

Sección VIII

AMENAZAS PRESENTES Y FUTURAS

27 ESPECIES INVASORAS ACUÁTICAS EN ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS

Margarita García Martínez,* Óscar Ramírez Flores,
Teresa Ruiz Olvera e Ignacio J. March Mifsut

RESUMEN / ABSTRACT 446

INTRODUCCIÓN 447

ESPECIES EXÓTICAS INVASORAS 447

ESPECIES EXÓTICAS INVASORAS ACUÁTICAS 447

ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS 448

ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS Y ESPECIES EXÓTICAS INVASORAS ACUÁTICAS 448

ACCIONES EN LA PREVENCIÓN Y MANEJO DE LAS ESPECIES EXÓTICAS INVASORAS

ACUÁTICAS EN ÁREAS PROTEGIDAS 452

RETOS PARA EL MANEJO ADECUADO DE ESPECIES EXÓTICAS INVASORAS

ACUÁTICAS EN ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS 456

REFERENCIAS 457

RECUADROS

1. EXPERIENCIA EXITOSA EN EL CONTROL DE CARRIZO GIGANTE EN EL ÁREA
DE PROTECCIÓN DE FLORA Y FAUNA CUATROCIÉNEGAS, COAHUILA 461

Ivo García Gutiérrez

2. ATENCIÓN DE ESPECIES EXÓTICAS ACUÁTICAS EN EL ÁREA DE PROTECCIÓN
DE FLORA Y FAUNA LAGUNA DE TÉRMINOS, CAMPECHE 463

José Hernández Nava, Marcos Antonio Sánchez Martínez y Moisés Rosas González

3. INVASIÓN, REACCIÓN Y ACCIÓN. LA CRÓNICA DE LA INVASIÓN
DEL PEZ LEÓN (*PTEROIS* SPP.) EN EL CARIBE MEXICANO 465

Abelardo Brito Bermúdez, Christopher A. González Baca

y Francisco Ricardo Gómez Lozano

* Autor para recibir correspondencia: <mgmartinez@conanp.gob.mx>

García, M., O. Ramírez, T. Ruiz e I.J. March. 2014. Especies invasoras acuáticas en áreas naturales protegidas, en R. Mendoza y P. Koleff (coords.), *Especies acuáticas invasoras en México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, pp. 445-468.

RESUMEN

La introducción de especies exóticas invasoras acuáticas es una de las amenazas más críticas a las que actualmente se enfrentan los hábitats acuáticos, las especies nativas y la biodiversidad en general. Las especies invasoras están asociadas con la extinción de 50% de las especies de fauna acuática dulce en el mundo, y por ello deben estar entre los temas más importantes en el manejo de las áreas protegidas y de otras áreas dedicadas a la conservación.

De 115 especies acuáticas invasoras consideradas como de alta prioridad para México, 35 se encuentran distribuidas en ANP e incluyen varios grupos taxonómicos. En la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (Conanp), a partir de 2007 se han reportado 27 programas enfocados en atender las especies exóticas invasoras acuáticas en 22 áreas naturales protegidas (ANP) y un sitio Ramsar, la mayoría orientados a mitigar los impactos ocasionados por los peces, por lo que, además de requerir aumentar el número de programas que consideren especies exóticas invasoras acuáticas respecto a los implementados en ANP terrestres e insulares, es necesario que los programas tomen en cuenta otros grupos taxonómicos, como plantas e invertebrados.

El presente capítulo muestra los esfuerzos que actualmente se realizan en las ANP de México para la atención de especies exóticas invasoras acuáticas, desde la generación de información hasta acciones puntuales para el manejo de las mismas, y presenta como principales retos la necesidad de establecer técnicas más efectivas para la prevención, control y erradicación de dichas especies en un mayor número de ANP, promover la participación y capacitación constante de los actores involucrados, implementar acciones de difusión y detección temprana por medio de mecanismos permanentes de vigilancia, fomentar la investigación científica y el intercambio de información entre las ANP y finalmente buscar instrumentos financieros que permitan dar continuidad a los programas que actualmente se realizan.

ABSTRACT

The introduction of aquatic invasive alien species is one of the most critical threats currently facing aquatic habitats, native species, and biodiversity in general. Invasive species have been associated to the extinction of 50% of the world's freshwater fish species. Aquatic invasive alien species should therefore be among the most important issues to be considered in the management of protected and other conservation oriented areas.

Of the 115 high priority aquatic invasive species for Mexico, 35 are distributed in natural protected areas (NPAs) and include various taxonomic groups. As of 2007, the National Commission of Natural Protected Areas (Conanp), established reports of 27 programs aimed at mitigating the impacts caused by aquatic invasive alien species, mostly fish, in 22 NPAs and one Ramsar site. In addition to increasing the number of programs that take into account aquatic invasive alien species, in comparison to those implemented in land and island NPAs, it is necessary that programs also consider other taxonomic groups such as plants and invertebrates.

This chapter describes the efforts being carried out in Mexico in NPAs in terms of aquatic invasive alien species, starting from the generation of information to specific management actions. It also describes the challenges and the need to establish more effective techniques for the prevention, control and eradication of these species in a larger number of NPAs. In addition, these programs should promote the participation and training of stakeholders, implement communication and early detection actions using permanent monitoring mechanisms, and encourage scientific research and the exchange of information between NPAs. Finally, financial instruments must be sought to guarantee continuity of the programs currently underway.

INTRODUCCIÓN

México es un país privilegiado por la excepcional diversidad biológica de su territorio, expresada en la multiplicidad de ecosistemas que van desde los pastizales subalpinos, cumbres glaciares, bosques, desiertos y matorrales hasta los extraordinarios arrecifes de coral del Caribe, así como en una amplia variedad de especies de flora y fauna, que aproximadamente constituyen 12% de las que hay en el planeta, considerándose así uno de los 10 países con mayor biodiversidad (Dinnerstein *et al.* 1995; CCA, 1997; Mittermeier *et al.* 1997; Conabio, 1998; Groombridge y Jenkins, 2002; Sarukhán *et al.*, 2009).

Sin embargo, tal riqueza natural se ha visto amenazada por diversas causas que han provocado la pérdida inmediata de diversidad biológica. Entre ellas se encuentran la destrucción y fragmentación del hábitat, la sobreexplotación de los recursos de la vida silvestre, las especies exóticas invasoras y la contaminación de suelo, agua y atmósfera (Benítez y Bellot 2007; Challenger y Dirzo, 2009; Manson y Jardel Peláez, 2009; Sánchez Colón *et al.*, 2009), todas éstas resultado principalmente de las actividades antropogénicas.

ESPECIES EXÓTICAS INVASORAS

La introducción de especies exóticas invasoras (EEI) en nuevos sitios, de manera intencional o accidental, causa graves daños a los ecosistemas y provoca desequilibrios ecológicos, entre los que se incluyen cambios en la composición de especies y en la estructura trófica de las comunidades, desplazamiento o extinción de especies nativas de flora y fauna, modificación del hábitat, degradación de los ambientes acuáticos y terrestres, reducción de la diversidad genética, transmisión de una gran variedad de enfermedades (Goldburg y Triplett, 1997; Carlton, 2001; D'Antonio y Kark, 2002; Aguilar, 2005; March y Martínez, 2008), así como daños a la economía y a la salud pública (DOF, 2010).

El éxito de las EEI tiene que ver con dos aspectos fundamentales: el primero se refiere a los atributos y propiedades de las comunidades o ecosistemas receptores, por lo que en este caso se debe tomar en cuenta la etapa sucesional en la que se encuentra el medio, su estructura y composición, su integridad ecológica (relacionada con su resistencia y resiliencia), las condiciones fisicoquímicas y climáticas y su grado de per-

turbación; el segundo se refiere a las características intrínsecas (biología y ecología) de las especies introducidas, como elevadas tasas de crecimiento y reproducción, flexibilidad y plasticidad fenotípica, facilidad para la hibridación –lo que se relaciona con los atributos o rasgos de historia de vida que muestran en todas sus etapas–, sus requerimientos ambientales, su capacidad para explotar los recursos disponibles, la abundancia inicial de la especie introducida y la distribución espacial inicial de los organismos introducidos (Ruiz y Carlton, 2003; UTEI-Otecbio, 2004; Badii y Landeros, 2007; Tu, 2009).

En México podemos encontrar EEI de todos los grupos taxonómicos, distribuidas en toda clase de ecosistemas; a su vez, estas especies han sido introducidas a cada vez más sitios como resultado de las actividades antropogénicas, pues el incremento de las poblaciones humanas, sus desplazamientos y actividades, derivados del desarrollo económico, social y cultural, han aumentado la frecuencia, el número y la diversidad de organismos exóticos (y sus parásitos y patógenos) que son transportados y que pueden establecerse en nuevas áreas. Entre las actividades antropogénicas destacan el transporte de personas y sus bienes, el comercio y la intensificación de los sistemas productivos (Badii y Landeros, 2007; Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras, 2010); asimismo se da por hecho que el cambio climático aumentará la probabilidad de introducción, colonización, establecimiento y dispersión de estas especies (Hellman *et al.*, 2008).

ESPECIES EXÓTICAS INVASORAS ACUÁTICAS

Respecto a la invasión de especies acuáticas, existen diversas vías de introducción que favorecen su ingreso hacia nuevos sitios. En algunos casos las especies exóticas son transportadas en las aguas de lastre; otras vías incluyen las actividades de acuicultura, como parte de las incrustaciones (*fouling*) en los cascos de los barcos y embarcaciones y el acuarismo (Okolodkov *et al.*, 2007). Por ello, la introducción de las especies exóticas invasoras acuáticas ha sido identificada como una de las amenazas más críticas a las que actualmente se enfrentan las especies nativas, los hábitats acuáticos y la biodiversidad en general (Hopkins, 2001). La lista roja de especies amenazadas de la UICN (IUCN, 2004) menciona que en un análisis preliminar se señaló que las especies invasoras están asociadas con la extinción

de 50% de las especies de peces de agua dulce en el mundo (Baillie *et al.*, 2004, en GISP, 2007). Por estas razones, las EEI deben estar entre los temas más importantes en el manejo de las áreas protegidas y de otras áreas dedicadas a la conservación (GISP, 2007).

En el medio marino las especies exóticas invasoras han sido clasificadas como una de las cuatro mayores amenazas para los océanos del mundo (GISP, 2007). Las EEI marinas son generalmente pequeñas, inconspicuas pero sobre todo poco conocidas (Tovar-Hernández *et al.*, 2012); por ejemplo, en México no se cuenta con suficientes expertos para grupos como los hidrozoos, briozoos, entoproctos y tunicados (Okolodkov *et al.*, 2007), lo cual dificulta en primer lugar conocer los impactos reales y potenciales de estas especies en las especies nativas, la economía o la salud pública, y por otra parte la adecuada selección y aplicación de medidas de mitigación y remediación.

En ecosistemas acuáticos continentales, la problemática está orientada principalmente al desarrollo de actividades productivas como la acuicultura y la pesca deportiva, que involucran a diversos grupos de especies exóticas, entre los que destacan los peces, crustáceos y moluscos que se introducen con fines de cultivo, contribuyendo significativamente a la expansión de la industria (Welcomme, 1992; Dextrase y Coscarelli, 2000) y proporcionando beneficios sociales y económicos considerables, particularmente en los países en desarrollo (Mendoza *et al.*, 2011).

ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS

Las áreas protegidas, junto con otras modalidades de conservación, constituyen un valioso instrumento de política ambiental para salvaguardar la riqueza biológica y para llevar a cabo acciones para la preservación de la biodiversidad (Semarnap, 1997). La gestión de las áreas naturales protegidas (ANP)¹ de carácter federal ha sido asignada a la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (Conanp) desde el año 2000, fecha en que comenzó sus actividades como órgano desconcentrado de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat), con el propósito de

¹ "Las áreas naturales protegidas son porciones terrestres o acuáticas del territorio nacional representativas de los diversos ecosistemas, en donde el ambiente original no ha sido esencialmente alterado y que producen beneficios ecológicos cada vez más reconocidos y valorados" (Conanp, 2013a).

conservar el patrimonio natural de México (Semarnat-Conanp, 2007).

Las ANP se crean mediante decreto presidencial y las funciones que en ellas se llevan a cabo se determinan de acuerdo con la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA) y su reglamento, los programas de manejo y los programas de ordenamiento ecológico (Conanp, 2013a).

En el país se han decretado 176 ANP que abarcan una superficie de 25 387 972 ha, es decir, 12.92% del territorio nacional (Conanp, 2013a), y que se encuentran sujetas a regímenes especiales de protección, conservación, restauración y desarrollo, según categorías establecidas en la ley, que incluyen reservas de la biosfera (RB), parques nacionales (PN), monumentos naturales (MN), áreas de protección de recursos naturales (APRN), áreas de protección de flora y fauna (APFF) y los santuarios (S). De las 176 ANP, 92 poseen ecosistemas acuáticos relevantes, aunque en términos de superficie dichos ecosistemas representan 3 851 550 ha, 15.17% de la superficie total que ocupan las ANP en nuestro territorio (Conanp, 2013b) (Figs. 1 y 2).

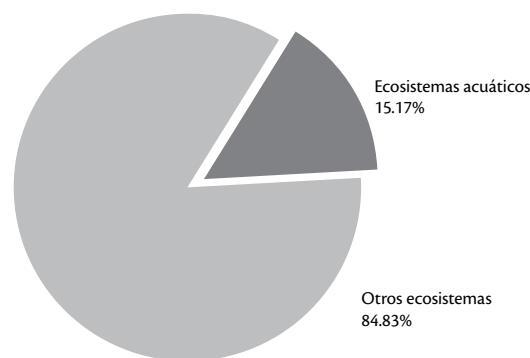


Figura 1. Proporción de la superficie de las áreas naturales protegidas con ecosistemas acuáticos relevantes en México.

ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS Y ESPECIES EXÓTICAS INVASORAS ACUÁTICAS

La introducción de especies exóticas invasoras constituye una de las principales amenazas para la diversidad biológica, y su presencia en áreas protegidas (AP) no se limita a pocas regiones o países; por el contrario, en 2007, como resultado de un estudio realizado por

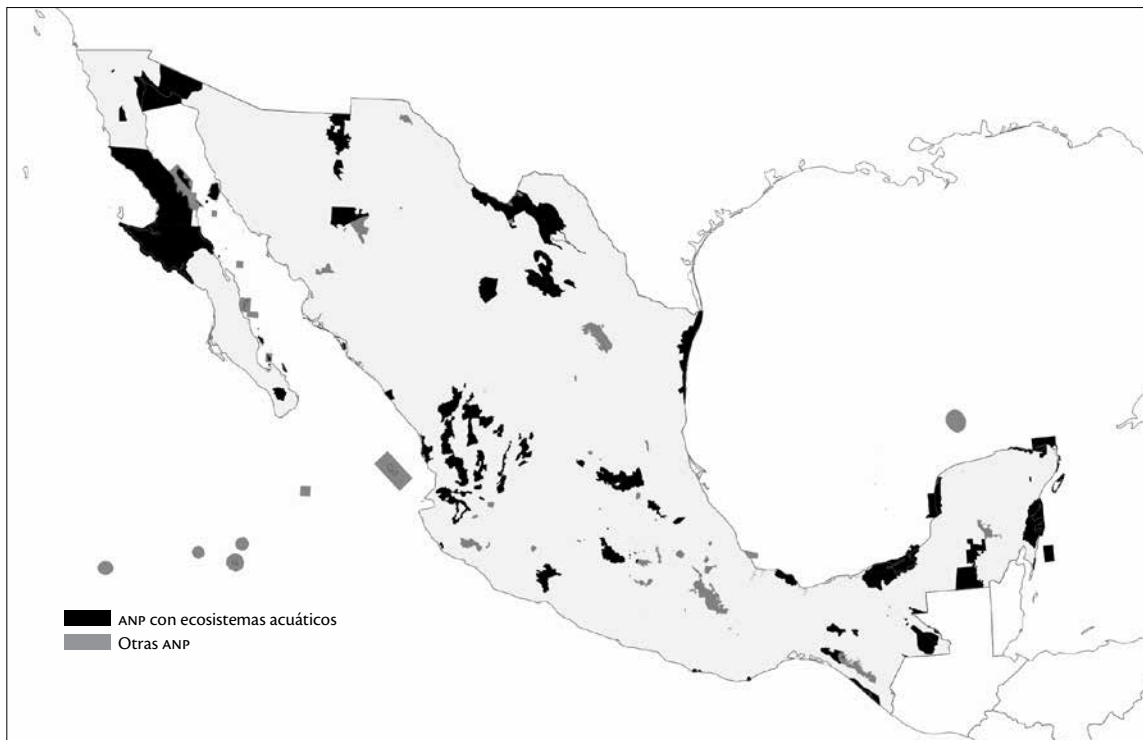


Figura 2. Áreas naturales protegidas con ecosistemas acuáticos relevantes; vegetación acuática y cuerpos de agua de acuerdo con la cartografía del INEGI (Conanp, 2013b; datos no publicados).

el Programa Global de Especies Invasoras (GISP), se identificaron 487 AP con presencia de especies exóticas invasoras, distribuidas en 106 países de Asia, África, Europa y América Central, incluyendo México y el Caribe; 326 especies fueron registradas como un problema para las AP en el mundo (GISP, 2007). Por ello, en la actualidad se han incrementado los esfuerzos a fin de enfrentar y mitigar los impactos ocasionados por estas especies en las ANP.

Macdonald *et al.* (1989) dividen los impactos ocasionados por las EEI en las reservas naturales en dos principales categorías: a) impactos sobre la función de los ecosistemas, y b) impactos sobre su estructura, entre los que se incluyen la alteración de procesos geomorfológicos, de ciclos biogeoquímicos, de ciclos hidrológicos, etc.; este último tipo de impactos son los más dañinos (Tu, 2009). Además de éstos, se pueden presentar otros impactos en especies, poblaciones y comunidades. Entre los observados en las poblaciones y comunidades, y que frecuentemente se observan también en los ecosistemas acuáticos, se tiene la depredación de las EEI sobre las nativas; competencia por recursos como nutrientes, espacio y luz; transmisión

de enfermedades; hibridación de especies exóticas con las nativas, y la extinción y desplazamiento de especies nativas y endémicas (Tu, 2009).

Aún no se tienen datos precisos acerca de la presencia, distribución y tamaño de las poblaciones de EEI en las ANP de México, pero se sabe que al menos 23 especies reportadas en la lista de las 100 especies invasoras más dañinas del mundo, compilada por la UICN (Lowe *et al.*, 2004), están presentes en estas áreas de conservación. De ellas, 13 especies son acuáticas o están asociadas a ambientes acuáticos (cuadro 1). Para el año 2008 ya se habían reportado al menos 44 especies exóticas acuáticas (marinas y de agua dulce) con presencia en 17 reservas de la biosfera en México (cuadro 2).

Por otra parte, la base de datos de la Dirección de Especies Prioritarias para la Conservación-Especies Invasoras de la Conanp (2012), a diciembre de 2012, reporta 681 especies exóticas e invasoras, con más de 9000 registros de presencia en las ANP, de las cuales al menos 100 especies son particulares de ambientes acuáticos (Conanp, en prep.).

Por otra parte, de las 115 EEI acuáticas consideradas como de alta prioridad para México, de acuerdo con

Cuadro 1. Situación de las ANP respecto a 100 de las especies invasoras más dañinas del mundo

Nombre científico	Nombre común	Origen ^{1, 2a, 3}	Número de ANP en las que se ha registrado ^{2b}
Plantas			
<i>Eichhornia crassipes</i>	Jacinto de agua / lirio acuático	Sudamérica ¹	12
<i>Arundo donax</i>	Caña común / carrizo gigante	Europa del este y Asia ¹	11
<i>Tamarix ramosissima</i>	Tamarisco / pino salado	Europa del este y Asia ¹	12
Anfibios			
<i>Rhinella marina</i> (sin: <i>Bufo marinus</i>)*	Sapo gigante / sapo verrugoso	Noroeste de México hasta Brasil (traslocada) ¹	25
<i>Lithobates catesbeianus</i> (sin: <i>Rana catesbeiana</i>)	Rana toro	Centro y este de Estados Unidos y sudeste de Canadá ^{2a}	9
Peces			
<i>Micropterus salmoides</i> *	Perca americana / lobina negra	Sur de Canadá y Estados Unidos, hasta el golfo de México ^{2a}	13
<i>Cyprinus carpio</i>	Carpa	Asia occidental ^{2a}	20
<i>Gambusia affinis</i> *	Gambusia / pez mosquito	Sur de Estados Unidos y norte de México ^{2a}	3
<i>Oreochromis mossambicus</i>	Tilapia de Mozambique	África ¹	14
<i>Oncorhynchus mykiss</i> *	Trucha arcoíris	Norteamérica ^{2a}	11
Reptiles			
<i>Trachemys scripta</i> *	Galápago de Florida / tortuga japonesa	Este de Estados Unidos y áreas adyacentes del noreste de México ^{2a}	2
Hongos			
<i>Batrachochytrium dendrobatidis</i>	Quitridiomycosis cutánea / hongo quitridio	África ³	1
Mamíferos			
<i>Myocastor coypus</i>	Coipú / roedor acuático sudamericano	Sudamérica ^{2a}	3

*Especies nativas en México, (traslocadas) e invasoras en otras partes del mundo.
¹ Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras, 2010.
^{2a} Conanp, 2010.
^{2b} Conanp, 2012.
³ IUCN, 2004.

Aguirre Muñoz y Mendoza Alfaro *et al.* (2009), al menos 36 se encuentran distribuidas en ANP (cuadro 3). Estas especies invasoras, que son agentes de cambio altamente significativos en medios acuáticos continentales, costeros y marinos, incluyen una variedad de grupos taxonómicos, como protozoarios, esponjas, cnidarios, platelmintos, poliquetos, moluscos, crustáceos, briozoarios, tunicados, peces, micro y macro algas y plantas acuáticas, sin contar parásitos y patógenos, los cuales han contribuido a las principales invasiones en años recientes (UNEP, 2001). Asimismo, un aspecto importante a considerar es que las áreas marinas protegidas son parte de un paisaje continuo, lo que hace difícil prevenir invasiones y eso las vuelve muy susceptibles de recibir especies in-

vasoras por vías que no se pueden controlar fácilmente (UNEP, 2001; Ricciardi, 2006).

