



Consultoría para una evaluación de la problemática de especies exóticas invasoras en 18 Áreas Naturales Protegidas (ANP), a fin de seleccionar 9 de ellas para la ejecución de actividades piloto para el manejo integrado de las especies exóticas invasoras.

Primer informe de actividades, marzo 2013

Dr. José Juan Flores Martínez
M en C. Gilberto Federico García Ruiz
Dr. Gabriel Gutiérrez Granados
M en C. Constantino González Salazar
M en C. Erika Melina Lira Charco
M en C. Manuel Espino Ocampo

INDICE

INTRODUCCIÓN.....	3
ANTECEDENTES.....	4
OBJETIVOS.....	5
METODOLOGÍA.....	6
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	9
Criterios de selección.....	13
1) Representatividad de ecosistemas.....	13
2) Número de especies en la NOM-059-SEMARNAT-2010.....	15
3) Número de EEI en cada ANP.....	17
4) Simpatría de EEI.....	20
5) Interacciones bióticas.....	23
6) Aprovechamiento y uso de EEI.....	25
7) Sectores productivos involucrados en cada ANP.....	26
8) Escenario de invasión por EEI hacia el 2050.....	27
CONCLUSIONES.....	33
LITERATURA CITADA.....	35

INTRODUCCIÓN

El concepto de mega diversidad sólo es aplicable a un pequeño grupo de países que poseen un porcentaje extraordinario de biodiversidad del planeta. De esta forma, México se encuentra en una posición destacada a nivel mundial, siendo ahora claro que esto se debe a las condiciones topográficas, la variedad de climas y a una compleja historia geológica y biológica. De tal manera que se puede señalar que en nuestro país se han registrado cerca de 23,424 especies de plantas vasculares, de las cuales cerca del 91% corresponden a angiospermas (Villaseñor, 2004), lo que equivale al 9% de las especies descritas en el mundo. En cuanto a fauna, en el país se distribuyen aproximadamente 66,839 especies de invertebrados (principalmente insectos -47,853 especies-); y 5,488 especies de vertebrados, siendo los grupos de peces y aves los mejor representados con 2,695 y 1,096 especies respectivamente (SEMARNAT, 2008). De igual manera el número de especies de anfibios es sobresaliente con 361 especies; el segundo lugar a nivel mundial de diversidad de reptiles con 804 especies, y el tercero en mamíferos con 535 especies (Llorente-Bousquets y Ocegueda, 2008).

Un factor adicional a la riqueza de flora y fauna de un país es el número de especies endémicas, aspecto en donde México también se distingue, pues se calcula que cerca del 40 al 60 % de las plantas vasculares que se conocen en el país son endémicas (Villaseñor, 2004); al igual que 715 de 850 especies de cactáceas (Becerra, 2000). De los vertebrados terrestres, 174 de 361 especies de anfibios son endémicas del país, y 368 de 804 reptiles (Flores-Villela y Canseco-Márquez, 2004); 100 de 1,096 especies de aves (Ceballos y Márquez, 2000); y 169 de 535 especies de mamíferos (Llorente-Bousquets y Ocegueda, 2008; Ramírez-Pulido *et al.*, 2008).

Formar parte del pequeño grupo de países megadiversos aparte de ser una razón de orgullo, también representa una responsabilidad de índole global, debido a que la biodiversidad nacional representa cerca del 10-12% de la mundial (Groombridge y Jenkins, 2002). De acuerdo con lo anterior, se ha identificado como una de las principales causas de pérdida de biodiversidad a la introducción de especies exóticas invasoras (EEI), las cuales alteran los ecosistemas, afectan a las especies nativas, provocan severos daños a los servicios ambientales, en salud pública, además de pérdidas económicas (Álvarez-Romero *et al.*, 2008).

Se entiende por EEI a aquellas especies que se han establecido o introducido en un ecosistema fuera de su área de distribución natural y cuyas características les confieren la capacidad de colonizar, establecerse y causar daños al ambiente (Aguirre-Muñoz y Mendoza-Alfaro, 2009).

Cuando los daños ocasionados por estas especies son perceptibles, es porque su invasión ha alcanzado grandes magnitudes; sin embargo, el comportamiento invasivo no es restrictivo de las especies exóticas (EE), debido a que algunas especies nativas pueden volverse invasoras cuando son introducidas a otras regiones ecológicas distintas a su área de distribución en el mismo país (traslocación), o incluso en su sitio de origen cuando se altera la dinámica ecológica del lugar (CONABIO, 2009). Las consecuencias se reflejan en un crecimiento descontrolado de las poblaciones y conductas agresivas no mostradas en su medio natural (IUCN, 2000).

ANTECEDENTES

Como un esfuerzo por manejar o controlar a las EEI se han creado diversos organismos nacionales e internacionales para coordinar acciones en el control de invasiones utilizando análisis de riesgo. Como parte del compromiso de México en el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB) a través de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) se creó en 2009 el “Sistema de Información sobre Especies Invasoras en México” el cual provee de información sobre EEI en México, prevención, control y erradicación”. Posteriormente, en 2010, con el apoyo de académicos, representantes gubernamentales y de la sociedad civil, reunidos en un Comité Asesor Nacional sobre especies invasoras se diseñó la “Estrategia Nacional sobre Especies Invasoras en México”, la cual describe la introducción, dispersión y establecimiento de las especies invasoras, así como los efectos nocivos que este fenómeno acarrea. No sólo ofrece un diagnóstico, sino que además identifica las acciones que prioritariamente deben emprenderse para atajar el problema de manera coordinada entre todos los sectores, desde el gobierno hasta la sociedad civil (Comité Asesor Nacional, 2010).

A escala continental México, a través del “Plan Estratégico Norteamericano de Cooperación en la Conservación de la Biodiversidad de la Comisión para la Cooperación

Ambiental, establece el desarrollo de esfuerzos conjuntos para combatir especies invasoras (CONABIO, 2009); a nivel mundial, la ONU (Organización de las Naciones Unidas) ha creado instituciones que desarrollan programas para el control y erradicación de especies invasoras, como el “Programa de Especies Exóticas Invasoras” de la CBD (por su siglas en inglés “Convention on Biological Diversity”), el cual tiene como fin proveer información sobre especies invasoras; o el “Programa Mundial sobre Especies Invasoras (PMEI) que promueve la información sobre protocolos a seguir ante una invasión; en tanto que el GISP (Global Invasive Species Programme) discute la amenaza global de las especies invasoras desde 1996 (Wittenberg y Cook, 2001).

El presente trabajo de investigación es un esfuerzo por dar continuidad a la Estrategia Nacional, y reúne las voluntades del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), CONABIO, CONANP y el Instituto de Biología de la UNAM por realizar una evaluación de la problemática de especies exóticas invasoras en 18 Áreas Naturales Protegidas (ANP), a fin de seleccionar nueve de ellas para la ejecución de actividades piloto para el manejo integrado de las especies exóticas invasoras.

OBJETIVOS

Objetivo general

Evaluar la problemática de especies exóticas invasoras en 18 ANP, a fin de seleccionar nueve de ellas para la ejecución de actividades piloto para el manejo integrado de las especies exóticas invasoras.

Objetivo Particulares

1. Realizar un análisis de riesgo de 18 ANP preseleccionadas con alteraciones por EEI.
2. Identificar y seleccionar nueve ANP que requieren atención prioritaria en función de la presencia y efecto de EEI, impactos a la biodiversidad de importancia global, actividades productivas realizadas que favorezcan la introducción y dispersión de EEI, vías de introducción identificadas y actividades de prevención, control y erradicación ejecutadas.

3. Generar una base de datos robusta que permita la selección objetiva de nueve ANP a fin de implementar en ellas actividades piloto para el manejo integrado de EEI.

METODOLOGÍA

Se establecieron ocho criterios para realizar la selección de nueve de 18 ANP preseleccionadas para la ejecución de actividades piloto en el manejo integrado de EEI; con la finalidad de realizar una selección objetiva, los siguientes criterios consideraron variables de tipo biológico, social y económico, estos fueron: 1) Representatividad de ecosistemas, 2) Número de especies en la NOM-059-SEMARNT-2010 (incluye especies endémicas), 3) Número de EEI en cada ANP, 4) Simpatría de EEI, 5) Interacciones bióticas, 6) Aprovechamiento y uso de EEI, 7) Sectores productivos involucrados en cada ANP, y 8) Distribución potencial de EEI en condiciones de cambio climático hacia el 2050.

La base de información necesaria para el análisis de los criterios señalados fue construida a partir de la recopilación de información obtenida de los acervos informativos de CONABIO y CONANP, programas de manejo de ANP, artículos científicos, gacetas, tesis, programas federales, informes y reportes de las direcciones de cada una de las ANP (*com. pers.*), así como los registros de EEI en algunas de las Reservas de la Biósfera señaladas por Schüttler y Karez (2008). La información contenida se categorizó por tipos de ecosistemas, biodiversidad, especies de importancia global, presencia y uso de EEI, y actividades productivas presentes en las 18 ANP analizadas. Es importante señalar que durante esta etapa la retroalimentación con el personal de la Dirección General de Análisis y Prioridades (Subcoordinación de Especies Invasoras) de la CONABIO, la Subdirección de Especies Invasoras de la Dirección de Especies Prioritarias para la Conservación de la CONANP y los directivos de las ANP fue fundamental.

Los valores necesarios para el análisis de los criterios de selección 1, 2, 3, 6 y 7 fueron obtenidos directamente de la base de datos generada; mientras que para conocer la simpatría y similitud de EEI entre las ANP (criterio 4), se realizó una matriz de presencia y ausencia, la cual fue analizada mediante el índice de similitud de Sorensen y por una prueba de escalamiento multidimensional (MDS). En el caso del criterio 5 - Interacciones bióticas-, se realizó un Análisis de Componentes Principales (ACP) para identificar las interacciones bióticas que potencialmente se establecerían entre las EEI y las especies

nativas. Para realizar los análisis estadísticos se utilizó el programa estadístico Statistica, versión 7, desarrollado por StatSoft Company, USA. Por otra parte, el número de EEI a considerar para el octavo criterio fue obtenido mediante el método de análisis espacial por nicho ecológico, considerando el área nativa histórica de las EEI para obtener la caracterización de las variables ambientales correspondientes a sus áreas de origen; una vez caracterizadas, se proyectaron a México bajo las condiciones climáticas actuales y en el escenario de cambio climático pronosticado al 2050. Los registros se obtuvieron de la base de datos en línea The Global Biodiversity Information Facility (<http://www.gbif.org/>), la cual compila información de registros de especies de un gran número de colecciones internacionales, así como de la CONABIO. La información obtenida se ordenó en una base de datos para modelar el nicho ecológico de las EEI empleando 19 coberturas ambientales a 5km² de resolución del pixel (<http://www.worldclim.org/current.htm>; Hijmans *et al.*, 2005, Tabla 1).

El análisis de los cambios en la distribución de las EEI bajo escenarios climáticos futuros, fue realizado mediante los modelos climáticos globales del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC, 2007); mientras que las proyecciones del clima que se utilizaron representan el escenario de emisiones A2 para 2050, obtenido del Centro Internacional de Agricultura Tropical (Downscaled GCM Data Portal online <http://gisweb.ciat.cgiar.org/GCMPPage/>).

