

# 16 Identificación de prioridades y análisis de vacíos y omisiones en la conservación de la biodiversidad de México

---

AUTORES RESPONSABLES: Patricia Koleff • Marcia Tambutti • Ignacio J. March • Rocío Esquivel • César Cantú • Andrés Lira-Noriega

COAUTORES: Verónica Aguilar • Jesús Alarcón • Juan Bezaury-Creel • Segundo Blanco • Gerardo Ceballos • Antony Challenger • Javier Colín • Ernesto Enkerlin • Óscar Flores Villela • Gabriela García-Rubio • Diana Hernández • Melanie Kolb • Pedro Díaz Maeda • Enrique Martínez Meyer • Elizabeth Moreno • Norma Moreno • Mariana Munguía • Miguel Murguía • Adolfo Navarro • Daniel Ocaña • Leticia Ochoa • Víctor Sánchez-Cordero • Jorge Soberón • Juan Francisco Torres • Raúl Ulloa • Tania Urquiza-Haas

AUTORES DE RECUADROS: 16.1, Mariana Munguía, Elizabeth Moreno, Verónica Aguilar, Diana Hernández, Melanie Kolb, Gabriela García-Rubio, Andrés Lira-Noriega, Marcia Tambutti, Patricia Koleff, Ignacio J. March, Rocío Esquivel • 16.2, Diana Hernández, Gabriela García-Rubio, Melanie Kolb, Verónica Aguilar, Norma Moreno, Patricia Koleff • 16.3, Patricia Koleff, Marcia Tambutti, Ignacio J. March, Rocío Esquivel, Andrés Lira-Noriega, César Cantú, Jorge Soberón, Víctor Sánchez-Cordero, Gerardo Ceballos, Ernesto Enkerlin, Antony Challenger

REVISORES: Pablo Marquet • Rodrigo A. Medellín • Ana Rodrigues

---

## CONTENIDO

16.1 Introducción / 653

16.2 Análisis de ambientes terrestres / 656

16.2.1 Antecedentes / 656

- *Estudios a escala global y continental / 656*
- *Estudios a escala nacional / 662*

16.2.2 Bases de datos geográficas y de biodiversidad / 664

16.2.3 Análisis ecorregional / 665

- *Métodos / 665*
- *Ecorregiones prioritarias para la conservación / 665*
- *Vacíos y omisiones de conservación en las ecorregiones / 674*

16.2.4 Análisis de optimización con base en la selección de objetos de conservación y amenazas a la biodiversidad terrestre / 678

- *Métodos / 678*
  - *Sitios de importancia para la conservación / 684*
- 

Koleff, P., M. Tambutti, I.J. March, R. Esquivel, C. Cantú, A. Lira-Noriega *et al.* 2009. Identificación de prioridades y análisis de vacíos y omisiones en la conservación de la biodiversidad de México, en *Capital natural de México*, vol. II: *Estado de conservación y tendencias de cambio*. CONABIO, México, pp. 651-718.

- *Vacíos y omisiones en conservación de los sitios prioritarios para la conservación / 688*

16.3 Análisis de ambientes marinos / 690

16.3.1 Antecedentes / 690

16.3.2 Métodos / 692

16.3.3 Identificación de sitios marinos de importancia para la conservación / 699

16.3.4 Análisis de vacíos y omisiones para la conservación de la biodiversidad marina / 702

16.4 Conclusiones / 707

Referencias / 711

## Recuadros

Recuadro 16.1. *Encuesta nacional sobre prioridades de conservación / 658*

Recuadro 16.2. *Análisis preliminar de la conservación de la biodiversidad insular / 694*

Recuadro 16.3. *Planeación del metanálisis y perspectivas para la conservación en México / <sup>CD</sup>3*

## Apéndices

Apéndice 16.1. *Participantes en los análisis de omisiones de áreas importantes para la conservación de la biodiversidad / <sup>CD</sup>3*

Apéndice 16.2. *Bases de datos geográficas y de biodiversidad consultadas / <sup>CD</sup>3*

Apéndice 16.3. *Variables usadas para la elaboración de los índices de importancia biológica (IIB), de riesgo (IRI) y de respuesta (IRE) / <sup>CD</sup>3*

Apéndice 16.4. *Lista de los elementos de la biodiversidad incorporados en la detección de sitios prioritarios. Se muestran los criterios de evaluación como filtros finos y las metas de conservación utilizadas en el análisis con el programa Marxan / <sup>CD</sup>3*

Apéndice 16.5. *Lista de elementos focales utilizados en la identificación de sitios de mayor importancia para la conservación de la biodiversidad costera y oceánica de México / <sup>CD</sup>3*

## Resumen

La excepcional biodiversidad que alberga México obliga a una planeación a diferentes escalas para conservar una porción significativa de ella. A raíz del compromiso establecido en la Séptima Conferencia de las Partes (Cop 7) del CDB, en el Programa de Trabajo de Áreas Protegidas se identificaron sitios prioritarios para diferentes elementos de la diversidad biológica y se practicaron análisis de vacíos y omisiones en conservación.

Los análisis a escala ecorregional mostraron 11 de 96 ecorregiones terrestres sin áreas protegidas (AP) y 50 subrepresentadas en el sistema de áreas protegidas con diferentes niveles (0.003% a 10.1% de superficie protegida, que está por debajo de la proporción del territorio cubierto por AP, que actualmente equivale a *ca.* 12% de la superficie). Existen sesgos al proteger en mayor proporción las tierras altas (a más de 2 800 msnm) en comparación con el resto del país. Considerando los tipos de vegetación, los niveles de protección más bajos se presentan en las selvas secas, el matorral espinoso tamaulipeco y los bosques de pino-encino.

Se generaron tres índices que valoran las ecorregiones por su importancia biológica, riesgos y respuestas a la conservación, que nos permiten contar con un marco general para la planeación de la conservación a escala regional.

Por otra parte, se identificaron los sitios prioritarios para la conservación basados en información de presencia registrada o estimada de especies de vertebrados terrestres, géneros de angiospermas, algunas familias de plantas, tipos de vegetación y un conjunto de las principales amenazas (*i.e.*, cambio de uso del suelo, asentamientos humanos, frecuencia de incendios, entre

otras) utilizando el programa Marxan. En términos de área, los sitios identificados como los de más alta prioridad representan 16.6% de la extensión territorial continental, pero solo 15.93% del área de estas unidades están en alguna AP. Para seleccionar los objetos de conservación se consideraron las especies de distribución restringida, endémicas y amenazadas, los sitios con mayor concentración de riqueza de especies y con vegetación en condición primaria.

En los ambientes marinos se identificaron 105 sitios prioritarios (costas, océanos y elementos insulares). Solo 18.33% de la superficie de estos sitios prioritarios está decretada como AP, por lo que es fundamental consolidar esfuerzos para conservar y manejar de forma sustentable estos sitios de alta prioridad. Por primera vez se identificaron y documentaron 29 sitios de mar profundo que prácticamente no tienen protección y cuya identificación es fundamental para dirigir esfuerzos de conservación.

Asimismo, se analizó la información de una encuesta nacional, diseñada explícitamente para compilar la mayor información sobre sitios de importancia para la conservación de la biodiversidad. Los datos a escalas más finas permiten ubicar de forma más precisa algunos sitios.

Concluimos que la identificación de sitios de importancia para la conservación de la biodiversidad del país es una herramienta básica para facilitar la selección, armonización y creación de sinergias entre los diversos instrumentos complementarios requeridos para lograr conservar y usar de manera sustentable nuestro patrimonio natural.

## 16.1 INTRODUCCIÓN

La magnitud de la diversidad biológica de México se distingue por los altos niveles de endemismo y microendemismo para la mayoría de los grupos de organismos y por los complejos patrones espaciales en la distribución de su flora y fauna que forman un mosaico de paisajes, ecosistemas y comunidades terrestres (CONABIO 2006a; capítulos 3, 11 y 12 del volumen I). Un componente esencial de la megadiversidad del país son los ambientes marinos (Arriaga *et al.* 1998; Contreras y Castañeda 2004; capítulos 4 y 5 del volumen I). El hecho de que México tenga vertiente a los océanos Atlántico y Pacífico, así como dos importantes golfos, el de California y el de México, y comparta el segundo arrecife más grande del mundo en el Mar Caribe, le confiere niveles de riqueza, diversidad y ende-

mismos marinos comparables con los de la biota continental (Salazar Vallejo y González 1993).