Otras EEI acuáticas quizá de importancia menor se han dispersado en numerosas ANP pero o bien sus impactos son muy bajos o bien no se han evaluado en toda su dimensión; tal es el caso de moluscos exóticos como el caracol asiático *Melanoides tuberculata* y la almeja asiática *Corbicula fluminea*. Aunque aún no se reporta la ocurrencia de los mejillones exóticos de agua dulce *Dreissena* spp. en ANP de México, la invasión potencial de esta especie es preocupante, considerando que puede afectar a especies nativas de mejillones y paralelamente causar graves problemas y costos económicos por la afectación de infraestructura.

Cuadro 2. Especies invasoras acuáticas reportadas para el año 2008 en 17 reservas de la biosfera en México

Especie	Reservas de la biosfera																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Invertebrados																	
Langostino, <i>Procambarus clarkii</i>	X																
Crustáceo, <i>Mesocyclops aspericornis</i>													X				
Crustáceo, <i>Mesocyclops thermocyclopoides</i>													X				
Ascidia, <i>Polyandrocarpa zorritensis</i>						X											
Céstodo parásito de peces, <i>Bothriocephalus acheilognathi</i>															X		
Poliqueto, <i>Capitella capitata</i>																	X
Anfípodo, <i>Ampithoe longimana</i>																	X
Cirripedio, <i>Balanus amphitrite</i>																	X
Vertebrados																	
Peces																	
Bagre, <i>Ameiurus natalis</i>	X																
Bagre de canal, <i>Ictalurus punctatus</i>	X													X			
Carpa, <i>Cyprinus carpio</i>	X		X	X										X			
Perca, <i>Lepomis cyanellus</i>	X																
Lobina negra, <i>Micropterus salmoides</i>	X																
Mojarra africana, <i>Tilapia</i> spp.	X		X				X										
Mojarra tilapia, <i>Oreochromis</i> spp.	X		X	X								X					
Molly de vela, <i>Poecilia</i> spp.	X															X	
Pez bagre, <i>Ameiurus melas</i>	X																
Sardina maya, <i>Dorosoma petenense</i>	X																
Pez mosquito, <i>Gambusia affinis</i>	X																
Sardina del Atlántico, <i>Dorosoma petenense</i>	X																
Tilapia de Mozambique, <i>Oreochromis mossambicus</i>	X							X			X			X			
Pez joya, <i>Hemichromis guttatus</i>				X													
Pargo dorado, <i>Sparus auratus</i>					X												
Lobina negra, <i>Micropterus salmoides</i>								X									
Trucha arcoíris, <i>Oncorhynchus mykiss</i>										X							
Pez diablo, <i>Plecostomus</i> spp.											X						
Tuba, <i>Vieja synspila</i>												X					
Guapote tigre, <i>Parachromis managuensis</i>												X					
Anfibios																	
Rana leopardo, <i>Rana berlandieri</i>	X																
Rana toro, <i>Lithobates catesbeianus</i>	X									X							

Cuadro 2. [concluye]

Especie	Reservas de la biosfera																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Reptiles																	
Tortuga de concha blanda, <i>Apalone spinifera</i>	X																
Tortuga pinta o de orejas rojas, <i>Trachemys scripta</i>	X							X									
Mamíferos																	
Coipú, <i>Myocastor coypus</i>									X								
Plantas acuáticas																	
Carrizo, <i>Phragmites australis</i>	X																
Carrizo gigante, <i>Arundo donax</i>	X			X					X								
Sombrerillo americano, <i>Hydrocotyle verticillata</i>	X																
Lirio acuático o jacinto de agua, <i>Eichhornia crassipes</i>							X	X				X					
Tule, <i>Typha</i> spp.																X	
Zacate de hojas delgadas, <i>Halodule beaudettei</i>																	X
Zacate de manatí, <i>Syringodium filiforme</i>																	X
Algas																	
Lechuga de mar, <i>Ulva fasciata</i>																	X
Protista																	
Cianobacteria, <i>Lyngbya majuscula</i>		X															
Cianobacteria, <i>Oscillatoria</i> spp.		X															
Dinoflagelado, <i>Gymnodinium catenatum</i>	X																

1) Alto Golfo de California- El Pinacate, 2) Bahías de Huatulco, 3) Barranca de Mezitlán, 4) Cuatrociénegas, 5) Islas del Golfo de California, 6) Islas Marietas, 7) La Encrucijada, 8) Los Tuxtlas, 9) Maderas del Carmen, 10) Mariposa Monarca, 11) Pantanos de Centla, 12) Selva El Ocote, 13) Sian Ka'an, 14) Sierra de Álamos- Río Cuchujaqui, 15) Sierra de Manantlán, 16) Sierra La Laguna y 17) Sistema Arrecifal Veracruzano (Fuentes: Izaguirre y Gómez, 2008; Villanueva y Salinas, 2008; Montes, 2008; Ibarra, 2008; García *et al.*, 2008; Benhumea, 2008; Aguilar, 2008; Andrade *et al.*, 2008; Sifuentes, 2008; Martínez y Miguel, 2008; Bautista, 2008; Leal y Escalante, 2008; Zamorano y Ursúa, 2008; Rojero, 2008; Aranda, 2008; Rodríguez y Anguiano, 2008; Carvajal y Rangel, 2008, con base en Okolodkov *et al.*, 2007).

ACCIONES EN LA PREVENCIÓN Y MANEJO DE LAS ESPECIES EXÓTICAS INVASORAS ACUÁTICAS EN ÁREAS PROTEGIDAS

La Conanp cuenta con instrumentos que determinan las estrategias de conservación y uso de las ANP, denominados programas de manejo (PM) o programas de conservación y manejo (Semarnat-Conanp, 2007). A la fecha se han publicado 67 de estos programas, de los cuales 44 incluyen en alguno de sus componentes la prevención y el manejo de especies exóticas invasoras. Específicamente a partir de 1996, en el Programa de Manejo de la RB El Pinacate y Gran Desierto de Altar, se incluyó por primera vez el tema de especies exóticas, en el que se planteó como estrategia de con-

servación “controlar la entrada de especies exóticas que compiten con las nativas”. No obstante, a la fecha solamente nueve PM abordan explícitamente el tema de especies exóticas invasoras acuáticas, siendo el APFF Cuatrociénegas la primera ANP que incluye la ejecución de acciones contra estas especies a partir de 2000. Actualmente los términos de referencia para la elaboración de los programas de manejo en ANP que son competencia de la federación plantean la inclusión del componente “Protección contra especies invasoras y control de especies nocivas”, dentro del subprograma de protección.

Actualmente son numerosas las ANP que aún no cuentan con un programa de manejo o que, de contar

Cuadro 3. Especies invasoras acuáticas prioritarias que se han registrado en ANP en México

Grupo	Especie	Nombre común	ANP en las que se ha registrado ¹
Microalgas dinoflageladas	<i>Pyrodinium bahamense</i>	Microalga	1
	<i>Dinophysis caudata</i>	Dinoflagelado	4
	<i>D. tripos</i>	Dinoflagelado	1
	<i>Amphidinium carterae</i>	Microalga	1
	<i>A. operculatum</i>	Microalga	1
	<i>Gymnodinium catenatum</i>	Dinoflagelado	3
	<i>Peridinium polonicum</i>	Dinoflagelado	1
Microalgas diatomeas	<i>Pseudonitzschia delicatissima</i>	Diatomea	3
	<i>P. seriata</i>	Diatomea	4
	<i>P. pungens</i>	Diatomea	1
	<i>P. pseudodelicatissima</i>	Diatomea	2
Plantas	<i>Eichhornia crassipes</i>	Lirio acuático	12
	<i>Typha</i> spp.	Tule	1
	<i>Tamarix aphylla</i>	Pino de castilla	5
	<i>T. chinensis</i>	Cedro salado	4
	<i>T. ramosissima</i>	Pino salado	12
	<i>T. gallica</i>	Cedro salado	1
	<i>T. sp.</i>	Pinabete	1
	<i>Arundo donax</i>	Carrizo gigante	11
Tremátodos	<i>Bothriocephalus acheilognathi</i>	Céstodo	1
Moluscos	<i>Corbicula</i> spp.	Almeja asiática	2
Crustáceos	<i>Procambarus clarkii</i>	Cangrejo de río	5
	<i>Orconectes virilis</i>	Langostino	1
	<i>Cherax quadricarinatus</i>	Langosta azul	1
Peces	<i>Cyprinus carpio</i> var. <i>communis</i>	Carpa común	20
	<i>Carassius auratus</i>	Carpa dorada	5
	<i>Ctenopharyngodon idella</i>	Carpa herbívora	6
	<i>Oreochromis aureus</i>	Tilapia azul	9
	<i>O. mossambicus</i>	Tilapia de Mozambique	14
	<i>O. urolepis hornorum</i>	Tilapia wami	1
	<i>O. niloticus</i>	Tilapia del Nilo	19
	<i>Tilapia rendalli</i>	Tilapia del Congo	3
	Grupo <i>plecos</i>	Peces diablo, plecos ²	10
	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Trucha arcoíris	11
Anfibios	<i>Pterois volitans</i>	Pez león	10
	<i>Lithobates catesbeianus</i>	Rana toro	9

¹ Conanp, 2012.² Los peces diablo presentes en México incluyen varias especies de los géneros *Hypostomus* y *Pterygoplichthys*, de acuerdo con Mendoza et al., 2007).

con éste, no incluye el tema de las especies exóticas o invasoras. Sin embargo, en diversas ANP se han implementado acciones de prevención, control o erradicación de especies exóticas invasoras de manera puntual, a fin de lograr la conservación y restauración de los ecosistemas. En especial en las islas del golfo de California (en colaboración con el Grupo de Ecología y Conservación de Islas (GECI) en colaboración con otras instituciones). De esta forma, el primer programa registrado contra especies exóticas invasoras fue la erradicación de ratas negras (*Rattus rattus*) y burros ferales (*Equus asinus*) en la RB El Vizcaíno (isla San Roque), en 1994. No fue sino hasta 2002 cuando se ejecutó un proyecto orientado a las especies acuáticas en el cual se realizaron acciones de monitoreo y erradicación del pez joya (*Hemichromis guttatus*), especie que compite por el alimento con la mojarra endémica de Cuatrociénegas (*Hemirhamphys minckleyi*) y depreda otros peces presentes en las pozas del APFF Cuatrociénegas (Área de Protección de Flora y Fauna Cuatrociénegas, 2008). Posteriormente, en 2003 se llevó a cabo un proyecto con la finalidad de realizar acciones de repoblación de cuerpos de agua con especies dulceacuícolas nativas para contrarrestar el efecto de la introducción de especies exóticas en el APFF Laguna de Términos. Y al año siguiente, en la RB Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado, se estableció un programa para evaluar la abundancia relativa del cachorrito del desierto (*Cyprinodon macularius*), pez nativo dulceacuícola existente en el delta del río Colorado, respecto a la ictiofauna exótica en humedales prioritarios de la reserva (Conanp, 2012).

Las acciones ejecutadas para la prevención y control de las EEI en ANP, en la mayoría de los casos fueron puntuales y discontinuas, debido en gran medida al desconocimiento en la materia durante años —lo que llevó a que el tema fuera ubicado entre los programas con menor atención dentro de las ANP—, así como a la falta de recursos humanos y financieros. A partir de 2007 se incorpora de manera más formal y rigurosa el tema de las especies exóticas invasoras al incluirse dentro del Programa Nacional de Áreas Naturales Protegidas de la Conanp 2007-2012 (mediante la línea estratégica de protección) el subcomponente “Mitigación de la vulnerabilidad”, cuyo objetivo es combatir y erradicar las especies invasoras y exóticas en ecosistemas terrestres, marinos, acuáticos e insulares mediante la instauración de programas de control y erradicación en ANP; a partir de 2007 se planteó la meta de que cada año se incrementa el número de ANP que opere con estos programas.

