

Uno de los aspectos más urgentes que debe atender la conservación de la riqueza natural de nuestro país es la restauración de aquellos ecosistemas que, en mayor o menor medida, ya se encuentran alterados y que en México representan mucho más que la mitad del territorio nacional. Una larga historia de modificaciones, frecuentemente severas, de muchos tipos de ecosistemas terrestres y acuáticos, ha acompañado la compleja evolución de nuestra Nación hasta su estado actual, con todas las contradicciones que el crecimiento económico implica desde las perspectivas ecológica, social y económica.

Por fortuna, hoy se conocen un poco mejor muchos de los factores sociales y económicos que toman parte en los procesos de degradación y de recuperación de ecosistemas. Este saber tiene el potencial para construir relaciones más estables entre el desarrollo humano y la conservación, una vez que asumamos en los hechos que las sociedades humanas no han sido ni son espectadores o actores externos, sino partes actantes dentro de los ecosistemas.

Aunque no existe un recetario para la restauración ecológica hay, en cambio, una serie de fundamentos que, articulados de manera inteligente en la práctica, pueden contribuir a atenuar los daños causados a distintos ecosistemas. Probablemente nunca podremos recuperar la condición prístina de cada uno de ellos, pero sí podremos devolver a zonas actualmente inservibles una proporción significativa de su composición, estructura y funciones originales, de suerte que buena parte de su riqueza y productividad se recuperen y que, con ello, los servicios y bienes ambientales que demandamos puedan estar disponibles por más tiempo.

A lo largo de este libro (el cuarto de una serie iniciada en 1999 con distintos temas de conservación, principalmente orientados hacia los contextos mexicano y latinoamericano), un grupo de especialistas aporta sus opiniones y analiza conceptos, métodos y técnicas. Es una obra indispensable para que profesionales del área y también el público en general interesado en estos temas encuentren conocimientos y referencias útiles a través de estudios de caso, que incrementen y actualicen sus propios conocimientos sobre la recuperación de ecosistemas.



Temas sobre restauración ecológica

Óscar Sánchez, Eduardo Peters, Roberto Márquez-Huitzil, Ernesto Vega,
Gloria Portales, Manuel Valdez y Danae Azuara (editores)

Temas sobre restauración ecológica

Óscar Sánchez, Eduardo Peters,
Roberto Márquez-Huitzil, Ernesto Vega,
Gloria Portales, Manuel Valdez
y Danae Azuara (editores)

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
Instituto Nacional de Ecología
U.S. Fish and Wildlife Service
Unidos para la Conservación A.C.

Óscar Sánchez, Eduardo Peters,
Roberto Márquez-Huitzil,
Ernesto Vega, Gloria Portales,
Manuel Valdez y Danae Azuara
(EDITORES)

Temas *sobre* restauración ecológica

DIPLOMADO EN RESTAURACIÓN ECOLÓGICA

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
Instituto Nacional de Ecología
U.S. Fish & Wildlife Service
Unidos para la Conservación, A.C.

El control y la erradicación de fauna introducida como instrumento de restauración ambiental: historia, retos y avances en México

Alfonso Aguirre Muñoz, Araceli Samaniego Herrera,*
César García Gutiérrez,* Luciana Magnolia Luna Mendoza,*
Marlenne Rodríguez Malagón* y Francisco Casillas Figueroa**

Introducción

Este capítulo expone el marco conceptual y una breve revisión histórica de los patrones de introducción de especies animales, desde los inicios de la humanidad hasta la actualidad. Se analizan los principales impactos de la fauna introducida, se describen las técnicas disponibles para su control y erradicación, y se revisa el marco legal para su aplicación en México. También se expone un ejemplo de restauración ecológica, vía la erradicación de animales, ilustrado con el trabajo realizado en las islas del noroeste mexicano, donde se centra la experiencia práctica de los autores en investigación y conservación ambiental.

A lo largo de todo el proceso de evolución, las barreras naturales han jugado un papel limitante respecto de la distribución de las especies y los ecosistemas. Tales barreras, como océanos, ríos, montañas y desiertos, han llevado a las especies propias de cada sitio a coevolucionar en distintos grados de aislamiento, y por lo tanto, a estar en contacto con cierto tipo de especies. Las islas son los ecosistemas terrestres

más aislados, por lo que en ellas ha evolucionado una biota única, en general separada de la continental. La humanidad, en unos cuantos siglos, ha movido gran cantidad de especies a través de todas estas barreras geográficas mayores. Por su historia evolutiva existen algunas especies nativas que han podido tolerar a los intrusos. Sin embargo, en un porcentaje elevado las especies nativas se han visto repentinamente enfrentadas a competidores y/o depredadores para cuya confrontación no están preparadas. Los mecanismos de defensa de las especies (de comportamiento, mecánicos o bioquímicos) son a veces limitados, insuficientes e incluso pueden estar completamente ausentes para enfrentar a las especies introducidas por el hombre (Primack, 2002).

De forma natural las especies han invadido o colonizado hábitats nuevos a lo largo de su historia, pero la amplitud del proceso de movilización de especies por parte de los seres humanos no tiene precedente a escala geológica. La diferencia entre las dispersiones o invasiones naturales y las introducciones que ha realizado el hombre, intencional y accidentalmente, es enorme, más aún en los últimos siglos, desde el descubrimiento de América. El término introducción significa que la especie ha sido transportada por seres humanos a través de barreras geográficas mayores, y aunque no todas son exitosas para los recién llegados,

* Grupo de Ecología y Conservación de Islas, A. C., Ave. López Mateos 1590-3, Ensenada, B. C., 22880. Correo electrónico: aaguirre@islandconservation.org.

el número actual de especies introducidas establecidas sobrepasa con mucho la tasa natural de invasión. En 1958, Elton ya se refería a este transporte indiscriminado como una de las mayores conmociones históricas de la flora y la fauna mundiales.

Para describir las especies introducidas por el hombre, se han usado indistintamente varios conceptos: invasoras, introducidas, exóticas, no nativas, no indígenas, entre otros. El común denominador es que todos se refieren a especies que se encuentran fuera de su área de distribución natural, hablando en tiempo ecológico. En México esta definición aplica oficialmente para el concepto de especie introducida o exótica (*Diario Oficial de la Federación* 2000). Por su parte, la SEMARNAT (2001) define a una especie invasora como “aquella que alcanza un tamaño poblacional capaz de desplazar o eliminar a otras especies dentro de un hábitat o ecosistema, alterando la estructura, composición y funcionalidad de éste. Las especies invasoras pueden ser introducidas o nativas”. Sin embargo, en el ámbito más amplio de la biología en idioma español no se ha llegado a un consenso respecto al uso de estos términos y conceptos, así que las definiciones pueden variar dependiendo del autor. La Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) realizó un análisis detallado de los nombres y calificativos usados en inglés, y propone una estandarización de conceptos para mejorar los marcos legales relacionados con el manejo y control de estas especies (Shine *et al.*, 2000). Aquí, usamos el término introducidas para referirnos a las especies que se encuentran fuera de su distribución natural y que fueron transportadas por el hombre, ya sea intencional o accidentalmente.

