

Material adicional preparado por el Comité Asesor de la

**Estrategia nacional sobre especies invasoras en México:
Prevención, control y erradicación**

Versión 1.0

**Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad**

Enero 2010



Este documento fue elaborado por un comité de expertos en la problemática de especies invasoras y su intención es servir como material adicional de apoyo a la *Estrategia nacional sobre especies invasoras en México: prevención, control y erradicación.*

Este material no está sujeto al proceso de consulta pública y no representa la versión que irá incluida en la versión final de la estrategia.

Contenido

Comité Asesor	4
1. Regulación sobre especies invasoras en México	5
Recuadro 1 Marco normativo para especies invasoras.....	8
2. Rutas y mecanismos de introducción	9
3. Prevención de introducciones	11
Recuadro 2 Análisis de riesgo de plagas	13
4. Impactos económicos, sociales y ambientales	14
Recuadro 3 Impactos de las malezas acuáticas.....	15
Recuadro 4 Situación actual de los recursos acuáticos en Tabasco: Impacto económico y social de los pecos.....	15
5. Respuestas tempranas	16
Recuadro 5 La respuesta temprana: erradicación de la palomilla del nopal (Cactoblastis cactorum Berg.)	16
6. Aguas de lastre	17
Recuadro 6 Aguas de lastre: una ruta de introducción sin fronteras	20
7. Control y erradicación de especies	20
Recuadro 7 Acciones de restauración en isla Guadalupe	21
8. Áreas naturales protegidas	22
Tabla 1 Especies invasoras de mayor impacto registradas en las áreas naturales protegidas (ANP)	23
9. Educación ambiental	24
10. Efectos del cambio climático	25
Referencias	26

Comité Asesor

Dr. Alfonso Aguirre	GECI
Dr. Porfirio Álvarez	DGPAIRS-SEMARNAT
Biól. Hesiquio Benítez	CONABIO
Dr. Salvador Contreras-Balderas [†]	Bioconservación, A.C.
Tte. Teresa Coronado	Secretaría de Marina
Dra. Andrea Cruz	CONABIO
Ing. Alejandra Elizalde	SENASICA-SAGARPA
Dr. Francisco J. Espinosa-García	CIECO-UNAM
Lic. Ma. Emilia Fuentes López	SCT
M. en C. Patricia Fuentes Mata	INAPESCA-SAGARPA
Dr. Luis Fueyo Mac Donald	CONABIO
M. en C. Osiris Gaona Pineda	Instituto de Ecología, UNAM
Biól. Fernando Gavito	CONANP-SEMARNAT
M. en C. Margarita García	CONANP-SEMARNAT
Ing. Miguel Arturo Giles	SCT/Consultor
Dr. Jordan Golubov	UAM-Xochimilco, Aridamérica
Dra. A. Isabel González	CONABIO
Dr. Gustavo González Villalobos	DGGFS-SEMARNAT
Biól. Ricardo Hernández	DGVS-SEMARNAT
Dra. Patricia Koleff	CONABIO
M. en C. Antonio Low	INE-SEMARNAT
M. en C. Ignacio March	TNC-Programa México
Dra. Maricela Martínez	IMTA
Dra. María Esther Meave del Castillo	UAM-Iztapalapa
Dr. Rodrigo Medellín	UNAM
Biól. Ma. Cristina Meléndez	CEDES Sonora
Dr. Roberto Mendoza	Facultad de Ciencias biológicas, UANL
Biól. Martha Merino Pérez	CECADESU-SEMARNAT
Biól. Leonardo Meza	CECADESU-SEMARNAT
Ing. Virgilio Moreno	SNICS-SAGARPA
Biol. Fco. Javier Navarrete	PROFEPA
Dr. Antonio Ordoñez	PRONATURA
Biól. Frizia Ortiz de Ora	DGSP y RNR-SEMARNAT
Biól. Antonio David Quiroz	CONAFOR
M. en C. Óscar Ramírez	CONANP-SEMARNAT
Dr. Carlos Ramírez	Instituto de Investigaciones Sociales-UANL
Ing. Vicente Rosas	SENASICA-SAGARPA
Biól. Karina Santos del Prado	INE-SEMARNAT
Ing. Gustavo Torres	SENASICA
Hidrobiól. Maribel Torres Cruz	PROFEPA-SEMARNAT
M. en C. Luz María Torres	INAPESCA-SAGARPA
Dra. Heike Vibrans	Colegio de Posgraduados
Dr. Jaime Villa Castillo	CONAFOR-SEMARNAT
M. en C. Raúl Villaseñor	CONAPESCA-SAGARPA
M. en C. Roxana Silva	INAPESCA-SAGARPA

1. Regulación sobre especies invasoras en México

México, como signatario de instrumentos internacionales con alguna aplicación respecto a las especies invasoras, debe acatar las responsabilidades inherentes en la materia. Por ejemplo, el artículo 8 h) del Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB) establece que las partes contratantes deberán “impedir la introducción, controlar o erradicar las especies exóticas que amenacen a ecosistemas, hábitats o especies”.

En el ámbito internacional el tema de las especies invasoras ha quedado incorporado tanto en tratados internacionales vinculantes como en instancias y foros de cooperación multilateral, cuyos acuerdos que los guían son de carácter voluntario. México ha comprometido su participación en el tema de especies invasoras en ambos espacios, tratados internacionales de los cuales es parte y plataformas voluntarias de cooperación. La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos establece que los tratados internacionales celebrados y que se celebren por el Presidente de la República, aprobados por el Senado, son parte de la Ley Suprema de la Unión.

En el ámbito regional, México es miembro de la Organización Norteamericana para la Protección de las Plantas (NAPPO), que establece estándares fitosanitarios regionales aplicables a la exportación e importación de plantas. La Comisión para la Cooperación Ambiental de América del Norte (CCA) se concentra en asuntos ambientales de interés común, la prevención de posibles conflictos ambientales derivados de la relación comercial y la promoción de la legislación ambiental, complementando las disposiciones ambientales del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN). Debido a que las especies invasoras son una de las principales amenazas a enfrentar para la conservación de la biodiversidad de la región, la CCA ha colaborado con diversas instituciones (CCA 2009). La Alianza para la Seguridad y la Prosperidad de América del Norte (ASPAN) tuvo en su agenda el “combatir la propagación de especies invasoras tanto en aguas costeras como en aguas dulces” (ASPAN 2005).

El marco internacional y regional en general establece guías y estándares que requieren de instrumentación nacional y los cuales se constituyen en un verdadero reto para México. En este sentido se han llevado a cabo foros binacionales (entre México y los Estados Unidos) y nacionales, para definir la agenda y la coordinación institucional —estrategia que pretende sentar tales bases—, mientras que el aparato legislativo, por su parte, atiende el tema con propuestas de ajuste legal en la materia.

En México existe un marco bien establecido para el manejo de plagas cuarentenarias de plantas y animales a través de normas fitosanitarias y zoonosanitarias, todas ellas fundadas y motivadas en las leyes de sanidad vegetal y animal, respectivamente. La Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), a través del Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA), se encarga de aplicar estas normas y, a través de la Secretaría de Salud (SS), establece las que son necesarias para combatir plagas relacionadas con la salud humana; dichas normas pueden servir como base para la implementación de otras aplicables a especies invasoras que no necesariamente amenazan directamente a la agricultura o a la salud humana, sino al ambiente.

La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), 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 existe un programa de inspección en puertos, aeropuertos internacionales y puntos fronterizos. Asimismo, la Política Ambiental Nacional para el Desarrollo Sustentable de Océanos y Costas de la SEMARNAT, en su sección sobre ecosistemas y biodiversidad, propone objetivos estratégicos y tácticos específicos para controlar las especies invasoras. Esto hace pensar que existe una infraestructura reglamentaria, la cual se puede extender para cubrir un concepto más amplio de especies invasoras, una vez que se establezcan la política y el marco legal, implementando la capacitación a funcionarios, no solamente de PROFEPA sino también de SAGARPA, de la Secretaría de Economía (SE) y de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), entre otros sectores.

Con la adhesión de México al Convenio Internacional sobre el Control y la Gestión del Agua de Lastre y los Sedimentos de los Buques, adoptado por la Organización Marítima Internacional (OMI), la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, a través de la Dirección General de Marina Mercante, lleva a cabo las medidas adecuadas para la prevención, reducción y control de posibles invasiones biológicas, ya que al ratificar este instrumento jurídico internacional, los Estados partes nos comprometemos a hacer plena y totalmente efectivas las disposiciones de este Convenio y de su Anexo, con el objeto de prevenir, reducir al mínimo y eliminar la transferencia de los organismos acuáticos perjudiciales y agentes patógenos mediante el control y la gestión del agua de lastre y los sedimentos de los buques. Con esta medida y a fin de evitar la intromisión de organismos acuáticos perjudiciales, los inspectores navales adscritos a las diversas Capitanías de Puerto de nuestros litorales

efectúan las inspecciones pertinentes, de conformidad con el Artículo 65 de la Ley de Navegación y Comercio Marítimos (LNCM).