Las acciones no sólo incluyeron el incremento en la ejecución de programas de control y erradicación en ANP, sino que la Conanp, por medio de la Dirección de Especies Prioritarias para la Conservación (DEPC), ha creado vínculos de acción y cooperación con diversas instituciones, entre ellas la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio), realizando de manera conjunta diversas acciones para enfrentar la problemática de las especies exóticas invasoras. Asimismo, se ha unido a los esfuerzos que se realizan en el ámbito nacional al formar parte del comité asesor nacional para la elaboración de la Estrategia Nacional sobre Especies Invasoras en México: Prevención, Control y Erradicación, publicada por la Conabio (Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras, 2010). De esta manera, al considerar la Estrategia Nacional como herramienta de gestión y elemento guía y para enfrentar los desafíos que representan las especies invasoras en las ANP de competencia federal, fue elaborado el “Programa para la atención y manejo de especies exóticas invasoras y ferales en áreas naturales protegidas de competencia federal”, que identifica las prioridades de acción en el tema (próximo a publicarse). Otro mecanismo de acción efectiva para el manejo de EEI lo constituye el proyecto “Fortalecimiento de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas mediante mecanismos de innovación y mejora continua” entre la Conanp y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), que tiene como parte de sus resultados, la implementación de la “Estrategia de prevención, control y erradicación de especies invasoras aplicada en áreas naturales protegidas seleccionadas”.

A partir de 2007, y de acuerdo con la recopilación realizada por la DEPC de la Conanp, se ha reportado la implementación de 126 programas para la atención de especies exóticas invasoras en 59 sitios, que incluyen ANP, regiones prioritarias para la conservación, islas y sitios Ramsar. De éstos, 27 programas están enfocados en atender las especies exóticas invasoras acuáticas en 22 ANP y un sitio Ramsar (cuadro 4), la mayoría de ellos para el grupo de los peces y en particular para la especie *Pterois volitans* (pez león).

La ejecución de estos programas ha sido resultado de la participación coordinada entre el personal de la Conanp con otras instituciones de los tres niveles de gobierno, la academia, los pobladores de las ANP y la sociedad civil organizada. Asimismo, en la planeación y ejecución se han conjuntado esfuerzos que implican la aportación de recursos materiales, financieros y huma-

Cuadro 4. Programas implementados en áreas naturales protegidas a partir de 2007 para la atención de especies exóticas invasoras acuáticas

<i>ANP, región prioritaria para la conservación o sitio Ramsar</i>	<i>Especies o hábitat</i>	<i>Tipo de programa</i>	<i>Año</i>
APFF Ciénegas de Lerma	Lirio acuático	Control	2008-2012
	Carpa	Control	2011-2012
PN Cañón del Sumidero	Peces	Monitoreo	Desde 2007
APFF Cañón de Santa Elena	Carrizo gigante	Control	Desde 2005
PN Maderas del Carmen	Carrizo gigante	Control	Desde 2005
APFF Cuatrociénegas	Pez joya	Erradicación	Desde 2008
	Carrizo gigante ^a	Control	Desde 2007
	Lirio acuático	Control y erradicación	Desde 2007
RB Zicuirán-Infernillo	Peces diablo	Monitoreo y control	2010
APFF Islas del Golfo de California, Sinaloa ¹	Peces diablo	Prevención y control	Desde 2011
RB El Pinacate y Gran Desierto de Altar	Pez mosquito	Control	2006-2012
RB Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado	Hábitat ripario	Restauración en el río Colorado	2010-2012
	Pez cachorrito-ictiofauna exótica en humedales	Conservación	2004-2008
	Tramo limítrofe del río Colorado	Restauración	2007-2009
RPC Sierra Tarahumara	Trucha arcoíris	Control	Reportado en 2008
APFF Laguna de Términos	Repoblación con mojarra castarrica, mojarra tenhuayaca, mojarra paleta y pejelagarto ^b	Prevención	Desde 2003
PN Arrecife Alacranes	Pez león ^c	Control	2010-2011
RB Ría Lagartos	Pez león ^c	Prevención y control	Desde 2009
RB Banco Chinchorro	Pez león ^c	Control	Desde 2009
PN Isla Contoy	Pez león ^c	Prevención y de control	Desde 2009
RB Sian Ka'an	Pez león ^c	Control	Desde 2009
PN Arrecifes de Cozumel	Pez león ^c	Control	Desde 2009
PN Tulum	Pez león ^c	Control	Desde 2009
PN Puerto Morelos	Pez león ^c	Control	Desde 2009
PN Isla Mujeres, Punta Cancún y Punta Nizuc	Pez león ^c	Prevención y control	Desde 2010
PN Arrecifes de Xcalak	Pez león ^c	Control	Desde 2009
Sitio Ramsar Ensenada de Pabellones	Peces diablo	Control	2011

¹ A partir del APFF Islas del Golfo, Sinaloa, personal del ANP ha realizado acciones de prevención y control de peces diablo en algunos humedales del estado de Sinaloa, entre ellos las lagunas de Chiricahueto y Caimanero.

^a Recuadro 1, ^b recuadro 2, ^c recuadro 3.

nos provenientes de diversas fuentes federales, estatales, municipales, instituciones académicas, el sector privado, las organizaciones civiles y otros interesados en la conservación y protección de especies y ecosistemas, traducidos en contribuciones directas para el pago de servicios, la transferencia de equipo especializado para los programas de prevención, control y erradicación de EEI, así como la participación de voluntarios.

Es importante señalar que aunque ya se han comenzado a integrar esfuerzos de cooperación para el control de EEI que afectan áreas de conservación fronterizas y contiguas (p. ej., Cañón de Santa Elena y Monumento Natural Río Bravo con el Parque Nacional Big Bend de Estados Unidos), es necesario incrementar la coordinación y el intercambio de información con los países vecinos; una opción es diseñar progra-

mas de prevención y manejo conjuntos similares a las acciones de la iniciativa “Malezas sin fronteras” (*Weeds Across Borders*).

El control y manejo de EEI son fundamentales en lo que toca al cumplimiento de compromisos internacionales, como los relacionados con los sitios Ramsar; para algunos de ellos de elevada fragilidad ecológica, como son los oasis de Baja California Sur, ya se han comenzado a registrar EEI acuáticas, como la mojarra africana *Tilapia cf. zilli* (Maeda *et al.*, 2005).

Otra especie de alta preocupación en estos sitios y ANP es el pez diablo. Éste ha sido introducido en ecosistemas acuáticos epicontinentales como la cuenca del río Grijalva, en Villa Hermosa, la laguna Paraíso en Chiapas, la laguna del Carmen en el golfo de México y en cuerpos de agua en Sinaloa, entre otros (Mendoza, 2009, com. pers.). Actualmente se sabe de la ocurrencia de *Pterygoplichthys pardalis* para el MN Yaxchilán y las RB Lacantún y Montes Azules en Chiapas (R. Rodiles, com. pers.).

RETOS PARA EL MANEJO ADECUADO DE ESPECIES EXÓTICAS INVASORAS ACUÁTICAS EN ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS

La Conanp ha buscado establecer las condiciones favorables para la conservación y protección de las especies y los ecosistemas mediante acciones de prevención, control y erradicación de EEI, teniendo como finalidad enfrentar con eficacia las serias amenazas a la biodiversidad y los servicios ambientales que estas especies representan para las ANP del país. En la actualidad esta labor ha tenido grandes avances pues se ha incrementado el número de proyectos ejecutados, así como el número de ANP que reciben atención; la mayoría de las acciones están dirigidas a ANP terrestres e insulares. Sin embargo, es necesario continuar con los esfuerzos y crear vínculos de colaboración mucho más estrechos entre las ANP del país, pues aún son cuantiosas las tareas que se requiere realizar para consolidar una cultura de prevención y manejo de EEI en las áreas protegidas. Paralelamente, es inminente la necesidad de realizar más acciones orientadas a la investigación científica y al intercambio de información dentro de las ANP, de tal forma que se documenten los impactos y el conocimiento de las especies exóticas invasoras de los diferentes ecosistemas acuáticos en las ANP.

Respecto a las EEI acuáticas en ANP, aunque se ha visto un incremento en el número de acciones desarrolladas, es evidente que son insuficientes los programas o proyectos realizados respecto a aquellos ejecutados en ecosistemas terrestres e insulares. Asimismo, la mayoría están orientados a mitigar los impactos ocasionados por los peces, lo cual destaca la necesidad de contar con información básica, confiable y oportuna de otros grupos de especies exóticas invasoras acuáticas, como plantas e invertebrados, así como conocer las técnicas para establecer las medidas de control más efectivas en cada caso y la adecuada atención de estos grupos. La capacitación y el adiestramiento del personal de la Conanp y otros actores relacionados con las ANP, como acuicultores, prestadores de servicios turísticos acuáticos, de pesca deportiva y limpieza de embarcaciones, académicos y visitantes, entre otros, es fundamental (Tovar-Hernández *et al.*, 2012).

Las acciones de prevención pueden ser implementadas en toda el área protegida o a escalas menores como localidades específicas dentro del ANP, lo cual es el método más eficaz para proteger la biodiversidad de un sistema y que conlleva un menor costo económico (Shine *et al.*, 2000; Tu, 2009); esto representa un beneficio en el manejo de las ANP. No obstante es preciso reconocer que las acciones de prevención de EEI son relativamente pocas si se comparan con aquellas de control y erradicación. Por ello, es necesario privilegiar las acciones de prevención en ANP, lo que implica incrementar las acciones de capacitación, acciones de educación y difusión a las comunidades, generación de información sobre EEI, uso de herramientas para predecir posibles impactos y dispersión de EEI hacia nuevos sitios, implementación de análisis de riesgos, fomento de mejores prácticas en el uso de especies exóticas y nativas, detección de vías de introducción, acciones de vigilancia, entre otras.

Otro aspecto fundamental destaca la necesidad de actualizar los programas de manejo de ANP para incluir el tema de las especies exóticas invasoras, de tal manera que la problemática se atienda de manera integral. En el mejor de los casos, dichos programas deben considerar estrategias de prevención y manejo de las EEI en su plan general, entre las que destacan: a) evaluación de las amenazas de las EEI (actuales y potenciales); b) acciones para la prevención de nuevas invasiones y evaluación de potencial de dispersión de EEI ya establecidas; c) acciones de control de EEI prioritarias en sitios altamente prioritarios, y d) la restauración y

rehabilitación de ecosistemas y especies nativas y comunidades en áreas de alta prioridad (Tu, 2009). Además se deben incluir acciones específicas por tipo de ecosistema dependiendo de las condiciones y particularidades de los mismos y evaluar periódicamente su aplicabilidad.