Resumen histórico sobre la introducción de animales

De los primeros pobladores a los conquistadores

Desde los inicios de la domesticación de especies, la humanidad ha llevado flora y fauna a cada lugar nuevo donde se ha instalado. Conforme las civilizaciones se desarrollaron y dispersaron, su número fue creciendo. Las introducciones intencionales tenían que ver con propósitos de aprovechamiento y ornamentales, en

tanto que las accidentales incluían insectos y roedores, principalmente transportados junto con productos agrícolas. Sin embargo, fue a partir del siglo XVI, con la conquista de América, que la tasa de introducciones se disparó en cuanto a número de especies, número de individuos y lejanía de las poblaciones originales (Primack, 2002). Vertebrados pequeños y grandes fueron transportados en barcos con diversas finalidades, desde asegurar carne fresca a los navegantes en tránsito hasta intentos por abastecer a la industria textil y otras. Al mismo tiempo, los barcos también fueron y siguen siendo una de las principales vías de introducción accidental de insectos y roedores (O'Connor y Eason, 2000). De esta manera, la mayoría de las introducciones de mamíferos han ocurrido en el periodo posterior a la colonización europea (Shine *et al.*, 2000; Blackburn *et al.*, 2004). Por ejemplo, se ha reportado que las cabras domésticas estaban incluidas en las bitácoras de la mayoría de los exploradores españoles y portugueses de los siglos XV y XVI. Ellos fueron los responsables de numerosas introducciones al nuevo continente y a algunas de las islas del Pacífico. Lo mismo ocurrió con Robert Cook y con diversos cazadores de mamíferos marinos durante el siglo XIX y aún el XX (Lever, 1985; Parkes *et al.*, 1996). Blackburn *et al.*, (2004) mostraron que la extinción de aves endémicas de las islas oceánicas del mundo está correlacionada estadísticamente con el número de especies de mamíferos depredadores introducidos después de la colonización europea.

Situación actual

Las actuales políticas de globalización y los modernos estilos de vida promueven el movimiento e introducción de muchas especies (Shine *et al.*, 2000). En un mundo donde la travesía aérea entre continentes dura sólo unas horas y donde barcos inmensos viajan diariamente, el comercio, el transporte y el turismo internacional incrementan el flujo no sólo de dinero y de personas, sino también de especies domésticas y silvestres. Aunque las introducciones intencionales no controladas han disminuido en las últimas tres décadas, siguen siendo comunes las introducciones controladas, relacionadas con ganadería, agricultura, acuicultura, caza y pesca deportiva, paisajismo, control biológico, bioterios y zoológicos. Según la

revisión mundial de Welcomme (1988) de especies introducidas en aguas continentales, 41.2% de los casos lo fueron con fines de acuicultura, 16.0% para la pesca deportiva, 13.7% para el mejoramiento del recurso pesquero, 10.8% para fines ornamentales, 6.8% para control biológico y 11.5% accidentales. En México la ictiofauna (peces) dulceacuícola está representada por 506 especies. Mientras que en 1901-1903 se habían registrado tres especies exóticas en el país, estas introducciones se han acumulado hasta alcanzar 55 en 1984 y 90 en 1997. La normatividad que rige las citadas actividades es aún muy limitada, a lo que debe sumársele la falta de conciencia general sobre los posibles impactos y una escasa aplicación de la ley, lo que provoca frecuentes “escapes” de las áreas donde se planeaba confinar a la especie introducida. Al mismo tiempo, numerosas introducciones controladas han estado acompañadas de introducciones accidentales, sobre todo de mamíferos pequeños, insectos, enfermedades y parásitos.

Cabe señalar que no solamente debe atenderse el caso de especies traídas de otros continentes sino que, incluso especies extraídas de una región de un país dado, resultarán exóticas al llevarse a otra región biogeográfica distinta dentro de éste y, eventualmente, pueden llegar a tener efectos tan perjudiciales como las especies importadas desde sitios a miles de kilómetros a través del océano (Ó. Sánchez, comunicación personal, 2005).

Los impactos de la fauna introducida

Los impactos biológicos y ecológicos

La fauna introducida en diferentes regiones del planeta representa una de las mayores amenazas para la conservación de especies, hábitats y procesos ecológicos. Czech y Krausmann (1997) señalan a los efectos de las especies introducidas como la causa primordial de amenaza para las especies nativas de los Estados Unidos de América. Los mamíferos introducidos representan una de las causas principales de las extirpaciones y extinciones de aves alrededor del mundo, y cada nueva introducción ha incrementado el número de especies hoy perdidas (Blackburn *et al.*, 2004). Los impactos más evidentes y estudiados globalmente

son los generados por los mamíferos introducidos sobre las poblaciones de aves y mamíferos nativos. Sin embargo, universalmente se ha señalado que la fauna introducida en general es responsable de un elevadísimo número de extinciones y de muchos otros catastróficos daños ambientales, de manera exacerbada en islas (Wilson *et al.*, 1992; Primack, 2002; Veitch y Clout; 2002, Bolen y Robinson, 2003; Courchamp *et al.*, 2003). Esto es consecuencia de la depredación, la competencia, la alteración del hábitat, el sobrepastoreo y los daños al suelo que efectúa la fauna introducida. Mooney y Hobbs (2000), Van Driesche y Van Driesche (2000) y Todd (2001) analizan extensamente los impactos directos de las especies introducidas a una escala global.

Además de los impactos directos, las especies introducidas acarrear numerosos efectos indirectos que pueden ocasionar cambios dramáticos en las comunidades y en los ecosistemas, siendo los más comunes la introducción de semillas, propágulos, enfermedades, endo y ectoparásitos y desequilibrio en las redes tróficas. Los impactos indirectos han sido menos estudiados, pero las pocas investigaciones detalladas han encontrado efectos severos. Por ejemplo, la introducción del ratón casero (*Mus musculus*) en las islas Farallón, en California, elevó indirectamente la depredación de una especie de petrel que se encuentra amenazada. El ratón no depreda aves ni huevos ni compite por alimento con estas aves, pero su abundante población en el otoño ha provocado que durante los últimos años algunos búhos migratorios se queden en la isla en lugar de continuar su jornada habitual, alimentándose de los ratones introducidos. En el invierno, cuando los ratones se vuelven escasos por el clima y la falta de alimento, los búhos que interrumpieron su migración se alimentan entonces de los petreles que llegan a anidar en esa época (Howald *et al.*, 2003). Los frágiles y complejos equilibrios, desarrollados a lo largo de millones de años, son alterados en forma rápida y drástica por las especies introducidas.

Los impactos económicos y sociales

Pimentel *et al.* (2000) calcularon para seis países las pérdidas anuales (en dólares americanos) debidas a

especies introducidas: US\$ 137 mil millones, África del Sur, 7 mil millones; Reino Unido, 12 mil millones; Brasil, 50 millones e India, 117 mil millones. En un reporte oficial de 1993, el Congreso de los EE.UU. estimó que el costo de las especies introducidas para ese país, incluyendo el control y las pérdidas ocasionadas, varía entre cientos de millones y miles de millones de dólares cada año (Simberloff, 1996). En Australia, las pérdidas económicas atribuidas a las cabras ferales suman 25 millones de dólares al año (Parkes *et al.*, 1996). Simberloff (1996) menciona que los costos económicos y de salud humana de patógenos y parásitos introducidos nunca han sido bien estimados, pero deben ser enormes. Describe el ejemplo reciente del mosquito tigre, introducido en los años ochenta de Japón a los EE.UU. Este mosquito ataca más hospederos que ninguna otra especie (incluyendo reptiles, aves y mamíferos), y puede transmitir diversas enfermedades entre las que se cuentan la encefalitis, la fiebre amarilla y el dengue. En México no existen estimaciones generales de pérdidas económicas en este rubro.

La prevención, el control y la erradicación de fauna introducida

La prevención

Actualmente se reconoce que una de las mejores acciones para enfrentar el gravísimo problema de la introducción de especies es la prevención. Esta acción es más costeable, económica y ambientalmente amigable, que cualquier medida de remediación aplicada para combatir una introducción (Shine *et al.*, 2000). A pesar de que los daños ya son severos, debemos crear, promover y aplicar medidas internacionales para prevenir la introducción de nuevas especies, o reintroducción en los casos poserradicaciones. Las acciones preventivas son diferentes si se trata de introducciones intencionales o accidentales. Las primeras pueden prevenirse mediante prohibiciones totales, parciales o condicionadas. La previsión de introducciones accidentales debe identificar a los principales vectores y establecer sistemas de revisiones y cuarentenas. Por último, pero igualmente importante, la educación ambiental de todos los sectores —educación básica, opinión pública, academia, gobiernos y comunidades

locales— de la sociedad es un requisito indispensable para que cualquier regulación formal funcione. Esto es particularmente cierto para los países menos desarrollados, donde la normatividad a este respecto es pobre y los recursos para vigilancia son escasos.