A pesar de los esfuerzos realizados en la última década, la superficie protegida resulta insuficiente para un país tan megadiverso como México. Difícilmente podremos conservar adecuadamente una porción representativa y viable de tal biodiversidad con las actuales áreas protegidas.<sup>1</sup> Más aún, varias de las AP (principalmente las decretadas a fines del siglo XIX y los primeros setenta años del siglo XX) fueron establecidas por su belleza escénica, de forma oportunista, o por otros valores no necesariamente prioritarios; no fue sino hasta mediados de la década de los noventa cuando se consolidó una visión integral de las AP como un sistema que debe representar lo mejor posible la diversidad biológica del país (capítulo 9 de este volumen). Además, en las últimas décadas se han incre-

mentado las AP comunales y privadas. Si bien la creación de AP es una estrategia central para conservar la biodiversidad con un marco legal sólido y cada vez con mayor aceptación y demanda social, es fundamental fortalecer este sistema, así como un conjunto diversificado y complementario de otros instrumentos de conservación para asegurar la permanencia y el funcionamiento de los ecosistemas, sus servicios y la mayoría de sus especies. Es indispensable determinar los sitios en los que deben aplicarse estos instrumentos de conservación, con la concomitante evaluación y diagnóstico de los existentes.

Es apremiante identificar sitios prioritarios por su excepcional biodiversidad y diseñar diagnósticos y estrategias para su conservación. El aumento de las presiones antropogénicas sobre la biodiversidad, particularmente causado por la alta tasa de cambio de uso del suelo y la sobreexplotación de los recursos naturales está conduciendo a una pérdida irreversible de especies y deterioro de los ecosistemas (Woodroffe 2001, en Rodrigues *et al.* 2003). La identificación de prioridades para la conservación es un tema estratégico por la estrecha dependencia de la sociedad respecto de los servicios ambientales que le brindan los ecosistemas. Además, es primordial identificar los sitios más amenazados que albergan una extraordinaria biodiversidad a fin de conservar aquella parte de la historia evolutiva plasmada en los organismos vivos más vulnerables (Sechrest *et al.* 2002).

La planificación, conservación y manejo sustentable de los ecosistemas terrestres y marinos (incluyendo costas, océanos e islas),<sup>2</sup> su biodiversidad y los recursos naturales que albergan requiere que algunas áreas se mantengan en su estado natural o lo menos perturbadas posible. Por ejemplo, resulta necesaria la protección y restauración de la biodiversidad de los ambientes costeros críticos para mantener la producción pesquera, la conservación de los recursos genéticos y el resguardo de áreas de interés escénico y recreativo (Salm *et al.* 2000). El éxito de las áreas dedicadas a la conservación depende de la existencia de un marco legal apropiado que se aplique, de la aceptación de las comunidades locales y de un sistema de manejo integral efectivo.

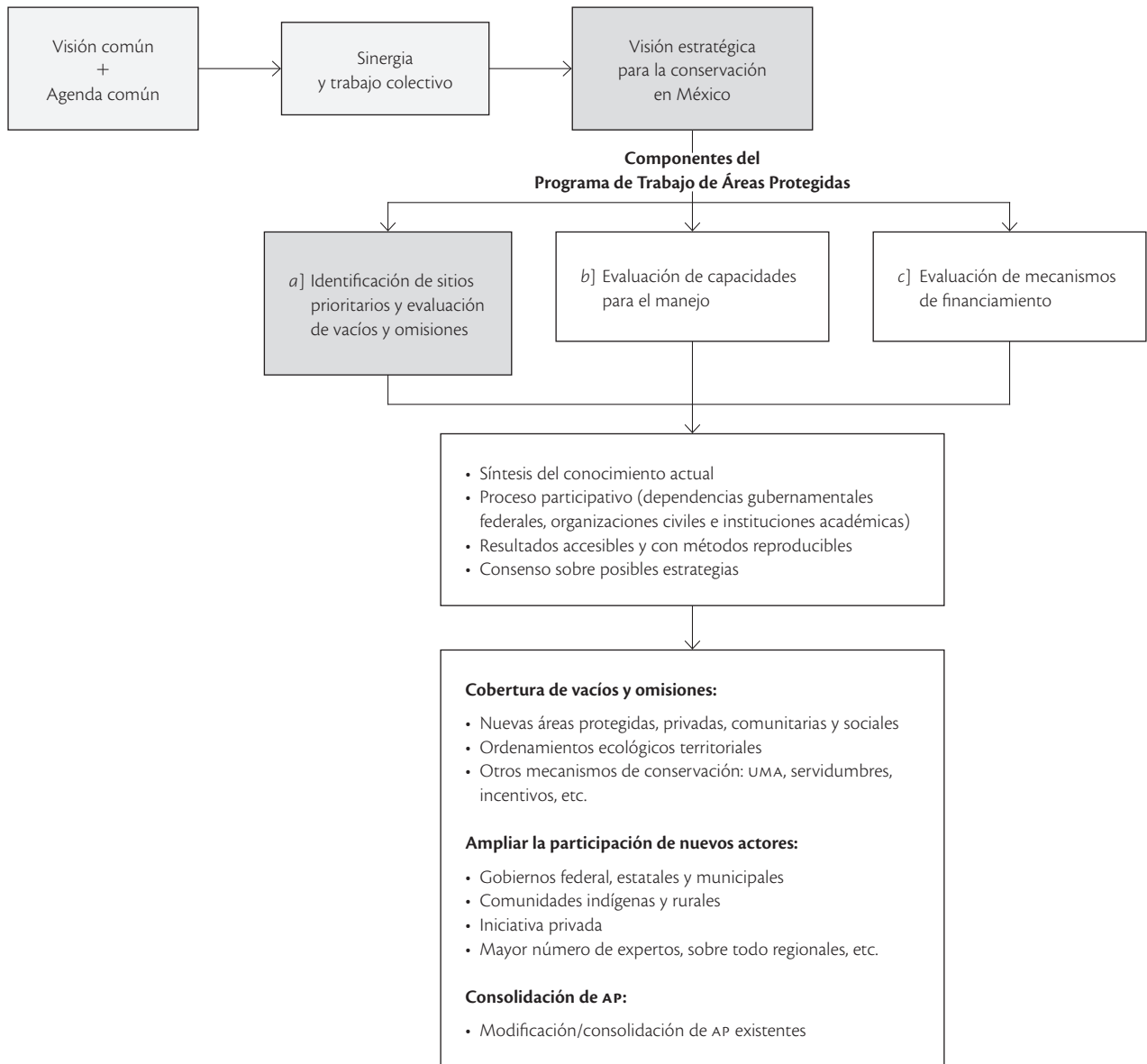
El reto de evaluar las AP no es exclusivo de México, sino de todos los países del mundo. Durante la Séptima Conferencia de las Partes (Cop 7)<sup>3</sup> del Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB) del que México forma parte, se emitió una resolución para establecer un Programa de Trabajo sobre Áreas Protegidas,<sup>4</sup> enfocado a que los países evalúen la efectividad de sus sistemas de áreas protegidas y lleven a cabo análisis de vacíos y omisiones de

conservación (convencionalmente conocidos como *gap analysis*, en inglés), con criterios técnicos sólidos que sirvan de guía para incrementar la superficie con decretos de protección (PNUMA/CDB/Cop 7/L.32; Dudley *et al.* 2005), así como llevar a cabo una evaluación de las capacidades para el manejo de las AP y de los recursos financieros dedicados a la conservación (Fig. 16.1).

Este capítulo trata sobre la identificación de los sitios prioritarios de importancia biológica; explora una primera evaluación de su conservación, considerando la superficie bajo protección dentro de AP federales, estatales y municipales y las omisiones en su cobertura al considerar diferentes elementos de la diversidad biológica (Burley 1988; Scott *et al.* 1993; Csuti 1994; Jennings 2000), y propone pasos a seguir en la evaluación de las AP y estrategias de conservación que permitan solucionar los vacíos detectados.