Asimismo, de conformidad con el Artículo 76 de la LNCM sobre Prevención y Control de la Contaminación Marina, se prohíbe derramar hidrocarburos persistentes que se transporten como carga o que se lleven en los tanques de consumo de las embarcaciones. Igualmente, se prohíbe descargar, derramar, arrojar o cualquier acto equivalente, lastre, escombros, basura, aguas residuales, así como cualquier elemento en cualquier estado de la materia o energía que cause o pueda causar daño a la vida, ecosistemas y recursos marinos, a la salud humana o a la utilización legítima de las vías navegables y al altamar que rodea a las zonas marinas mexicanas identificadas en la Ley Federal del Mar (SCT).

La Subsecretaría de Fomento y Normatividad Ambiental de la SEMARNAT a través de la Dirección General del Sector Primario y Recursos Naturales renovables, analizó el marco jurídico nacional aplicable en torno a las especies invasoras, así como la distribución de competencias institucionales, a efecto de encontrar los vacíos regulatorios y así, desarrollar en el marco de esta estrategia nacional, las acciones de mejora, de actualización legal y regulatoria, para poder manejar el problema de especies invasoras de manera integral. La estrategia nacional para especies invasoras tendrá que determinar las acciones de vigilancia y aplicación de ley, y promover el ajuste e innovación del marco legal, los reglamentos y normas necesarias para ser eficientes y eficaces en la prevención, control y erradicación de las especies invasoras en México.

Esto muestra que se dispone de bases generales pero no de instrumentos específicos para regular la problemática de las especies invasoras. Arriaga y colaboradores (Arriaga *et al.* 2004) y Espinosa-García (Espinosa-García 2009) indican que el marco legal para la prevención y control de las especies invasoras está incompleto o es defectuoso. Ante un tema que rebasa las capacidades de cualquier institución o sector, se vuelve urgente el contar con una estrategia en la materia para coordinar las acciones necesarias para enfrentar el problema.

Recuadro 1 Marco normativo para especies invasoras¹.

1. LEGISLACIÓN INTERNACIONAL.
2.
 - Tratados internacionales
 - Convenio sobre la Diversidad Biológica
 - Convención de RAMSAR sobre los Humedales
 - Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES)
 - Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar
 - Convenio Internacional para el Control y la Gestión del Agua de Lastre y los Sedimentos de los Buques
 - Protocolo de Cartagena sobre Bioseguridad
 - Convención internacional de Protección Fitosanitaria
 - Organización Norteamericana de Protección a las Plantas
 - Organización Marítima Internacional.
 - TLCAN/CCA Comisión sobre Cooperación Ambiental de América del Norte.
 - Acuerdos voluntarios
 - FAO Código de Conducta para la Pesca Responsable
 - OMC, Acuerdo sobre la aplicación de medidas sanitarias y fitosanitarias
3. LEGISLACIÓN NACIONAL
4.
 - Leyes:
 - Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA) y su Reglamento
 - Ley General de Vida Silvestre (LGVS)
 - Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS) y su Reglamento
 - Ley Federal de Sanidad Animal (LFSA) y su Reglamento
 - Ley Federal de Sanidad Vegetal (LFSV) y su Reglamento
 - Ley General de Pesca y Acuicultura Sustentables (LGPAS)
 - Ley General de Salud (LGS)
 - Reglamentos
 - Reglamento de la ley de Pesca
 - Normas
 - Normas de sanidad vegetal y animal
 - Normas de protección ambiental
 - Normas sanitarias pesqueras
 - Normas de salud
 - Instrumentos de política ambiental
 - Carta Nacional Pesquera

¹ Basado en Cornett, V. y P. Álvarez. 2009. Resumen de la normatividad sobre especies invasoras en México. En A. Aguirre-Muñoz, R.E. Mendoza-Alfaro, H. Arredondo, L. Arriaga, E. Campos, et al. 2009. Especies exóticas invasoras: impactos sobre las poblaciones de flora y fauna, los procesos ecológicos y la economía. (ed., R. Dirzo, R. González y I.J. March en Estado de conservación y tendencias de cambio. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México D.F. Pp. 288-289.

2. Rutas y mecanismos de introducción

Los movimientos de organismos y la colonización de nuevos sitios han ocurrido de manera natural a lo largo del tiempo. Sin embargo, el incremento de la población, sus desplazamientos y actividades, derivados del desarrollo económico, social y cultural, han aumentado la frecuencia, el número y la diversidad de organismos exóticos que son transportados y que pueden establecerse en nuevas áreas. Estos desplazamientos han ocasionado numerosos impactos negativos ecológicos, económicos y sociales. La identificación, análisis y manejo de estas rutas de introducción es una herramienta clave para prevenir la entrada y dispersión de especies en regiones fuera de sus espacios de distribución natural histórica.

Las *rutas de introducción* son aquellos procesos por los que se traslada una especie de la región donde es nativa a una nueva área donde no llegaría por dispersión natural; los *vectores* son los mecanismos por los cuales se transporta dicha especie (Lockwood *et al.* 2007).

Estos mecanismos de introducción 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).

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, aguas de lastre, organismos adheridos a los cascos de los buques que navegan por los océanos del mundo, tierra para jardinería o viveros, importación de alimentos, turismo (Kriesch 2007). Se han reconocido tres categorías generales de *rutas de invasión*: 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 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 de

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.

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 que continúen entrando. Algunas especies exóticas pueden estar presentes sin causar daños en un lugar determinado durante largos periodos y, por lo tanto, pasar desapercibidas. Ejemplo de ello son algunas especies de árboles o arbustos introducidos en un ecosistema nuevo, pero que carecen de medios para reproducirse (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 lapso 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 se deben considerar en el combate a las especies invasoras.

3. Prevención de introducciones

Para enfrentar el problema de las especies invasoras hace falta combinar diferentes estrategias, ya que las acciones a realizar dependen de la situación individual de la invasión. Además de los procedimientos referentes a la prevención, control y erradicación, existen otras herramientas, conocidas como *análisis de riesgo*, cuyo enfoque son las acciones preventivas que impidan el establecimiento de agentes invasores o epidemias en el medio (Drake 2005).

El análisis de riesgo proporciona apoyo técnico para la toma de decisiones en situaciones de incertidumbre (Sutter II 2007). El proceso de análisis de riesgo está dividido en *evaluación del riesgo*, que estima la posibilidad de que ocurra un evento y la severidad del mismo; y *manejo del riesgo*, que identifica, evalúa, selecciona e implementa acciones para reducir el riesgo (Andersen *et al.* 2004). El análisis de riesgo a la biodiversidad por especies invasoras requiere la participación de un equipo interdisciplinario, ya que involucra temas como ecología, economía y estadística. La disciplina de la ecología examina las características de las especies y las condiciones ambientales para determinar su potencial invasivo en un determinado ecosistema; la economía calcula las condiciones de transporte de estas especies y los costos de prevención y control, y la estadística provee metodologías que permiten realizar análisis rigurosos para obtener valores de probabilidades (Leung *et al.* 2002).

Existen diferentes metodologías de análisis de riesgo, algunas están dirigidas a grupos de organismos específicos, otras proveen lineamientos más generales y algunas otras están enfocadas a rutas de introducción. Esto es importante ya que cada caso debe analizarse de manera individual y no olvidar que el escenario depende de la especie, ecosistema, ruta de introducción, frecuencia de introducción, época del año, daños potenciales, beneficios potenciales, etc.

Como regla general, los análisis de riesgo deben realizarse con datos científicos sólidos y con procesos transparentes y abiertos a escrutinio público para su evaluación. Las herramientas de valoración deben enfocar, de manera independiente, cada uno de los pasos de la invasión incluyendo transporte, establecimiento, proliferación e impacto. Al hacer el análisis se debe reconocer que, dependiendo de las circunstancias de la introducción, la especie y el ecosistema pueden adquirir diferente peso en la estimación, aunque de modo general es posible calcular el riesgo asociado con grupos taxonómicos o tipos de ecosistemas. Adicionalmente, se tienen que plasmar el grado de incertidumbre y la calidad de los datos, además de la confiabilidad de su procedencia (Campbell y Kriesch 2003).