¿Control o erradicación?

Dada la crisis por la que atraviesa la biodiversidad actual, las acciones de conservación son indispensables pero, en muchos casos, insuficientes debido al nivel de deterioro. La restauración ecológica se ha reconocido como un deber, en casos en los cuales los ecosistemas se encuentran sumamente alterados. Entre los diversos instrumentos para la restauración ecológica están el control y la erradicación de especies animales introducidas. El control implica mantener a la población problema con baja abundancia, a través de un esfuerzo constante y sostenido a largo plazo. La erradicación busca la eliminación total de la población y concentra el esfuerzo en un período definido. Sin embargo, después de una erradicación, lo ideal es implementar programas permanentes enfocados a prevenir reintroducciones. Así, los programas tanto de control como de erradicación deben seguir cuatro fases esenciales: 1) definición del problema, 2) elaboración del programa, 3) implementación del programa, 4) evaluación y monitoreo. Debido a que muchas especies introducidas suelen dispersarse rápidamente, la erradicación sólo es económica y ecológicamente viable en ciertas situaciones, como en el caso de introducciones recientes. El caso de las islas, que se discute más adelante, representa una excelente oportunidad para efectuar erradicaciones de especies introducidas y evitar con ello cientos de extinciones de flora y fauna nativa.

Técnicas de control y erradicación de mamíferos introducidos

Hay especies introducidas importantes en varios grupos taxonómicos de animales, siendo los mamíferos de especial interés por sus amplias capacidades de dispersión y de adaptación. El éxito de su control o erradicación, según los manejadores de plagas, depende, en gran parte, del conocimiento de la

biología del animal a controlar o erradicar. Además, recientemente se ha enfatizado la importancia de conocer su comportamiento social (MacDonald *et al.*, 1999) y alimentario (Berdoy y MacDonald, 1991). Sin embargo, en la mayoría de los países los esfuerzos de investigación y de control aplicados se limitan a la fauna que directamente afecta a la agricultura y a la ganadería. En general, aún no se integra como un paradigma universal una visión más ecosistémica u holística en cuanto al efecto de las especies introducidas en equilibrios naturales y procesos ecológicos, en especial en ecosistemas frágiles. En fechas recientes, apenas en las últimas décadas, han comenzado a desarrollarse técnicas para el control y erradicación de fauna introducida enfocadas a la restauración ecológica. Atkinson y Atkinson (2000) hicieron una síntesis de los métodos de control y erradicación de cada una de las 14 especies de vertebrados terrestres que están dañando particularmente a las islas del Pacífico (un anfibio, un reptil y 12 mamíferos: cuatro roedores, cuatro carnívoros y cuatro herbívoros de distintos órdenes). Courchamp *et al.* (2003) describen los métodos de control de mamíferos usados en islas y discuten sus ventajas y desventajas. En países como Australia y Nueva Zelanda, pioneros en la creación de agencias gubernamentales dedicadas a estas tareas, la experiencia de las últimas décadas ha llevado a la elaboración de guías nacionales de control de una serie de especies. La Agencia australiana para la conservación de la naturaleza ha publicado manuales sobre el manejo de caballos, conejos, zorras, cerdos, cabras y roedores introducidos.

A continuación se mencionan las técnicas de control de mamíferos más usadas en el mundo, aunque es importante resaltar que cada programa local debe adecuarse no sólo a la especie sino también a las particularidades ambientales y sociales de cada región. Para el control de mamíferos grandes, como cerdos, cabras y borregos, existen dos técnicas principales: colocación de trampas y cacería. La primera consiste en la construcción de trampas grandes, tipo encierros, en las que es posible atraer o arrear manadas enteras. La cacería puede llevarse a cabo desde tierra o desde helicóptero, resultando esto último particularmente útil cuando los animales viven en zonas escarpadas o cañadas. La cacería con perros entrenados también

es muy útil, si bien conlleva a veces ciertas complicaciones logísticas. El proyecto de restauración que actualmente se encuentra en marcha en Isla Guadalupe, y que contempla la erradicación de cabras y gatos ferales, representa uno de los proyectos de restauración ecológica más ambiciosos de América Latina. Esto por la propia importancia ecológica de la isla, con gran cantidad de especies endémicas amenazadas (Aguirre *et al.*, 2004a)

Para mamíferos medianos, como conejos, gatos y mangostas, entre otros, las técnicas incluyen trampas, cacería y agentes químicos y biológicos. Las trampas pueden ser individuales de cebo y ser colocadas en lugares estratégicos. La cacería puede combinar el uso de perros y armas. El control químico y biológico se refiere a la utilización de venenos y patógenos específicos, de los cuales los virus han dado excelentes resultados, lo mismo que diversos venenos anticoagulantes de gran eficacia. El virus Myxoma y el virus hemorrágico (RHDV, por sus siglas en inglés), específicos del conejo europeo, han sido utilizados exitosamente en el control y erradicación de esta especie (Williams *et al.*, 1995; Kerr y Best, 1998; Priddel *et al.*, 2000). En México los gatos representan una de las mayores amenazas a la vida silvestre y son responsables de numerosas extinciones. Nogales *et al.* (2004) revisaron las técnicas utilizadas en la erradicación de gatos en 48 islas del mundo, 16 de éstas mexicanas. Wood *et al.* (2002) describen las técnicas aplicadas para la erradicación exitosa de gatos en 15 islas del noroeste de México.

Para mamíferos pequeños, como ratas y ratones, la aplicación de venenos ha resultado eficaz. Se han intentado, sin éxito, erradicaciones de ratas usando únicamente trampas. Intentos subsecuentes con rodenticidas resultaron acertados. Los rodenticidas se han aplicado en cebaderos especiales (en tierra o elevados), mediante dispersión manual y a través de la dispersión aérea con helicópteros. Sin embargo, antes de emprender controles o erradicaciones de este tipo, es muy importante determinar los riesgos potenciales para las especies nativas u otras que no son el objetivo del tratamiento. Además, para el uso de sustancias tóxicas es imprescindible un estudio previo que analice tres aspectos principales: palatabilidad, durabilidad y especificidad. O'Connor y Eason (2000) discuten estos aspectos y comparan los diferentes rodenticidas

disponibles. Donlan *et al.* (2003) reportan un ejemplo reciente de erradicaciones de ratas en México usando distintos venenos.

La técnica de radiotelemedría es un elemento de gran utilidad en cualquiera de las acciones de control y erradicación de fauna. En el mercado existen radio-collares de todos los tamaños así como antenas y receptores con diferentes alcances. Su uso puede, por ejemplo, proporcionar información clave sobre áreas de actividad, o revelar la ubicación de toda una manada gracias al monitoreo de un solo individuo.

La experiencia ganada a través de programas exitosos y fallidos ha demostrado que la combinación de técnicas en un mismo programa incrementa la probabilidad de éxito. Un buen ejemplo de ello es la erradicación de conejos en la isla Philip, en el Pacífico del sur. De acuerdo con Coyne (2001), el enfoque inicial a principios de los ochenta fue eliminar a los conejos con un virus específico, usando moscas como vectores. El decremento de la abundancia de conejos fue muy marcado pero, cuando el abastecimiento de moscas se detuvo, la población comenzó a recuperarse. El programa continuó con otros métodos, y en 1983 se instalaron estaciones con veneno 1080 y comenzó la cacería y la colocación de trampas. El último conejo fue cazado en 1988, al mismo tiempo que la recuperación de la flora, y por ende de la fauna nativa, ya era evidente. Cabe señalar que el veneno 1080 (monofluoroacetato de sodio) está actualmente prohibido y sujeto a control estricto de las autoridades en México, debido a que su uso descuidado costó en el pasado la extirpación de especies depredadoras (zopilotes, tejones y otros) que consumieron cadáveres de roedores y lagomorfos y hasta de lobos y otros cánidos, sin olvidar los riesgos para los seres humanos (Guevara 1999, Ó. Sánchez, comunicación personal, 2005). No obstante, este veneno, del cual se usan hasta dos toneladas por año en Nueva Zelanda para control de mamíferos introducidos, aplicado con estrictas medidas de seguridad puede ser una gran herramienta para la erradicación de gatos ferales en islas de gran tamaño. Tal sería el caso de Isla Guadalupe, de 265 km², donde bastarían cuatro gramos del veneno 1080 para prácticamente abatir la población de los gatos ferales que amenazan a varias aves listadas bajo algún estatus de protección.