Es importante considerar que, además de las vías de introducción reconocidas que propician el movimiento de nuevas especies a un sitio, se puede esperar que la designación de una nueva área protegida pueda favorecer las invasiones biológicas, pues un aumento de visitantes se ha asociado con un incremento en el número de introducciones de especies exóticas, y por lo tanto una mayor probabilidad de establecimiento de las especies potencialmente invasoras (GISP, 2007). Para el caso de las áreas marinas protegidas, éstas son puntos significativos de gran atracción para el turismo, pues incluyen actividades como la navegación en botes y yates, la industria del buceo y la pesca recreativa y artesanal (GISP, 2007). De esta manera estas actividades incrementan el riesgo de introducción de EEI acuáticas, por lo que deberá ponerse especial atención en las acciones de prevención, principalmente en los sitios de ingreso de las ANP, así como implementar acciones de difusión y detección temprana por medio de mecanismos permanentes de vigilancia. Una acción específica que resulta a todas luces urgente es la de prestar una atención permanente al desarrollo de actividades acuícolas en cuencas que inciden en ANP y sitios Ramsar, con el propósito de que la Conanp evalúe los riesgos de que se intente introducir EEI de alto impacto y tomar las previsiones pertinentes a tiempo, aplicando el principio precautorio y recomendando opciones.

Asimismo, la sinergia de varios factores, entre ellos las actividades productivas dentro de las ANP, la fragmentación de los ecosistemas dentro de las mismas, el cambio climático global y la presencia de un gran número de especies potenciales invasoras, entre otros factores, constituye una clara amenaza para la biodiversidad de las áreas protegidas, problema que se espera se incremente en el futuro (GISP, 2007). Por esto, uno de los principales retos para la Conanp será contar con personal de ANP capacitado para enfrentar la problemática de las introducciones e impactos de las EEI en ecosistemas terrestres, acuáticos e insulares; también será estratégico convocar a un mayor número de instituciones y colaboradores para que participen en la operación de sistemas de detección temprana y respuesta rápida. Será

fundamental asignar presupuestos específicos dentro de los programas operativos anuales (POA) de cada ANP acordes con los costos que conlleva el manejo de las EEI, para garantizar la continuidad de los esfuerzos de prevención, control y restauración, así como buscar alternativas de colaboración del sector privado para el financiamiento y la ejecución de las acciones de manejo.

REFERENCIAS

- Aguilar, E. 2008. La encrucijada, en E. Schüttler y C.S. Karez (eds.). *Especies exóticas invasoras en las Reservas de Biosfera 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, pp. 211-213.
- Aguilar, V. 2005. Especies invasoras: una amenaza para la biodiversidad y el hombre. *Biodiversitas* **60**:7-10.
- Aguirre-Muñoz, A., y R. Mendoza-Alfaro, et al. 2009. Especies exóticas invasoras: impactos sobre las poblaciones de flora y fauna, los procesos ecológicos y la economía, en *Capital natural de México*, vol. II: *Estado de conservación y tendencias de cambio*. Conabio, México, pp. 277-318.
- Andrade, K., R. Coates, F.J. Gómez y A. Campos. 2008. Los Tuxtlas, en E. Schüttler y C.S. Karez (eds.). *Especies exóticas invasoras en las Reservas de Biosfera 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, pp. 217-221.
- Aranda, J.M. 2008. Sierra de Manantlán, en E. Schüttler y C.S. Karez (eds.). *Especies exóticas invasoras en las Reservas de Biosfera 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, pp. 251-252.
- Área de Protección de Flora y Fauna Cuatrociénegas. 2008. Monitoreo del pez joya (*Hemichromis guttatus*) en el Área de Protección de Flora y Fauna Cuatrociénegas. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. <www.conanp.gob.mx/acciones/fichas/cuatrociénegas/info/info.pdf> (consultada en agosto de 2012).
- Badii, M.H., y J. Landeros. 2007. Invasión de especies o el tercer jinete del apocalipsis ambiental, una amenaza a la sustentabilidad. *Daena: International Journal of Good Conscience*. **2**(1):39-53.
- Bautista, C.A. 2008. Pantanos de Centla, en E. Schüttler y C.S. Karez (eds.). *Especies exóticas invasoras en las Reservas de Biosfera 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, pp. 232-234.
- Benhumea, A.E. 2008. Islas Marietas, en E. Schüttler y C.S.

- Karez (eds.). *Especies exóticas invasoras en las Reservas de Biosfera 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, pp. 209-210.
- Benítez, H., y M. Bellot. 2007. Biodiversidad: usos, amenazas y conservación. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Disponible en: <www.ine.gob.mx/publicaciones/libros/395/benitez_bellot.html> (consultada en junio de 2012).
- Carlton, J.T. 2001. *Introduced species in U.S. coastal waters. Environmental impacts and management priorities*. Arlington.
- Carvajal, E., y M.A. Rangel. 2008. Sistema Arrecifal Veracruzano, en E. Schüttler y C. S. Karez (eds.), *Especies exóticas invasoras en las Reservas de Biosfera 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, pp. 257-256.
- CCA. 1997. Regiones ecológicas de América del Norte. Hacia una perspectiva común. Secretariado de la Comisión para la Cooperación Ambiental, Montreal.
- Challenger, A., y R. Dirzo. 2009. Factores de cambio y estado de la biodiversidad, en *Capital natural de México*, vol. II: *Estado de conservación y tendencias de cambio*. Conabio, México, pp. 37-73.
- Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras. 2010. *Estrategia nacional sobre especies invasoras en México, prevención, control y erradicación*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad—Comisión Nacional de Áreas Protegidas—Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México. Disponible en: <www.conabio.gob.mx/invasoras/index.php/Portada>.
- Conabio. 1998. *La diversidad biológica de México: estudio de país*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- Conanp. 2010. Fichas de especies invasoras. Dirección de Especies Prioritarias para la Conservación-Especies invasoras, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (archivo interno). Última actualización, octubre de 2010.
- Conanp. 2012. Base de datos de la Dirección de Especies Prioritarias para la Conservación-Especies invasoras, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (archivo interno).
- Conanp. 2013a. Áreas protegidas decretadas. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. <www.conanp.gob.mx/que_hacemos> (consultada en febrero de 2013).
- Conanp. 2013b. Áreas Naturales Protegidas que cuentan con ecosistemas acuáticos continentales. Superficie territorial (ha) y proporción (%) que ocupan las ANP acuáticas continentales en el país. Dirección de Especies Prioritarias para la Conservación-Especies invasoras, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Datos no publicados.
- Conanp (en preparación). Diagnóstico 2012 sobre especies exóticas invasoras y/o ferales en ANP. Dirección de Especies Prioritarias para la Conservación-Especies invasoras, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas.
- D'Antonio, C.M., y S. Kark. 2002. Impacts and extent of biotic invasions in terrestrial ecosystems. *Trends Ecol. Evol.* **17**(5):202-204.
- Dextrase, A.J., y M.A. Coscarelli. 2000. Intentional introductions of non-indigenous freshwater organisms in North America., en R. Claudi y J. H. Leach (eds.), *Non-indigenous freshwater organisms: Vectors, biology and impacts*. Lewis Publishers, Nueva York, pp. 61-98.
- Dinnerstein, E., D.M. Olson, D.J. Graham, A.L. Webster, S.A. Primm, M.P. Bookbinder y G. Ledec. 1995. *Conservation assessment of the terrestrial ecoregions of Latin America and the Caribbean*. The World Bank—The World Wildlife Fund. Washington, DC.
- 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 de 2010.
- García, C., R. López y A.L. Figueroa. 2008. Islas del Golfo de California, en E. Schüttler y C.S. Karez (eds.), *Especies exóticas invasoras en las Reservas de Biosfera 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, pp. 203-207.
- Global Invasive Species Programme. 2007. Invasive alien species and protected areas: A scoping report. Part I. Scoping the scale and nature of invasive alien species threats to protected areas, impediments to IAS management and mean to address those impediments.
- Goldburg, R., y T. Triplett. 1997. Murky waters: Environmental effects of aquaculture in the US Environmental Defense Fund.
- Groombridge, B., y M.D. Jenkins. 2002. *World atlas of biodiversity*. UNEP—WCMC—University of California Press.
- Hellman, J., J.E. Byers, B.G. Bierwagen y J.S. Dukes. 2008. Five potential consequences of climate change for invasive species. *Conser. Biol.* **22**(3):534-543.
- Hopkins, C.C.E. 2001. Actual and potencial effects of introduced marine organisms in Norwegian waters, including S Gopal, B. 1987. Water hyacinth aquatic plant. *Studies 1. Elsevier Science*, Amsterdam.
- Ibarra, J.C. 2008. Cuatrociénegas, en E. Schüttler y C.S. Karez (eds.), *Especies exóticas invasoras en las Reservas de Biosfera 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, pp. 196-199.
- IUCN. 2004. Global Invasive Species Database. Invasive Species Specialist Group (ISSG). <www.issg.org/database/welcome> (consultada en mayo de 2012).
- Izaguirre, I., y M.M. Gómez. 2008. Alto Golfo de California-El Pinacate, en E. Schüttler y C.S. Karez (eds.), *Especies exóticas invasoras en las Reservas de Biosfera 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, pp. 178-184.
- Leal, K., y R. Escalante. 2008. Selva El Ocote, en E. Schüttler y C.S. Karez (eds.), *Especies exóticas invasoras en las Reservas*