De acuerdo con Peterson *et al.* (2007), el algoritmo genético de cómputo GARP (Genetic Algorithm for Rule-set Prediction – Stockwell y Peters, 1999-) es el más adecuado para el análisis del octavo criterio, debido a que brinda un análisis robusto y confiable cuándo se desea predecir la presencia de especies en áreas donde no se tienen registros históricos.

Tabla 1. Variables bioclimáticas utilizadas para el modelaje de nicho ecológico

BIO 1: Temperatura media anual (°C)
BIO 2: Rango de temperatura media diurna
BIO 3: Isotermalidad: Índice de variabilidad de la temperatura (BIO2/BIO7)*100
BIO 4: Estacionalidad de la temperatura (desviación estándar * 100)
BIO 5: Temperatura máxima del mes más cálido (°C)
BIO 6: Temperatura máxima del mes más frío (°C)
BIO 7: Rango de temperatura anual (°C) (temp. máx. del mes más cálido – temp. Mín. del mes más frío)

BIO 8: Temperatura promedio del trimestre más lluvioso (°C)

BIO 9: Temperatura promedio del trimestre más seco (°C)

BIO 10: Temperatura promedio del trimestre más cálido (°C)

BIO 11: Temperatura promedio del trimestre más frío (°C)

BIO 12: Precipitación anual (mm)

BIO 13: Precipitación del mes más lluvioso (mm)

BIO 14: Precipitación del mes más seco (mm)

BIO 15: Estacionalidad de la precipitación (coeficiente de variación)

BIO 16: Precipitación del trimestre más lluvioso (mm)

BIO 17: Precipitación del trimestre más seco (mm)

BIO 18: Precipitación del trimestre más cálido (mm)

BIO 19: Precipitación del trimestre más frío (mm)

Es importante señalar que para contar con un panorama más real del comportamiento invasivo de las EEI dentro de las ANP se excluyeron de las pruebas estadísticas y del análisis espacial por nicho ecológico a las especies que comparten una relación con el humano de tipo comensal como el ratón, rata, gato y perro. Además se excluyeron malezas y pastos, debido a que varias de estas especies se les puede considerar naturalizadas y se encuentran ampliamente distribuidas en México, lo cual, desde el punto de vista logístico hace imposible su control y representan literalmente “casos perdidos” en la tarea de su erradicación dentro de las ANP.

Los valores obtenidos de los análisis de los ocho criterios de selección fueron proyectados en ocho mapas temáticos que ilustran, según el caso, el orden de atención prioritaria de las 18 ANP.

De acuerdo con Ramírez (2004), estos criterios constituyen variables numéricas continuas por lo que se pudieron analizar de manera directa, sin la necesidad de recurrir a un sistema de ponderación que otorgaría un peso relativo a cada uno de ellos. Por lo tanto, se integró una tabla que resumió los valores resultantes del análisis de los ocho criterios de selección así como los valores de una segunda prueba de ACP, la cual seleccionó de manera integral las nueve ANP y se representa en un noveno mapa. Todas las pruebas estadísticas se corrieron mediante el programa estadístico STATISTICA, versión 7 de StatSoft (2004).

Adicionalmente, en el presente informe se integró la información recabada por el equipo de comunicación a cargo de Acción Cultural Madre Tierra AC - Iniciativa Mexicana de Aprendizaje para la Conservación (IMAC-ACMT) en materia de uso y manejo de las EEI en las ANP y el análisis sobre las coberturas vegetales, zonas y asentamientos urbanos, áreas agrícolas, pecuarias y forestales presentes en las 18 ANP realizado por el Biól. Jesús Alarcón Guerrero (CONABIO), como fuente de apoyo para complementar y consolidar nuestra selección (fuentes estadísticas disponibles en el sitio web: http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/recnat/usosuelo/inf_e1m.aspx).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Después de realizar una revisión bibliográfica y consultar directamente a los directivos de las 18 ANP se obtuvo un panorama de las principales EEI que causan algún tipo de problema en cada una de ellas. De acuerdo con la Estrategia Nacional sobre Especies Invasoras en México (CONABIO, 2010) y Lowe *et al.* (2004), se registraron 10 especies de flora y 17 de fauna catalogadas como de alto impacto a la biodiversidad de México dentro de las ANP analizadas (Cuadro 1).

Resalta el hecho de que algunas de las EEI están ligadas al hombre como comensales o en sus actividades productivas, por citar algunos ejemplos, la introducción de zacates y el cultivo en granjas productivas de carpa o tilapia son promovidas por programas de gobierno por formar parte de las actividades económicas de algunas poblaciones locales; sin embargo, estas políticas contrastan drásticamente con los objetivos planteados por el gobierno mexicano que a través de la CONABIO coordinó la Estrategia Nacional sobre Especies Invasoras en México, cuya misión es contribuir a la conservación del capital natural y el bienestar humano a través de acciones orientadas a la prevención, control y erradicación de especies invasoras en México.

Si bien la finalidad de este plan de trabajo es lograr que en el año 2020 el país cuente con sistemas eficientes de prevención, detección y respuesta temprana, así como con instrumentos que operen dentro de un marco legal congruente y conforme a las necesidades de prevención, mitigación, control y erradicación de las especies invasoras; es necesario fomentar la realización de estudios que esclarezcan las vías de introducción de EEI así como identificar las actividades productivas ligadas a este fenómeno, ya que

durante la realización de este primer informe constatamos la carencia de este tipo de diagnósticos en la totalidad de las ANP estudiadas.

Cuadro 1. Especies exóticas invasoras de alto impacto presentes en las ANP estudiadas*

Nombre científico	Nombre común	Familia	Origen	ANP
<i>Cenchrus ciliaris</i>	Zacate buffel	Poaceae	Regiones áridas de África, Oriente Medio, Islas Canarias, Madagascar, Indonesia y Asia Tropical	RB Pinacate y Gran Desierto de Altar APFF Sierra de Álamos-Río Cuchujaqui RB La Michilía RB Mapimí PN Cumbres de Monterrey
<i>Melinis repens</i>	Zacate rosado	Poaceae	Sureste de África	APFF Sierra de Álamos-Río Cuchujaqui
<i>Eragrostis ciliaris</i>	Hierba de hormiga	Poaceae	Norte de África	PN Cumbres de Monterrey
<i>Salsola tragus</i>	Rodadora	Chenopodiaceae	Estepas y cuencas saladas del sur de Rusia	RB Mapimí
<i>Tamarix ramosissima</i>	Pino salado	Tamaricaceae	Eurasia y algunas zonas del norte de África	RB El Vizcaino RB Pinacate y Gran Desierto de Altar APFF Sierra de Álamos-Río Cuchujaqui RB Mapimí
<i>Bromus rubens</i>	Zacate bromo, Bromo rojo	Poaceae	Región Mediterránea Europea	PN Constitución de 1857 RB Pinacate y Gran Desierto de Altar
<i>Brassica tournefortii</i>	Nabo del desierto, mostaza	Brassicaceae	Norte de África	RB Pinacate y Gran Desierto de Altar
<i>Arundo donax</i>	Carrizo	Poaceae	Sureste de Asia	APFF Sierra de Álamos-Río Cuchujaqui PN Cumbres de Monterrey APRN Valle de Bravo RB Selva El Ocote
<i>Casuarina equisetifolia</i>	Pino australiano	Casuarinaceae	Suroeste de Asia y Australia	RB Sierra Gorda APRN Valle de Bravo RB Los Tuxtlas PN Cañón del Sumidero RB Sian Ka'an
<i>Eichhornia crassipes</i>	Lirio acuático	Pontederiaceae	Región del	APRN Valle de

			Amazonas, Brasil	Bravo RB Los Tuxtlas RB Selva El Ocote PN Cañón del Sumidero
<i>Cyprinus carpio</i>	Carpa común	Cyprinidae	Asia	APFF Sierra de Álamos – Río Cuchujaqui RB Zicuirán- Infiernillo APRN Valle de Bravo RB los Tuxtlas
<i>Gambusia affinis</i>	Pez mosquito	Poeciliidae	Norteamérica	RB El Pinacate y Gran Desierto de Altar
<i>Hypostoamus plecostomus</i> <i>Pterygoplichthys</i> spp **	Pez diablo, plecos	Loricariidae	Sudamérica	RB Zicuirán- Infiernillo
<i>Micropterus salmoides</i>	Lobina negra	Centrarchidae	Norteamérica	RB El Pinacate y Gran Desierto de Altar RB La Michilía APRN Valle de Bravo RB Los Tuxtlas
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Trucha arcoíris	Salmonidae	Norteamérica	APRN Valle de Bravo
<i>Oreochromis mossambicus</i>	Tilapia de Mozambique	Cichlidae	África	APFF Sierra de Álamos – Río Cuchujaqui RB El Pinacate y Gran Desierto de Altar RB Zicuirán- Infiernillo RB Marismas Nacionales RB Sierra Gorda RB Selva El Ocote RB Sian Ka'an RB Ría Lagartos
<i>Pterois volitans</i> <i>P. miles</i> ***	Pez león rojo Pez león común	Scorpaenidae	Pacífico sur y Océano Índico	RB Sian Ka'an RB Ría Lagartos PN Sistema Arrecifal Veracruzano
<i>Lithobates catesbeianus</i>	Rana toro	Ranidae	Norteamérica	APRN Valle de Bravo
<i>Rhinella marinus</i>	Sapo gigante	Bufonidae	Centro y Sudamérica	PN Cumbres de Monterrey RB Zicuirán –

				Infiernillo RB Selva El Ocote
<i>Trachemys scripta</i>	Tortuga de orejas rojas	Emydidae	Norteamérica	RB Los Tuxtlas
<i>Capra hircus</i>	Cabra	Bovidae	Asia	RB El Vizcaíno RB Sierra Gorda
<i>Felis catus</i>	Gato	Felidae	Norte de África	RB El Vizcaíno APFF Sierra de Álamos – Río Cuchujaqui RB El Pinacate y Gran Desierto de Altar RB La Michilía APFF Tutuaca RB Mapimí RB Marismas Nacionales APRN Valle de Bravo PN Cañón del Sumidero RB Sian Ka'an RB Ría Lagartos
<i>Mus musculus</i>	Ratón doméstico	Muridae		RB El Vizcaíno APFF Sierra de Álamos – Río Cuchujaqui RB La Michilía APRN Valle de Bravo RB Los Tuxtlas RB Sian Ka'an RB Ría Lagartos
<i>Rattus rattus</i>	Rata negra	Muridae	Asia	RB El Vizcaíno APRN Valle de Bravo RB Los Tuxtlas PN Cañón del Sumidero RB Sian Ka'an
<i>Sus scrofa</i>	Cerdo salvaje	Suidae	Europa	RB La Michilía RB Sierra Gorda

*Basado en la Estrategia Nacional sobre Especies Invasoras en México (CONABIO, 2010) y Lowe *et al.* (2004). **Se adicionan a este listado las especies de pez diablo o plecos debido al enorme impacto ecológico y económico reportado recientemente; se reconocen para México al menos seis especies del género *Pterygoplichthys*; para la cuenca del Balsas en Michoacán se ha reportado *P. multiradiatus* (Cano-Salgado, 2011). ***Ortiz-Moreno (com. pers).