La planeación sistemática de la conservación se empezó a desarrollar en la década de los setenta, con los aportes de diversos criterios de selección, tales como área mínima, rareza, endemidad, diversidad, representatividad, irremplazabilidad, fragilidad, conectividad, integridad y vulnerabilidad (Margules y Pressey 2000; Fandiño-Lozano y Van Wyngaarden 2005 y referencias que incluyen). Estas ideas se fueron refinando, considerando que los recursos disponibles para la protección de la biodiversidad son usualmente escasos, por lo que es necesario optimizarlos. De hecho, estos análisis han sido un marco de referencia para definir estrategias de financiamiento para la conservación a distintas escalas (Vane-Wright *et al.* 1991; Pressey *et al.* 1993; Murray *et al.* 1996; World Bank 2002; Wilson *et al.* 2007).

Uno de los principales objetivos de estos análisis es identificar las prioridades para lograr la protección de una porción viable y representativa de la biodiversidad con el área mínima posible o por medio de una red óptima de sitios (Arango *et al.* 2003; Dudley *et al.* 2005). Los análisis de vacíos y omisiones se han extendido a diversos enfoques metodológicos (Kiestler *et al.* 1996; González-Rebeles y Jennings 2001; Dudley y Parish 2006) y se han aplicado incluso con un enfoque hacia la conservación de recursos genéticos (Lipow *et al.* 2004), de comunidades de animales o plantas (Strittholt y Boerner 1995), de unidades evolutivas filogenéticas (Humphries *et al.* 1995; Mace *et al.* 2003; Maiorano *et al.* 2006) e incluso para grupos ecológicos funcionales (Buchmann *et al.* 1999). Debido a los inevitables sesgos en la información, porque prácticamente en ningún sitio se conoce la biodiversidad por completo (Grand *et al.* 2007), y además, esta puede



**Figura 16.1** Diagrama de la visión estratégica que guíe las acciones para fortalecer el sistema de áreas protegidas, mediante la sinergia de dependencias de gobierno, instituciones académicas y organizaciones civiles, y ayude a fortalecer los sistemas actuales de AP, de acuerdo con los tres componentes del Programa de Trabajo del CDB adoptado en 2004. Este capítulo se enfoca solo al componente de la evaluación de vacíos y omisiones en conservación.

variar en determinados lapsos, la metodología de esos estudios ha sido mediante la utilización de “sustitutos” o “indicadores” (“*surrogates*”, en inglés) de importancia biológica para identificar sitios prioritarios (Sarkar *et al.* 2005; Rodrigues y Brooks 2007). Los indicadores son necesarios, aunque para todos ellos, aun los más usados, se han documentado algunas limitaciones en su aplicación (Andelman y Fagan 2000; Williams *et al.* 2000). Por ejemplo,

en muchos casos es difícil acordar cuáles son las mejores especies indicadoras, ya que la distribución de la riqueza y endemismos de diferentes grupos biológicos muchas veces no es coincidente; las “especies clave” son difíciles de identificar (Simberloff 1998; Gaines 2007), y las “unidades del paisaje”, “comunidades naturales” o “clases de uso del suelo”, que contienen una diversidad de elementos impiden puntualizar acciones de conservación que se

requieren a escala local (Lombard *et al.* 2003). Por ello, cada vez hay más consenso en que se debe considerar el mayor número de elementos de la biodiversidad posible.

La selección de los sitios prioritarios se fundamenta en alguno de los siguientes criterios: 1] que constituya el mejor ejemplo de un ecosistema o tipo de hábitat importante o único; 2] que sea necesario para la sustentabilidad de las actividades productivas; 3] que posea alta diversidad de paisajes, comunidades o especies; 4] que sea una localidad con procesos ecológicos clave; 5] que proporcione un hábitat específico para una o más especies; 6] que ofrezca un servicio ambiental relevante; 7] que tenga valores culturales importantes (históricos, religiosos o recreativos); 8] que propicie la investigación básica (Salm *et al.* 2000); 9] que contribuya a la conectividad de hábitats, y 10] que conserve más de una población de cada especie (Ceballos *et al.* 2005).

La biodiversidad abarca la complejidad de los ecosistemas, especies, sus poblaciones y su variabilidad genética, y sus interacciones. Por lo tanto, difícilmente podría existir una medida universal e inconfundible para identificar los sitios de mayor biodiversidad o los más relevantes para la conservación que considere la totalidad de los elementos del sistema. Por esta razón se requieren estudios con diferentes enfoques y escalas aplicados a los diversos elementos de la biodiversidad considerados “objetos de conservación” con el fin de tener el mayor número de criterios y atributos disponibles para identificar las áreas y los sitios prioritarios para la conservación. En 2004, México decidió iniciar el desarrollo de una serie de análisis de omisiones de las áreas importantes para la conservación de la biodiversidad a escala nacional, considerando diversas metodologías y la mayor cantidad de información actualizada, los cuales fueron realizados por especialistas de la academia, el gobierno y diversas organizaciones civiles (apéndice 16.1, en <sup>CP</sup><sub>3</sub>).

Este capítulo es un estudio inédito para México por la visión de integrar diversos análisis; abarca ecorregiones, diversos grupos taxonómicos y sitios puntuales. Se consideró la importancia de conducir por separado los análisis terrestres de los marinos (Fig. 16.2), usar las ecorregiones como unidades básicas de análisis y llevar a cabo análisis a escalas más finas. Asimismo, en un futuro se desea valorar un conjunto de instrumentos estratégicos de políticas públicas, para consolidar una visión integral en la conservación, tanto en AP como en el entorno en que están inmersas, mediante talleres regionales y otros mecanismos de participación social que permitan ampliar los consensos alcanzados. Aun cuando la información recabada has-

ta ahora y los diversos análisis que se han desarrollado son un avance serio y significativo en la determinación de prioridades para la protección de nuestro patrimonio biológico, resulta prioritario continuar con los trabajos que permitan contar con todos los elementos de juicio técnico para evaluar los sitios propuestos y concretar así una visión compartida, completa y consensuada para la conservación de la biodiversidad en nuestro país (Fig. 16.1).

Uno de los elementos clave del proceso ha sido la amplia participación de investigadores y especialistas en biodiversidad de todo el país, por lo que con el fin de compilar la mayor información posible se diseñó y aplicó una encuesta nacional para detectar sitios de elevada importancia para la conservación de la biodiversidad que se encuentran sujetos a diversas amenazas (véase el recuadro 16.1).