Las evaluaciones de riesgo proporcionan la información necesaria a quienes toman las decisiones acerca del riesgo que representan los organismos que pueden ser introducidos y el potencial impacto para las especies y los ecosistemas nativos. Dichas evaluaciones deben estar basadas en la mejor evidencia científica disponible, ser completas y estar explícitamente presentadas en el documento de evaluación (Griffin 2008).

Considerando que los componentes en la definición de riesgo contemplan la probabilidad de ocurrencia de un evento adverso y la magnitud de las consecuencias, los lineamientos para evaluarlo deben prever, como resultado, la obtención de estos dos componentes.

En el ámbito fitosanitario, la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), a través de la Convención Internacional de Protección Fitosanitaria (CIPF), establece la Norma Internacional para medidas fitosanitarias (ISPM) Núm. 11, titulada: "Análisis de Riesgo de Plagas para Plagas Cuarentenarias" (FAO 2004), la cual permite identificar el riesgo, evaluarlo e identificar opciones de manejo.

Basada en los lineamientos emitidos por la FAO/CIPF, la metodología del análisis de riesgo de plagas (ARP) ha sido formalmente aplicada por cerca de 18 años por la Dirección General de Sanidad Vegetal en la toma de decisiones. En este mismo sentido, nuestro país participa y trabaja en forma constante con las organizaciones regionales de protección vegetal, OIRSA y NAPPO, con los cuales ha establecido paneles de trabajo en materia de ARP, disminuyendo las diferencias o posibles controversias en su aplicación, con el propósito de facilitar el comercio y evitar el uso de medidas injustificadas como barreras al comercio (Elizalde 2001; SAGARPA 1996).

Es necesario tener en cuenta que un ARP define como *plaga* a cualquier especie, raza o biotipo vegetal o animal, o agente patógeno que sea dañino para las plantas o productos vegetales, y define como *plaga cuarentenaria* al organismo de importancia económica potencial para México, aun cuando ésta no exista o, si está presente, se mantenga confinada y bajo control oficial (FAO 2004).

El ARP requiere estar suficientemente documentado, de manera que cuando se realice una revisión o surja una controversia puedan conocerse claramente las fuentes de información y los fundamentos utilizados al tomar la decisión de actuar, en relación con las medidas fitosanitarias establecidas o que hayan de adoptarse (FAO 2004).

La Dirección General de Sanidad Vegetal cuenta con más de 3 mil requisitos fitosanitarios que aportarán, con base en la evaluación del riesgo, las medidas

fitosanitarias apropiadas para mantener un nivel adecuado de protección.

Contar con análisis de riesgo es fundamental para la toma de decisiones ya que se reduce la subjetividad y se documentan los procesos. Estos análisis requieren la cooperación de científicos, del sector académico y de la industria agrícola.

Recuadro 2 Análisis de riesgo de plagas²

Los requisitos generales para el Análisis de Riesgo de Plagas (ARP), están integrados en tres etapas.

Etapas 1: Inicio del proceso del análisis de riesgo de plagas

De manera general existen dos puntos de iniciación y en la mayoría de los casos, se requiere un ARP nuevo o revisado derivado de una vía de entrada o plaga específica en las siguientes situaciones: **ARP iniciado por una vía de entrada y ARP iniciado por una plaga.**

En la etapa 1 del análisis de riesgo de plagas, se ha identificado una lista de plagas (en caso de iniciación por una vía de entrada) que ha de ser sometida a evaluación del riesgo, se examinan esas plagas por separado y para cada una de ellas se determina si cumple los criterios para incluirla entre las plagas de cuarentena; que es aquella plaga que puede tener 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 (FAO 2004; IPPC 2009).

Etapas 2: Evaluación del riesgo de plagas

Teniendo presentes todos los aspectos de cada plaga, y en particular la información sobre su distribución geográfica conocida, biología y su importancia económica, se evalúa el potencial de establecimiento, dispersión e importancia económica en el área de ARP. Por último, se determina el potencial de introducción en el área de ARP (FAO 2004).

Etapas 3: Manejo del riesgo de plagas

El manejo de riesgo de plagas para proteger el área en peligro debe estar en concordancia con el riesgo identificado en la evaluación. En la mayoría de los aspectos puede basarse en la información ya recopilada durante la evaluación del riesgo de plagas. Se deberán aplicar medidas fitosanitarias en la mínima superficie necesaria para la eficaz protección del área en peligro. Las opciones en el manejo del riesgo que permitan reducirlo a un nivel aceptable se deben presentar en una lista. Estas contemplan las vías de entrada y en particular las condiciones para permitir la entrada de productos básicos (FAO 2004).

Documentación de proceso de ARP

Al finalizar el ARP, debe estar suficientemente documentado, de manera que cuando se realice una revisión o surja una controversia puedan conocerse claramente las fuentes de información y los fundamentos utilizados para adoptar una decisión de actuar en relación con las medidas fitosanitarias adoptadas o que hayan de adoptarse (FAO 2004).

² Preparado por Alejandra Elizalde, SENASICA-SAGARPA

Con base en la evaluación del riesgo, la Dirección General de Sanidad Vegetal cuenta con más de 3,000 requisitos fitosanitarios, los cuales reflejan las medidas fitosanitarias apropiadas para mantener un nivel adecuado de protección.

Conclusiones:

- El análisis de riesgo es un componente necesario para la toma de decisiones fitosanitarias
- Reduce la subjetividad y documenta procesos
- La elaboración de análisis de riesgo, requiere de cooperación de científicos, sector académico e industria agrícola

4. Impactos económicos, sociales y ambientales

Se ha señalado ya que las especies invasoras causan pérdidas cuantiosas que alcanzan la suma de miles de millones de dólares al año, además del valor intrínseco derivado de la pérdida de biodiversidad, como parte del capital natural de un territorio nacional. Existen estimaciones concretas del impacto económico sobre algunos sectores productivos, aunque hacen falta estudios más detallados, sobre todo para México. En los Estados Unidos se ha estimado que los impactos de las 50 mil especies invasoras registradas significan aproximadamente 140 mil millones de dólares en daños a cultivos, suministros de agua y ecosistemas nativos (Pimentel *et al.* 2001).

A los costos directos para el manejo de las especies invasoras hay que añadir también los que derivan de los efectos provocados sobre el medio ambiente. Por ejemplo, el gobierno sudafricano invierte 40 millones de dólares al año para el control de tres especies de plantas invasoras cuyo impacto no sólo ha afectado a la diversidad biológica local, sino también ha reducido las reservas de algunos acuíferos y ha aumentado el peligro de incendios. A esto se debe agregar que las especies invasoras, al generar daños económicos, contribuyen a la inestabilidad social y representan consecuentemente obstáculos no sólo para la conservación de la biodiversidad, sino también para el desarrollo y el crecimiento económico de las regiones (Pimentel *et al.* 2001; Sala *et al.* 2000). En cuanto a la salud pública y humana, las especies invasoras tienen consecuencias que pueden ser directas, relacionadas con la exposición a nuevas enfermedades y parásitos, e indirectas, derivadas de exposiciones más elevadas y frecuentes a plaguicidas y otros químicos necesarios para erradicar y controlar a esas especies.

Recuadro 3 Impactos de las malezas acuáticas³

La mayoría de las plantas que se encuentran en los sistemas acuáticos de México son especies que no son originarias de nuestro país. El lirio acuático (*Eichornia crassipes*), la hydrilla (*Hydrilla verticillata*), la oreja de ratón (*Salvinia spp*), el pino salado (*Tamarix ramossisima*) y otras especies de tamariscos (*Tamarix spp*) y el carrizo gigante (*Arundo donax*), constituyen un grave problema que afecta directamente el abastecimiento de agua. La proliferación de estas plantas provoca impactos económicos, ecológicos y de salud. Dentro de los efectos a la economía, podemos citar las pérdidas de agua por evapotranspiración, el azolvamiento prematuro de embalses, la limitación de la actividad pesquera y recreativa, la obstrucción de canales de riego y de tomas en plantas hidroeléctricas y la operación de obras hidráulicas (Gopal 1987). Dentro de los problemas de salud, las malezas acuáticas constituyen el hábitat para el desarrollo de organismos vectores de enfermedades graves y hasta mortales como el dengue, la filariasis, la helmintiasis, la encefalitis, el paludismo y la fiebre amarilla, entre otras (Hernández y Pérez 1995). Dentro de las afectaciones ecológicas, la acumulación de grandes cantidades de malezas acuáticas provoca el estancamiento de agua disminuyendo el oxígeno disuelto y por consiguiente la muerte de especies acuáticas (Barrett 1989). Recientemente se ha demostrado que la presencia de malezas acuáticas está ligada a la proliferación de cianofitas (Wilde *et al.* 2008); estos florecimientos deben tomarse en cuenta pues algunas de estas algas producen toxinas y pueden ser mortales a los animales o humanos que beban el agua donde estos organismos proliferan.