Criterios de selección:

1) Representatividad de ecosistemas

Se tomaron en cuenta el número de ecosistemas reportados para cada ANP y se homogenizaron para ajustarlo a la nomenclatura de INEGI (2005), debido a que es el sistema más utilizado por la academia por su estandarización y alta capacidad de actualización a través de medios digitales. Este criterio dio un panorama sobre la representatividad de los ecosistemas presentes en las ANP seleccionadas a la vez que ofreció herramientas útiles para diseñar una estrategia de manejo y control de EEI bajo el enfoque de la replicabilidad a nivel nacional, postulado que es primordial para este proyecto.

Son varios los razonamientos que se pueden sacar de esta selección debido a la gran variedad e importancia de los ecosistemas de cada ANP. Dado que uno de los objetivos de las ANP es crear una red biológica con la finalidad de conservar la biodiversidad y ecosistemas en nuestro análisis se tomaron en cuenta los ecosistemas presentes en las ANP siendo la RB Los Tuxtlas la que más ecosistemas presentó ($n=9$), seguida de la RB El Vizcaíno ($n=8$), y la RB La Michilífa, PN Cumbres de Monterrey, RB Sierra Gorda y RB Ría Lagartos ($n=7$). (Figura1, Tabla 3).

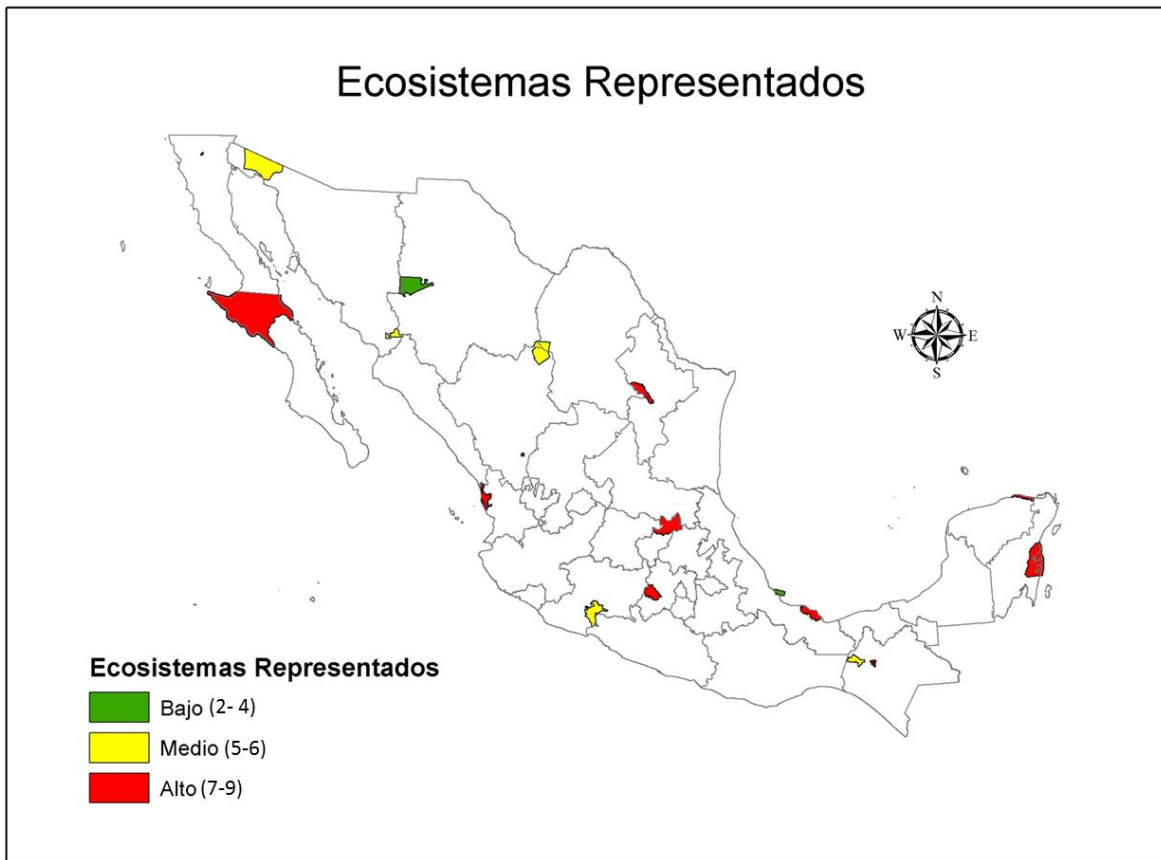
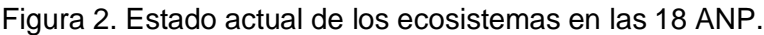


Figura 1. Categorización del número de ecosistema presentes en 18 ANP de México.

A pesar de que el número de ecosistemas constituyó un punto de análisis importante en los criterios de selección también se tomó en cuenta su estado de perturbación a través del análisis realizado por Jesús Alarcón Guerrero (CONABIO), en el cual se observa gráficamente que el PN Constitución de 1857 y la RB El Vizcaíno conservan más del 90% de sus ecosistemas en estado primario, en contraste con la RB Los Tuxtlas y el APRN Valle de Bravo que presentan los ecosistemas más perturbados por actividades de tipo agrícola, forestal y pecuario y el PN Cañón del Sumidero, con la mayor presencia de vegetación secundaria (Figura 2).



versión del 2010, es decir, aumentó un 25%. De hecho, la única categoría de la norma actual que disminuyó en número fue la de **Protección Especial** (Pr) que se define como *“Aquellas que podrían llegar a encontrarse en peligro de desaparecer a corto o mediano plazo, si siguen operando los factores que inciden negativamente en su viabilidad, al ocasionar el deterioro o modificación de su hábitat o disminuir directamente el tamaño de sus poblaciones”*, lamentablemente esto se debió a que algunas de las especies subieron a la categoría de **Amenazadas** (A), es decir, *“Aquellas que podrían llegar a encontrarse amenazadas por factores que inciden negativamente en su viabilidad, por lo que se determina la necesidad de propiciar su recuperación y conservación o la recuperación y conservación de poblaciones de especies asociadas”*, y las de esta última categoría subieron a categoría de **En Peligro de Extinción**.

Para la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), México está colocado en el quinto lugar del mundo en cuanto a especies en riesgo (En peligro Crítico, En Peligro y Amenazadas) con 897 especies, y sólo por debajo de Ecuador (2,208 especies), EUA (1,192 especies), Malasia (1,141 especies) e Indonesia (1,087 especies). Sin embargo, si se considera la clasificación de las especies de la NOM-059 del 2010 para las categorías de **En Peligro de Extinción** y **Amenazada**, México sería el segundo lugar del mundo en especies en riesgo con 1,203; y pasaría al primer lugar si se considera también a las especies en la categoría de **Protección Especial** de la norma (2,280 especies en total).

De acuerdo con lo anterior, en este criterio se tomaron como referencia únicamente las especies contenidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 debido a su importancia a nivel nacional y contar con información más completa y actualizada que los listados de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES) y Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN). Durante la revisión bibliográfica realizada sobre las especies de importancia global que se distribuyen en la ANP estudiadas se pudieron registrar 781 especies incluidas en ocho grupos taxonómicos, donde el grupo de las plantas vasculares fue el más representado con un 20% ($n= 157$) de especies en la Norma. Las ANP seleccionadas por presentar mayor número de especies bajo alguna categoría de riesgo en orden prioritario fueron: la RB Los Tuxtlas, con 288 especies, es decir, un 36.87% del total general registrado,

seguida por la RB Selva El Ocote con 225 (32.65%) y la RB Sian Ka'an con 152 (19.46%). (Figura 3, Tabla 3).

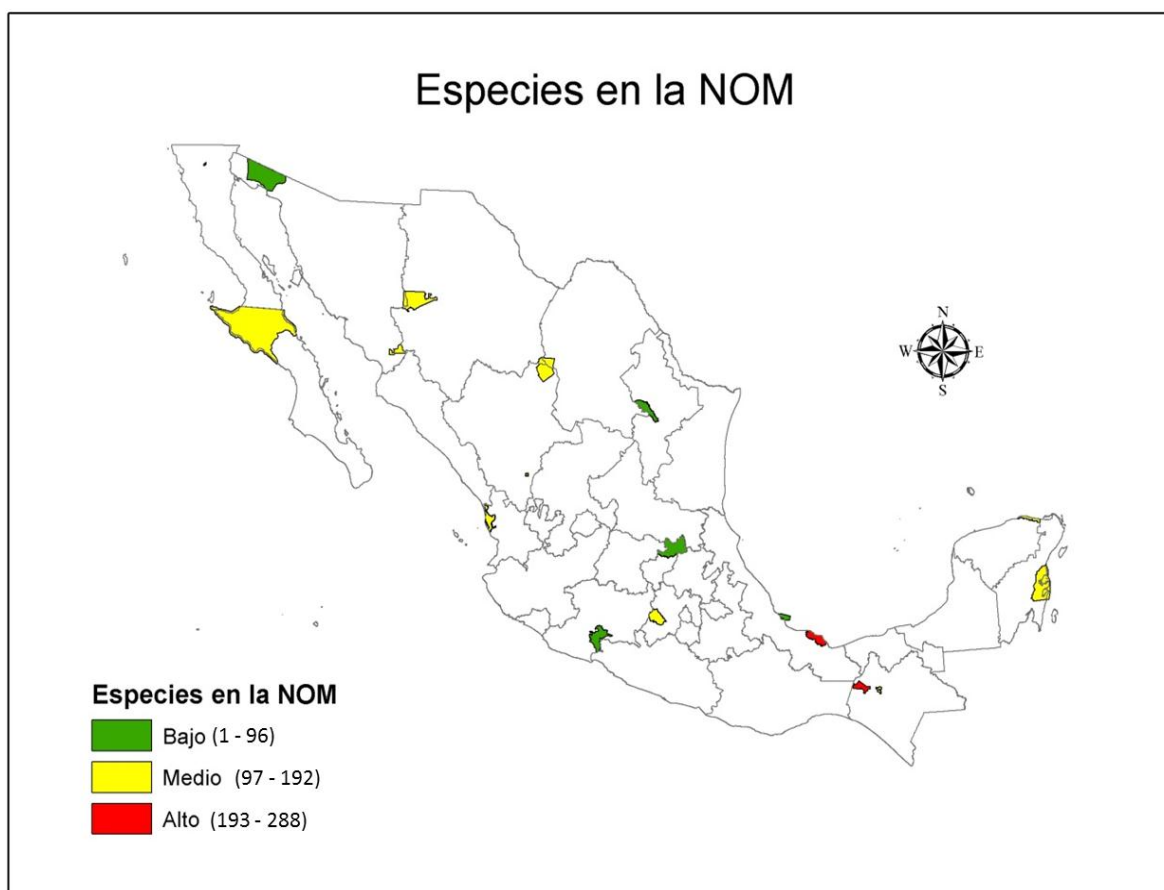


Figura 3. Categorización del número de especies en la NOM-059-SEMARNAT-2010 registradas en 18 ANP de México.