Marco legal y políticas públicas en México

Si bien el sector académico ha señalado desde hace años la necesidad de implementar medidas de prevención y control de fauna introducida, oficialmente no existe aún una política nacional para atender las cuestiones relacionadas con especies introducidas en hábitats naturales. La Comisión Nacional de Sanidad Agropecuaria (CONASAG) es la encargada de detectar, controlar y en algunos casos erradicar especies introducidas. Sin embargo, no se trata de una estrategia nacional sobre biodiversidad biológica sino que tiene un enfoque productivo, concentrándose en plagas y enfermedades que afectan productos netamente agrícolas, aún cuando las especies introducidas pueden extenderse a otras áreas o afectar a las especies silvestres nativas.

La Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) inició la creación de un Sistema de Información sobre Especies Invasoras en México. Este sistema se encuentra en la base de datos Biotica, con información taxonómica, curatorial y ecológica procedente de los inventarios biológicos y cartografía del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB) y de la literatura sobre el origen, rutas de introducción e impactos. Actualmente, este sistema cuenta con un listado de 665 especies de plantas, que incluye exóticas invasoras, malezas y especies trasladadas, 77 de peces, diez de anfibios y reptiles, 30 de aves y 16 de mamíferos. Contiene información de la clase, familia, género, especie, categoría infraespecífica, autor del taxón y origen. Para el grupo de los vertebrados se incluye también el estatus (introducida o trasladada), el área de introducción y el motivo de la introducción. Por su parte, la Comisión de Cooperación Ambiental del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (Canadá, Estados Unidos de América y México), ha reconocido la gravedad del problema y dio inicio a una estrategia para prevenir la introducción de especies y mitigar sus efectos. En una primera instancia sus esfuerzos se enfocan a especies acuáticas y su relación con el comercio inter e intracontinental (A. Aguirre, comunicación personal, 2005).

Respecto de las actividades de control y erradicación de fauna introducida con propósitos de restauración ecológica, es decir, excluyendo las actividades

agropecuarias y de aprovechamiento, hasta 2003 no existían lineamientos o trámites específicos. A partir del 2004 la Dirección General de Vida Silvestre de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales emplea el formato “Autorización para el manejo, control y remediación de ejemplares y poblaciones que se tornen perjudiciales” (formato 026 de SEMARNAT), originalmente diseñado para unidades de manejo ambiental, como la forma de solicitar autorización para controlar o erradicar fauna introducida en cualquier hábitat natural.

Un elemento clave para el control y la erradicación de fauna mayor que represente problemas ecológicos o similares, es la cacería a pie y desde helicóptero. Actualmente la Ley Federal de Armas y Explosivos de la Secretaría de la Defensa Nacional (SEDENA, 2002), no contempla la caza de control para la conservación, que tiene un gran potencial en nuestro país. Esa actividad se hace actualmente bajo la cobertura de cacería deportiva, al amparo de clubes de caza y tiro, pues es el tipo de uso de armas que más se le aproxima. Una eventual revisión de esa ley y su reglamento debiera incorporar en forma integral (adquisición, registro, posesión, importación y uso de armas y municiones apropiadas y especiales) y de manera privilegiada, la cacería de especies introducidas con motivos de conservación, reconociendo como usuarios a dependencias gubernamentales y organizaciones ambientalistas. Se abriría así una opción más para revitalizar la cacería deportiva, enfocándola adicionalmente hacia especies introducidas e invasoras, contribuyendo a alejar del furtivismo a las especies en riesgo, lo que representaría una valiosa contribución a la conservación.

Muchas áreas reconocidas como sitios naturales de extraordinario valor en términos de biodiversidad y productividad natural se han decretado como áreas naturales protegidas (ANP). Entre las gestiones más recientes, podemos mencionar el caso de Isla Guadalupe, donde existe una gestión muy avanzada para convertirla en reserva de la biosfera. El 5 de junio del 2003 se publicó el anuncio para crear una reserva de la biosfera exclusiva para la isla y sus aguas adyacentes (SEMARNAT, 2003). Tales acciones sin duda testimonian el éxito de los proyectos de conservación y restauración, pero aún hay otras áreas importantes que necesitan protección.

Caso de análisis: las islas del noroeste de México

Por qué trabajar en islas

Los ecosistemas insulares son de importancia crítica para la biodiversidad del planeta, debido a que son ricos en especies endémicas y son importantes áreas de crianza y refugio para diversas especies marinas, con complejas funciones ecológicas a nivel de ecosistemas (Cushman, 1995). No obstante que las islas del planeta representan no más del 3% de la superficie terrestre, albergan del 15 al 20% de las especies de plantas, reptiles y aves. Por grandes grupos, se estima que una de cada seis especies de las plantas del mundo se encuentra en islas oceánicas, y que el 17% del total de las especies de aves está confinado a estas regiones. En ambos casos, las islas presentan una contribución desproporcionadamente alta considerando su superficie terrestre pequeña con respecto a los continentes, como lo muestra Whittaker (1998) en un texto rico, actual y de amplia cobertura sobre la biogeografía de las islas a nivel global, incluyendo su biodiversidad, ecología, evolución y conservación. Por todo ello, las islas deben ser una prioridad global.

En particular, las más de 250 islas e islotes del noroeste mexicano son áreas críticas para la reproducción de 36 especies de aves marinas, dos de tortugas marinas y cuatro de pinnípedos. Son hogar de alrededor de 200 vertebrados endémicos y de más de 110 plantas endémicas (Reich, 1984; Velarde y Anderson, 1993; Tershy y Breese, 1997; Álvarez-Castañeda y Patton, 1999; Case *et al.*, 2002). Grismer (2002) incluye en su libro sobre anfibios y reptiles de Baja California, a las islas de la región, mostrando la importancia de la biodiversidad de estos grupos, con abundantes endemismos. Lo mismo hacen con las aves Arizmendi y Márquez Valdemar (2000) al presentar las Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves en México (AICAS), y Álvarez Castañeda y Patton (1999) para los mamíferos del noroeste de México. Las islas del noroeste mexicano son uno de los grupos de islas de latitudes no polares menos alteradas del mundo (Case y Cody, 1983).

Las aguas adyacentes a las islas de la región son también ricas en cuanto a productividad biológica,

y de gran valor económico y social para el país. Aquí pesca excesiva y variedad de recursos pesqueros van de la mano. En las islas de la costa occidental de Baja California las aguas son ricas en abulón, langosta, erizo, pepino de mar, algas y distintos peces de escama, destacando en la actualidad el caso de las islas Natividad, Asunción, Cedros, San Benito y Guadalupe. De hecho, esos recursos fueron el ancla y el motor económico para la colonización moderna de la región. En las aguas de las islas del Golfo de California la pesca de escama y de tiburón es también rica. Además, hay un formidable y único valor paisajístico de naturaleza silvestre, con abundantes aves y mamíferos marinos siempre a la vista, y vegetación desértica muy peculiar, elementos estéticos naturales de gran valor para el turismo. Ésta es una razón esencial por la cual estas áreas han sido el centro de importantes esfuerzos de conservación especialmente durante las últimas dos décadas. En dichos trabajos participan tanto el gobierno como organizaciones no gubernamentales e instituciones académicas, las más de las veces en colaboración.