Recuadro 4 Situación actual de los recursos acuáticos en Tabasco: Impacto económico y social de los plecos⁴

Como resultado de los talleres participativos llevados a cabo con pescadores y usuarios de los municipios de Balancán y Tenosique, Tabasco en el año 2007 (Barba *et al.* 2007; Barba y Estrada 2007), se concluyó que un factor considerado como efecto negativo relacionado con la pesca, fue la presencia del pez diablo, el cual se capturó por primera vez en esta zona en el año 2005.

Se ha capturado en una variedad de ambientes, tanto en el río como en los cuerpos lagunares, o en fondos blandos someros como en fondos rocosos. Se capturan con cualquier tipo de arte de pesca, principalmente con red de filamentos (64%) y en periodos nocturnos (71%). El número promedio de pez diablo capturado por red es de 210 organismos, con un peso promedio de 400g.

De las personas encuestadas en los talleres mencionados, 45% desconoce alguna utilidad del pez diablo, mientras que el 55% restante señaló que lo utiliza como carnada para langostinos y otros peces.

De acuerdo con el censo-población del año 2007, un total de 12,887 personas dependen directamente de la pesca. El número de afectados (directa e indirectamente) fue de 51, 548 personas.

³ Preparado por Maricela Martínez Jiménez, IMTA

⁴ Preparado por Everardo Barba, ECOSUR-Villahermosa

5. Respuestas tempranas

El término de *respuesta temprana* se refiere a las acciones inmediatas a realizar cuando la prevención ha fallado y las especies invasoras pueden detectarse y tratarse antes de que se establezcan y dispersen. Para llevar a cabo estas acciones con la oportunidad requerida es fundamental contar con una infraestructura que facilite la acción rápida para contener o erradicar estas infestaciones.

El *monitoreo* es una de las actividades cruciales para la respuesta rápida, y aunque existen pocos sitios donde se ha implementado, hay ejemplos de ello para especies de gran importancia para la salud humana y animal, como el sitio del NBII de los EU para la influenza aviar (<http://wildlifedisease.nbi.gov/ai/>).

Recuadro 5 La respuesta temprana: erradicación de la palomilla del nopal (*Cactoblastis cactorum* Berg.)⁵

La palomilla del nopal (*Cactoblastis cactorum* Berg.) de origen sudamericano fue ampliamente utilizada como control biológico de especies de nopal (*Opuntia* spp.), consideradas plantas exóticas invasoras en Australia, Sudáfrica y el Caribe. En 1989 se encontró en la península de Florida y en varias islas del Caribe, por lo que se convirtió en una amenaza para los desiertos de Norteamérica. A partir del 2000, las agencias gubernamentales en conjunto con organizaciones civiles plantearon la importancia de este hecho debido a los daños sociales, económicos y ecológicos que causaría a las nopaleras en México. En respuesta, se publicó la norma oficial NOM-EM-040-FITO-2003 que previene la introducción, diseminación y establecimiento de la palomilla del nopal en México. Aunado a este esfuerzo, en conjunto con organismos internacionales, se inició una campaña de educación técnica dirigida al monitoreo de nopaleras con el fin de tener un sistema de detección temprana en todo el país.

Sin embargo, en agosto de 2006, se detectó la presencia de la palomilla del nopal en Isla Mujeres, Quintana Roo. Afortunadamente una respuesta oportuna dio como resultado la erradicación exitosa de *C. cactorum* en Isla Mujeres y posteriormente en Isla Contoy. La campaña de erradicación se llevó a cabo con la colaboración de organismos nacionales (SAGARPA y CONAFOR) e internacionales (OIEA, USA y NAPPO) que elaboraron trampas de feromona y llevaron a cabo la capacitación técnica para la erradicación. Desde el 20 de febrero del 2007 no se ha colectado ningún ejemplar adulto macho en Isla Mujeres y desde el día 5 de marzo del mismo año no se colecta ni un bastón de huevecillos en las nopaleras centinelas o en las trampas.

La erradicación del brote de palomilla del nopal en México es un hecho sin precedente para destacar la importancia de la prevención (a través de alerta fitosanitaria de la Organización Regional de Protección Fitosanitaria) y la respuesta temprana para la erradicación con la colaboración interinstitucional e internacional. La erradicación de la plaga representa para México salvaguardar una riqueza biológica, cultural y económica. El costo asumido por México a la campaña es de alrededor de 21.8 millones de pesos, además de apoyo financiero importante de las organizaciones internacionales.

⁵ Preparado por Jordan Golubov, UAM-Xochimilco y Alejandra Elizalde, SENASICA-SAGARPA

6. Aguas de lastre

El agua de lastre se utiliza para mantener la seguridad de los buques. Introduciéndola o desechándola, sirve para mantener el nivel del calado y la estabilidad del buque, aspecto importante para la adecuada propulsión, facilidad de maniobras y compensación de la pérdida de peso originada por el consumo del combustible.

Debido al agua de lastre se ha incrementado significativamente la cantidad de plancton e invertebrados exóticos introducidos en diferentes regiones; dichas invasiones afectan severamente a los ecosistemas marinos y estuarinos (Salles Vianna da Silva *et al.* 2004).

Se estima que anualmente se transfieren 10 billones de toneladas de agua de lastre y cerca de 3 mil especies de plantas y animales son transportadas por este medio diariamente en todo el mundo (Carlton y Geller 1993). Estudios en Australia revelaron que más de 50 mil especies de zooplancton y 10 millones de organismos fitoplanctónicos pueden ser encontrados en un metro cúbico de agua (Subba-Roa *et al.* 1994). Es por ello que Australia realizó una activa investigación en agua de lastre y un desarrollo apresurado de una estrategia de manejo para especies invasoras marinas desde la década de los 80, cuando se descubrió que los florecimientos de dinoflagelados tóxicos de origen exótico eran los que tenían un mayor costo económico y afectaciones a la salud humana (Hallegraeff 1998).

Aún se desconocen muchas especies de fitoplancton marino y de otros grupos de invertebrados marinos, así como su distribución geográfica. Se considera que existe una gran cantidad de especies cosmopolitas, pero este hecho puede estar relacionado con las transferencias tempranas de especies, debido al transporte de barcos transoceánicos (Carlton y Rukelshaus 1997).

Los impactos causados por especies marinas exóticas generalmente son irreversibles; en el medio marino el problema es complejo, por el hecho de que virtualmente todas las especies marinas tienen en su ciclo de vida uno o varios estadios planctónicos que pueden ser transportados en las aguas o sedimentos de lastre.

Por estos motivos se han creado agencias internacionales para protección del medio marino. Entre las más importantes están el Consejo Internacional para la Exploración del Mar (CIEM), creado en 1902, la Organización Marítima Internacional (OMI), creada en 1948 a través de su Comité de Protección del Medio Marino SCT (de la que México es miembro desde 1954), y la Comisión Oceanográfica

Intergubernamental (perteneciente a la UNESCO), creada en 1960, las cuales han formado un grupo para el estudio de agua y sedimentos de lastre.

El CIEM y la OMI están desarrollando una guía mundialmente aplicable para minimizar y prevenir el riesgo de transferir especies marinas no deseadas. En noviembre de 1997 la OMI adoptó la Guía para el control y manejo de agua de lastre de los barcos y pidió a los países miembros aplicarla. En el año 2000 se generó el documento con carácter vinculante para abordar el problema del agua de lastre Convenio Internacional para Prevenir la Contaminación por los Buques de 1973 y su Protocolo de 1978 (MARPOL 73/78), Anexos I, II y V (MARPOL 1973).