3) Número de EEI en cada ANP

Se recopiló el número de registros de presencia de EEI para cada ANP, de tal manera que el análisis demostró una riqueza en rango promedio de 32 a 43.5 especies por ANP. Esta variación se debió probablemente al amplio rango de EEI reportadas para cada una de las ANP, de tal manera que contrasta la cifra reportada para la RB Marismas Nacionales dónde se reportan sólo cinco especies, con respecto a las 104 reportadas para la RB Los Tuxtlas y el PN Cumbres de Monterrey. Desde este punto de vista, y estableciendo como límite inferior el promedio de especies EEI, hay seis ANP prioritarias: PN Cumbres de Monterrey y la RB Los Tuxtlas ($n= 104$), RB El Pinacate y Gran Desierto

de Altar ($n= 92$), RB Mapimí ($n= 77$), APFF Sierra de Álamos – Río Cuchujaqui ($n= 70$) y RB Sierra de la Gorda ($n= 66$) (Figura 4, Tabla 3).

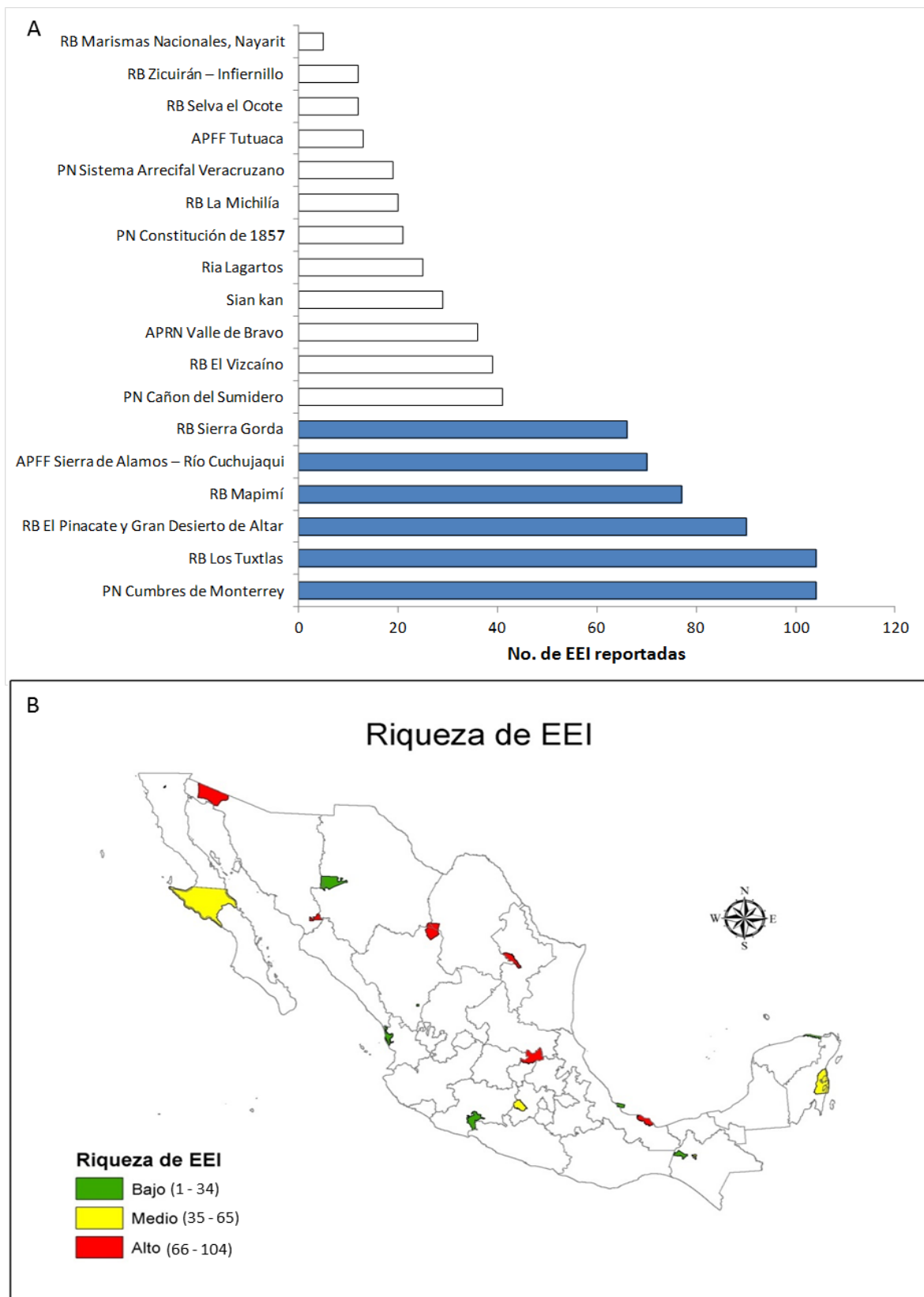


Figura 4. A) Número de EOI registradas en las 18 ANP analizadas. B) Categorización del número de EOI registradas en 18 ANP de México.

4) Simpatría de EEI

Esta variable se calculó a través de la prueba de Escalamiento Multidimensional (MDS, pos sus siglas en ingles), el cual a partir de una matriz de similitud de la composición de especies itera todas las posibles combinaciones que se dan entre distancias euclidianas de las variables (en este caso ANP). La variable describió la co-ocurrencia (incidencia) de EEI en las diferentes ANP. Una vez obtenidos los valores del escalamiento multidimensional (MDS), se agruparon las ANP que compartían más especies entre sí. Interessantemente, después de hacer un ejercicio en donde se consideraron EEI comensales del hombre como el ratón, rata, gato, y perro, además de algunos pastos y malezas se obtuvo un grupo de 10 ANP que notoriamente compartían EEI. Sin embargo, cuando se realizó el mismo tipo de análisis excluyendo a las especies mencionadas por su carácter cosmopolita, el orden de las agrupaciones fue claramente diferente y se pudieron definir cuatro grupos entre las ANP con similitudes de EEI que fueron del orden de 9 a 26 especies coincidentes. La mayor contribución de este nuevo análisis es que demostró relaciones de simpatría y similitud de EEI con afinidades particulares a los ecosistemas de las 18 ANP. Esto favorece al postulado de replicabilidad que persigue el presente proyecto, ya que los resultados sugieren el diseño de al menos cuatro programas generales aplicables a las nueve ANP seleccionas (Figura 5 y 6, Tabla 3).

En el caso de la simpatría de especies, los valores altos significan mayor número de coincidencia de EEI, esto se interpreta como que todas aquellas reservas con valores altos tienen una alta coincidencia de especies y por lo tanto hay mayores probabilidades de aplicar programas globales de manejo y por tanto, ser seleccionadas.

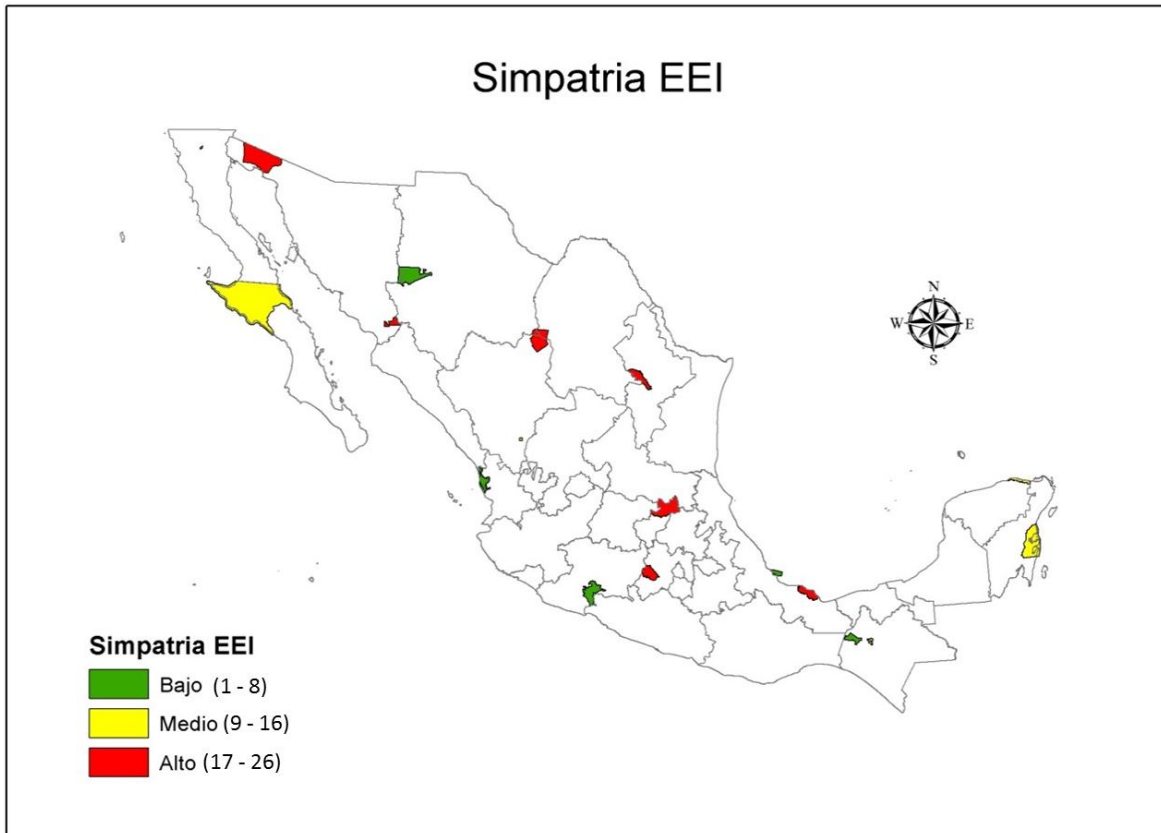


Figura 5. Categorización del número de EEI compartidas entre 18 ANP de México.