- de Biosfera 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, pp. 241-243.
- Lowe, S., M. Browne, S. Boudjelas y M. De Poorter. 2004. 100 de las especies exóticas invasoras más dañinas del mundo. Una selección del Global Invasive Species Database. Publicado por el Grupo Especialista de Especies Invasoras (GEEI), Comisión de Supervivencia de Especies (CSE) de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN). Primera edición, en inglés, junto con el número 12 de la revista *Aliens*, diciembre de 2000. Versión traducida y actualizada, noviembre de 2004. <www.issg.org/booklet.pdf>.
- Macdonald, I.A.W., L.L. Lope, M.B. Usher y O. Hamann. 1989. Wildlife conservation and the invasion of nature reserves by introduced species: A global perspective, en J.A. Drake, H.A. Mooney, E. di Castri, H.R. Groves, F.J. Kruger y M. Rejmanek (eds.) *Biological invasions: A global perspective*. Wiley, Chichester, pp. 215-255.
- Maeda, A.M., E. Balart, L. Hernández, G. Ruiz, G. Murugan, L. Campos y H. Obregón. 2005. Nuevos registros de peces y crustáceos de los oasis de Baja California Sur, México. Primer Taller sobre los Oasis del Noroeste de México. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C., La Paz, 8 y 9 de noviembre, 2005.
- Manson, R.H., y E.J. Jardel Peláez. 2009. Perturbaciones y desastres naturales: impactos sobre las ecorregiones, la biodiversidad y el bienestar socioeconómico, en *Capital natural de México*, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. Conabio, México, pp. 131-184.
- March, I.J., y M. Martínez (eds.). 2008. *Especies invasoras de alto impacto a la biodiversidad. Prioridades en México*. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua—The Nature Conservancy—Conabio—Aridamérica—GECI.
- Martínez, F., y C. Miguel. 2008. Mariposa monarca, en E. Schüttler y C.S. Karez (eds.), *Especies exóticas invasoras en las Reservas de Biosfera 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, pp. 228-231.
- Mendoza R., G. Rodríguez y S. Castillo. 2011. Riesgo de dispersión y posibles impactos de los acociles australianos del género *Cherax* en México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- Mendoza, R., S. Contreras, C. Ramírez, P. Koleff, P. Álvarez y V. Aguilar. 2007. Los peces diablo: especies invasoras de alto impacto. *Biodiversitas* 70:1-5.
- Mittermeier, R.A., P. Robles-Gil, y C.G. Mittermeier. 1997. *Megadiversidad: los países biológicamente más ricos del mundo*. Cemex, México.
- Montes, S. 2008. Barranca de Meztitlán, en E. Schüttler y C.S. Karez (eds.), *Especies exóticas invasoras en las Reservas de Biosfera 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, pp. 193-195.
- Okolodkov, B.Y., R. Bastida-Zavala, A.L. Ibáñez, J.W. Chapman, E. Suárez-Morales, F. Pedroche y F. Gutiérrez-Mendietta. 2007. Especies acuáticas no indígenas en México. *Ciencia y Mar* XI(32):29-67.
- Ricciardi, A. 2006. How protected are coral reefs? (Letter to the editor) *Science* 314:757.
- Rodríguez, M.A., y V.M. Anguiano. 2008. Sierra La Laguna, en E. Schüttler y C.S. Karez (eds.), *Especies exóticas invasoras en las Reservas de Biosfera 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, pp. 253-256.
- Rojero, E. 2008. Sierra de Álamos-río Cuchujaquí, en E. Schüttler y C.S. Karez, C.S. (eds.), *Especies exóticas invasoras en las Reservas de Biosfera 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, pp. 248-250.
- Ruiz, G.M., y J. Carlton. 2003. Invasion vectors: A conceptual framework for management, en G.M. Ruiz y J. Carlton (eds.), *Invasive species-vectors and management strategies*. Island Press, pp. 459-499.
- Sánchez Colón, S., A. Flores Martínez, I.A. Cruz-Leyva y A. Velázquez. 2009. Estado y transformación de los ecosistemas terrestres por causas humanas, en *Capital natural de México*, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. Conabio, México, pp. 75-129.
- Sarukhán, J., P. Koleff, J. Carabias, J. Soberón, R. Dirzo, J. Llorente-Bousquets, G. Halffter, R. González, I. March, A. Mohar, S. Anta y J. de la Maza. 2009. *Capital natural de México. Síntesis: Conocimiento actual, evaluación y perspectivas de sustentabilidad*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- Semarnap. 1997. *Programa de Conservación de la Vida Silvestre y Diversificación Productiva en el Sector Rural, 1997-2000*. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca—Instituto Nacional de Ecología.
- Semarnat-Conanp. 2007. *Programa Nacional de Áreas Naturales Protegidas*. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, 2007-2012.
- Shine, C., N. Williams y L. Gündling. 2000. *Guía para la elaboración de marcos jurídicos e institucionales relativos a las especies exóticas invasoras*, UICN, Gland.
- Sifuentes, C. 2008. Maderas del Carmen, en E. Schüttler y C.S. Karez (eds.), *Especies exóticas invasoras en las Reservas de Biosfera 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, pp. 222-224.
- Tovar-Hernández, M.A., T.F. Villalobos, B. Yáñez, J.M. Aguilar e I.D. Ramírez. 2012. Guía de invertebrados acuáticos en Sinaloa. Geomare, A.C.—USFWS—INE—Semarnat, Mazatlán.
- Tu, M. 2009. *Assessing and managing invasive species within protected areas*. Protected Area Quick Guide series. J. Ervin. (ed.), Arlington, The Nature Conservancy.
- UNEP. 2001. Status, impacts and trends of alien species that threaten ecosystems, habitats and species. Note by the Executive Secretary, Subsidiary Body on Scientific, Technical and

- Technological Advice, Convention on Biological Diversity. Montreal, 12-16 de marzo, 2001, UNEP/CBD/SBSTTA/6/INF/11.
- UTEI-Otecbio. 2004. Especies exóticas con el mayor potencial de riesgo para los recursos naturales nativos. Metodología de identificación. Unidad Técnica de Especies Exóticas. Consejo Nacional de Áreas Protegidas-Conap-Oficina Técnica de Biodiversidad-Otecbio-Guatemala, C.A.
- Villanueva, E. de J., y D. Salinas. 2008. Bahías de Huatulco, en E. Schüttler y C.S. Karez (eds.), *Especies exóticas invasoras en las Reservas de Biosfera 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, pp. 187-189.
- Welcomme, R. 1992. A history of international introductions of inland aquatic species ICES. *Mar. Sci. Sympos.* **194**:3-14.
- Zamorano, P., y F. Ursúa. 2008. Sian Ka'an, en E. Schüttler y C.S. Karez (eds.), *Especies exóticas invasoras en las Reservas de Biosfera 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, pp. 244-247.

RECUADRO 1. EXPERIENCIA EXITOSA EN EL CONTROL DE CARRIZO GIGANTE EN EL ÁREA DE PROTECCIÓN DE FLORA Y FAUNA CUATROCIÉNEGAS, COAHUILA

Ivo García Gutiérrez

Cuatrociénegas es el humedal más importante en el desierto Chihuahuense. Se localiza en la porción central del estado de Coahuila. Este humedal es un ecosistema sumamente frágil y representa un sitio de gran importancia para la conservación de la biodiversidad y para el bienestar de la población local. Fue decretado el 7 de noviembre de 1994 como Área de Protección de Flora y Fauna; cuenta además con reconocimiento internacional como parte de la Convención Ramsar, tratado intergubernamental que busca proteger los humedales de mayor importancia mundial, y como una reserva de la biosfera dentro del Programa Hombre y Biosfera de la UNESCO (INE, 2011).

El humedal de Cuatrociénegas es un complejo sistema de numerosos cuerpos de agua conocidos localmente como pozas, las cuales brotan de manantiales; sus diámetros van desde menos de un metro hasta más de 100 m y las profundidades varían desde 50 cm hasta 18 m. Algunas de las pozas están comunicadas natural o artificialmente entre sí por un complicado sistema de drenaje (INE, 1999). En este humedal se desarrollan procesos biológicos esenciales; es el lugar donde habitan diversos organismos acuáticos únicos en el mundo, como son los estromatolitos, comunidades microbiales que forman la base de complejas cadenas alimentarias que dependen de la presencia del humedal. Asimismo, alberga una significativa concentración de biodiversidad, con un total de 1 247 especies, 16 de las cuales están en peligro de extinción, 39 se encuentran amenazadas y 34 tienen el estatus de protección especial (Souza *et al.*, 2006; Lobo, 2009).

Sin embargo, el humedal ha sido alterado por la canalización y el drenado de sus aguas, para ser utilizadas en agricultura desde

hace más de 100 años, propiciando su desecación. Además, la interconexión de las pozas de manera artificial ha favorecido la invasión y dispersión de especies exóticas en las diferentes pozas (INE, 1999).

Una de las especies exóticas invasoras que afectan el humedal de Cuatrociénegas es el carrizo gigante (*Arundo donax*) (Fig. 1). Esta especie, que se propaga principalmente de manera asexual por tallos y rizomas, consume grandes cantidades de agua, lo que contribuye a la desecación del humedal. Flores-Maldonado y colaboradores (2008) mencionan que el carrizo gigante llega a consumir entre tres y 10 veces más agua que las especies nativas, estimando una pérdida de alrededor de 17.3 litros/m²/día para el caso específico de Cuatrociénegas. Invade el ecosistema provocando la modificación en la estructura y composición de las especies en las zonas riparias, desplazando a las especies nativas. Además, esta especie aumenta el riesgo de incendios y la disminución de biodiversidad en el humedal (Bell, 1997).

La Conanp ha desarrollado el "Protocolo para el control y erradicación de carrizo gigante para el Área de Protección de Flora y Fauna Cuatrociénegas"; la aplicación de este protocolo ha resultado un caso exitoso de control del carrizo gigante con la participación de pobladores locales. Los dueños de terrenos donde se localiza el humedal, generalmente personas de escasos recursos económicos, son capacitados por el personal del ANP. Utilizando la educación para la conservación, los pobladores locales conocen la problemática e identifican las maneras en que pueden participar en su solución. A su vez, además de capacitarse en el uso de técnicas para el control y eliminación de carrizo gigante, se les capacita en métodos de prevención, control y erradicación de otras especies invasoras.



Figura 1. *Arundo donax*. Foto archivo Conanp

RECUADRO 1. [concluye]

Para el control del carrizo gigante se implementa un método misceláneo que implica la combinación de varias técnicas. Se inicia con el uso de fuego o la poda de tallos. Posteriormente, de forma manual se realizan la extracción, deshidratación e incineración de rizomas. El seguimiento consiste en visitas mensuales para la extracción manual de rebrotes. Los pobladores locales son coordinados por el personal del ANP para realizar los trabajos de control y monitoreo del avance en la eliminación (Fig. 2).

Este proyecto comenzó en 2007, con un apoyo de Pronatura y The Nature Conservancy. Los resultados obtenidos hasta 2011 mostraron un avance en el control de 78% en poblaciones que ocupaban de 20 a 2 000 m², distribuidas en una superficie total de 2.16 ha. Los resultados positivos se deben al seguimiento en el control a largo plazo, aunado al fomento de la participación social y capacitación mediante actividades de educación para la conservación. Se espera erradicar las poblaciones de carrizo dentro del área natural protegida en los próximos cinco años.

En la actualidad se ha observado un incremento en el volumen de agua en algunas de las pozas, de lo cual se han beneficiado las especies acuáticas nativas que dependen de estos ecosistemas.

REFERENCIAS

- Bell, G.P. 1997. Ecology and management of *Arundo donax*, and approaches to riparian habitat restoration in Southern California, en J.H. Brock, M. Wade, P. Pysek y D. Green (eds.). *Plant Invasion: Studies from North America and Europe*. Leiden, the Netherlands: Backhuys, pp. 104-114.
- Flores Maldonado, JJ., A. Prado Navarro, A.L. Domínguez Orozco, R. Mendoza y A.I. González Martínez. 2008. El carrizo gigante, especie invasora de ecosistemas riparios. *Conabio. Biodiversitas* **81**: 6-10.
- INE. 1999. *Programa de Manejo del Área de Protección de Flora y Fauna Cuatrociénegas*. Instituto Nacional de Ecología. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. México.
- INE. 2011. *Análisis de la variación del nivel de los principales cuerpos de agua de Cuatrociénegas*. Instituto Nacional de Ecología. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Disponible en: <www.ine.gob.mx/coneco-cuatrociénegas> (consultado en junio de 2012).
- Lobo, T. 2009. *Cuatro Ciénegas: La mirada de sus niños*. Proyecto Concentrarte-wwf-Fundación Carlos Slim. Primera edición. México.
- Souza, V., L. Espinosa-Asuar, A. Escalante, L. Eguiarte, J. Farmer, L. Forney, L. Llore, J. Rodríguez-Martí, X. Soberón, R. Dirzo y J. Elser. 2006. An endangered oasis of aquatic microbial biodiversity in the Chihuahuan desert. *Proc. Natl. Acad. Sci.* **103**(17): 6565-6570.