El Convenio Internacional para el Control y la Gestión del Agua de Lastre y los Sedimentos de los Buques fue adoptado por la Organización Marítima Internacional en 2004 (OMI 2004). El 5 de octubre de 2001 la OMI adoptó el Convenio Internacional sobre el Control de los Sistemas Antiincrustantes Perjudiciales en los Buques, el cual entró en vigor internacionalmente el 17 de septiembre de 2008 y del cual el Gobierno de México es signatario. Asimismo, el 13 de febrero de 2004 dicha organización adoptó el Convenio Internacional para el Control y la Gestión del Agua de Lastre y los Sedimentos de los Buques, el cual fue aprobado por la Cámara de Senadores del H. Congreso de la Unión el día 8 de noviembre de 2007, según decreto publicado en el Diario Oficial de la Federación el 18 de diciembre de 2007, mismo que no ha entrado en vigor en virtud de que aun no se han cumplido las condiciones necesarias para su entrada en vigor internacionalmente (IMO 2009). Entre los años 2000 y 2006 se desarrolló el proyecto GloBallast, correspondiente a la eliminación de barreras para la implementación efectiva de las medidas de control y manejo de agua de lastre en países en vías de desarrollo (Carvalho Leal Neto y Jablonski 2004).

Debido a su extenso litoral México cuenta con 90 puertos, de los cuales un poco más de la mitad (64%) recibe tráfico internacional en cantidades importantes, con más de 6 mil arribos por año (CGPM 1999). Con base en el tamaño de los buques, se ha calculado que alrededor de 50 millones de metros cúbicos de aguas de lastre provenientes de Australia, Filipinas, Medio Oriente y Europa se descargan anualmente en costas mexicanas (Okolodkov *et al.* 2007). A pesar de lo anterior, en México apenas se está iniciando una propuesta legislativa que regule el manejo del agua de lastre y de la fauna incrustante en las embarcaciones. Así, únicamente la Ley de Navegación, artículo 76, Capítulo VII, y el Reglamento de la Ley de los Puertos, artículo 123, se refieren al tratamiento de las aguas de lastre.

Las especies introducidas por aguas de lastre pueden causar los siguientes problemas:

- a) Enfermedades importantes como el cólera y la parasitosis que afectan al hombre, a los animales y a las plantas, incluyendo organismos de la acuicultura.
- b) Depredación de especies nativas y afectación del hábitat.
- c) Contaminación; por ejemplo, el bloqueo de tuberías y los malos olores asociados con la propagación de moluscos exóticos.
- d) Problemas de salud; por ejemplo, las relacionadas con las mareas rojas y con el incremento de su frecuencia a nivel global, y con el fenómeno del Síndrome Paralítico por consumo de moluscos (PSP) (Anderson 1989; Hallegraeff 1993; Smayda 1990).

Dentro de las recomendaciones para disminuir el riesgo de traslocación de especies por agua de lastre, están: tener en cada puerto una zona recomendada para esta maniobra; evitar las aguas muy someras o zonas muy contaminadas (dragadas) y con presencia de mareas rojas; evitar, en la medida de lo posible, la descarga de agua de lastre cuando no sea estrictamente necesario. Adicionalmente se han propuesto múltiples tratamientos mecánicos, físicos, químicos (Salles Vianna da Silva *et al.* 2004) y biológicos, para matar, disminuir o esterilizar a los organismos contenidos en las aguas y sedimentos de lastre, así como pinturas especiales con biocidas para disminuir la cantidad de organismos que se adhieren a los cascos (Ferreira *et al.* 2004).

El tratamiento de agua de lastre más recomendado es el intercambio de agua de los tanques de lastre en alta mar (con profundidades de suelo marino mayores a 500 m), porque el medio oceánico es inhóspito para los organismos de agua dulce, estuarinos y la mayoría de las especies marinas costeras. Aunque ni éste ni ninguno de los otros tratamientos de agua de lastre es 100% eficiente, el intercambio en altamar, combinado con un sistema de control y revisión, disminuye drásticamente el riesgo de introducción de especies indeseables (Salles Vianna da Silva *et al.* 2004). Para tal fin se recomienda el uso de bitácoras en las que se dejan consignados dichos movimientos.

Recuadro 6 Aguas de lastre: una ruta de introducción sin fronteras⁶

Las aguas de lastre son una de las rutas de introducción que por la antigüedad y frecuencia han transportado un volumen grande de organismos de un sitio a otro. Dentro de las principales invasiones por agua de lastre documentadas en el mundo, se destacan las siguientes:

- a) El mejillón zebra *Dreissenia polymorpha*, originario de Europa, que se estableció en los Grandes Lagos y que actualmente ha invadido 40% de los ríos americanos, desde el norte hasta el sur de la parte Oriental de los Estados Unidos de América (Gauthier y Steel 1996), y se encuentra en la frontera de México.
- b) El tenóforo *Mnemiopsis leidy*, especie endémica del Atlántico Norte Americano, fue encontrado en Europa por vez primera en 1982, en el Mar Negro. Décadas después ya había causado la extinción de varios tenóforos nativos (GESAMP 1997) y para 1992 se registró en el Mar Mediterráneo.
- c) La estrella de mar *Asterias amurensis*, originaria de Japón fue introducida en Australia, así como dinoflagelados tóxicos de los generos *Alexandrium* y *Gymnodinium*, afectando severamente las pesquerías y acuicultura (Hallegraeff y Bolch 1991).
- d) Una epidemia de cólera, causado por *Vibrio cholerae* que inició en 1962 en Indonesia volvió a ser importante a nivel mundial en 1992, debido a la introducción de la bacteria por buques cargueros procedentes de América del Sur (McCarthy y Khambaty 1994; Simanjuntak *et al.* 2001).
- e) La macroalga *Caulerpa taxifolia* se reproduce por fragmentación. Esta especie es nativa en las costas y mares que rodean Hawai, donde no presenta ninguna tendencia invasiva. Fue introducida accidentalmente en el Mar Mediterráneo y de ahí se transportó por medio de buques domésticos. En 1987 se encontró una pequeña población a 3 km de Mónaco, en 1991 se reportó una superficie cubierta de 30 ha y en 1996 cubría ya cerca de 3,000 hectáreas. Actualmente cubre millones de ha. en las costas de Francia, España, Italia y el mar Adriático y ha desplazado a las macroalgas nativas, limitando el hábitat para larvas de peces e invertebrados (Meinesz *et al.* 1993; Meinez y Hesse 1991).

7. Control y erradicación de especies

La pertinencia de evaluar la posibilidad, en términos de costo y técnicas disponibles, del control o la erradicación de las especies invasoras se confirma al comprobar que son una grave amenaza para la biodiversidad, los ecosistemas y los recursos naturales de gran valor para México. Tal es el caso de peces exóticos en cuerpos de agua continentales que desplazan a las especies nativas, de la palomilla del nopal para las zonas áridas y semiáridas y las nopaleras, de las malezas acuáticas que reducen considerablemente el recurso agua, así como de los mamíferos: gatos, ratas, cabras, entre otros, introducidos en islas, que representan una amenaza para las especies endémicas que las habitan.

⁶ Preparado por María Esther Meave del Castillo, UAM-Iztapalapa

En cuanto a erradicación de especies introducidas en islas, México ha realizado una labor que destaca en el ámbito internacional. A lo largo de la última década se han erradicado 40 poblaciones de mamíferos introducidos en 28 islas, lo que es un paso fundamental para la conservación de más de 100 especies y subespecies endémicas que habitan las islas del noroeste de México (Aguirre-Muñoz *et al.* 2008).

El resultado ejemplar en las islas del Golfo de California ha sido producto de la iniciativa de algunos individuos y organizaciones civiles, luego apoyados por un esquema de colaboración interinstitucional y de cooperación internacional. La restauración de todas las islas de México —quedan algo más de 30 islas con mamíferos introducidos— es una meta viable para el 2025, lo que representaría un hito de importancia mundial.

Recuadro 7 Acciones de restauración en isla Guadalupe⁷

La isla Guadalupe es un volcán de 5,800 m de altura. La superficie emergida es de 1,298 m y aproximadamente 250 km². Es un importante centro de endemismo expresado en 34 especies de plantas, incluyendo dos géneros (Moran 1996); ocho aves terrestres (Hubs y Jehl 1976); un ave marina (Jehl y Everett 1985); 11 caracoles terrestres (Pilsbry 1927) y al menos 18 especies de insectos (González 1981). Además es un importante sitio de reproducción de mamíferos marinos como el lobo fino de Guadalupe (*Arctocephalus townsendi*), el elefante marino (*Mirounga angustirostris*) y numerosas especies de aves entre ellas el albatros de Laysan (*Diomedea immutabilis*).

Con la introducción de cabras durante el siglo XIX, la cobertura arbórea —pino, ciprés, encino, palma y junípero— se redujo de manera dramática, sobreviviendo únicamente 6% de la cobertura original (Oberbauer 2005; Rodríguez-Malagón 2006). Por otro lado, los gatos ferales han causado la extinción de seis especies de aves y amenazan la permanencia de numerosas poblaciones de aves nativas.