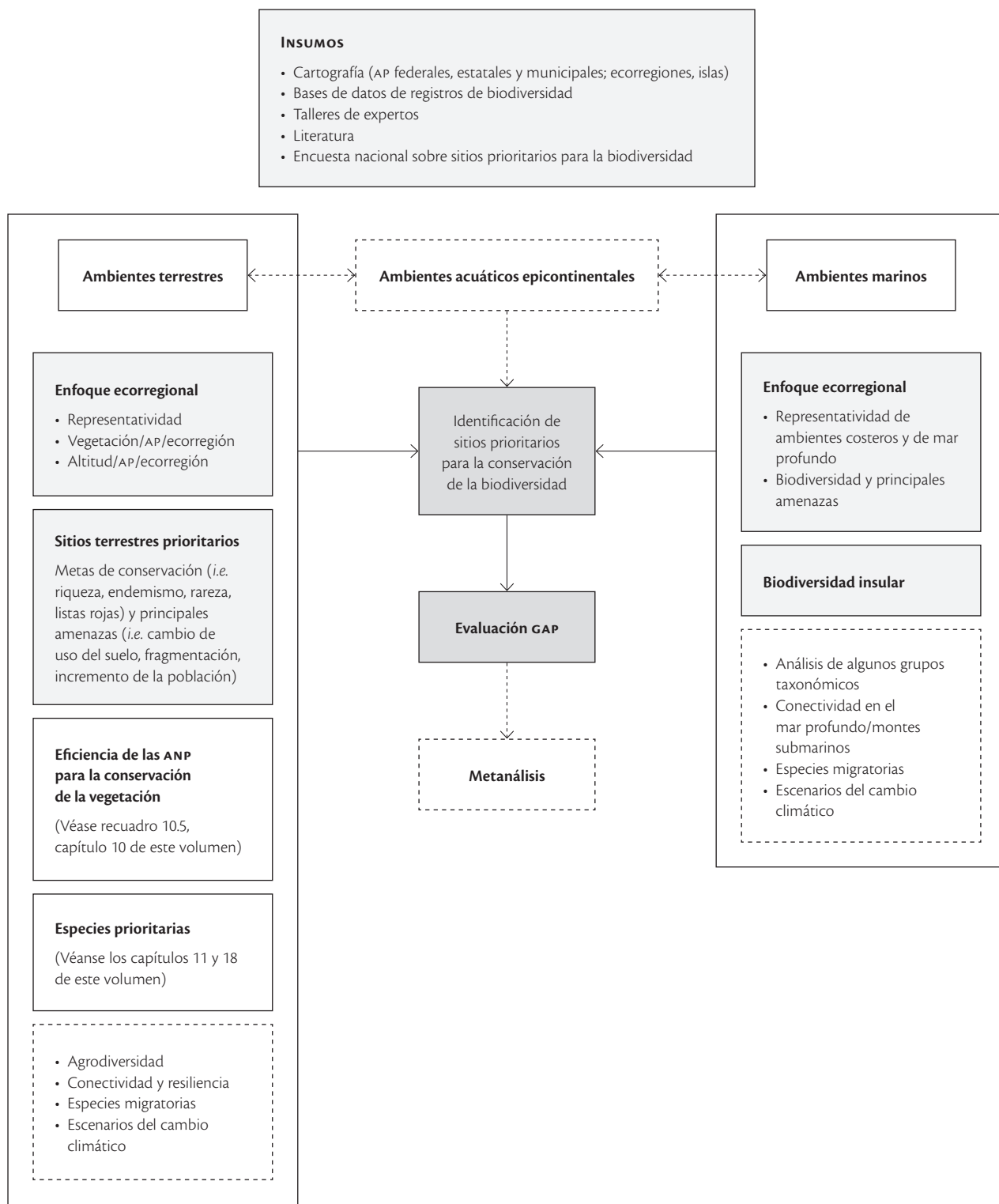
## 16.2 ANÁLISIS DE AMBIENTES TERRESTRES

### 16.2.1 Antecedentes

A continuación se presenta una síntesis de los trabajos más importantes enfocados a la planeación para la identificación de sitios prioritarios de la última década, considerando primero los estudios a escala global en los que está incluido México y después los esfuerzos nacionales y regionales.

#### Estudios a escala global y continental

A escala global destaca el hecho de que México forme parte de un pequeño grupo de países denominados megadiversos (Mittermeier *et al.* 1997) y que sea reconocido por su alta proporción de endemismos, como uno de los centros de diversidad de plantas (WWF e IUCN 1997), de áreas de endemismo de aves (Stattersfield *et al.* 1998) y de áreas de alta diversidad silvestre (Mittermeier *et al.* 2002; 2003; véase también el volumen I de esta obra). De hecho, tres grandes regiones que cubren una gran extensión del territorio mexicano han sido identificadas a escala mundial como *hotspots*, es decir, como lugares que albergan una extraordinaria biodiversidad biológica (como una gran concentración de endemismos) y que están seriamente amenazados, con un nivel insuficiente de protección en relación con la biodiversidad que albergan. De acuerdo con Mittermeier *et al.* (2004) estos *hotspots* serían la Provincia Florística de California (que se extiende hasta la parte más norteña de la Península de Baja California),



**Figura 16.2** Diagrama de los procesos llevados a cabo para identificar los sitios prioritarios por su biodiversidad y los vacíos y las omisiones en conservación (evaluación GAP) para los distintos ambientes. Los procesos que se muestran con líneas punteadas no se han concluido o se llevarán a cabo posteriormente.

**RECUADRO 16.1** ENCUESTA NACIONAL SOBRE PRIORIDADES DE CONSERVACIÓN

Mariana Munguía • Elizabeth Moreno • Verónica Aguilar • Diana Hernández • Melanie Kolb • Gabriela García-Rubio • Andrés Lira-Noriega • Marcia Tambutti • Patricia Koleff • Ignacio J. March • Rocío Esquivel

Con el fin de tener una visión más amplia en los análisis de vacíos y omisiones en conservación de la biodiversidad, la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (Conanp), la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), Pronatura, A.C., The Nature Conservancy-Programa México (TNC), el Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza (FMCN) y el Instituto Nacional de Ecología (INE) desarrollaron esta Encuesta nacional sobre prioridades de conservación para detectar sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad en México. La Encuesta recopiló información de especialistas, investigadores y conservacionistas de todo el país; participaron organizaciones civiles, gobiernos federal y estatales y universidades.

Los objetivos de esta encuesta fueron: 1] integrar un grupo de personas interesadas en la conservación y que con base en su experiencia aportaran argumentos justificados sobre los sitios que consideren como prioritarios, y 2] detectar ejercicios de identificación, priorización y evaluación de sitios importantes para la conservación ya realizados.

**MÉTODO**

De agosto de 2005 a mayo de 2006 se invitó a más de 800 personas a responder la encuesta. El diseño de la misma fue realizado en conjunto por la Conanp, la CONABIO, TNC y Pronatura con el propósito de que fuera ágil y fácil de contestar para obtener la mayor cantidad de respuestas posible. La primera sección recopiló información de los ejercicios de priorización de sitios existentes en nuestro país en los que el encuestado hubiera participado. En la segunda se solicitó proponer sitios como ecosistemas o hábitats que probablemente no habían sido considerados en ejercicios formales de priorización, pero que por la experiencia en campo del autor merecían ser considerados como prioritarios y con qué argumentos se proponían como tales. Se creó una base de datos con los resultados obtenidos y posteriormente se validaron y delimitaron los sitios propuestos.

La validación se llevó a cabo con cartografía de estados (CONABIO 2003) y municipios (INEGI 2006), así como con el *Atlas estatal* (SCT 2002) y el sistema para georreferenciar lugares por nombre, GEO (Alarcón Guerrero 2002). Los argumentos y descripciones dadas por los encuestados representaron la base para la definición de los sitios, que fue

complementada con información extraída de cartografía temática [uso del suelo y vegetación (INEGI 2005a), regiones terrestres prioritarias (RTP) (Arriaga *et al.* 2000a, actualizado en CONABIO hasta 2004), regiones hidrológicas prioritarias (RHP) (Arriaga *et al.* 2002), regiones marinas prioritarias (RMP) (Arriaga *et al.* 1998), áreas de importancia para la conservación de las aves (Cipamex y CONABIO 1999) y áreas protegidas (Conanp y CONABIO 2007a)].

**RESULTADOS**

Más de 60% de los encuestados participaron en algún ejercicio de priorización de sitios, en su mayoría a escala nacional (Fig. 1). Se recibieron 228 propuestas, de las cuales 220 presentaban argumentos para crear un sitio georreferenciado. Para el resto del análisis de vacíos y omisiones se dividieron los sitios en ambientes terrestres y costeros-marinos. A los ambientes terrestres corresponde la mayoría, con 126 sitios, seguido por 56 en ambientes costeros, dejando 36 sitios relacionados con aguas epicontinentales. A continuación se presentan los resultados para los sitios terrestres y costeros.