Figura 2. Acciones para el control de *Arundo donax*. Foto archivo Conanp

RECUADRO 2. ATENCIÓN DE ESPECIES EXÓTICAS ACUÁTICAS EN EL ÁREA DE PROTECCIÓN DE FLORA Y FAUNA LAGUNA DE TÉRMINOS, CAMPECHE

José Hernández Nava, Marcos Antonio Sánchez Martínez y Moisés Rosas González

El Área de Protección de Flora y Fauna Laguna de Términos (APFF-LT) es una de las áreas protegidas de gran importancia en el estado de Campeche, que sobresale por su riqueza faunística y extensas áreas de manglar. Cuenta con una amplia zona de pastos marinos y con humedales alimentados por tres de los principales ríos del estado: Palizada, Chumpán y Candelaria, que son fundamentales para dar vida a las principales pesquerías en esta parte del golfo de México. Cabe mencionar que el APFF-LT es un lugar de protección, anidación, alimentación y reproducción de peces tanto de origen marino como dulceacuícola, así como de reptiles, anfibios, insectos y aves (INE, 1997). Integra un complejo de sistemas fluvio-lagunares que son hábitat de una diversa comunidad biótica, donde la macrofauna acuática más importante la constituyen los peces, debido a sus características de abundancia, diversidad y distribución. En la actualidad estos sistemas se han visto seriamente modificados debido a la aparición de tilapias y carpas herbívoras y, más recientemente, del pez diablo (Ayala *et al.*, 2010).

Sin duda, una de las mayores amenazas para la biodiversidad de los ecosistemas existentes en el APFF-LT, principalmente para las pesquerías que se desarrollan en los ríos y lagunas del área protegida, es el pez diablo o pez limpiapesceras. Su introducción, además de considerarse como una de las mayores amenazas para la biodiversidad de los ecosistemas acuáticos continentales del ANP, ha causado un fuerte impacto en las pesquerías de las zonas donde se ha introducido, ya que por sus características físicas provoca severos daños a las artes de pesca y por ende la disminución en la captura de especies utilizadas con fines comerciales; esto se ha reflejado en la producción de la ribera del río Palizada y el complejo lagunar del Pom y Atasta, por su cercanía y comunicación con el río San Pedro, en el límite de los estados de Tabasco y Campeche.

En diversos estudios realizados en el APFF-LT se ha identificado que los peces diablo pertenecen a las especies *Pterygoplichthys pardalis* y *P. disjunctivus*, las cuales reflejan una acelerada invasión de los ecosistemas del ANP (Ayala *et al.*, 2010; Amador-del Ángel *et al.*, 2010a). Asimismo y de acuerdo con un estudio realizado por Amador-del Ángel y colaboradores (2010b), 86% de los pescadores de las comunidades del río Palizada que fueron entrevistados reportaron que las capturas de otras especies de valor comercial han decaído. Esto lo han atribuido a la aparición en 2007 de los peces diablo (*P. pardalis* y *P. disjunctivus*), mismos que encontraron las condiciones óptimas para su desarrollo y se distribuyeron a lo largo del río y lagunas adyacentes, donde se han convertido en una verdadera plaga. Los pescadores comentan que de la captura obtenida, 75% corresponde a especies invasoras [50% pez diablo y 25% tilapia (*Oreochromis niloticus*), carpa herbívora (*Ctenophary-*

godon idella) y mojarra pinta (*Parachromis managuensis*)] y sólo el 25% restante corresponde a especies nativas.

Por tal motivo, en la estrategia integral de conservación del APFF-LT, y con el apoyo de la Universidad Autónoma del Carmen, se pretende tener el sustento técnico que permita establecer recomendaciones que tengan como objetivo controlar las poblaciones de peces diablo. Las actividades para lograr este fin son la evaluación de parámetros poblacionales como crecimiento, mortalidad y biomasa, así como de las concentraciones de metales pesados en carne y gónadas. Se plantea además fomentar su aprovechamiento mediante la elaboración de harinas para abono o para consumo animal, mediante la conformación de microindustrias familiares.

Lo anterior permitirá contribuir a disminuir parte de los impactos sobre los ecosistemas y con ello a la recuperación de las especies nativas en las zonas donde actualmente se encuentra distribuida esta especie invasora. Como parte de la estrategia se incluyen acciones de monitoreo a fin de evaluar la recuperación de las poblaciones de especies nativas de peces mediante la aplicación de metodologías científicas de muestreo y encuestas a los pescadores de la ribera del río Palizada. Actualmente el pez diablo se utiliza en la zona como carnada para la captura de langostinos (*Macrobrachium acanthurus* y *M. carcinus*) (Amador-del Ángel *et al.*, 2010a). Asimismo, la invasión del pez diablo requiere acciones inmediatas, pues además de los impactos económicos es evidente el daño en el ecosistema ribereño de la laguna de Términos.

Desde 2003 el personal del ANP inició proyectos de repoblación de cuerpos de agua con especies nativas y en 2004 se puso en marcha un estudio para instrumentar un centro reproductor de especies nativas, como medio para fortalecer la estrategia de acuicultura sustentable mediante la restauración, manejo y aprovechamiento del pejelagarto (*Atractosteus tropicus*) y de las mojarra castarrica (*Cichlasoma urophthalmus*), tenhuayaca (*Petenia splendida*) y paleta (*C. synspilum*) en los cuerpos de agua de la laguna de Términos. El estudio de prefactibilidad del centro reproductor fue elaborado por investigadores de la Universidad Autónoma Juárez de Tabasco (Semarnat, 2008).

Posteriormente se estableció la Sociedad de Producción Pesquera y Acuicola de Bienes y Servicios Ribera Gómez, S.C. de R.L. El proceso de integración de la sociedad se apoyó con financiamiento del Programa de Conservación para el Desarrollo Sostenible (Procodes) de la Conanp en 2004, 2005 y 2006. Sin embargo, no es sino hasta 2007 cuando se inaugura formalmente el Centro Reproductor de Especies Nativas, que actualmente ha canalizado el esfuerzo a la producción de pejelagarto, debido a la alta demanda que se ha generado en las comunidades aledañas. Trabajar con

RECUADRO 2. [concluye]

especies dulceacuícolas ha requerido gran dedicación y voluntad, tanto de los grupos de trabajo de las comunidades como de los técnicos del área protegida, ya que no existen muchas líneas de trabajo establecidas en este ámbito (Semarnat, 2008).

REFERENCIAS

Amador-del Ángel, L.E., E. Endañu-Huerta, E. A. Mendoza-Gutiérrez, E. Guevara-Carrión, R. Brito-Pérez y A.T. Wakida-Kusunoki. 2010a. Análisis socioeconómico de los pescadores del Río Palizada, Campeche y su apreciación sobre el impacto a su actividad por las especies invasoras. I Reunión Nacional de Innovación Acuícola y Pesquera Campeche, Camp. 2010 Memoria. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.

Amador-del Ángel, L.E., A.T. Wakida-Kusunoki, E. Guevara-Carrión y R. Brito-Pérez. 2010b. Establecimiento de los plecos *Pterygoplichthys pardalis* y *P. disjunctivus* en el área natural protegida Laguna de Términos, Campeche. I Reunión Nacional de Innovación Acuícola y Pesquera Campeche, Camp. 2010 Memoria. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.

Ayala, P.L., P.A.D. Pineda; G.H. Álvarez, U.I.H. Salgado. 2010. El pez diablo en los sistemas Fluvio-Lagunares de la Laguna de Términos. I Reunión Nacional de Innovación Acuícola y Pesquera Campeche, Camp. 2010 Memoria. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.

INE. 1997. Programa de Manejo del Áreas de Protección de Flora y Fauna Laguna de Términos. Instituto Nacional de Ecología. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, México.

Semarnat. 2008. *Logros 2008*, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Disponible en: <www.conanp.gob.mx>.

RECUADRO 3. INVASIÓN, REACCIÓN Y ACCIÓN. LA CRÓNICA DE LA INVASIÓN DEL PEZ LEÓN (*PTEROIS* SPP.) EN EL CARIBE MEXICANO

Abelardo Brito Bermúdez, Cristopher A. González Baca y Francisco Ricardo Gómez Lozano

El pez león (*Pterois volitans* y *P. miles*), originario del océano Indo-Pacífico, es una especie exótica invasora en el Atlántico, muy exitosa debido a su alta eficiencia como depredador y por poseer mecanismos de defensa mediante espinas venenosas, color llamativo y comportamiento osado, altas tasas de reproducción y rápido crecimiento corporal, así como escasez de parásitos o enfermedades. Su invasión ha significado una de las mayores amenazas en la historia de los arrecifes coralinos del Atlántico (Morris *et al.*, 2008). Esta especie ha invadido rápidamente de 2009 a 2012 áreas muy extensas, desde la costa sureste de Estados Unidos, diversos sitios del golfo de México y la mayor parte del Caribe hasta Sudamérica. Considerando su dieta y preferencias de hábitat, el pez león tiene la capacidad de afectar la estructura y funcionalidad de las comunidades arrecifales de los sitios donde se establece.

Debido a lo anterior, la erradicación del pez león es poco probable, por lo que los esfuerzos de control son esenciales para mitigar los efectos negativos de esta especie exótica invasora sobre los recursos pesqueros nacionales, de por sí mermados por la pesca local. Un estudio realizado por Valdez-Moreno y colaboradores (2010) en Quintana Roo señaló que en muestras de contenido estomacal de pez león 74.4% correspondía a varias familias de peces de la región y 25.6% a crustáceos.

En enero de 2009 se tuvo el primer registro de pez león en la zona arrecifal Jardines de Palancar, dentro del Parque Nacional Arrecifes de Cozumel, en el Caribe mexicano. Posteriormente se registraron nuevas evidencias en siete ANP marinas a lo largo de la Región Península de Yucatán y Caribe Mexicano y en 2011 en la Región Planicie Costera del Golfo de México (cuadro 1).

A partir del primer avistamiento de pez león en México, la Conanp elaboró una ficha técnica con la descripción biológica de esta especie para su difusión en las costas susceptibles de ser invadidas, incluyendo las ANP de la región mencionadas. Asimismo, se contactó a investigadores y especialistas del Caribe para conocer los métodos que hasta ese momento se conocían para enfrentar la invasión del pez león.

En julio de 2009, por medio de la dirección de la Región Península de Yucatán y Caribe Mexicano y con el apoyo de la Dirección de Especies Prioritarias para la Conservación de la Conanp, se organizó el “Primer Taller Regional para la Estrategia de Control y Manejo del Pez León para el Caribe Mexicano y Golfo de México”. Al taller asistieron representantes de las ANP de la región, así como representantes de organizaciones civiles y comisionados de los sectores de protección civil y salud, cooperativas pesqueras, prestadores de servicios turísticos, medios de comunicación y comunidad en general; en esta reunión se creó el “Sistema de alerta temprana y control del pez león”. En el taller también se concertaron las metodologías posibles para el control y establecimiento de centros de acopio de peces capturados, y los acuerdos con instituciones académicas para la generación de información que permitiera la mejora de los programas de control, así como informar periódicamente a la población local y autoridades sobre esta amenaza. Los objetivos principales de este sistema fueron: 1] informar a la comunidad sobre la amenaza que representa esta especie y la importancia de su atención, y 2] controlar las poblaciones de pez león para mitigar el impacto sobre los ecosistemas marinos utilizando diversos métodos de control, entre ellos su posible aprovechamiento.

Cuadro 1. Áreas naturales protegidas en las que se ha registrado la presencia de *Pterois* spp.