Para promover la restauración ambiental de la isla, el Grupo de Ecología y Conservación de Islas, A.C. (Conservación de Islas), en colaboración con dependencias gubernamentales (SEMARNAT y SEMAR) e instituciones académicas, implementaron el proyecto de Restauración y Conservación de la Isla Guadalupe. La erradicación de cabras, iniciada en 2003, concluyó con éxito en 2006. El monitoreo para la confirmación se ha llevado a cabo durante 2007-2009. Gracias a la erradicación, por primera vez en más de 150 años, se ha registrado la germinación y sobrevivencia de reclutas de especies arbóreas (más de 130, 000 en 2009), así como la observación de seis especies nativas que se creían extintas o extirpadas de la isla. La erradicación de gatos —que representa un reto mundial— está en fase de planeación. En tanto la erradicación de esta nociva especie es un hecho, se han llevado a cabo acciones de control puntual alrededor de las zonas de anidación de aves marinas para mitigar los impactos por depredación. El proyecto de restauración ambiental de la isla Guadalupe, sumado a los avances en las otras islas de la región, tiene relevancia nacional y mundial

⁷ Preparado por Luciana Luna y Alfonso Aguirre, GECl

(Aguirre-Muñoz *et al.* 2005). El proyecto se considera a la fecha un modelo de conservación insular que coloca a México como líder internacional en la conservación de ecosistemas. La experiencia práctica acumulada, aunada al desarrollo de nuevas tecnologías en otras latitudes y al apoyo de la sociedad y del gobierno, permitirá la formulación de un programa integral de erradicación de fauna introducida para las islas del país. Se impone un avance rápido en los aspectos legales y de financiamiento —ahora inexistente— hacia un esquema que favorezca la restauración insular en México. Con tales elementos resulta viable la implementación exitosa de acciones de restauración de especies y funciones ecológicas.

8. Áreas naturales protegidas

Las áreas naturales protegidas (ANP) son el instrumento de conservación de la biodiversidad más consolidado en México. Su misión es conservar el patrimonio natural de México y los procesos ecológicos, por lo que es fundamental mantenerlas libres de especies invasoras. Hasta ahora, la mayoría de los esfuerzos de control y erradicación de especies invasoras se han concentrado en las ANP insulares del Pacífico Norte y el Golfo de California por la fragilidad de estos ecosistemas que albergan numerosas especies endémicas.

En México, el número registrado de especies de flora exótica invasora supera por mucho al de especies de fauna. En las ANP de las Regiones Norte y Sierra Madre Occidental y la Región Noroeste y Alto Golfo de California de la CONANP (DOF 2007) que abarcan gran parte de los desiertos de América del Norte, se han establecido numerosas especies de pastos y plantas exóticas propias de ambientes áridos y semiáridos de otras regiones del mundo (Bogdan 1997; DesertMuseum 2008; ScienceDaly 2002), tales como el zacate buffel, especie invasora ampliamente cultivada para su uso en ganadería extensiva, lo que a su vez incrementa sus oportunidades de establecimiento y dispersión (Chambers y Hawkins 2004).

Para las ANP, como lugares de conservación, de desarrollo sustentable y de investigación, las especies invasoras representan un tema imprescindible para la investigación y gestión. El tema de las invasiones biológicas es transversal e incluye una dimensión ecológica, socio-económica e incluso ética. Las acciones de control o erradicación con frecuencia resultan costosas y muy difíciles de desarrollar y las alternativas de prevención, detección y acción temprana, aún siendo de máxima prioridad, requieren conocer el comportamiento de esas especies en otras áreas donde también hayan sido introducidas. De este modo, la acción para generar experiencias de manejo y control, la cooperación y el intercambio de información constituyen una de las máximas fortalezas para solucionar estos problemas ecológicos (Schüttler y Karez 2008).

Tabla 1 Especies invasoras de mayor impacto registradas en las áreas naturales protegidas (ANP)⁸

Grupo	Especie exótica invasora (EEI)	Nombre común	Origen ^{1,2}	Número de ANP en las que se han registrado EEI ³
Plantas	<i>Arundo donax</i>	Carrizo/ caña gigante	Europa del Este y Asia	5
	<i>Cenchrus ciliaris</i>	Zacate buffel	África	12
	<i>Cynodon dactylon</i>	Zacate bermuda	Europa, Nte de África y Asia tropical	14
	<i>Dactyloctenium aegyptium</i>	Zacate egipcio o pata de pollo	África (Nigeria)	14
	<i>Sonchus oleraceus</i>	Chinita o cerraja	Europa (Mediterráneo) y occidente de Asia	13
	<i>Eichhornia crassipes</i>	Lirio acuático/jacinto de agua	Sudamérica	8
	<i>Casuarina equisetifolia</i>	Pino de los tontos o pino australiano	Australia y parte del Indo Pacífico	14
	<i>Tamarix ramosissima</i>	pino salado o cedro salado	Europa del Este y Asia	11
Peces	<i>Cyprinus carpio</i>	Carpa común	Europa y Este y Sur de Asia	14
	<i>Oreochromis niloticus</i>	Tilapia del Nilo	África	14
	<i>Oreochromis mossambicus</i>	Tilapia de Mozambique	África	13
	<i>Pterois volitans</i>	Pez león	Pacífico Oeste y Oceanía	6
Anfibios	<i>Bufo marinus</i>	Sapo berrugoso o sapo gigante	Noroeste de México hasta Brasil (translocada)	23
Reptiles	<i>Trachemys scripta elegans</i>	Tortuga japonesa	Estados Unidos	1
Aves	<i>Bubulcus ibis</i>	Garza garrapatera	Península ibérica, Medio Oriente y África	9
	<i>Columba livia</i>	Paloma doméstica	Europa, Nte de África y Medio Oriente	5
	<i>Passer domesticus</i>	Gorrión casero o gorrión inglés	Medio Oriente y el Mediterráneo	8
Mamíferos	<i>Rattus rattus</i>	Rata negra	India	11
	<i>Felis catus</i>	Gato doméstico (Islas)	Península Ibérica, Norte de África, Asia	25

⁸ Preparado por Fernando Gavito y Margarita García, CONANP

1. Álvarez-Romero, J.G., R.A. Medellín, A. Oliveras de Ita, H. Gómez de Silva y O. Sánchez. 2008. *Animales exóticos de México: una amenaza para la biodiversidad*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Instituto de Ecología, UNAM, Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, México D.F.
2. CONABIO. 2009. *Sistema de Información sobre Especies Invasoras en México*. En <<http://www.conabio.gob.mx/invasoras>> (consultado el Mayo 2009).
3. CONANP. 2009. *Base de datos de la Dirección de especies prioritarias-Especies invasoras*. En <No disponible en línea> (consultado el Septiembre 2009).

9. Educación ambiental

Es de vital importancia abordar desde la perspectiva educativa el creciente impacto de las especies exóticas invasoras, ya que en la mayoría de los casos su introducción y dispersión resulta de las actividades humanas; tienen efectos no sólo en los ecosistemas y la vida silvestre, sino en la salud humana y las actividades productivas de las cuales dependen la economía y el bienestar social. El conocimiento sobre las especies invasoras y sus efectos es aun insuficiente. Es necesario un esfuerzo educativo que responda a las dimensiones del problema, para informar, sensibilizar y concientizar a los diferentes actores involucrados directa e indirectamente.

Para ello se requiere un diseño educativo específico enfocado a las condiciones particulares de cada uno de los sectores sociales a los que se dirige; esfuerzo que requiere de la cooperación interinstitucional en la conformación de grupos de trabajo, la oportuna participación de los medios de comunicación y, sobre todo, la disposición de los distintos sectores y organizaciones civiles.

Los programas de educación contribuyen a prevenir la introducción y a la detección temprana de especies exóticas, lo cual es menos costoso que la puesta en marcha de programas de control y erradicación.

Estas necesidades exigen que la sociedad esté informada oportunamente y a fondo y sea conocedora de los impactos ecológicos, económicos y sociales que generan estas especies. Una vía de solución es poner al alcance del público información oportuna, con conocimientos de alta calidad que sean significativos, completos y acordes a los grupos sociales a los que se dirija, orientando el contenido hacia un enfoque de prevención de impactos y, a su vez, que promueva el uso y aprovechamiento de las especies nativas. De manera especial, deben dirigirse esfuerzos específicos de orientación e información hacia distintos importadores y consumidores que introducen especies exóticas con fines comerciales para la agricultura, la ganadería, el ornato, la producción de cosméticos, etc. En algunos casos, como la importación de especies de la vida silvestre, existen protocolos internacionales que hay que cumplir, como en el caso de las especies enlistadas en los apéndices del tratado de CITES.