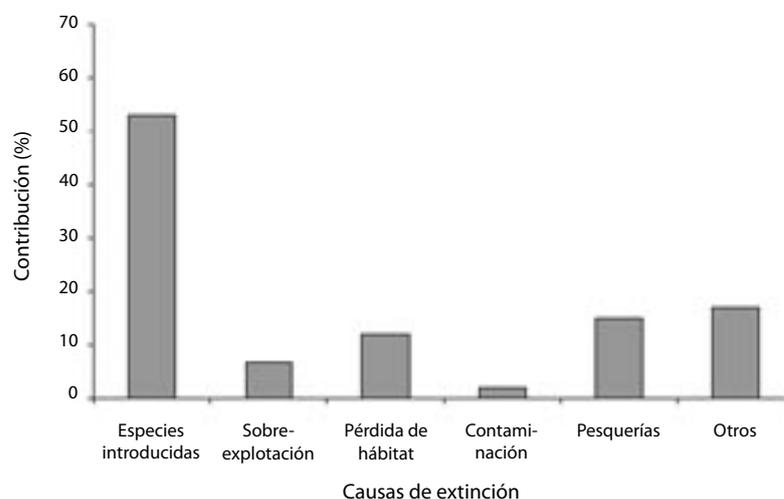
Consecuencias de la fauna introducida en islas

A pesar de su importancia, los ecosistemas insulares han sido devastados en todo el mundo por la actividad

humana, a tal grado que las extinciones de especies insulares son 40 veces más probables que las de especies continentales (Johnson y Stattersfield, 1990). La gran mayoría de las extinciones han sido causadas por la introducción de especies, por la sobreexplotación, y por la destrucción y la alteración del hábitat (Saunders *et al.*, 1991; Bush, 1996, figura 1). En general, se estima que en los últimos 400 años entre 50 y 75 % de las extinciones en el planeta se ha dado en islas. En el caso particular de las aves, se calcula que 85% del total de las extinciones en tiempos históricos ha ocurrido en islas (Steadman, 1997). En el caso de los mamíferos esta cifra es de 58%, y para moluscos terrestres 80% (Whittaker, 1998). En la actualidad, una de cada tres especies de las plantas amenazadas y el 23% de las aves amenazadas son especies insulares (Groombridge, 1992).

Si bien las islas del noroeste de México mantienen una rica diversidad de especies nativas y endémicas, muchas están amenazadas por la depredación y la competencia de especies exóticas introducidas por el hombre, en épocas muy recientes. Algunas fueron introducidas en forma intencional, como cabras, ovejas, cerdos y conejos, y también, en menor grado, ganado mayor. El caso de los gatos es particularmente grave, pues depredan aves insulares terrestres y marinas al grado de producir su extirpación o extinción (Donlan

FIGURA 1. CAUSAS DE EXTINCIÓN DE ESPECIES EN ISLAS DEL MUNDO



Fuente: IUCN, 2004.

et al., 2000). En otras ocasiones entran mamíferos pequeños en forma no intencional, como puede ser el caso de ratas, ratones o ardillas, que llegan en embarcaciones que tocan tierra en las islas. Según Donlan *et al.* (2000), los mamíferos introducidos son responsables de 18 de las 19 extinciones reportadas para las islas de la región.

La situación en 1994

La alteración humana de estos ecosistemas insulares puede considerarse reciente pero, desafortunadamente, ha sido suficiente para provocar la extinción de varias especies de vertebrados, como el caso del petrel de Isla Guadalupe (*Oceanodroma macrodactyla*) en el Pacífico y la rata endémica de Isla Coronados (*Neotoma bunkerii*) en el Golfo de California. La región y las islas con especies introducidas en 1994 se muestran en el mapa de la figura 2. En 1994 había al menos 44 islas en la región con mamíferos introducidos, lo que provocó serios desequilibrios ambientales, y amenazan a especies y poblaciones de animales y plantas endémicas y nativas.

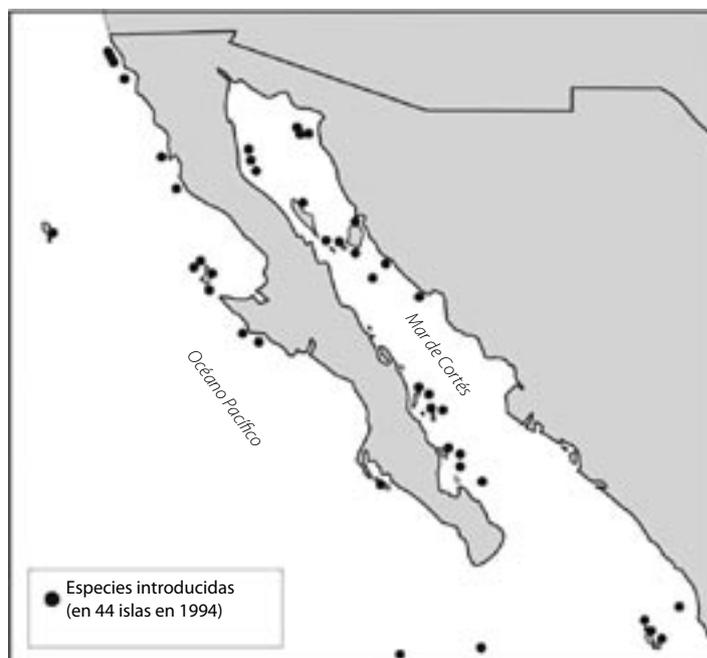
Logros a la fecha

El aspecto fundamental para la restauración de los ecosistemas insulares ha sido la erradicación de diversas especies de mamíferos introducidos. Las más comunes de la región son: gato doméstico (*Felis catus*), perro doméstico (*Canis familiaris*), conejo europeo (*Oryctolagus cuniculus*), cabra (*Capra hircus*), burros (*Equus asinus*), rata común (*Rattus rattus*), rata noruega (*Rattus norvegicus*) y ratón doméstico (*Mus musculus*). Donlan *et al.* (2000) llevan a cabo una cuidadosa revisión sobre los avances en restauración al año 2000 y Wood *et al.* (2002) tratan el caso específico de los gatos ferales en las islas del noroeste de México.

De 1994 a la fecha se ha continuado con el esfuerzo sistemático de erradicación. En 2004 son ya las 24 islas, sin contar Catalana (o Santa Catalina), de las que se han erradicado poblaciones de mamíferos introducidos, tanto dentro del Golfo de California como en el litoral occidental de Baja California (figura 3, cuadro 1).

El último éxito, confirmado en la primavera de 2004 por el Grupo de Ecología y Conservación de

FIGURA 2. MAPA QUE MUESTRA LA REGIÓN Y LAS ESPECIES INTRODUCIDAS EN LAS ISLAS EN 1994



Islas, A.C. (GECI, comunicación personal de Wood y Villalejo, 2004), es la erradicación en la isla Catalana, frente a la Bahía de Loreto. Esto la convertiría en la segunda isla más grande del mundo con una erradicación exitosa de gatos ferales. Gracias a todo este trabajo sostenido, aun sin sumar a la isla Catalana, se ha protegido:

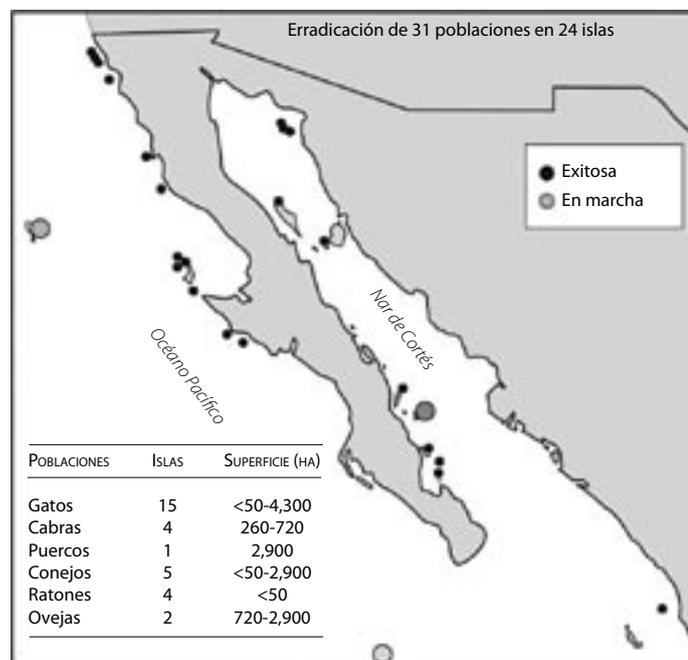
- § 25 % de las plantas endémicas de la región, incluyendo 37 poblaciones de 29 especies, subespecies y variedades;
- § 70 % de las aves de la región y 69 % de las endémicas;
- § 21 % de los vertebrados endémicos de la región, con 21 especies y subespecies de reptiles, siete de aves terrestres y 13 de mamíferos, para un total de 41 especies y subespecies;
- § 118 poblaciones de aves marinas, con 30 especies y subespecies y siete endémicas.
- § Otros avances significativos fueron las erradicaciones puntuales y recientes de burros en las islas Todos Santos, Coronado y San Benito, que

se usaban para el apoyo logístico y de mantenimiento de los faros de navegación de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT). Todas estas erradicaciones fueron realizadas por GECI.