Área natural protegida	Fecha de primer registro
Parque Nacional Arrecifes de Cozumel	enero 2009
Parque Nacional Costa Occidental de Isla Mujeres, Punta Nizuc y Punta Cancún	febrero 2009
Parque Nacional Isla Contoy	febrero 2009
Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an	abril 2009
Parque Nacional Tulum	abril 2009
Parque Nacional Arrecifes de Puerto Morelos	mayo 2009
Reserva de la Biosfera Banco Chinchorro y Parque Nacional Arrecifes de X'calak	julio 2009
Parque Nacional Arrecife Alacranes	diciembre 2009
Reserva de la Biosfera Ría Lagartos	julio 2010
Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano	diciembre 2011
Parque Nacional Sistema Arrecifal Lobos-Tuxpan	mayo 2012

RECUADRO 3. [continúa]

De manera paralela, se solicitó a la Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca (Conapesca) la anuencia para la captura y comercialización del pez león con criterios establecidos por dicha institución, lo que permitió su captura en la categoría de pesca incidental. Después de casi un año de operar el sistema de alerta temprana y control del pez león se establecieron estrategias específicas que consideraron diferentes escalas, tanto temporales (corto, mediano y largo plazos) como geográficas (local, nacional e internacional).

En el ámbito internacional, durante la asamblea general de la Iniciativa Internacional para los Arrecifes Coralinos en 2010, se creó un comité *ad hoc* para atender la invasión del pez león. La primera actividad de coordinación con el comité fue la organización del taller “Estrategia regional para la atención del pez león, Cancún, México”, en agosto de 2010, donde se reunieron representantes de 20 países responsables de áreas marinas protegidas del Gran Caribe, así como funcionarios de pesca, autoridades responsables de la gestión de recursos, científicos, organizaciones civiles, académicos y jefes de proyectos regionales. En el taller se trataron los siguientes temas: situación de la invasión, estrategias de control, casos exitosos, desafíos, recursos y necesidades. Como resultado se produjo un documento en el que se definieron seis enfoques o líneas estratégicas para el Caribe: 1] educación y alcances; 2] control; 3] políticas y regulaciones; 4] colaboraciones; 5] necesidades de recursos, y 6] investigación. A partir de estos resultados, un grupo de expertos elaboró un manual de buenas prácticas denominado “Mejores estrategias y prácticas para el control del pez león: una guía para manejadores” (en prensa). La meta es que este documento se distribuya a lo largo de la costa del Atlántico y sea de utilidad para afrontar la invasión, aprovechando la experiencia de otros sitios.

En el ámbito nacional se mantuvieron las acciones de control por medio de la Conanp y sectores aliados, donde cada ANP rea-

lizó diversas actividades (difusión de la problemática, torneos de pesca, apoyo a proyectos de investigación, entre otras) dependiendo de factores como el grado de invasión y los recursos disponibles (cuadro 2).

En septiembre de 2011 se organizó en Cancún el “Segundo Taller Regional para La Estrategia de Control y Manejo del Pez León para el Caribe Mexicano y Golfo de México”; el objetivo del taller fue generar una estrategia local para México, derivada de la estrategia internacional. En esta reunión participó personal de las ANP marinas de la Región Península de Yucatán y Caribe Mexicano. En la estrategia se identificaron seis líneas estratégicas, descritas a continuación:

1. Control

Estrategia enfocada al fomento de la captura del pez león, debido a que ésta es la acción con mayores impactos sobre sus poblaciones, mediante actividades como torneos de pesca, esquemas de captura por voluntarios, equipamiento para ANP y aliados, incluyendo arpones, redes y guantes a pescadores, prestadores de servicios turísticos y voluntarios. Se han implementado programas de empleo temporal dentro de las ANP en la modalidad de “control de especies invasoras”.

La realización de torneos de pesca del pez león es cada vez más frecuente en diversas regiones y tienen la finalidad de incrementar las capturas en periodos cortos y en sitios donde el esfuerzo de captura es mínimo; estos torneos han sido eficaces para dar a conocer los esfuerzos y el compromiso de distintas organizaciones y de la ciudadanía.

2. Participación

Dado que el pez león puede tener un impacto negativo en sectores económicos como las pesquerías y el turismo, que son la base de la economía de las comunidades costeras, es indispensable ha-

Cuadro 2. Actividades del programa de control de pez león realizadas en la Región Península de Yucatán y Caribe Mexicano por área natural protegida

ANP*	Capacitación	Difusión	Torneos de pesca	Campañas de captura	Consumo y degustación	Apoyos comunitarios	Monitoreo e investigación
RBBCH	X	X	X	X	X	X	X
RBSK	X	X	X	X	X	X	X
PNAA	X	X	X	X	X	X	X
PNAPM	X	X	X	X	X	X	X
PNAC	X	X	X	X	X	X	X
PNAX	X	X	X	X	X	X	X
PNT	X	X		X	X	X	
PNCN	X	X		X	X		X
PNIC	X	X		X	X		X

*ANP: Área Natural Protegida; RBBCH: Reserva de la Biosfera Banco Chinchorro; RBSK: Reserva de la Biosfera Sian Ka'an; PNAA: Parque Nacional Arrecife Alacranes; PNAPM: Parque Nacional Arrecifes de Puerto Morelos; PNAC: Parque Nacional Arrecifes de Cozumel; PNAX: Parque Nacional Arrecifes de Xcalak; PNT: Parque Nacional Tulum; PNCN: Parque Nacional Costa Occidental de Isla Mujeres, Punta Cancún y Punta Nizuc; PNIC: Parque Nacional Isla Contoy.

RECUADRO 3. [continúa]

cer participe a la comunidad. Para ello se propuso la generación de esquemas de colaboración corresponsable. Entre los logros de esta estrategia se encuentra la organización de un comité municipal de atención al pez león en Cozumel, así como acuerdos y convenios particulares en toda la región con prestadores de servicios turísticos, pescadores, sociedad civil y sectores empresariales, en los que cada sector participa de acuerdo con sus capacidades.

3. Cultura

Para abordar efectivamente este tema se consideró identificar a grupos afectados, mensajes y medios de comunicación clave, adecuar acciones de cultura de acuerdo con la comunidad y garantizar que la información llegue a la mayor parte de ésta. Se implementan mecanismos mediáticos de información dirigidos a toda la población en medios de comunicación masiva de alcance local, nacional e internacional, *spots* de radio y televisión, carteles, canciones y conferencias.

4. Consumo

El pez león es una amenaza para los ecosistemas marinos y la economía de las regiones invadidas; sin embargo, también puede ser aprovechado económicamente, ya que su carne contiene un alto nivel proteico y es una excelente fuente de ácidos grasos poliinsaturados (Ferguson y Akins, 2010). Se ha promovido en gran medida el consumo de este pez por medio de recetarios, muestras gastronómicas para diversos sectores, como el restaurantero y hotelero, entre otros. En esta línea estratégica se han enfocado la mayoría de los esfuerzos, ya que el lograr una demanda de pez león en el mercado de consumo humano permitirá su control y, al mismo tiempo, reducirá la presión sobre otras especies de importancia pesquera. No obstante, cabe resaltar que existe cierto riesgo en su consumo por la presencia de ciguaterotoxina.

5. Monitoreo e investigación

Desde el año 2009 se ha buscado promover la investigación científica que permita conocer el impacto de esta especie y tomar decisiones de manera acertada para su control. Se han realizado acuerdos de colaboración con diversos centros de investigación

científica tanto regionales como internacionales. Estas investigaciones han producido información acerca de la distribución y crecimiento poblacional, densidades y especies nativas susceptibles de depredación (por ejemplo, Arias-González *et al.*, 2011; Santander-Monsalvo *et al.*, 2011; Valdez-Moreno *et al.*, 2010; Vázquez-Yeomans *et al.*, 2011).

PERSPECTIVAS

La invasión del pez león en el Atlántico-Caribe ha sido una de las más exitosas en el planeta, a la cual se ha destinado para combatirla una gran cantidad de recursos provenientes de diversas organizaciones. Todos estos esfuerzos y estrategias han comenzado a rendir frutos. El pez león ha puesto a prueba la capacidad de reacción y acción de muchos actores involucrados (cuadro 3) y, afortunadamente, ahora una proporción importante de la comunidad conoce la problemática y se han logrado resultados evidentes en la mayoría de los sitios en los que se han hecho esfuerzos para su control. Además, existen estrategias probadas que ayudan a mitigar su impacto y que pueden adoptarse en sitios donde aún no es grave la invasión.

Sin embargo, la invasión de esta especie en el Caribe es un proceso en el cual aún hay mucho trabajo por delante. Se debe considerar la invasión del pez león como un caso para la obtención de conocimiento que permita mejorar la toma de decisiones y un mejor entendimiento sobre invasiones biológicas; perfeccionar la coordinación entre diversos sectores y con la sociedad en la implementación de acciones para evitar futuras invasiones y el desarrollo y progreso de capacidades científicas y técnicas para el adecuado manejo de esta y otras especies invasoras.

REFERENCIAS

Arias-González, J.E., G.C. González, J.L. Cabrera y V. Christense. 2011. Predicted impact of the invasive lionfish *Pterois volitans* on the food web of a Caribbean coral reef. *Environmental Research* 11(7): 917-925.

Cuadro 3. Actores involucrados en las acciones de manejo del pez león en el Caribe mexicano

Socios	Aportación
Empresas y cámaras comerciales (ej., Canirac, Coparmex, asociaciones de hoteles)	Elaboración de platillos, muestras gastronómicas, apoyo logístico, puntos de venta de platillos
Sociedades cooperativas pesqueras y pescadores libres	Captura, comercialización (nacional e internacional)
Organizaciones de la sociedad civil, nacionales e internacionales (ej., The Nature Conservancy, CORAL, G.I. de Cozumel)	Financiamiento, difusión
Instituciones de gobierno (ej., Conapesca y ayuntamientos municipales)	Gestión (anuencia para pesca), apoyo logístico, financiamiento, difusión
Universidades y centros de investigación nacionales e internacionales (ej., Ecosur, CICY y NOAA)	Investigaciones en varios temas y servicios sociales
Prestadores de servicios turísticos y comunidad en general	Participación en eventos, apoyo logístico, captura, consumo

RECUADRO 3. [concluye]

- Ferguson, T., y L. Akins. 2010. *The lionfish cookbook*. The Caribbean's new delicacy. Reef Environmental Education Foundation REEF.
- Morris, J.A., J.L. Akins, A. Barse, D. Cerino, D.W. Freshwater, S.J. Green, R.C. Muñoz, C. Paris y P.E. Whitfield. 2008. Biology and Ecology of the Invasive Lionfishes, *Pterois miles* and *Pterois volitans*. 61st Gulf and Caribbean Fisheries Institute. November 10-14.
- Santander-Monsalvo, J., M.D. Mapel-Hernández, M. del P. Gonzáles-Barroso y O.O. Rivera Garibay. 2011. El pez león (*Pterois miles* y *Pterois volitans*) y su invasión en el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano, Póster presentado al VI congreso mexicano de arrecifes de coral. Ensenada Baja California, México.
- Valdez-Moreno, M., Y.L. Vázquez, G.M. Elías, N.V. Ivanova y P.D.N. Hebert. 2010. Using DNA barcodes to connect adults and early life stages of marine fishes from the Yucatan Peninsula, Mexico: Potential in fisheries management. *Marine and Freshwater Research*. **61**: 665-671.
- Vázquez-Yeomans, L., L. Carrillo, S. Morales, E. Malca, J. Morris, T. Schultz y J. Lamkin. 2011. First larval record of *Pterois volitans* (Pisces: Scorpionidae) collected from the ichthyoplankton in the Atlantic. *Biological invasions* **13**: 2635-2640. DOI:10.1007/s10530-011-9968-z.
- Welcomme, R. 1992. A history of international introductions of inland aquatic species ICES. *Mar. Sci. Sympos.* 194: 3-14.