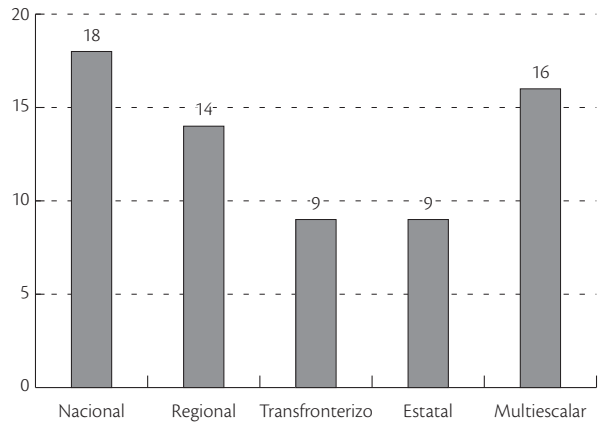
De los sitios propuestos, 58 (32% del total) coinciden con AP federales y estatales decretadas en nuestro país (Fig. 2; cuadro 1). Estos incluyen 75% de los sitios costeros pero solamente 13% de los terrestres. Setenta y cuatro por ciento de las propuestas de la encuesta están considerados en algún sitio prioritario (Fig. 3), resultado del análisis de vacíos y omisiones en conservación de biodiversidad terrestre y marina (CONABIO *et al.* 2007a, c). Nuevamente, las propuestas costeras están mejor representadas (95%) que las terrestres (46%). Sin embargo, algunas de las propuestas no se pueden diferenciar rigurosamente en ambientes terrestres o costeros, lo que se refleja en el hecho de que algunos de los sitios terrestres se encuentran en algunas RMP y algunos sitios costeros en RTP. Cincuenta y un sitios propuestos (41%) para ambientes terrestres que se encuentran en alguna región prioritaria no están incluidos en ninguna AP, mientras en los ambientes costeros son 16 las propuestas (29%), que representan en su conjunto 44%. Cabe destacar que la misma cantidad de sitios derivados de la encuesta (44%) no están representados en ninguna AP y tampoco coinciden con ninguna región prioritaria para la conservación; la diferencia entre ambientes terrestres y costeros es todavía mayor, con



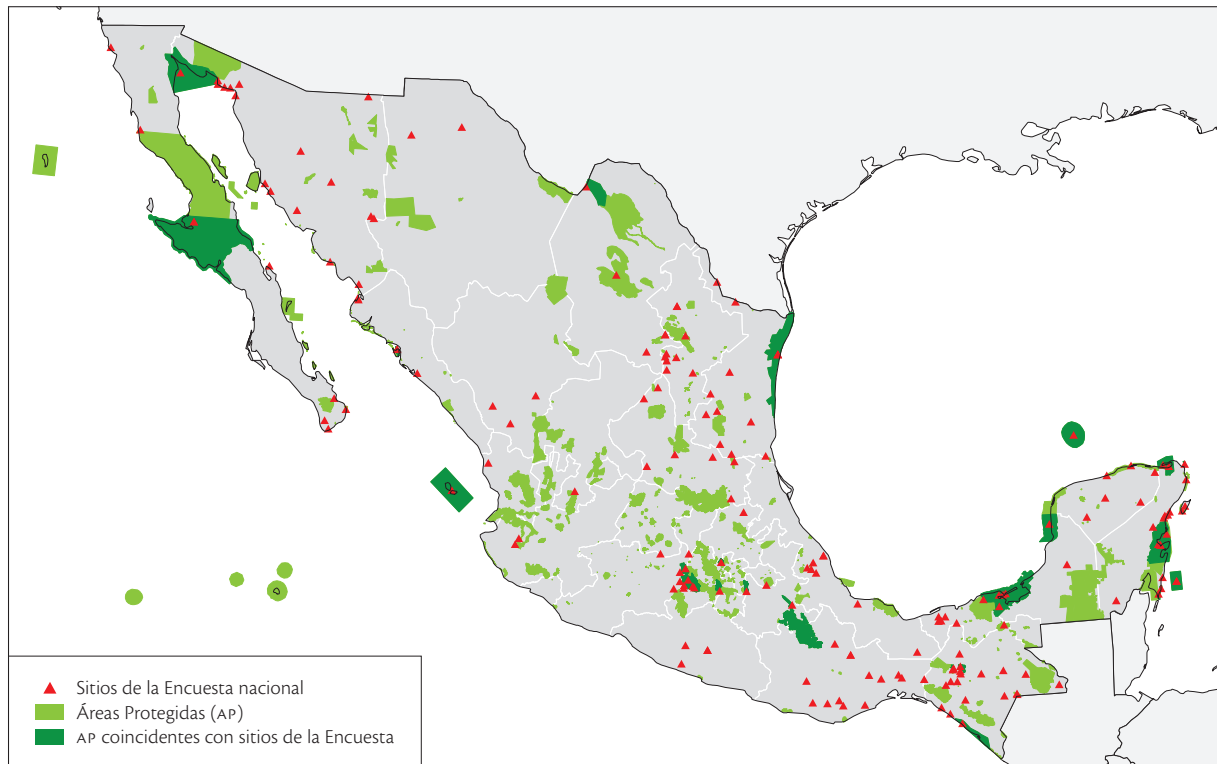
48% de los sitios terrestres que se encuentran en esta categoría contra solo 11% de los sitios marinos.

**CONCLUSIONES**

Esta Encuesta representa el conocimiento generado por diferentes sectores y cubren las diferentes regiones del país respecto a sitios que contienen ecosistemas o poblaciones de especies importantes para conservar por su valor ecológico, por presentar especies endémicas o raras, por sufrir serias amenazas o por ser de valor cultural. Asimismo, se identificaron los diversos ejercicios de planeación y priorización efectuados durante los últimos 10 años en México, mismos que arrojan información adicional y documentada sobre áreas de importancia para la conservación. La Encuesta aporta información importante sobre sitios específicos de alto valor para la conservación, como muestra la cantidad considerable de sitios que no están representados en AP ni contemplados en los resultados del análisis de vacíos y omisiones en conservación, en especial en el caso de las propuestas para sitios terrestres.



**Figura 1** Ejercicios de priorización recabados por la Encuesta nacional en diferentes niveles. Nacional: en todo México; regional: una o varias regiones del país que pueden incluir varios estados; transfronterizo: ejercicios realizados compartidos en Centroamérica o Norteamérica; estatal: realizados en un solo estado; multiescalar: ejercicios realizados en más de un nivel de los anteriores.

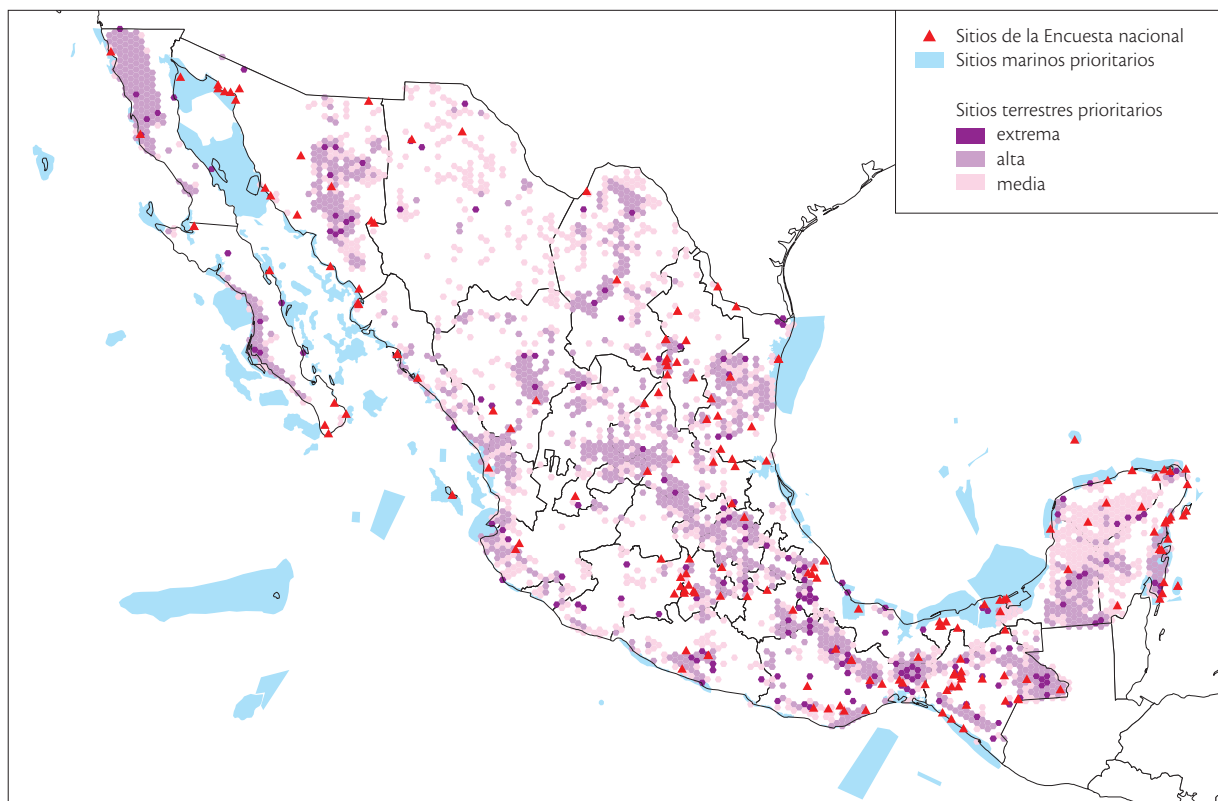


**Figura 2** Sitios propuestos en la Encuesta nacional y áreas protegidas federales, estatales y municipales (Conanp y CONABIO 2007b).