10. Efectos del cambio climático

Las especies invasoras y el cambio climático son dos de las principales amenazas para la estructura, función e integridad de los ecosistemas y los servicios que proveen, pero aunque sus impactos sinérgicos son relativamente desconocidos, aunque de la mayor preocupación (Barnard *et al.* 2005).

Se espera que entre los impactos del cambio climático se incrementen los problemas causados por las especies invasoras; en particular, el reemplazo de especies nativas que sean más vulnerables ante las nuevas condiciones climáticas (Low 2008).

Diversas investigaciones sugieren que el cambio climático podría disparar la expansión de especies invasoras a nuevas regiones. Por ejemplo, en la costa del Mediterráneo el efecto del cambio climático se ha sumado a otros factores antrópicos, como la contaminación, la destrucción y la fragmentación de hábitats, y ha provocado la disminución en la diversidad de especies nativas. Es probable que el cambio climático sea el causante de la dominancia de especies invasoras termofílicas (Galil 2008).

A pesar de estos hallazgos, el tema de las especies invasoras no ha recibido el reconocimiento que merece en los diversos foros donde se discuten los impactos del cambio climático. En Australia se han identificado acciones prioritarias, como la remoción de malezas de poblaciones periféricas, la mejora en las prácticas de manejo en pastizales susceptibles al fuego, una mejor preparación ante eventos extremos como ciclones, el control legislativo estricto en cultivos usados para biocombustibles y el debate de las metas de conservación ante un futuro de cambios continuos (Low 2008).

A pesar de que es prácticamente imposible detener completamente los efectos del cambio climático o erradicar todas las especies invasoras, sí es posible aminorar otras amenazas, como la contaminación, la salinización, el sobrepastoreo y la sobreexplotación, entre otras. Es fundamental llevar a cabo estas acciones para mantener los ecosistemas saludables, lo cual se ha reconocido como una de las mejores prácticas para resistir las invasiones biológicas (MA 2005).

Referencias

- Aguirre-Muñoz, A., D.A. Croll, D.C. Josh, H.R. William, M.A. Hermsillo, *et al.* 2008. High-impact conservation: invasive mammal eradications from the islands of western Mexico. *Ambio* **37**: (2)101-107.
- Aguirre-Muñoz, A., J. Maytorena, B. Keitt, B.R. Tershy y M. Rodríguez. 2005. Cartografía base para la conservación de Isla Guadalupe: avances, perspectivas y necesidades. En K. Santos del Prado y E. Peters (eds.), *Isla Guadalupe. Restauración y conservación*. INE, SEMARNAT, CICESE, GECI, SEMAR, México D.F. Pp. 19-25.
- Álvarez-Romero, J.G., R.A. Medellín, A. Oliveras de Ita, H. Gómez de Silva y O. Sánchez. 2008. *Animales exóticos de México: una amenaza para la biodiversidad*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Instituto de Ecología, UNAM, Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, México D.F.
- Andersen, M.C., H. Adams, B. Hope y M. Powell. 2004. Risk assessment for invasive species. *Risk analysis* **24**: (4)787-793.
- Anderson, D.M. 1989. Toxic algal bloom and red tides: A global perspective. En T. Okaichi, D.M. Anderson y T. Nemoto (eds.), *Red tides: Biology, environmental science and toxicology*. Elsevier Science Inc., New York. Pp. 11-16.
- Arriaga, L., A.E. Castellanos, E. Moreno y J. Alarcón. 2004. Potential ecological distribution of alien invasive species and risk assessment: a case study of Buffel Grass in arid regions of Mexico. *Conservation Biology* **18**: (6)1504-1514.
- ASPAN. 2005. *Prosperity Agenda. Security and Prosperity Partnership of North America*. En http://www.spp.gov/prosperity_agenda/index.asp?dName=prosperity_agenda#enhance_quality (consultado el Septiembre 2009).
- Barba, E., C. Escalera y M.P. Cano. 2007. El plecos, del acuario al humedal ¿Especie invasora o recurso alternativo? *Produce Tabasco* **5**: (3)16-18.

Barba, E. y F. Estrada. 2007. Taller sobre el aprovechamiento integral del pez diablo en los municipios de Tenosique y Balancán. *Produce Tabasco* **5**: (3)5-6.

Barnard, P., W. Thuiller y G. Midgley. 2005. Invasive species under global change- signs from a homogenized world. *GISPNews* **4**: 8-11.

Barrett, S.C.H. 1989. Waterweed Invasions. *Scientific American* **260**: 90-97.

Bogdan, A.V. 1997. *Pastos tropicales y plantas de forraje (pastos y leguminosas)*. AGT S.A.

Campbell, F. y P. Kriesch. 2003. *Invasive Species Pathways team: Final report*. Pp 25.

Carlton, J.T. y J.B. Geller. 1993. Ecological roulette: the global transport of nonindigenous marine organisms. *Science* **261**: 78-82.

Carlton, J.T. y m.H. Rukelshaus. 1997. Nonindigenous marine invertebrates and algae. En D. Simberloff, D.C. Schmitz y T.V. Brown (eds.), *Strangers in paradise; Impact and management of nonindigenous species in Florida*, Florida. Pp. 187-201.

Carvalho Leal Neto, A. y S. Jablonski. 2004. O Programa Globallast no Brasil. En J. Salles Vianna da Silva y R.C. Correa Luz de Sosa (eds.), *Agua de lastro e bioinvasao*. Interciencia, Rio de Janeiro. Pp. 11-20.

CCA. 2009. *Protección de las Áreas Prioritarias de Conservación ante Especies Exóticas Invasoras*. En http://www.cec.org/programs_projects/project/index.cfm?programId=4&projectID=232&varlan=espanol (consultado el Septiembre 2009).

CGPM. 1999. *Los puertos mexicanos en cifras*. Coordinación General de Puertos y Marina Mercante.

CONABIO. 2009. *Sistema de Información sobre Especies Invasoras en México*. En <http://www.conabio.gob.mx/invasoras> (consultado el Mayo 2009).

CONANP. 2009. *Base de datos de la Dirección de especies prioritarias-Especies invasoras*. En <No disponible en línea> (consultado el Septiembre 2009).

Cornett, V. y P. Álvarez. 2009. Resumen de la normatividad sobre especies invasoras en México. En A. Aguirre-Muñoz, R.E. Mendoza-Alfaro, H. Arredondo, L. Arriaga, E. Campos, et al. 2009. *Especies exóticas invasoras: impactos sobre las poblaciones de flora y fauna, los procesos ecológicos y la economía*. (ed., R. Dirzo, R. González y I.J. March en *Estado de conservación y tendencias de cambio*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México D.F. Pp. 288-289.

Chambers, N. y O.T. Hawkins. 2004. *Plantas Invasoras del Desierto Sonorense*. Sonoran Institute, Environmental Education Exchange & National Fish and Wildlife Foundation.

DesertMuseum. 2008. *Buffelgrass (Pennisetum ciliare)*. En <http://www.desertmuseum.org/invaders/invaders_buffelgrass.htm> (consultado el

DOF. 2007. *Acuerdo por el que se establecen nueve direcciones regionales de la Comisión Nacional de Areas Naturales Protegidas*. Diario Oficial de la Federación.

Drake, J.M. 2005. Risk Analysis for invasive species and merging infectious diseases: concepts and applications. *American Midland Naturalist* **153**: 4-19.

Elizalde, J.N.A. 2001. *Evaluación de riesgos fitosanitarios en el comercio internacional de productos vegetales*. Cibrián-Tovar, J. y SAGARPA, Montecillo, México.

Espinosa-García, F.J. 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.

FAO. 2004. *Directrices para el análisis de riesgo de plagas. Normas Internacionales para medidas fitosanitarias. Sección 1, Reglamentación para la importación*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma, Italia, FAO:18.

Ferreira, C.E.L., J.E.A. Goncalvez y R. Countinho. 2004. Cascos de navios e plataformas como vectores na introdução de espécies exóticas. En J. Salles Vianna da Silva y R.C. Correa Luz de Sosa (eds.), *Água de lastro e bioinvasão*. Interciencia, Río de Janeiro. Pp. 143-155.

Galil, B.S. 2008. Alien species in the Mediterranean Sea- which, when, where, why? *Hydrobiología* **606**: (1)105-116.

Gauthier, D. y D.A. Steel. 1996. A synopsis of the situation regarding the introduction of nonindigenous species by ship-transported ballast water in Canada and selected countries. *MS Rep Fish Aquat Sci Can* **2380**: (4)157.