Presente y futuro

Isla Guadalupe, frente a la costa occidental de Baja California, representa uno de los ecosistemas más importantes del mundo por su alto grado de endemismos de flora y fauna terrestre y marina (Moran, 1996). Con la introducción de cabras durante el siglo XIX, la vegetación resultó seriamente deteriorada. Esto ha afectado principalmente a los bosques del ciprés endémico de Guadalupe (*Cupressus guadalupensis*), del pino endémico de Guadalupe (*Pinus radiata* var. *binata*) y de la palma endémica de Guadalupe (*Brahea edulis*). La cobertura arbórea disminuyó de manera dramática, reduciéndose de más de 4,000 ha a las escasas 85 ha actuales. Los remanentes de bosque y los parches de vegetación relictual se encuentran aún amenazados, pero gracias a la probada capacidad de

FIGURA 3. POBLACIONES ERRADICADAS DE ESPECIES INTRODUCIDAS DE MAMÍFEROS EN LAS ISLAS DE LA REGIÓN NOROESTE DE MÉXICO AL 2004



CUADRO 1. RESUMEN DE ERRADICACIONES EXITOSAS EN LAS ISLAS DEL NOROESTE DE MÉXICO

	Borrego (<i>Ovis aries</i>)	Burro (<i>Equus asinus</i>)	Cabra (<i>Capra hircus</i>)	Conejo (<i>Oryctolagus cuniculus</i>)	Gato (<i>Felis catus</i>)	Perro (<i>Canis familiaris</i>)	Rata (<i>Rattus rattus</i>)	Rata noruega (<i>Rattus norvegicus</i>)	Ratón casero (<i>Mus musculus</i>)	Superficie (km ²)
ISLAS DE LA COSTA OESTE DE LA PENÍNSULA DE BAJA CALIFORNIA										
Coronado Norte, B.C.					♦					0.4
Coronado Sur, B.C.			♦		♦					1.22
Todos Santos Norte, B.C.		♦		♦	♦					0.3
Todos Santos Sur, B.C.				♦	♦	♦				0.87
San Jerónimo, B.C.					♦	♦				0.39
San Martín, B.C.					♦	♦				2.41
San Benito Oeste, B.C.		♦	♦	♦		♦				5.48
San Benito de Medio, B.C.				♦						1.04
San Benito Este, B.C.				♦						1.94
Natividad, B.C.S.	♦		♦		♦	♦				10.28
San Roque, B.C.S.					♦		♦	♦	♦	0.78
Asunción, B.C.S.					♦		♦			0.67
ISLAS DEL GOLFO DE CALIFORNIA										
Rasa, B.C.								♦	♦	0.57
Isabela, Nay.					♦					0.78
Mejía, B.C.					♦					2.44
Estanque, B.C.					♦					0.8
Santa Catalina, B.C.S.					♦					39.4
Montserrat, B.C.S.					♦					18.9
Coronados, B.C.S.					♦					6.9
Danzante, B.C.S.					♦					4.2
San Francisco, B.C.S.			♦		♦					3.9
San Jorge, Son.							♦			0.4
San Jorge Islote Oeste, Son.							♦			0.07
San Jorge Islote Este, Son.							♦			0.09
Partida Sur, B.C.S.					♦					17.6

Fuente: Instituto Nacional de Ecología 2003, Island Conservation Data Base 2003.

recuperación hay esperanzas fundadas para la restauración. Los gatos domésticos, introducidos en épocas más recientes que las cabras, han causado la extinción de dos especies de aves y amenazan a otras poblaciones, especialmente a los albatros de Laysan (*Phoebastria immutabilis*). Una revisión completa sobre la isla se halla en el estudio justificativo para la creación de un área natural protegida como reserva de la biosfera (Aguirre *et al.*, 2003). Cabe señalar que la conservación de la isla se ha considerado como prioritaria y urgente en un exhorto hecho a diversas dependencias federales, a partir de un punto de acuerdo del Congreso de la Unión (Congreso de la Unión, 2003).

La restauración de Guadalupe implica la erradicación urgente de dos especies introducidas, las cabras y los gatos ferales. La erradicación de las primeras inició su fase de campo en 2004 mientras que la de gatos comenzará en el 2005. Dos años antes se instalaron cercos excluidores de cabras alrededor de parches de bosque remanentes, y dentro de ellos han brotado ya más de 1,200 plántulas de pino (frente a sólo 220 árboles viejos) y cientos de plántulas de ciprés endémico, éstos últimos fuera de cercos excluidores. Se trata del primer reclutamiento de plántulas en más de 150 años. Después de una meticulosa serie de preparativos y experimentos de restauración aplicada, dio inicio la erradicación de cabras. De junio a diciembre se logró atrapar y cazar un total de 6,249 cabras. 1,200 fueron atrapadas en trampas-corrales con agua durante los dos primeros meses, fase que intencionalmente coincidió con la época seca. Al final de ese período la eficiencia de las trampas corral cayó drásticamente, lo que obligó a la colocación de trampas individuales y la cacería de precisión a distancia, método que habrá de continuar hasta el final de la erradicación. Las trampas de cepo sirvieron para atrapar 37 animales que han sido destinados a cabras judas. La cacería a pie comenzó a mediados de agosto y ha servido para erradicar 1,752 animales, la gran mayoría localizados en las cañadas del norte de la isla. Una primera campaña intensiva de cacería con helicóptero se realizó del 23 al 29 de noviembre; con lo que se logró eliminar 3,260 animales, prácticamente todos en cantiles completamente inaccesibles para los otros métodos. Esta población, por su localización, no había sido censada y mostró ser mucho mayor de lo estimado.

Con base en las observaciones de campo desde tierra y helicóptero, así como por el análisis de los datos y la experiencia de los técnicos expertos en erradicación, se estima que la población de cabras remanente en la isla para la primavera de 2005 será de no más de 500, habitando sobre todo áreas de cantiles sólo accesibles para la cacería por helicóptero. Con la capacitación de personal de la Fundación Darwin-Parque Nacional de Islas Galápagos, se prepararon al final del verano cabras judas esterilizadas y con collares transmisores. Se está realizando así el monitoreo de los pequeños grupos remanentes de cabras para continuar con el uso de los diversos métodos y orientar una segunda campaña con helicóptero en la primavera del 2005, con lo cual se buscará acercarse a la erradicación total de esta especie. Aguirre *et al.* (2004b) describe los detalles sobre los métodos y los resultados hasta diciembre de 2004. Los animales se han sacrificado humanitariamente (SAGARPA, 1995) de acuerdo a las normas establecidas como condición por la Dirección General de Vida Silvestre en el permiso respectivo.

La restauración de la isla Espíritu Santo, frente a La Paz, inició recientemente como un proyecto de colaboración entre FUNDEA, GECI y la CONANP, con apoyo de la UNESCO. El inicio del proyecto contempla la erradicación de cabras y gatos ferales, fase que se desarrollará entre 2005 y 2006.