**RECUADRO 16.1** [concluye]

**Cuadro 1** Relación de sitios terrestres y costeros de la Encuesta, por regiones de importancia para la biodiversidad

	Terrestres	%	Marinos	%	Total
Sitios de encuesta	126	69.23	56	37.09	182
En AP federal	12	25.00	36	75.00	48
En AP estatal	4	40.00	6	60.00	10
En RTP	58	72.50	22	27.50	80
En RMP	2	3.64	53	96.36	55
No en RTP pero en AP	51	100.00			51
No en RTP ni en AP	60	100.00			60
No en RMP pero en AP			16	100.00	16
No en RMP ni en AP			5	100.00	5
En RTP	53	63.10	31	36.90	84
En RHP	48	59.26	33	40.74	81
En RMP	5	9.80	46	90.20	51
En AICA	38	50.00	38	50.00	76


**Figura 3** Sitios de la Encuesta nacional y sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad marina y terrestre (CONABIO *et al.* 2007a-d).

los bosques de pino-encino (que cubren prácticamente todas las cordilleras, sierras y el Eje Neovolcánico) y Mesoamérica (que abarca toda la parte centro-sur de México). Estas regiones se identificaron principalmente con base en la riqueza de especies, en especial de una alta concentración de endemismos, lo que muchas veces resulta no ser lo más adecuado para poder establecer prioridades en conservación.

Sin duda, el desarrollo de los sistemas de información geográfica (SIG) abrió nuevas perspectivas para llevar a cabo la planeación sistemática de la conservación, considerando los ecosistemas como unidad de análisis (Scott *et al.* 1993).

Para la utilización de estas herramientas de análisis, y poder identificar los vacíos y omisiones de representación de la biodiversidad, resulta fundamental tener datos relativamente completos a la escala adecuada o utilizar una clasificación de ecosistemas que integre las características ambientales que determinan la existencia de la biodiversidad en sus diferentes escalas. Las clasificaciones ecológicas han evolucionado de manera considerable en los pasados tres decenios. Los trabajos pioneros en América del Norte surgieron de la clasificación de bosques en muchos casos relacionados con variables climáticas (por ejemplo, Hills 1961; CCA 1997). Las clasificaciones regionales fueron el siguiente paso, e integraron una gama completa de características biofísicas para explicar los aspectos dinámicos de los ecosistemas, como patrones climáticos cambiantes, especies migratorias, procesos químicos del suelo, etc., que son esenciales para entender los ecosistemas (CCA 1997; Josse *et al.* 2003).

Uno de los trabajos más importantes enfocados a evaluar el nivel de protección de los ecosistemas en las redes de AP ha sido realizado a escala global por Chape y colaboradores (2005), quienes concluyen que los gobiernos de los países requieren adoptar la agenda propuesta en 2004 en la reunión de la Cop 7, a fin de establecer regímenes de protección efectivos para conservar la biodiversidad remanente.

Las unidades ecorregionales<sup>5</sup> han sido utilizadas en los últimos años para definir las prioridades de conservación a escala global y regional para proteger la mayor cantidad de áreas representativas, con elementos especiales y que aseguren la persistencia de poblaciones y procesos ecológicos (Dinerstein *et al.* 1995; Olson *et al.* 2001; Olson y Dinerstein 2002; Loucks *et al.* 2003; Balmford *et al.* 2005; Hoekstra *et al.* 2005; Burgess *et al.* 2006).

Loucks y colaboradores (2003) clasificaron la importancia biológica de cada ecorregión basados en la distri-

bución de especies, riqueza y endemismos, fenómenos ecológicos o evolutivos, como migraciones o adaptación a radiaciones extraordinarias y rareza global del tipo de hábitat, y concluyeron que más de 20% de las áreas aisladas (sin vías de comunicación) están localizadas dentro de las ecorregiones clasificadas globalmente como excepcionales.

En una priorización ecorregional, Dinerstein y colaboradores (1995) identificaron, con base en la biodiversidad y el grado de amenaza de 191 ecorregiones de Latinoamérica y el Caribe, 51 como las de más alta prioridad para la conservación, 14 de las cuales se encuentran en México.

Posteriormente, Olson y Dinerstein (2002) seleccionaron 200 de 867 ecorregiones terrestres en el mundo como prioritarias. En ese estudio, sobresale México entre los países de América con mayor superficie prioritaria para la conservación, destacando las ecorregiones de las sierras Madre Oriental y Occidental, el Eje Neovolcánico y los matorrales xerófilos de la Península de Baja California.

Destacan en el ámbito mundial los análisis de vacíos y omisiones de Rodrigues y colaboradores (2003, 2004a, b), quienes usaron datos de especies para investigar la representatividad de la red mundial de áreas protegidas y encontraron que esta es incompleta. La mayoría de los sitios identificados como prioridades urgentes para la conservación se encuentran en las zonas tropicales (por arriba de 85% del área de prioridad para la protección, aunque corresponden solamente a 39% de la superficie continental mundial), especialmente en los bosques húmedos tropicales y subtropicales (65% del área de prioridad, comparado con el 14% del área total de la Tierra). También están situados de manera no proporcional en las islas (31%, comparado con el 5% del área total del planeta). La conclusión principal de estos análisis es que la cobertura de AP de 12% es aún insuficiente. Las mayores prioridades para el establecimiento de AP son regiones irremplazables que enfrentan grandes presiones antropogénicas, entre las que destaca el sur de México. No obstante, a la escala de este estudio y en el contexto global, esta información es poco útil en la práctica para establecer una agenda nacional.

El análisis global usando los mamíferos como taxón representativo o emblemático, realizado por Ceballos y colaboradores (2005), mostró que la combinación de rareza, impactos antropogénicos y endemismo geopolítico (en especial en países en desarrollo, por falta de legislación y recursos dedicados a la conservación) ha puesto a una cuarta parte de los mamíferos terrestres y a una fracción aun mayor de sus poblaciones en riesgo de extinción.

Un análisis de complementariedad con una base de datos exhaustiva mostró que alrededor de 11% de la superficie del mundo debería estar dedicada de forma estratégica a conservar al menos 10% de las áreas de distribución de los mamíferos.

La Alianza Cero Extinciones (ACE) publicó en 2005 un listado de localidades de especies altamente amenazadas, denominadas de inminente extinción, de las cuales dos terceras partes no se encontraban protegidas, lo que indica claramente vacíos de conservación. En dicho estudio se señala a México como el país con mayor número de sitios ACE, con 63 (Ricketts *et al.* 2005; capítulo 14 de este volumen).

A la fecha se han realizado relativamente pocos estudios para determinar los sitios o áreas requeridas para sostener los procesos ecológicos que mantienen a los ecosistemas o poblaciones viables de especies nativas (Odum 1970; Soulé y Sanjayan 1988; Noss 1993; Cox *et al.* 1994; Fandiño-Lozano y Van Wyngaarden 2005), por lo que aún existe controversia sobre la superficie mínima que se debe dedicar a la protección de la naturaleza. Si bien la red mundial de AP ha crecido sustancialmente en décadas recientes, y a la fecha cubre 12.2% de la superficie del planeta, su crecimiento no se ha dirigido estratégicamente a maximizar la protección de la biodiversidad (Chape *et al.* 2005). Poco se sabe del grado en que esta red global de AP cubre las necesidades de protección de especies y ecosistemas. Esta información es necesaria para orientar la expansión estratégica de la red y la asignación eficaz de los recursos a lugares con escasa conservación para maximizar la persistencia de la biodiversidad mundial.

Las cifras de 10 y 12% han sido ampliamente citadas como los porcentajes mínimos de superficie que un país (o cada tipo de ecosistema) debe tener en reservas ecológicas (Bruntland 1987; Noss 1996; Rodrigues *et al.* 2004b). Sin embargo, no existe suficiente evidencia que pudiera justificar científicamente dichas cifras propuestas. De hecho, los pocos estudios disponibles para determinar las áreas requeridas para sostener los procesos ecológicos o mantener poblaciones viables de especies nativas indican que la superficie dedicada a la conservación debería incrementarse de dos a seis veces (Soulé y Sanjayan 1988; Noss 1993; Dietz y Czech 2005).