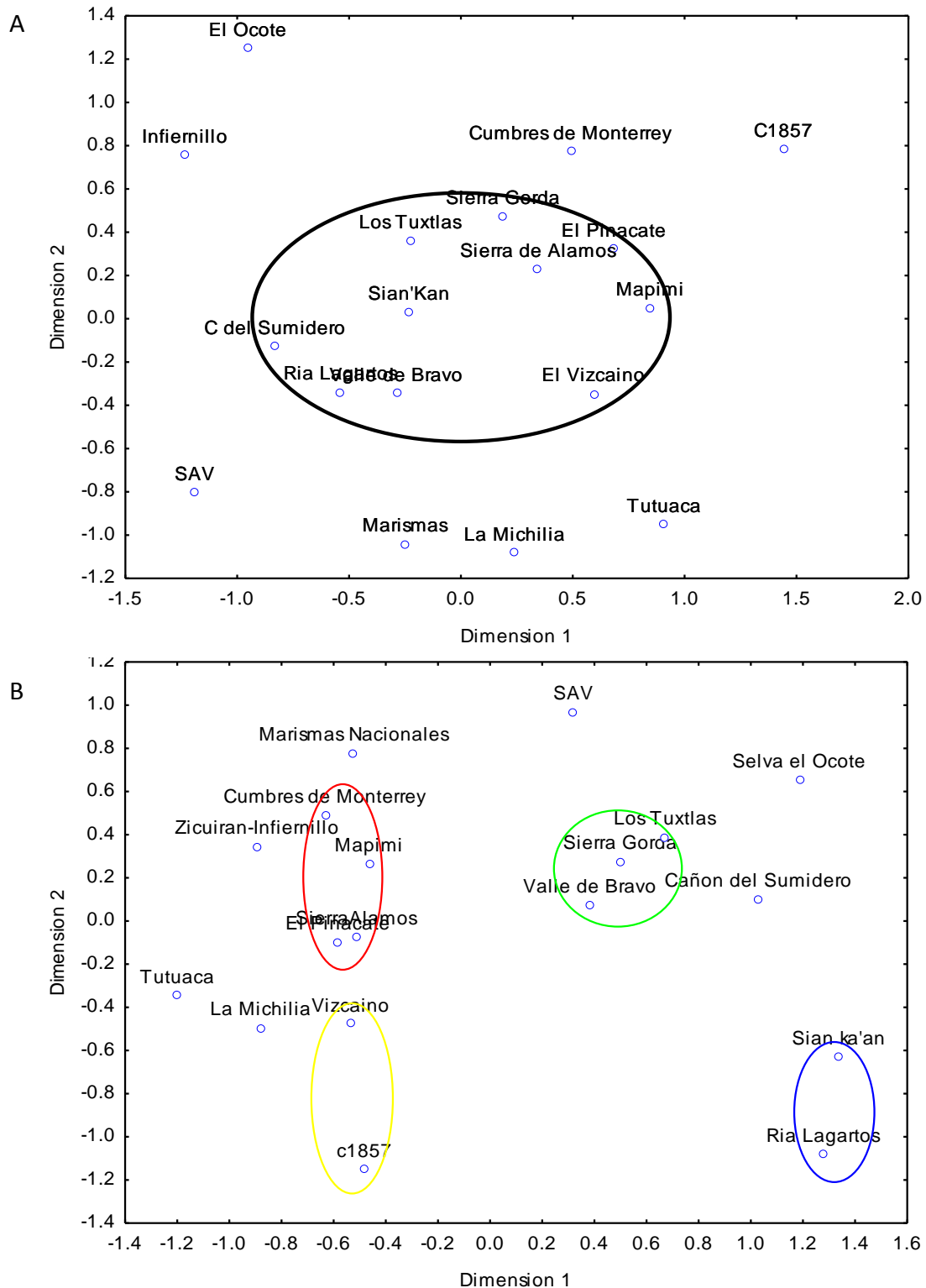


Figura 6. A) Prueba MDS basado en la similitud de EEI en 18 ANP (stress 0.22). B) Prueba MDS basado en la similitud de EEI en 18 ANP sin la inclusión de especies comensales del hombre (ratón, rata, gato perro), malezas y pastos de gran propagación (stress 0.12).

5) Interacciones bióticas

Esta variable se calculó a través de un ACP, el cual integró una matriz de correlaciones a todas las EEI analizadas en cuatro posibles interacciones bióticas: herbivoría, depredación, competencia/plantas y competencia/animales. Este resultado describió el número posible de interacciones biológicas que podrían darse entre EEI y las especies nativas dentro de una ANP. Se encontraron cuatro posibles interacciones: herbivoría, depredación, competencia/plantas y competencia/animales en donde se mostró que existe una tendencia en la presencia de EEI de hábitos depredadores en la RB Los Tuxtlas, RB Sian Ka'an y RB Ría Lagartos; mientras que el PN Cumbres de Monterrey, RP Mapimí, RB Sierra Gorda, RB El Pinacate y Gran Desierto de Altar tienen alta incidencia de herbívoros introducido (por lo general chivos y cabras), lo que en potencia afectará la productividad de la zona. Sin embargo, el número de interacciones por sí mismo no refleja la magnitud de éstas, pues dependen de otros factores como la presencia y abundancia de otras especies y los ecosistemas (incluidos otros componentes bióticos y abióticos) (Figura 7, Tabla 3).

En el caso de las interacciones bióticas los valores altos significan que hay un gran número de EEI con probabilidades de establecer una o varias interacciones bióticas utilizadas en el análisis y por lo tanto una mayor probabilidad de ser seleccionadas.

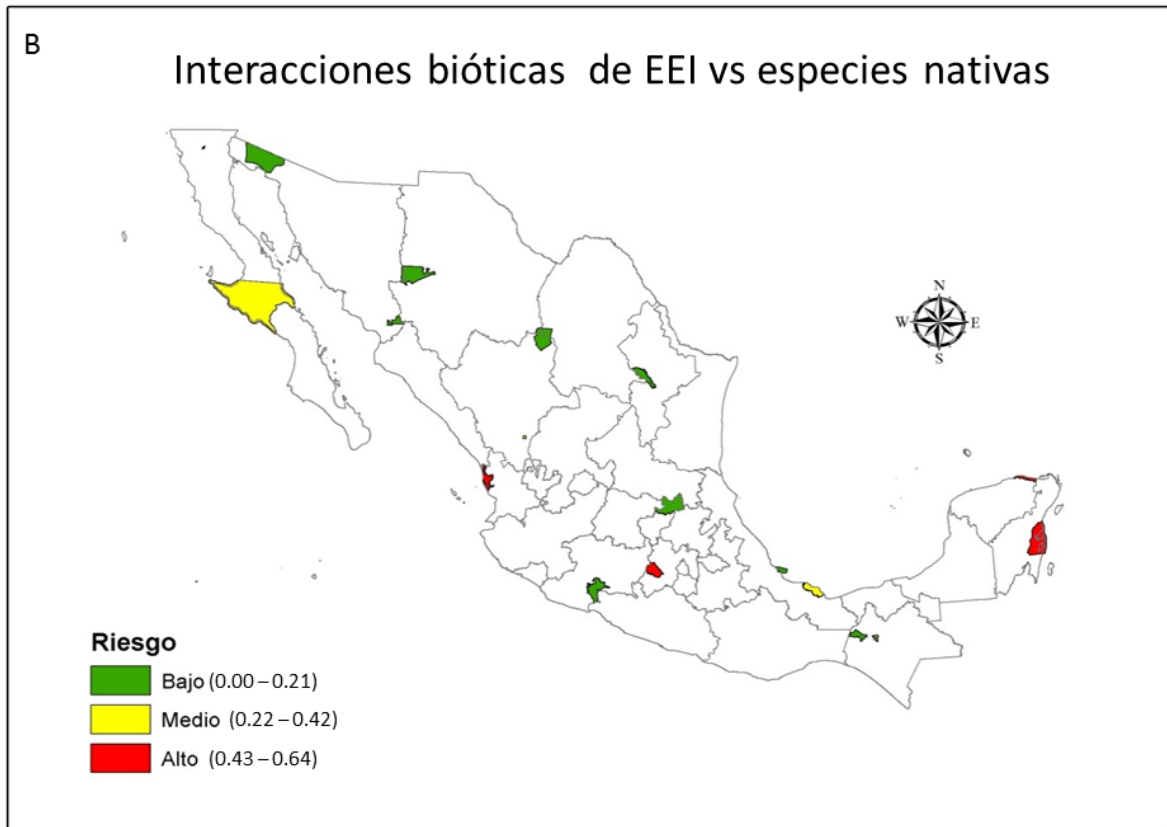
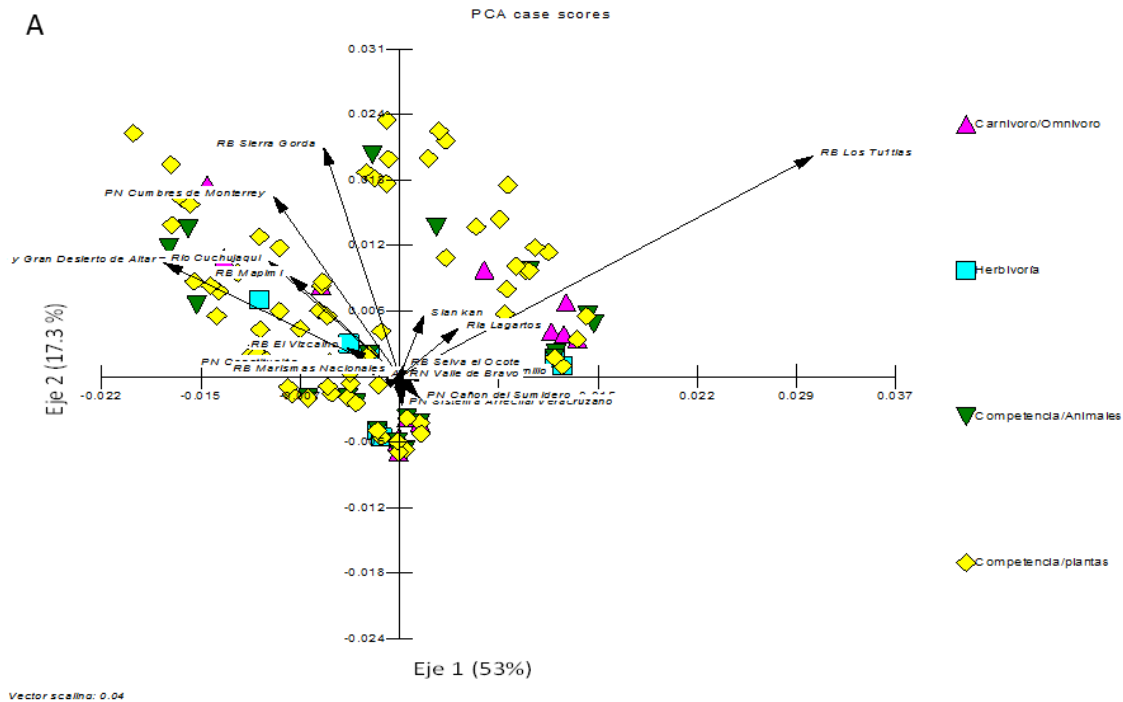


Figura 7. A) Análisis de Componentes Principales (ACP) de interacciones bióticas entre las EEI y las nativas en las 18 ANP. B) Categorización del número de interacciones en las 18 ANP.

6) Aprovechamiento y uso de EEI.

Este parámetro consistió en identificar las ANP en las cuales se les da un uso a las EEI por parte de las poblaciones locales, su análisis es de interés debido a que muchas de estas actividades fomentan la introducción de EEI, ya sea autoconsumo, comercial, turístico o recreativo. Se asume que cuantas más actividades relacionadas al aprovechamiento y uso de EEI, más frágiles son los ecosistemas y mayor el riesgo de la pérdida de biodiversidad. Dado que el ACP es capaz de manejar datos continuos, categóricos y binomiales (Warwick, 1993; Atkinson y Moruato, 2008), esta variable se manejó dándole valores binomiales de 0 y 1 para los caso de No y Si respectivamente, sin importar la intensidad o frecuencia de su uso. Se obtuvo que en un 61% ($n= 11$) de las ANP seleccionadas se realiza una actividad de aprovechamiento y uso de alguna EEI, destacando el hecho de que el 39% restantes, a excepción de la RB Ría Lagartos, está representado por ANP cuya ubicación geográfica es el norte del país (Figura 8, Tabla 3).