En las islas Alcatraz, Farallón de San Ignacio e Isabel, se llevó a cabo trabajo de campo a lo largo de los años 2003 y 2004, orientado a obtener datos específicos sobre la distribución, la abundancia y los impactos de los roedores introducidos. Esta información representa la base para la preparación de futuros programas de erradicación. De lograrse recursos económicos, se plantea iniciar una erradicación en una de estas islas durante 2005.

Perspectivas

Históricamente, las investigaciones en las áreas de ecología y afines se han enfocado a preguntas de carácter teórico más que a cuestiones aplicables a la conservación. Desde su nacimiento hace dos décadas, la biología de la conservación ha ganado adeptos que promueven y generan enlaces reales entre la ciencia y la solución de los problemas ambientales. Sin embargo,

la desproporción entre artículos publicados y acciones realizadas aún es abismal. El caso de la restauración ecológica no es la excepción. En lo referente al control de especies animales introducidas, es apenas en las últimas décadas cuando se han aplicado la mayoría de los programas. Ya existe información técnica suficiente pero aún hay que desarrollar una estrategia integral a largo plazo que incluya al sector gubernamental y académico, y que asegure la obtención de recursos.

Un buen ejemplo de cooperación interinstitucional en cuanto a proyectos de restauración ecológica en México es la isla Guadalupe. Este proyecto recibe actualmente la mayor atención por parte de GECI, además de recursos económicos significativos provenientes de fundaciones privadas, del fondo sectorial SEMARNAT-CONACYT (Proyecto 0200), como proyecto de investigación de monitoreo ambiental, y del Instituto Nacional de Ecología, que aporta la mayor parte de los fondos. Es también muy significativo el apoyo de SEMAR-Armada de México en términos de logística, transportación, hospedaje y alimentación.

Por otro lado, además de los esfuerzos puntuales de restauración aplicada se requiere mejorar el marco de protección legal de las zonas de mayor biodiversidad para que perdure lo ganado con dichos esfuerzos. Es justo reconocer que esta situación en México ha mejorado recientemente, pero estamos a mitad del camino. Por ejemplo, una excepción notable es la ausencia de un marco legal de protección como área protegida para las islas del Pacífico de Baja California, a pesar de su enorme y reconocido valor. Desde las islas de Bahía Magdalena hasta las islas Coronado en la frontera, salvo la isla Natividad que pertenece a la reserva de la biosfera de El Vizcaíno (INE, 2000), no hay protección alguna.

Más allá de la creación de áreas naturales protegidas, el caso de las islas requiere, sin duda, el desarrollo de una Norma Oficial Mexicana para uso del territorio insular mexicano, dado que se trata de ecosistemas que constituyen un patrimonio único y muy valioso para todos los mexicanos, armonizando la perspectiva de gobernabilidad, facultad de la Secretaría de Gobernación a través de su Subdirección de Territorio Insular, y las de conservación ambiental en el entorno de la Semarnat, más los usos productivos con sentido sustentable en el ámbito de otras dependencias, como la

Sagarpa y la Comisión Nacional de Pesca. Entre otros asuntos, tal norma debería incluir los usos aceptables (biológica, ética, social y económicamente viables) de las islas y sus densidades o intensidades, principios y normas sobre asentamientos, planes de contingencia para catástrofes naturales y programas rutinarios de cuarentena. Su desarrollo exige investigación interdisciplinaria para conocer a profundidad los factores que afectan la gobernabilidad de estas zonas —legales, culturales, económicos, sociales, de nivel macro y micro, y ambientales— y formular escenarios o pronósticos determinadas por el diseño de medidas específicas.

Agradecimientos

Los autores, todos del Grupo de Ecología y Conservación de Islas, A.C., agradecen el apoyo logístico, técnico, académico y financiero que han brindado para el desarrollo del trabajo en México que aquí se reporta (en orden alfabético): AlCosta, CICESE, CONACYT-Fondo Sectorial SEMARNAT, CONANP, Conservación Internacional-México, Dirección General de Vida Silvestre, Gobierno del Estado de Baja California, GCF, Gobierno Municipal de Ensenada, Fundación Marisla, INE, IPN, Jardín Botánico de Santa Bárbara, Fundación Packard, Prescott College, SCT, SCPP Pescadores Nacionales de Abulón, SCPPE Abuloneros y Langosteros, SEDENA, SEGOB, SEMAR-Armada de México, SEMARNAT, UABC, UCSC, UNAM, USFWS y WWF-México.

Bibliografía

- Aguirre Muñoz, A., J. Bezaury Creel, J. Carranza, E. Enkerlin Höflich, C. García Gutiérrez, L. M. Luna Mendoza, B. Keitt, J. A. Sánchez Pacheco y B. R. Tershy. 2003. Propuesta para el establecimiento del Área Natural Protegida Reserva de la Biosfera de la Isla Guadalupe. Estudio Técnico Justificativo. Grupo de Ecología y Conservación de Islas, A.C. Ensenada, Baja California, México.
- Aguirre Muñoz, A., C. García Gutiérrez, A. Samaniego Herrera, L. Luna Mendoza, M. Rodríguez Malagón, F. Casillas Figueroa, J. O. Maytorena López, F. J. Maytorena López, M. Á. Hermosillo Bueno, Antonio Villalejo Murillo y A. Manríquez Ayub. 2004a. Conservación de las islas del Pacífico de México. Reporte Anual de Actividades. Ensenada, Baja California, México.

