoya, J. C., Luna-Mendoza, L., Aguirre-Muñoz, A., Méndez-Sánchez, F., Félix-Lizárraga, M. y Barredo-Barberena, J. M. (2014). Laysan Albatross on Guadalupe Island, México: Current status and conservation actions. *Monographs of the Western North American Naturalist*, (7), 543-554.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2013). *Conjunto de Datos del Territorio Insular Mexicano*. Escala 1:50,000. Versión 2.0. México: Instituto Nacional Estadística y Geografía.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2015). *Catálogo del Territorio Insular Mexicano*. Aguascalientes, Ags., México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2016). *Censo de Población y Vivienda 2010. Principales Resultados por Localidad (ITER)*. México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Recuperado el 2 de marzo de 2016 de <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/iter/default.aspx?ev=5>
- International Union for Conservation of Nature (IUCN) (2017). *The IUCN Red List of Red List of Threatened Species*. Disponible en: <http://www.iucnredlist.org>
- Jones, H. P., Holmes, N. D., Butchart, S. H. M., Tershy, B. R., Kappes, P. J., Corkery, I. *et al.* (2016). Invasive mammal eradication on islands results in substantial conservation gains. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 15(113), 4033-4038. doi: 10.1073/pnas.1521179113.
- Kier, G., Kreft, H., Ming Lee, T., Jetz, W., Ibisch, P. L., Nowicki, C. *et al.* (2009). A global assessment of endemism and species richness across island and mainland regions. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(23), 9322-9327. doi: 10.1073/pnas.0810306106.
- Latofski-Robles, M., Aguirre-Muñoz, A., Méndez-Sánchez, F., Reyes-Hernández, H. y Schlüter, S. (2014). Prioritizing restoration actions for the islands of Mexico. *Monographs of the Western North American Naturalist*, (7), 435-441.
- Mulongoy, K. J., Webbe, J., Ferreira, M. y Mittermeier, C. (2006). *The Wealth of Islands – A Global Call for Conservation*. Edición especial de la Serie Técnica de CDB, Montreal, 23.
- Ortiz-Alcaraz, A., Maya-Delgado, Y., Cortés-Calva, P., Aguirre-Muñoz, A., Rojas-Mayoral, E., Córdoba-Matson, M. *et al.* (2016). Recovery

- of vegetation cover and soil after the removal of sheep in Socorro Island, Mexico. *Forests*, 4(7), 91.
- Ortiz-Alcaraz, A., Aguirre-Muñoz, A., Arnaud-Franco, G., Galina-Tessaro, P., Rojas-Mayoral, E., Méndez-Sánchez, F. *et al.* (2017). Avances en la erradicación de gato feral (*Felis catus*) y recuperación de la fauna nativa en Isla Socorro, Archipiélago de Revillagigedo, México. *Therya*, 1(8), 3-9.
- Reaser, J. K., Meyerson, L. A., Cronk, Q., Poorter, M. D., Eldrege, L. G., Green, E. *et al.* (2007). Ecological and socioeconomic impacts of invasive alien species in island ecosystems. *Environmental Conservation*, 34(2), 98-111.
- Rogers, H. S. *et al.* (2017). Effects of an invasive predator cascade to plants via mutualism disruption. *Nat. Commun.* (8). doi: 10.1038/ncomms14557.
- Samaniego-Herrera, A., Aguirre-Muñoz, A., Bedolla-Guzmán, Y., Cárdenas-Tapia, A., Félix-Lizárraga, M., Méndez-Sánchez, F. *et al.* (2017a). Eradicating invasive rodents from wet and dry tropical islands in Mexico. *Oryx*, 1-12. doi: 10.1017/s0030605316001150
- Samaniego-Herrera, A., Clout, M. N., Aguirre-Muñoz, A. y Russell, J. C. (2017b). Rodent eradications as ecosystem experiments: A case study from the Mexican tropics. *Biological Invasions*, 1-19. doi: 10.1007/s10530-017-1388-2
- Samaniego-Herrera, A. y Bedolla-Guzmán, Y. (2012). Landcrabs (*Decapoda, Brachyura, Gecarcinidae*) on Isabel Island, Mexico, including a new record, and its relation to there moval of invasive rats. *Crustaceana*, 85(8), 1007-1011.
- Simberloff, D., Martin, J. L., Genovesi, P., Maris, V., Wardle, D. A., Aronson, J. *et al.* (2013). Impacts of biological invasions: What's what and the way forward. *Trends in Ecology & Evolution*, 1(28), 58-66. doi: 10.1016/j.tree.2012.07.013.
- Spatz, D. R., Newton, K. M., Heinz, R., Tershy, B., Holmes, N. D., Butchart, S. H. M. *et al.* (2014). The biogeography of globally threatened seabirds and island conservation opportunities. *Conservation Biology*: n/a-n/a. doi: 10.1111/cobi.12279.
- Szabo, J. K., Khwaja, N., Garnett, S. T. y Butchart, S. H. M. (2012). Global patterns and drivers of avian extinctions at the species and

- subspecies level. *PLoS ONE*, 7(10): e47080. doi: 10.1371/journal.pone.0047080.
- Veitch, C. R., Clout, M. N. y Towns, D. R. (2011). Island invasives: Eradication and management. Proceedings of the International Conference on Island Invasives. Occasional Paper of the IUCN Species Survival Commission, (42). Gland, Suiza y Auckland, Nueva Zelanda: IUCN, CBB.
- Whittaker, R. J. y Fernández-Palacios, J. M. (2007). Island biogeography: Ecology, evolution and conservation. 2ª. ed. Nueva York: Oxford University Press Inc.

*Principales retos que enfrenta México
ante las especies exóticas invasoras,*
se terminó de imprimir
el 29 de diciembre de 2017,
en mc editores, Selva 53-204,
Col. Insurgentes Cuicuilco, 04530,
Ciudad de México, tel. 5665 7163
[mceditores@hotmail.com]

La edición consta de mil ejemplares.

Las invasiones biológicas son una de las principales causas de pérdida de biodiversidad en el mundo. Sin embargo, para la mayoría de la población es un tema desconocido o de poca preocupación, comparado con otros problemas ambientales. Se trata de un tema que tiene y tendrá alto impacto en las decisiones estratégicas sobre la sostenibilidad en el cuidado del medio ambiente en México.

La presente obra nos ofrece la oportunidad de dar a conocer información básica sobre los impactos que generan estas invasiones biológicas a los ecosistemas y sus servicios ambientales, a las actividades productivas y a la salud humana, animal o vegetal.

Con ello se busca contribuir a incrementar la conciencia colectiva respecto al tema, tratando los aspectos más relevantes para afrontar los retos de nuestro país ante el incremento del transporte y el comercio transfronterizo de especies.

Este libro es un esfuerzo editorial y financiero conjunto entre la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio), el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y el Centro de Estudios Sociales y de Opinión Pública (CESOP).



Al servicio
de las personas
y las naciones