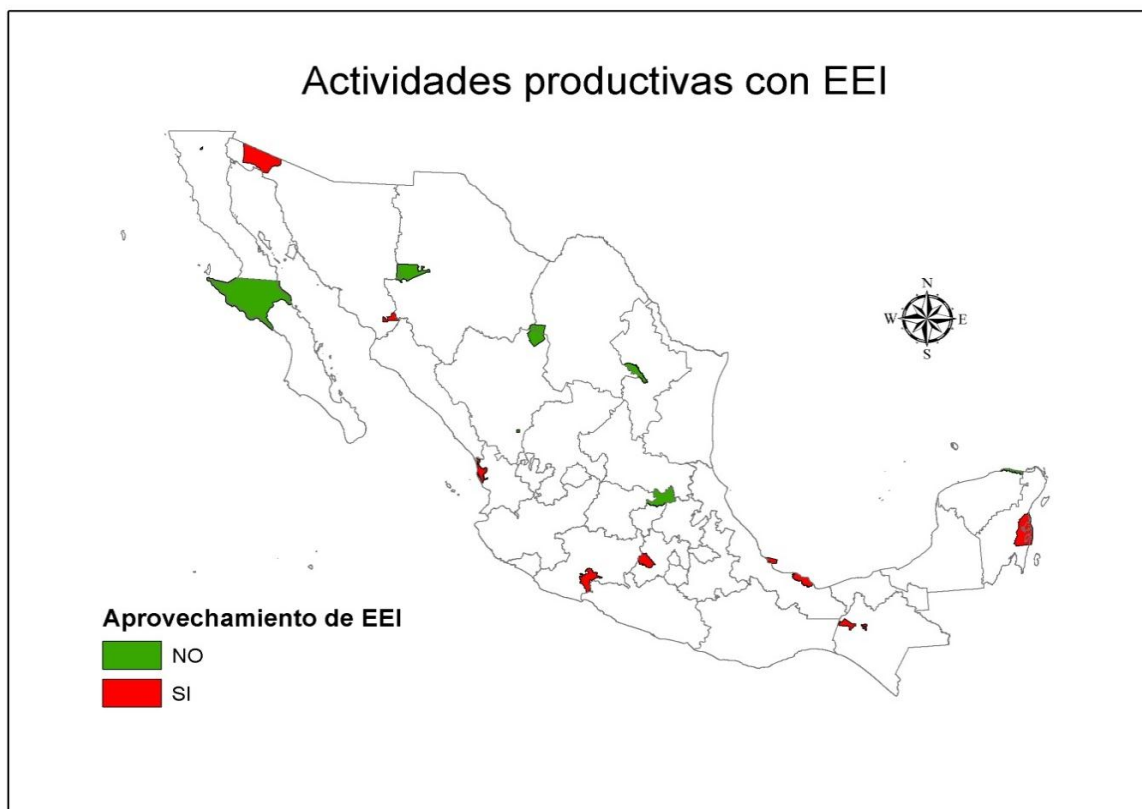


Figura 8. Representación del uso y aprovechamiento de EEI en las 18 ANP

7) Sectores productivos involucrados en cada ANP

Hablar de los sectores productivos que se desarrollan dentro o en las inmediaciones de las ANP resulta ser complejo debido a los factores socioeconómicos que involucra. Como se mencionó anteriormente, en este estudio se consideraron los sectores ganadero, agrícola, forestal, pesquero y turístico o urbano, los cuales están en mayor o menor medida presentes en las ANP estudiadas y ejercen presión sobre la dinámica natural de los ecosistemas ahí presentes. El número de actividades productivas presente en cada ANP, al ser analizado en el ACP interactúa con otras variables, donde las que poseen mayor valor corren el riesgo de tener mayor perturbación por EEI.

Por otra parte, se pudo constatar que contrario a las políticas de CONABIO y CONANP, algunas dependencias del gobierno como SAGARPA a través de programas como el Programa de Producción Pecuaria Sustentable y Ordenamiento Ganadero y Apícola (PROGAN) y CONAFOR por medio de ProÁrbol, directa o indirectamente promueven el uso de algunas EEI, lo cual pudiera representar un conflicto de intereses entre las mismas dependencias. De esta manera, después de haber hecho una consulta con los directivos de cada ANP, así como de la revisión bibliográfica se obtuvo que tres de las ANP estudiadas presentaron los cinco sectores productivos señalados, tal fue el caso de la RB Los Tuxtlas, PN Cañón del Sumidero y APRN Valle de Bravo; mientras que RB El Vizcaíno, RB Zicuirán - Infiernillo, el PN Cumbres de Monterrey y la APFF Sierra de Álamos – Río Cuchujaqui presentaron cuatro modalidades de actividades productivas dentro o en sus colindancias (Figura 9, Tabla 3). Este panorama refleja la dificultad de controlar y dar seguimiento a un programa de diagnóstico de las vías de introducción, uso, y explotación de las EEI en las ANP, debido a la complejidad y falta de información sobre estos temas. En términos generales, un mayor valor en las variables que se contemplaron significa una mayor afectación de EEI.

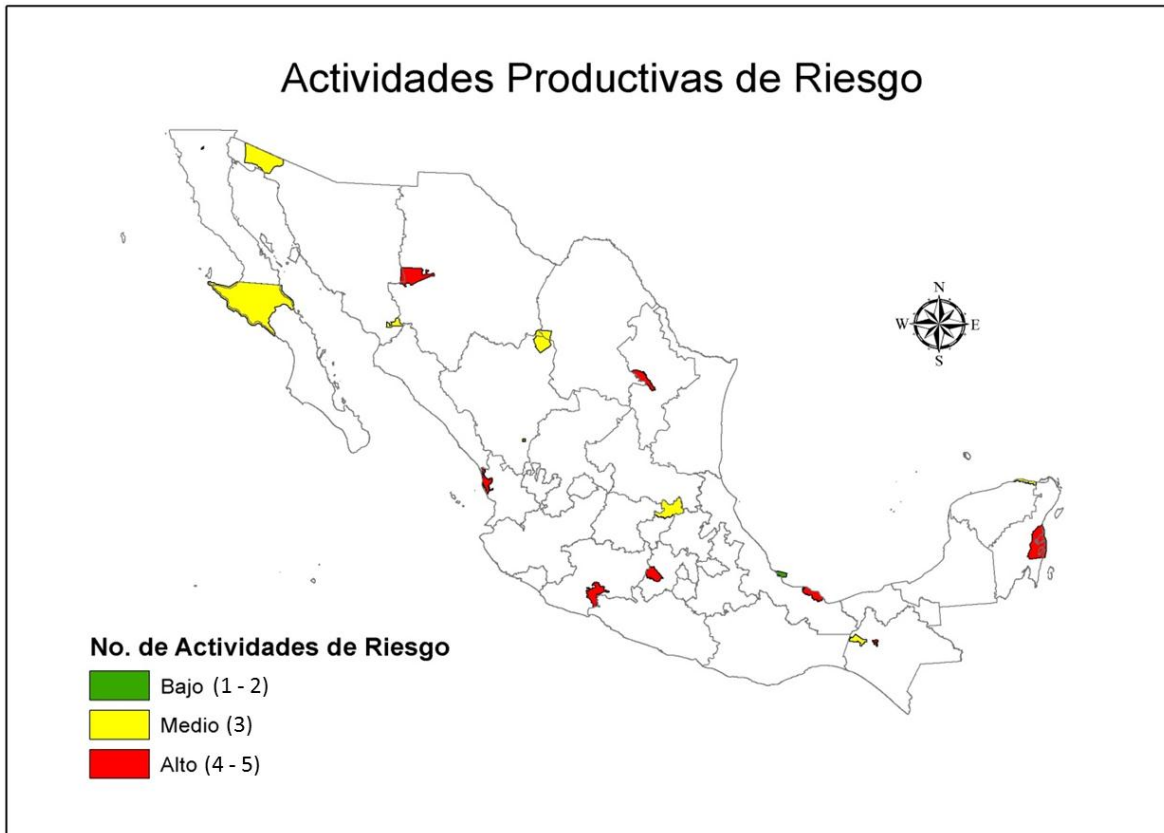


Figura 9. Categorización del número de actividades productivas realizadas con EEI en 18 ANP de México.

8) Escenario de invasión por EEI hacia el 2050.

Esta variable se generó a partir de los modelos de nicho ecológico y se consideró para complementar el análisis de la situación actual (número de EEI reportadas en las ANP) y poder contrastarlo con el número de EEI con distribución potencial en las mismas ANP bajo el escenario de cambio climático pronosticado al 2050. Se consideraron las características medio ambientales de los hábitats originales de las EEI, mismas que fueron extrapoladas a las condiciones de México, con el objetivo de pronosticar las zonas de riesgo y mayor vulnerabilidad, teniendo como resultado que en orden de prioridad: el PN Cumbres de Monterrey y la RB Sierra Gorda presentan 57 especies, seguidas por la RB Selva El Ocote, 52 especies y la RB Zicuirán – Infiernillo y el PN Cañón del Sumidero, ambas con 50 especies (Figura 10, Tabla 3).