- Aguirre Muñoz A., C. García Gutiérrez, L. Luna Mendoza, F. Casillas Figueroa, M. Rodríguez Malagón, M. A. Hermosillo Bueno, A. Villalejo Murillo, F. J. Maytorena López, N. Silva Estudillo y A. Samaniego Herrera. 2004b. Restauración ambiental de la isla Guadalupe México: Avances en la erradicación de la población de cabras ferales. Reporte Técnico. Grupo de Ecología y Conservación de Islas, A.C. Ensenada, Baja California, México.
- Álvarez-Castañeda, S. T. y J. L. Patton. 1999. *Mamíferos del Noroeste de México*. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, La Paz, México.
- Arizmendi M. C. y L. Márquez Valdemar (eds.). 2000. *Áreas de importancia para la conservación de las aves en México*. CIPAMEX/CONABIO, México, D.F.
- Atkinson, I. A. E. y T. J. Atkinson. 2000. Land vertebrates as invasive species on islands served by the South Pacific Regional Environment Programme. Pp. 19-84. En: Sherley, G. (ed.). *Invasive species in the Pacific: a technical review and draft regional strategy*. South Pacific Regional Environment Program.
- Berdoy, M. y D.W. MacDonald. 1991. Factors affecting feeding in wild rats. *Acta Ecologica* 12: 261-279.
- Blackburn, T. M., Cassey P., Duncan R. P., Evans K. L y K.J. Gaston. 2004. Avian Extinctions and Mammalian Introductions on Oceanic Islands. *Science* 305:1,955-1,958.
- Bolen, E. G. y W. L. Robinson. 2003. *Wildlife ecology and management*. Quinta edición. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey.
- Bush, M. B. 1996. Amazonian Conservation in a Changing World. *Biological Conservation* 76: 219-228.
- Case, T. y M. L. Cody (eds.). 1983. *Island biogeography of the sea of Cortéz*. University of California Press, EE.UU.
- Case, T., M. L. Cody y E. Ezcurra (eds.). 2002. *The new island biogeography of the sea of Cortés*. Academic Press.
- CONANP. 2000. *Programa de Manejo Reserva de la Biósfera de El Vizcaíno*. INE, SEMARNAP, México.
- Congreso de la Unión. 2003. Punto de acuerdo con exhorto para que se establezca el área natural protegida de las islas del Pacífico de Baja California. 23 de julio, 2003. México, D.F.
- Courchamp, F., J. L. Chapuis y M. Pascal. 2003. Mammal invaders on islands: impact, control and control impact. *Biological Reviews* 78: 347-383.
- Coyne, P. 2001. Rabbit eradication on Philip Island. En: <http://www.cabi-bioscience.ch/wwwgisp/gtc5cs7.htm>.
- Cushman, J. H. 1995. Ecosystem-level consequences of species additions and deletions on islands. Pp. 135-147. En: P. M. Vitousek, L.L. Loope y H. Anderson (eds.). *Islands: biological diversity and ecosystem function*. Berlin, Germany, Springer-Verlag.
- Czech, B. y P. R. Krausmann. 1997. Distribution and causation of species endangerment in the United States. *Science* 277:1,116-1,117.
- Donlan, C. J., B. R. Tershy, B. S. Keitt, B. Wood, J. A. Sánchez, A. Weinstein, D. Croll y J. L. Aguilar. 2000. Island conservation action in northwest Mexico. Pp. 330-338. En: H. Browne, H. Chaney y K. Mitchell (eds.). *Proceedings of the Fifth California Islands Symposium*. Santa Barbara, California, USA. Santa Barbara Museum of Natural History.
- Donlan, C. J., G. R. Howald, B. R. Tershy y D. A. Croll. 2003. Evaluating alternative rodenticides for island conservation: roof rat eradication from the San Jorge Islands, Mexico. *Biological Conservation* 114: 29-34.
- Elton, C.S. 1958. *The ecology of invasions by plants and animals*. John Wiley & Sons. New York.
- Grismer, L. L. 2002. *Amphibians and Reptiles of Baja California including Pacific Islands and The Islands in the Sea of Cortes*. University of California Press. California.
- Groombridge, B.E. 1992. *Global Diversity-Status of the Earth's Living Resources*. Compiled by the World Conservation Monitoring Centre. Chapman & Hall. Londres.
- Guevara, J. 1999. Conflictos reales y potenciales del hombre con los vertebrados silvestres. En: Sánchez, Ó. y E. Vázquez-Domínguez (eds.). *Conservación y Manejo de vertebrados del norte árido y semiárido de México*. Instituto Nacional de Ecología, CONABIO, U.S. Fish & Wildlife Service, Universidad Autónoma de Nuevo León. México, D. F.
- Howald, G. R., A. Samaniego, B. Tershy, P. Pyle, J. Buffa, B. Keitt y H. Jones. 2003. Options for removing house mice (*Mus musculus*) from the Farallon Islands, Farallon National Wildlife Refuge, California. Unpublished report. Island Conservation and Ecology Group.
- IUCN. 2004. <http://www.redlist.org>.
- Johnson, T. H. y A. J. Stattersfield. 1990. A Global Review of Island Endemic Birds. *The Ibis* 132:167-180.
- Kerr, P. R. y S. M. Best. 1998. Myxoma Virus in Rabbits. *Revue Scientifique et Technique* 17: 256-268.
- Lever, C. 1985. *Naturalized Mammals of the World*. Longman, Londres.

- MacDonald, D. W., M. Berdoy y F. Matthews. 1999. The brown rat: explorations of opportunism. Pp. 110. En: Z. Zhi-bin, E. Hinds, G. Zingleton y W. Zu-Wang (eds.). *Rodent biology and management*. CSIRO Publishing, Pekín.
- Mooney, H. A. y R. J. Hobbs (eds). 2000. *Invasive species in a changing world*. Island Press, Washington, D. C.
- Moran, R. 1996. *The flora of Guadalupe Island, México*. California Academy of Sciences. San Francisco.
- Nogales, M., A. Martín, B. R. Tershy, C. J. Donlan, D. Veitch, N. Puerta, B. Wood y J. Alonso. 2004. A Review of feral cat eradication on islands. *Conservation Biology* 18(2): 310-319.
- O'Connor, C.E. y C.T. Eason. 2000. *Rodent baits and delivery system for island protection*. Department of Conservation. Wellington.
- Parkes, J., R. Henzell y G. Pickles. 1996. *Managing vertebrate pests: feral goats*. Australian Government Publishing Service, Canberra.
- Pimentel, D., L. Lach, R. Zuniga y D. Morrison. 2000. *The economics of biological invasions*. Elgar, Cheltenham.
- Priddel, D., N. Carlile y R. Wheeler. 2000: Eradication of European rabbits (*Oryctolagus cuniculus*) from Cabbage Tree Island, NSW, Australia, to protect the breeding habitat of Gould's petrel (*Pterodroma leucoptera leucoptera*). *Biological Conservation* 94: 115–125.
- Primack, B. 2002. *Essentials of conservation biology*. Sinauer Associates Press. Sunderland, Massachusetts.
- Reich, P. L. 1984. *Statistical abstract of the U.S. Mexico Borderland*. UCLA Latin America Center Publications. Los Angeles.
- SAGARPA. 1995. NOM-033-ZOO-1995, que se refiere al sacrificio humanitario de los animales domésticos y silvestres. *Diario Oficial de la Federación*. 16 de julio de 1996.
- Saunders, D. A., R. Hobbs y C. R. Margules. 1991. Biological Consequences of Ecosystem Fragmentation: a Review. *Conservation Biology* 5: 18-32.
- SEDENA. 2002. Ley Federal de Armas de Fuego y Explosivos y su Reglamento. *Diario Oficial de la Federación*. 25 de noviembre del 2002.
- SEMARNAT. 2001. Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001, Protección ambiental. Especies nativas de México de flora y fauna silvestres – Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio – Lista de especies en riesgo. *Diario Oficial de la Federación*. 6 de marzo de 2002.
- . 2003. Aviso por el que se informa al público que se pretende declarar como área natural protegida con el carácter de Reserva de la Biosfera, la zona en la que se ubica la isla conocida con el nombre de Isla Guadalupe. *Diario Oficial de la Federación*. 5 de junio de 2003.
- Shine, C., N. Williams y L. Gündling. 2000. *Guide to designing legal and institutional frameworks on alien invasive*. IUCN. Gland, Cambridge y Bonn.
- Simberloff, D. 1996. Impacts of introduced species in the United States. *Consequences* 2(2): 13-23.
- Steadman, D. W. 1997. Human Caused Extinctions of Birds. En: M.L. Reaka-Kudla, W.E. Wilson y W.O. Wilson (eds.). *Biodiversity II: Understanding and Protecting our Biological Resources*. Joseph Henry Press. Washington D.C.
- Tershy, B. y D. Breese. 1997. Human perturbations and conservation strategies on San Pedro Mártir Island, Gulf of California, Mexico. *Environmental Conservation* 24: 161-170.
- Todd, K. 2001. *Tinkering with Eden: a natural history of exotics in America*. W. W. Norton. New York.
- Van Driesche, J. y R. Van Driesche. 2000. *Nature out of place: biological invasions in the global age*. Island Press, Washington, D. C.
- Veitch, C.R. y M.N. Clout. 2002. *Turning the Tide: The Eradication of Invasive Species*. IUCN, Suiza.
- Velarde, E. y D. W. Anderson. 1993. Conservation and management of seabird islands in the Gulf of California: setbacks and successes. En: J. Nettleship y M. Gochfeld (eds.). *Seabirds on Islands: Threats, Case Studies & Action Plans*. Birdlife Conservation Series, Cambridge.
- Welcomme, R. L. 1988. *International introductions of inland aquatic species*. FAO, Roma.
- Whittaker, R. J. 1998. *Island Biogeography: Ecology, Evolution and Conservation*. Oxford University Press. New York.
- Williams, C. K., I. Parer, B. J. Coman, J. Burley y M. L. Braysher. 1995. *Managing Vertebrate Pests: Rabbits*. Bureau of Resources Sciences. CSIRO Division of Wildlife and Ecology, Australian Government Publishing Service, Canberra, Australia.
- Wilson, G., N. Dexter, P. O'Brien y M. Bomford. 1992. *Pest Animals in Australia*. Bureau of Rural Resources and Kangaroo Press, Canberra, Australia.