GESAMP. 1997. *Opportunistic settlers and the problem of the ctenophore Mnemiopsis leidyi invasions in the Black Sea*. IMO/FAO/UNESCO-IOC/WMO/WHO/IAEA/UN/UNEP Pp 21.

González, M.H. 1981. *Estudio sobre recursos naturales de Isla Guadalupe, Baja California, México*. Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM, México D.F.

Gopal, B. 1987. *Water Hyacinth*. Elsevier Science Publishers, Amsterdam.

Griffin, R. 2008. *Risk Analysis overview*. USDA/APHIS/PPQ, Raleigh, North Carolina.

Hallegraeff, G.M. 1993. A review of harmful algal bloom and their apparent global increase. *Phycologia* **32**: 79-99.

Hallegraeff, G.M. 1998. Transport of toxic dinoflagellates via ships' ballast water: bioeconomic risk assessment and efficiency of possible ballast water management strategies. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **168**: 297-309.

Hallegraeff, G.M. y C.J. Bolch. 1991. Transport of toxic dinoflagellate cysts via ships' ballast water. *Mar. Pollut. Bull* **22**: 27-30.

Hernández, H.F. y B.M.E. Pérez. 1995. El vuelo del mosquito: un debate sobre mosquitos. *Avance y Perspectiva, órgano de difusión del Centro de Investigación y Estudios Avanzados del IPN* **14**: 5-15.

Hubs, C.L. y J.J.R. Jehl. 1976. Remains of pleistocene birds from Isla Guadalupe. *Condor* **78**: 421-422.

IMO. 2009. *International Convention for the Control and Management of Ships' Ballast Water and Sediments. Status of conventions.* . En <http://www.imo.org/Conventions/mainframe.asp?topic_id=867> (consultado el Septiembre, 2009).

IPPC. 2009. *NIMF No 5 Glosario de términos fitosanitarios.* International Plant Protection Convention, Roma, Italia. Pp 27.

Jehl, J.J.R. y W.A. Everett. 1985. History and status of the avifauna of Isla Guadalupe, Mexico. *Transactions of the San Diego Society of Natural History* **20**: (313-336).

Koike, F., M.N. Clout, M. Kawamichi, M. DePoorter y K. Iwatsuki. 2006. *Assessment and control of biological invasion risks.* Shoukadoh Book Sellers and IUCN, Kyoto, Japan & Gland Switzerland.

Kriesch, P. 2007. *Training and Implementation Guide for Pathway Definition, Risk Analysis and Risk Prioritization.* National Invasive Species Council. Pp 59.

Leung, B., D.M. Lodge, D. Finnoff, J.F. Shogren, M.A. Lewis, *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.

Lockwood, J.L., M.F. Hoopes y M.P. Marchetti. 2007. *Invasion ecology.* Blackwell publishing, Oxford, UK.

Low, T. 2008. *Climate change & Invasive Species. A review of interactions.* Assistant Secretary Biodiversity Conservation Branch Department of the Environment, Water, Heritage and the Arts, Canberra, Australia. Pp 52.

MA. 2005. *Ecosystems and human well-being: Biodiversity synthesis*. World Resources Institute, Washington DC. Pp 87.

MARPOL. 1973. *Convenio Internacional para Prevenir la Contaminación por los Buques de 1973 y su Protocolo de 1978 (MARPOL 73/78), Anexos I, II y V.*

Anexo I, sobre Reglas para prevenir la Contaminación por Hidrocarburos.

Anexo II, sobre Reglas para Prevenir la Contaminación por Sustancias Nocivas Líquidas Transportadas a Granel.

Anexo V, sobre Reglas para Prevenir la Contaminación por las Basuras de los Buques.

McCarthy, S.A. y F.M. Khambaty. 1994. International dissemination of epidemic *Vibrio cholerae* by cargo ship ballast and other nonpotable waters. *American Society for Microbiology* **60**: (7)2597-2601.

Meinesz, A., J. Vaugelas, B. Hesse y X. Mari. 1993. Spread of the introduced tropical green algae *Caulerpa taxifolia* in northern Mediterranean waters. *Journal of Applied Phycology* **5**: 141-147.

Meinez, A. y B. Hesse. 1991. Introduction et invasions de l'algue tropicale *Caulerpa taxifolia* en Méditerranée nord-occidentale. *Oceanologica Acta* **14**: 415-426.

Moran, R. 1996. *The flora of Guadalupe Island, Mexico. Memoirs of the California Academy of Sciences, 19*. California Academy of Sciences, San Francisco.

Oberbauer, T.A. 2005. La vegetación de Isla Guadalupe: Entonces y ahora. En K. Santos del Prado y R.E. Peter (eds.), *Restauración y conservación de la Isla Guadalupe*. Instituto Nacional de Ecología, México D.F. Pp. 39-54.

Okolodkov, Y.B., R. Bastida-Zavala, A.L. Ibañez, J.W. Chapman, E. Suárez-Morales, *et al.* 2007. Especies acuáticas no indígenas en México. *Ciencia y Mar* **32**: 29-67.

OMI. 2004. *Convenio Internacional para el Control y la Gestión del Agua de Lastre y los Sedimentos de los Buques, 2004, adoptado por la Organización Marítima Internacional.*

Pilsbry, H.A. 1927. Expedition to Guadalupe Islands, Mexico in 1922. Land and freshwater mollusks. *Proceedings of the California Academy of Sciences* **4**: 159-203.

Pimentel, D., S. McNair, J. Janecka, J. Whightman, C. Simmonds, *et al.* 2001. Economic and environmental threats of alien plant, animal and microbe invasions. *Agriculture, Ecosystems and Environment* **84**: 1-20.

Rodriguez-Malagón, M. 2006. *Diagnóstico del bosque de ciprés de la Isla Guadalupe, México, a través de imágenes de satélite de alta resolución*. Licenciatura en Biología, Facultad de Ciencias, Universidad de Baja California, Ensenada.

SAGARPA. 1996. *Norma Oficial Mexicana NOM-006-FITO-1996. Por la que se establecen los requisitos mínimos aplicables a situaciones generales que deberán cumplir los vegetales, sus productos y subproductos que se pretendan importar cuando éstos no estén establecidos en una Norma Oficial específica. NOM-006-FITO-1996.*

Sala, O.E., F.S.I. Chapin, J.J. Armesto, E. Berlow, J. Bloomfield, *et al.* 2000. Global biodiversity scenarios for the year 2010. *Science* **287**: 1770-1774.

Salles Vianna da Silva, J., F. da Costa Fernandes, R.C. Correa Luz de Sosa, K.T. Sampaio Larsten y O.M. Danelon. 2004. Agua de lastro e bioinvasao. En J. SallesVianna da Silva y R.C. Correa Luz de Sosa (eds.), *Agua de lastro e bioinvasao*. Interciencia, Río de Janeiro. Pp. 1-10.

ScienceDaily. 2002. *Buffelgrass, An Invader Fueling Wildfires In The Sonoran Desert*. En <http://www.sciencedaily.com/releases/2002/05/020517075618.htm> (consultado el Septiembre).

Schüttler, E. y C.S. Karez. 2008. *Especies exóticas invasoras en las Reservas de Biósfera de América Latina y el Caribe. Un informe técnico para fomentar el intercambio de experiencias entre las reservas de Biosfera y promover el manejo efectivo de las invasiones biológicas*. UNESCO, Montevideo.

Simanjuntak, C.H., W. Larasati, S. Arjoso, M. Putri, M. Lesmana, *et al.* 2001. Cholera in Indonesia in 1993-1999. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* **65**: (6)788-797.

Smayda, T.J. 1990. Novel and nascent phytoplankton blooms in the sea: Evidence for a global epidemic. En E. Graneli, B. Sundström, J.L. Elder y D.M. Anderson (eds.), *Toxic marine phytoplankton*. Elsevier Science Inc., New York. Pp. 29-40.

Subba-Roa, D.V., W.G. Spriles, A. Locke y J.T. Carlton. 1994. Exotic phytoplankton from ships' ballast waters. Risk of potential spread mariculture sites in Canada's east coast. *Ca. Data Rep. Fish Aquatic* **937**: 1-51.

Sutter II, G.W. 2007. *Ecological risk assessment*. CRC Press, Taylor & Francis Group.

Wilde, S.B., S.K. Williams, T. Murphy, C.P. Hope, F. Wiley, et al. 2008. *Mortality of Bald Eagles and American Coots in Southeastern reservoirs linked to novel epiphytic cyanobacterial colonies on invasive aquatic plants*.