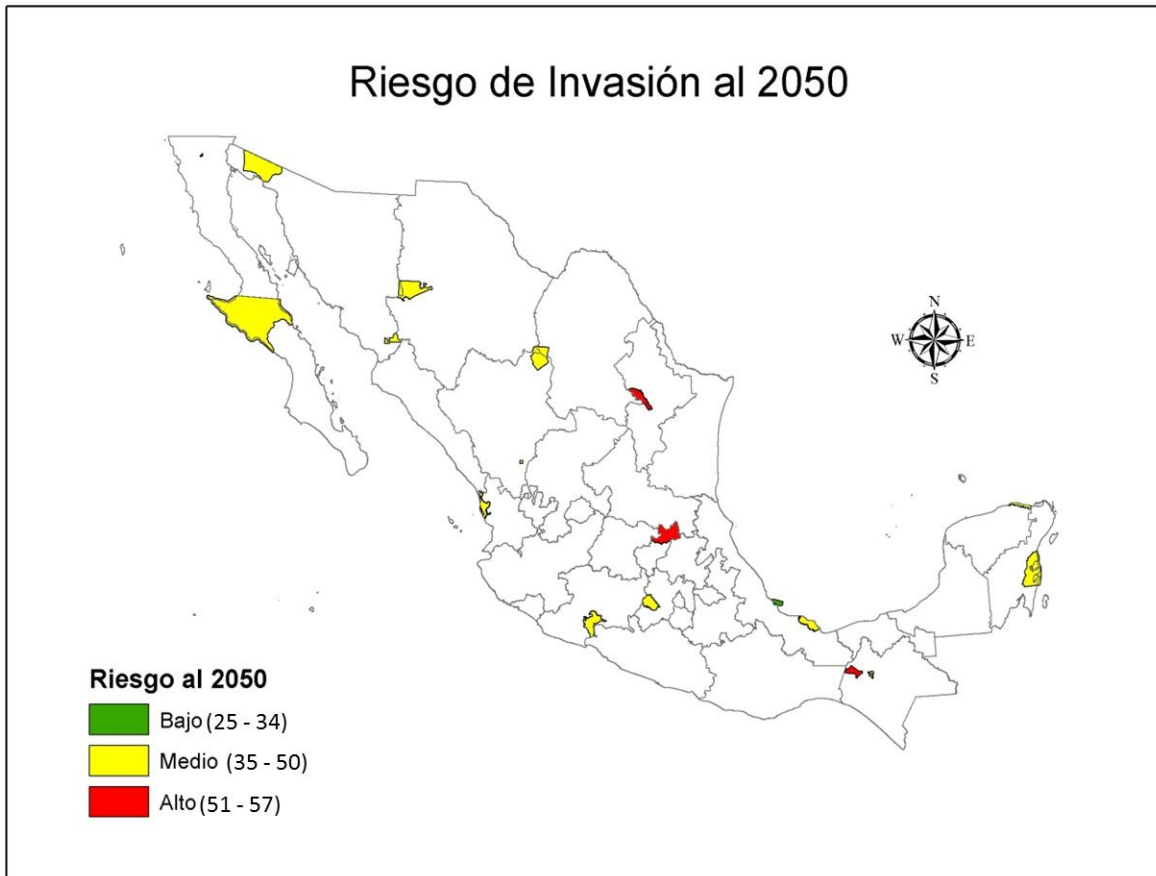


Figura 10. Categorización de las 18 ANP por zonas de riesgo en un escenario hacia el año 2050.

En términos generales, un mayor valor en las variables que se contemplaron significa una mayor afectación de EEI. Por ejemplo, en el uso de EEI valores altos significa que el riesgo de permanencia de la EEI y por lo tanto es más probable que sean incluidas en la selección. Dado que cada una de las ocho variables tiene una calificación propia, fue necesario integrarlas en un análisis que lograra resumirlas y discriminar entre ellas de manera estandarizada. Así dentro de los métodos de ordenación multivariados se eligió usar el análisis de componentes principales (ACP), el cual ordena las variables tomando en cuenta la intensidad de la diferencia dentro y entre variables. Esto quiere decir que si bien, valores altos por lo general significaran mayores probabilidades de ser seleccionada, también influye la intensidad de la diferencia entre una ANP y otra; por ejemplo, entre dos ANP puede una de ellas tener valores más altos en siete de las ocho variables consideradas; sin embargo en la octava la segunda ANP pudiera tener una diferencia mucho mayor, esta rango de diferencias en una sola variable puede determinar que sea seleccionada a pesar de que la primera ANP sea mayor en las otras siete variables. Esto se debe a que el ACP es capaz de ponderar las diferencias entre cada una de las

variables para finalmente resumir de manera conjunta su comportamiento mediante un nuevo análisis (técnicamente llamado: componentes principales). Los resultados de este análisis se representan en las tablas 2 y 3, y figura 11.

Debido a que los componentes del ACP fueron representados en gran medida por especímenes del grupo de las plantas, las cuales se consideran un buen parámetro para estimar el grado de vulnerabilidad de las ANP por la invasión EEI; en la tabla 2, también se presentan los registros de EEI pertenecientes a otros grupos taxonómicos presentes en las nueve ANP seleccionadas con la finalidad de tener una visión general del fenómeno de invasión.

Tabla 2. Conjunto de nueve ANP prioritarias para el establecimiento de programas de control piloto de EEI y número de registros de EEI por grupo biológico.

Valores	ACP	Plantas	Algas	Invertebrados	Peces	Anfibios	Reptiles	Aves	Mamíferos
RB El Vizcaíno	2.06386	28	0	0	0	0	0	0	11
RB Los Tuxtlas	2.03837	81	0	1	6	0	6	5	6
APFF Sierra de Álamos – Río Cuchujaqui	1.96060	63	0	0	4	0	0	0	3
APFF Tutuaca	0.95822	12	0	0	0	0	0	0	1
PN Cumbres de Monterrey	0.81323	101	0	0	1	1	1	0	0
APRN Valle de Bravo	0.80810	19	0	0	4	1	0	4	8
RB Sian Ka'an	0.78005	19	0	1	5	0	0	0	5
RB Marismas Nacionales	0.70986	1	0	0	1	0	0	0	3
RB La Michilía	0.59480	15	0	0	2	0	0	3	3

La selección presentada muestra la lista de ANP seleccionadas a partir de criterios biológicos y de índole socio-económicos; el orden de prioridad aquí representado está dado por el valor del ACP, donde los valores más altos son aquellas ANP con mayor vulnerabilidad y por tanto requieren de mayor atención (Tabla 3).

Tabla 3. Criterios para seleccionar nueve de 18 ANP para la ejecución de actividades piloto para el manejo integrado de las especies exóticas invasoras

ANP	REPRESENTATIVIDAD POR ECOSISTEMA	ESPECIES NOM-059	INCIDENCIA DE EEI	SIMPATRIA DE EEI	INTERACCIONES	SECTORES PRODUCTIVOS	APROVECHAMIENTO DE EEI	ESCENARIO A 2050	PUNTUACIÓN FINAL	INSTITUCIÓN – SOCIAL
PN Constitución de 1857	2	3	21	10	0.12	1	0	34	0.12733	5
RB El Vizcaíno	8	73	39	9	0.32	3	0	49	2.06386	3
APFF Sierra de Álamos-Río Cuchujaqui	4	109	70	26	0.20	3	1	45	1.96060	9
RB El Pinacate y Gran Desierto de Altar	5	17	92	25	0.12	3	1	40	0.22020	0
RB La Michilía	7	46	23	8	0.29	2	0	44	0.59480	12
APFF Tutuaca	2	76	13	1	0.05	4	0	48	0.95822	12
RB Mapimí	4	105	77	23	0.00	3	0	43	0.38188	15
PN Cumbres de Monterrey	7	51	104	22	0.20	4	0	57	0.81323	11
RB Zicuirán – Infiernillo	4	40	12	4	0.15	4	1	50	0.43227	13
RB Marismas Nacionales	8	97	5	4	0.64	5	1	43	0.70986	2
RB Sierra Gorda	7	53	66	20	0.15	3	0	57	0.33152	7
APRN Valle de Bravo	6	72	36	17	0.59	5	1	47	0.80810	8
RB Los Tuxtlas	9	288	104	20	0.32	5	1	49	2.03837	11
PN Sistema Arrecifal Veracruzano	2	18	19	6	0.12	2	1	25	0.06530	16
PN Cañón del Sumidero	6	75	41	9	0.33	5	1	50	0.56446*	9
RB Selva El Ocote	4	225	12	3	0.12	3	1	52	0.08052	7
RB Sian Ka'an	6	152	30	13	0.59	4	1	49	0.78005	16
RB Ría Lagartos	7	129	25	15	0.63	3	0	48	0.45000	14

Con respecto a lo anterior, el día 13 de marzo del año en curso, se realizó una reunión de evaluación con los representantes de la coordinación del proyecto, CONABIO y CONANP, así como con los consultores de ACMT-IMAC y del Instituto de Biología de la UNAM. Dicha reunión contó con la participación de la M. en G. Georgia Born-Schmidt en su carácter de coordinadora del proyecto, la Dra. Isabel González Martínez, el Biól. Jesús Alarcón Guerrero y la L. R. I. Marisol Coria Belmont (CONABIO); la M. en C. Margarita García Martínez y el M. V. Z. Robert Wolf Webels (CONANP), además del equipo de especialistas del Instituto de Biología, UNAM y de ACMT-IMAC. La evaluación consistió en: 1) La lista del IB-UNAM se sometió a valoración, revisando las ANP que figuraron entre los primeros 9 lugares de importancia para cada criterio. 2) Se detectó que una ANP que había calificado en 7 de 8 criterios del IB-UNAM no figuró en la lista. 3) Se hizo una valoración comparativa, incorporando el criterio Social-Institucional compilado por Madre Tierra. 4) Considerando que en cuanto a los valores ACP, el Parque Nacional Cañón del Sumidero y la Reserva de la Biosfera La Michilía se encuentran en empate técnico (diferencia de 0.03 entre ellas, mientras que la diferencia con la siguiente ANP es de 0.11), sin embargo en todos los demás criterios el PN Cañón del Sumidero supera a la RB La Michilía. Esos criterios fueron el equilibrio de la representatividad de ecosistemas acuáticos/terrestres, categoría de ANP (RB vs PN), y de las Regiones de CONANP (nueve), principalmente. Así se optó por otorgar prioridad al PN Cañón del Sumidero. Además de los criterios de selección del Instituto de Biología, se consideró también información reciente generada por CONABIO con base en información del INEGI (http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/reclat/usuarios/inf_e1m.aspx) en materia de conservación de los ecosistemas de las ANP. Esta información demuestra que el PN Cañón del Sumidero está bajo presión por uso agrícola, pecuario, forestal y asentamientos humanos por lo que se considera urgente atender la amenaza de EEI que está ligada a estas actividades. De acuerdo con lo anterior y haciendo una ponderación entre la viabilidad de la implementación de programas piloto para el manejo integrado de las EEI entre la RB La Michilía (ACP= 0.59480) y el PN Cañón del Sumidero (ACP= 0.56446), los participantes acordaron dar prioridad al PN Cañón del Sumidero (Tabla 4, Figura 11).

Tabla 4. Resultados de la reunión de coordinación del 13 de marzo de 2013.