Los estudios enfocados a determinar el nivel de cobertura que los sistemas de AP confieren a los diversos ecosistemas y para algunos grupos de especies de flora y fauna (por ejemplo, Hunter y Yonzon 1993; Caicco *et al.* 1995; Pressey 1995; DellaSala *et al.* 2001; Scott *et al.* 2001; Chape *et al.* 2003, 2005; Rodrigues *et al.* 2003, 2004b;

Vreugdenhil *et al.* 2003; Brandon *et al.* 2005; Koleff y Moreno 2005; Cantú *et al.* 2007; Tognelli *et al.* 2008) han demostrado que las actuales redes de AP son insuficientes para proteger la biodiversidad, ya que están sesgadas hacia ciertos tipos de ecosistemas, frecuentemente hacia aquellos con menor valor económico, dejando a otros desprotegidos o protegidos de forma parcial (Cantú *et al.* 2001, 2003, 2004; Rodrigues *et al.* 2004b). Los análisis de vacíos han estado enfocados principalmente a la biodiversidad terrestre (como los estudios antes citados); sin embargo, en los últimos años se han realizado trabajos sobre ambientes de aguas epicontinentales (Meixler *et al.* 1996; Meixler y Bain 1998; Pérez-Arteaga *et al.* 2005) y marinos (Gleason *et al.* 2006; Terán *et al.* 2006).

En América Latina, países como Colombia, Ecuador, Belice, Guatemala, Bolivia, Costa Rica y Chile han llevado a cabo análisis de vacíos y omisiones a nivel ecorregional (Arango *et al.* 2003; Fandiño-Lozano y Van Wyngaarden 2005; Terán *et al.* 2006; Jolon-Morales 2007; Sinac-Minae 2007a, b; Tognelli *et al.* 2005, 2008). Para el caso de México, durante la última década se han realizado estudios a diversas escalas para identificar áreas de importancia para la conservación, usando diferentes criterios y enfoques. Algunos de estos trabajos han mejorado conforme se va generando mayor y mejor información, así como con el avance tecnológico de herramientas para identificar y priorizar sitios para la conservación (Fuller *et al.* 2006, 2007; Escalante *et al.* 2007a, b).

### Estudios a escala nacional

Una referencia a nivel nacional para la conservación han sido los ejercicios coordinados por la CONABIO (Arriaga *et al.* 1998, 2000a, b; capítulo 10 de este volumen) para la identificación de regiones terrestres prioritarias (RTP), marinas (RMP) e hidrológicas (RHP). Estos trabajos han sido un marco importante para la planeación y el destino de recursos para la conservación en estas áreas a pesar de no ser un instrumento oficial. Asimismo, la CONABIO colaboró con Cipamex para la determinación de las áreas de importancia para la conservación de las aves (AICA), otra regionalización prioritaria no oficial, pero respaldada por ornitólogos expertos en la avifauna del país y extranjeros, que incluye 96.3% del total de especies para México y la casi totalidad de aquellas consideradas en riesgo de extinción en diferentes listados nacionales e internacionales.

Es importante considerar que al unir las RTP y las RHP con las AICA (Arizmendi y Márquez Valdelamar 2000),

la superficie total considerada como prioritaria del país suma 60% del territorio continental. Por supuesto, este resultado refleja que la priorización no ha sido óptima, que es importante relacionar las regiones prioritarias entre sí y destaca la necesidad de precisar prioridades para la conservación en la menor área posible, para asegurar su factibilidad y el uso eficiente de recursos.

Otros estudios han analizado la protección mediante AP decretadas en los ecosistemas, considerando zonas topográficas o tipos de vegetación. Con este enfoque, los estudios de Cantú y colaboradores (2001, 2004) concluyen que solamente en las zonas por arriba de los 3 000 msnm se cumple con la meta de proteger al menos 12% de su superficie. Estos resultados son consistentes con otro estudio a escala regional en el noreste del país, en donde existe una subrepresentación de planicies de poca elevación, en particular con matorrales xerófilos (Cantú *et al.* 2003).

Es importante resaltar que no basta con alcanzar determinadas metas expresadas en porcentaje de superficie a escala nacional o regional, sino que es necesario conocer si la porción protegida es representativa de la variabilidad biológica que albergan los ecosistemas. Por ejemplo, 10% de la superficie de los bosques de pino-encino podría estar decretada como AP, pero la protección de muchas especies no se lograría si estas AP no representan las diversas asociaciones vegetales, ya que la composición de las especies de estos bosques cambia radicalmente en las distintas regiones del país.

Para poder realizar lo que podríamos denominar “la selección perfecta” de los sitios de importancia para la conservación biológica sería necesario disponer de información detallada de todas las especies y los requerimientos para su viabilidad en el largo plazo (Fandiño-Lozano y Van Wyngaarden 2005). Sin embargo, la mayoría de las especies que habitan la Tierra aún no se han descrito formalmente (hecho denominado “el impedimento linneano”), y para la mayoría de las especies descritas no se conoce con exactitud su distribución geográfica, que usualmente contiene muchos vacíos de información (hecho conocido como “el impedimento wallaceano”; Brown y Lomolino 1998; Lomolino 2004). Así, para evaluar el nivel de representación de las especies en las AP se han utilizado datos de los grupos de organismos mejor conocidos, bajo diferentes enfoques, metodologías y escalas cartográficas.

En los estudios llevados a cabo a escala nacional, destacan en número aquellos que han usado datos de vertebrados terrestres como indicadores de biodiversidad, particularmente los mamíferos y las aves, y en menor medida

aquéllos con datos de reptiles y anfibios (por ejemplo, Ceballos *et al.* 1998; Sánchez-Cordero *et al.* 2005a, b). A continuación presentamos una síntesis de los resultados más relevantes.

Ceballos (1999) indica que 23 a 25% de los mamíferos endémicos no están representados en las AP, mientras que Vázquez (2005) afirma que la cifra es más alta, 33% (que equivale a una diferencia de 12 especies), y que la mayor parte de las especies de mamíferos no protegidas en AP se encuentran en el norte de la Península de Baja California, en la porción oeste del Eje Neovolcánico Transversal y en la Sierra Madre Occidental. De las especies endémicas, las mayores concentraciones de mamíferos no protegidos se encuentran en el norte de la Península de Baja California, en la Sierra Madre Occidental y en las tierras bajas de los estados de Jalisco, Colima, Michoacán y Oaxaca (Vázquez 2005). En una publicación más reciente, Ceballos (2007) indica que 82% de los mamíferos terrestres de México están representados en una superficie pequeña del país (3.8%), pero que a pesar de estos valores la red de AP de México debería incrementarse considerando las tasas de destrucción de la cobertura vegetal.

Para las aves residentes también se han reportado altos niveles de protección, de 96 a 98 por ciento del total de las especies residentes representadas en las AP (Ceballos 1999; Ceballos *et al.* 2002), mientras que para las aves migratorias hay vacíos en la conservación de los humedales (Pérez-Arteaga *et al.* 2005). En el caso de la herpetofauna, únicamente 29% de los anfibios endémicos y 46% de los reptiles endémicos están protegidos por las AP (Santos-Barrera *et al.* 2004).

Estos resultados indican que hay una relación directa entre el porcentaje de especies representadas en las AP y el promedio del área de distribución de cada taxón, es decir, la protección de los grupos de alta diversidad como los reptiles y los anfibios, que tienen áreas de distribución restringidas, presenta mayores retos para alcanzar metas de conservación representativas en pocos sitios (capítulo 12 del volumen I).

Una excepción a este patrón se observa en el Eje Neovolcánico, donde las AP incluyen una elevada proporción de los mamíferos de la región (90%), con altos niveles de endemismo y con áreas de distribución restringidas. En efecto, la gran mayoría de las áreas protegidas se encuentra en zonas montañosas, precisamente porque esta ubicación las hace relativamente más propensas a ser decretadas como tales (Munguía 2006).