Orden de prioridad	ANP	Valores de ACP (Selección IB)	Nueva selección (Ponderación mesa de trabajo multidisciplinaria)
1	RB Vizcaíno	2.06386	RB Vizcaíno
2	RB Los Tuxtlas	2.03837	RB Los Tuxtlas
3	APFF Sierra de Álamos	1.96060	APFF Sierra de Álamos
4	APFF Tutuaca	0.95822	APFF Tutuaca
5	PN Cumbres de Monterrey	0.81323	PN Cumbres de Monterrey
6	APRN Valle de Bravo	0.80810	APRN Valle de Bravo
7	RB Sian Ka'an	0.78005	RB Sian Ka'an
8	RB Marismas Nacionales	0.70986	RB Marismas Nacionales
9	RB La Michilía	0.59480	PN Cañón del Sumidero
10	PN Cañón del Sumidero	0.56446	

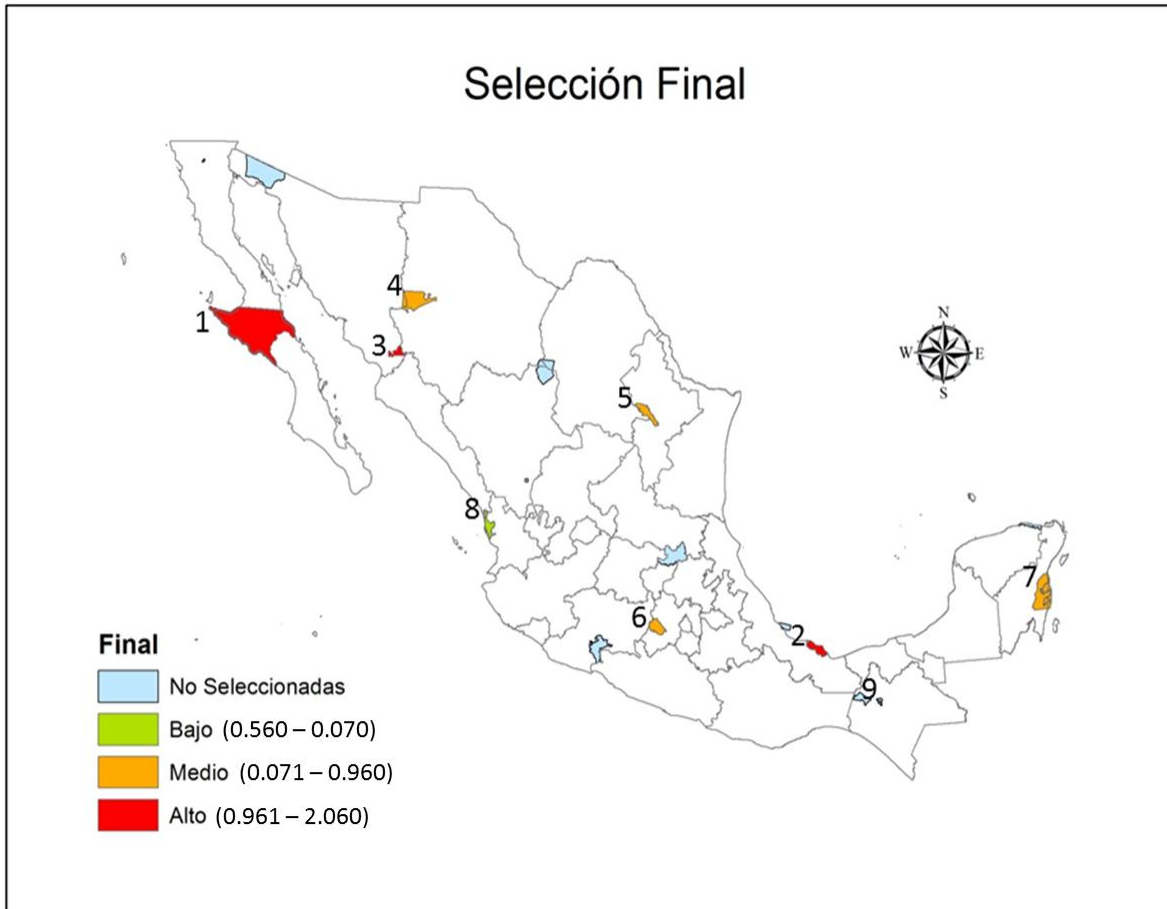


Figura 11. Selección final de nueve ANP en orden de prioridad: 1. RB El Vizcaíno, 2. RB Los Tuxtlas, 3. APFF Sierra de Álamos -Río Chuchujaqui, 4. APFF Tutuaca, 5. PN Cumbres de Monterrey, 6. APRN Valle de Bravo, 7. RB Sian Ka'an, 8. RB Marismas Nacionales, y 9. PN Cañón del Sumidero.

CONCLUSIONES

El manejo de las especies introducidas es todo un reto logístico y ecológico. Un primer paso es seleccionar los sitios para establecer programas piloto. En este sentido las ordenaciones multivariadas han mostrado ser una herramienta útil (Regan *et al.*, 2008). La aplicación de herramientas de análisis en ecología de comunidades mostró ser una manera objetiva para priorizar nueve ANP con mayor vulnerabilidad por la presencia de EEI, basándose en aspectos biológicos y actividades del sector productivo como la ganadería, agricultura, forestal, pesquero y turístico (considerados en este estudio como actividades productivas). Es interesante destacar que las nueve ANP seleccionadas representan un mosaico heterogéneo de ambientes, ecosistemas y ubicación geográfica, donde las ANP establecidas en sitios tropicales como la RB de Los Tuxtlas, APRN Valle

de Bravo, PN Cañón del Sumidero y la RB Sian Ka'an presentaron en común una problemática definida por la presencia de EEI de hábitos depredadores; la RB Marismas Nacionales se mantuvo neutral debido quizá al bajo número de EEI exóticas reportadas; mientras que las ANP ubicadas en el norte del país como la RB El Vizcaíno, APFF Sierra de Álamos – Río Cuchujaqui, APFF Tutuaca y el PN Cumbres de Monterrey presentan una mayor incidencia de EEI de tipo herbívoro, que están representadas en su mayoría por especies de importancia comercial del sector ganadero; esto da un panorama general de las metodologías a seguir en el planteamiento de las estrategias de manejo de EEI, lo que a largo plazo otorga mejores resultados con una inversión de esfuerzo y recursos económicos enfocados correctamente.

Por otra parte, la aplicación de modelos de nicho ecológico como instrumentos para predecir la distribución potencial de especies invasoras resultó ser una herramienta útil para la estimación de nuevos nichos ecológicos viables para la invasión de algunas EEI dentro y fuera del territorio de las ANP. Este primer ejercicio de modelaje en especies invasoras tanto para el presente como para el futuro (2050) nos da información de base para enfocar esfuerzos futuros en la estimación de la presencia y control de EEI. A pesar de las diferencias observadas entre las distribuciones predichas y las observadas, esta aproximación brinda un panorama de las áreas que podrían ocupar las especies si tuvieran la posibilidad de arribar a ellas. La ausencia de EEI en áreas prístinas puede deberse al alto grado de conservación del sitio, la escasa disponibilidad de nichos o la ocurrencia de enemigos naturales. Por tanto, la mejor medida de prevención sería evitar la perturbación de los ecosistemas naturales.

Finalmente, en orden de atención prioritaria se consideran a las ANP: RB El Vizcaíno, RB Los Tuxtlas, APFF Sierra de Álamos – Río Cuchujaqui, APFF Tutuaca, PN Cumbres de Monterrey, APRN Valle de Bravo, RB Sian Ka'an, RB Marismas Nacionales y el PN Cañón del Sumidero como las ideales para la ejecución de actividades piloto para el manejo integral de EEI. Por otra parte, los análisis de nicho ecológico mostraron coincidencias importantes en la priorización de las ANP seleccionadas y ofrecen una gran herramienta para diseñar los planes de acción y respuesta rápida ya que son claros en señalar los nichos potenciales que las EEI pudieran encontrar dentro de las ANP.

LITERATURA CITADA

- Aguirre-Muñoz, A., 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.
- Álvarez-Romero, J. G., R. A. Medellín, A. Oliveras de Ita, H. Gómez de Silva y O. Sánchez. 2008. Animales exóticos en México: una amenaza para la biodiversidad. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Instituto de Ecología, UNAM. Secretaría de medio ambiente y Recursos Naturales. México, D. F. 518.
- Atkinson, G. y Mourato, S. 2008. Environmental Cost-Benefit Analysis. *The Annual Review of Environment and Resource*, 33:317–44.
- Becerra, R. 2000. Las cactáceas, plantas amenazadas por su belleza. CONABIO. *Biodiversitas* 32:1-15.
- Cano-Salgado, M. P. 2011. El plecos (*Pterygoplichthys* spp): su invasión y el abordaje de las cooperativas balcanenses. Tesis Doctoral. Colegio de la Frontera Sur. Villahermosa, Tabasco. 162pp.
- Ceballos, G., y L. Márquez. 2000. Las aves de México en peligro de extinción. CONABIO-UNAM- Fondo de Cultura Económica, México.
- CONABIO. 2009. *Sistema de Información sobre Especies Invasoras en México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Disponible en <www.conabio.gob.mx/invasoras> (consultado en mayo de 2009).
- CONABIO. 2010. Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras. *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.
- Flores-Villela, O., y L. Canseco-Márquez. 2004. Nuevas especies y cambios taxonómicos para la herpetofauna de México. *Acta Zoológica Mexicana*, 20: 115-144.
- Groombridge, B., y M. D. Jenkins. World Atlas of Biodiversity. 2002. UNEP-WCMC. University of California Press., E. U. A.

- Hijmans, R. J., Cameron S. E., Parra, J. L., Jones, P. G., Jarvis, A. 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* 25: 1965-1978.
- INEGI. 2005. Guía para la interpretación de cartografía: uso de suelo y vegetación. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, Aguascalientes.
- IPCC, 2007. IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007.
- IUCN. 2000. IUCN Guideline for the prevention of biodiversity loss caused by alien invasive species. Invasive Specialist Group, Species Survival Commission (SSC), IUCN. URL: <http://www.iucn.org/themes/ssc/pubs/policy/invasivesEng>
- Llorente-Bousquets, J., y S. Ocegueda. 2008. Estado del conocimiento de la biota. En: Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. CONABIO, México, pp. 283-322.
- Lowe, S., Browne, M., Boudjelas, S., y De Poorter, M. 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), Especialista de la Comisión de Supervivencia de Especies (CSE) de la Unión Mundial para la Naturaleza (UICN), 12pp.
- Ramírez, M. 2004. El método de jerarquías analíticas de Saaty en la ponderación de variables. Aplicación al nivel de mortalidad y morbilidad en la provincia del Chaco. Comunicaciones Científicas y Tecnológicas de la Universidad Nacional del Nordeste. Resistencia, Argentina. 4 pp.
- Ramírez-Pulido, J., J. Arroyo-Cabrales y N. González-Ruiz. 2008. Catálogo de autoridades de los mamíferos terrestres de México. División de Ciencias Biológicas y de la Salud, UAM-Iztapalapa. Base de datos SNIB-CONABIO.
- Regan, H. M., Hierl, L. A., Franklin, J., Deutschman, D. H., Schmalbach, H. L., Winchell, C. S. y Johnson, B. S. 2008. Species prioritization for monitoring and management in regional multiple species conservation plans. *Diversity and Distributions* 14: 462–471.
- Peterson, A. T., M. Papeş y M. Eaton. 2007. Transferability and model evaluation in ecological niche modeling: a comparison of GARP and Maxent. *Ecography* 30: doi: 10.1111/j.2007.0906-7590.05102.
- Schüttler, E. y Karez, C.S. 2008. 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.

- StatSoft, Inc. (2004). STATISTICA (data analysis software system), version 7.
www.statsoft.com.
- Stockwell, D. R. B. y D. Peters. 1999. The GARP modelling system: problems and solutions to automated spatial prediction. *International Journal of Geographical Information Science*. 13:143-158.
- Villaseñor, J. L. 2004. Los géneros de plantas vasculares de la flora de México. *Boletín de la Sociedad de México*, 75: 105-135.
- Warwick, R. M. 1993. Environmental impact studies on marine communities: Pragmatical considerations. *Australian Journal of Ecology*, 18: 63-80.
- Wittenberg, R., y Cook, M. J. W. 2001. *Especies exóticas invasoras: Una guía sobre las mejores prácticas de prevención y gestión*. CAB International, Wallingford, Oxon, Reino Unido, XVII 145-228.