Otros trabajos con vertebrados terrestres se han enfocado a determinar las AP más importantes para conser-

var una proporción representativa de especies (Ortega-Huerta y Peterson 2004; Santos-Barrera *et al.* 2004; Fuller *et al.* 2006, 2007).

En estudios llevados a cabo con plantas, Villaseñor y colaboradores (1998) analizaron la distribución estatal de 371 géneros nativos de la familia Asteraceae, cuyo centro de diversificación se encuentra en la República mexicana, y se encontró que los tres estados más importantes para la biodiversidad de plantas de esta familia son Baja California, Chiapas y Coahuila, donde se encuentran representados 81.9% de todos los géneros y 38.8% de los endémicos.

Por otra parte, en el análisis de vacíos realizado por Riemann y Ezcurra (2005) para las plantas endémicas de la Península de Baja California, se encontró que solo 76.4% de los taxa estaban presentes en las AP y que al menos 175 especies endémicas y cuatro géneros endémicos estaban completamente ausentes en ellas. Otros estudios que analizaron las leguminosas en la Península de Baja California (Garcillán *et al.* 2003) indican que los *hotspots* florísticos están en la región de Los Cabos y a lo largo de la Sierra de la Giganta en el sur de la costa del Golfo, en donde se concentra 77% del total de la flora de leguminosas de la Península, y no están protegidos adecuadamente.

### 16.2.2 Bases de datos geográficas y de biodiversidad

Para llevar a cabo los análisis de los ambientes terrestres se integró información de dos tipos: 1] cartográfica del medio físico y variables sociales, y 2] bases de datos con registros biológicos georreferenciados.

Se decidió llevar a cabo el análisis de vacíos y omisiones considerando además de las AP federales, las estatales y municipales y, en lo posible, hacer análisis con otros mecanismos de conservación tales como áreas privadas y comunales de conservación.

Debido a la inexistencia de coberturas georreferenciadas completas a nivel nacional de AP estatales, más las del Distrito Federal y de los municipios, las coberturas correspondientes tuvieron que ser compiladas para efectuar el análisis de vacíos y omisiones en conservación (Bezaury-Creel *et al.* 2007).

La cartografía de las áreas sociales protegidas está siendo compilada y actualizada, por lo que aún no es posible llevar a cabo análisis con estas AP y se tuvo que desear la idea de trabajar con las Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (UMA) debido a lo in-

completo y disparate de la cartografía existente y a que no existe consenso en que todas las UMA se clasifiquen como zonas de conservación.

En materia de la cartografía de las AP, debido a que algunos decretos se traslapan entre sí en algunos casos y con AP de diferentes niveles de gobierno, se adaptaron funcionalmente tanto la cobertura de las AP federales (Conanp y CONABIO 2007a, b) como la de AP estatales y del Distrito Federal (Bezaury-Creel *et al.* 2007), y se resolvieron las redundancias eliminando funcionalmente los traslapes, no obstante que la mayor parte de ellos se encuentran vigentes desde un punto de vista legal. Se dio prioridad al decreto más reciente y a las AP federales sobre las estatales y del Distrito Federal y estas últimas sobre las municipales.

Como primera aproximación se decidió analizar los vacíos y omisiones a escala 1 : 1 000 000.<sup>6</sup> Para esto se elaboró un mapa de ecorregiones terrestres a esa escala con el apoyo de diversos expertos (INEGI *et al.* 2007) que consideraron como base los mapas a escala 1 : 4 000 000 de las regiones ecológicas de Norteamérica (CCA 1997) y de México (CCA 1997; WWF *et al.* 1997). Este nuevo mapa corresponde al nivel IV (NIV) de la cartografía de ecorregiones terrestres anidada para Norteamérica.

Sobre las bases de datos biológicos, uno de los mayores retos es superar los sesgos que existen en la información básica sobre su distribución. Si bien se han desarrollado numerosas técnicas para estimar qué tan completo es un inventario de una región (Colwell y Coddington 1994), es fundamental conocer las áreas de distribución de las especies que son parte del análisis de priorización. Por estas razones se reunieron datos de la distribución de distintos grupos taxonómicos de acuerdo con la disponibilidad de la información hasta la fecha, asegurando contar con información de calidad.

Se utilizaron datos de los vertebrados terrestres (mamíferos, aves, reptiles y anfibios), cuya estimación de sus áreas de distribución es suficientemente confiable y conocida por los especialistas. Para los vertebrados terrestres se utilizaron mapas generados a partir de modelos de distribución potencial, basados en el concepto de nicho ecológico para mamíferos (Ceballos, 2008), aves (Navarro Singüenza y Peterson 2007) y reptiles y anfibios (Flores-Villela 2008), con el *software* GARP (Stockwell y Peters 1999) y con una resolución aproximada de 1 km<sup>2</sup>, los cuales fueron editados con diversos criterios por los especialistas en cada grupo y con base en la literatura pertinente. De la misma manera, y debido a la importancia que tienen como objetos de conservación las especies en

riesgo, se construyeron modelos de distribución potencial de las especies de plantas enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2001 (CONABIO, datos sin publicar). Además, para los grupos representativos de la flora fanerogámica del país se usaron registros puntuales de las bases de datos albergadas en el SNIB y la Remib para algunas familias y géneros de importancia en México. Se utilizaron los géneros considerando que son un indicador del número de especies (Soberón *et al.* 2007). En el apéndice 16.2 (CP3) se detalla la información compilada y los procesos para llevar a cabo los análisis.

### 16.2.3 Análisis ecorregional

#### Métodos

El primer objetivo fue determinar los niveles de representatividad<sup>7</sup> de las ecorregiones NIV, los tipos de vegetación natural primaria y secundaria, y los pisos altitudinales en las AP de México. El segundo objetivo consistió en desarrollar tres índices para caracterizar y priorizar las ecorregiones con base en variables físicas, biológicas y sociales (apéndice 16.3, en el CP3).

Para el primero se siguió la metodología desarrollada en el programa de análisis de vacíos y omisiones de conservación (Scott *et al.* 1993) que consiste en determinar en qué proporción de superficie las AP representan la diversidad biológica, considerando como indicadores las ecorregiones, los tipos de vegetación y la variación altitudinal (indicador de diversidad de ecosistemas y gradientes ecológicos). Para ello se seleccionaron aquellas AP con más de 100 hectáreas de superficie (382 AP, cuya extensión comprende 22 492 197.6 hectáreas, 123 de jurisdicción federal, 247 estatal y 12 municipal; estas cubren 9.67, 1.76 y 0.049 por ciento de la República mexicana, respectivamente) (apéndice 16.2, en el CP3), ecorregiones NIV (INEGI *et al.* 2007), tipos de vegetación presentes en la serie III (INEGI 2005a) de uso del suelo y vegetación, y los pisos altitudinales (29 pisos con intervalos de 200 m) generados a partir del modelo digital de elevación en formato reticulado de 1 km<sup>2</sup> de resolución. Todas las coberturas digitales fueron combinadas y analizadas con el programa ArcView versión 3.2.

Para la caracterización y priorización de las ecorregiones NIV se desarrollaron tres índices: el de importancia biológica (IIB), el de riesgo (IRI) y el de respuesta (IRE), los cuales incluyeron 39, 18 y 9 variables, respectivamente (cuadro 16.1). Las variables se seleccionaron en los talleres realizados en 2005 y 2006 considerando además

la disponibilidad de información a la escala del estudio (CONABIO *et al.* 2007c).

Para la valoración de las ecorregiones para cada índice se tabularon los datos en cuyos renglones se ordenaron las ecorregiones ( $j_{1...n}$ ) y en las columnas las variables ( $x_i$ ). Cada celda incluye el valor de la variable para cada ecorregión. Los valores originales ( $x_{ij}$ ) de cada variable para cada ecorregión fueron normalizados ( $x'_{ij}$ ), mediante la siguiente ecuación:

$$x'_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_j^n x_{ij}} \quad (100)$$

Posteriormente, los valores normalizados de las variables para cada ecorregión ( $x'_{ij}$ ) fueron ponderados ( $x''_{ij}$ ) asignándoles valores en escala geométrica (en particular, uno de tres posibles valores: 2, 4 y 8) en orden ascendente basado en la opinión de expertos participantes en los talleres organizados por la CONABIO, usando la siguiente fórmula:

$$x''_{ij} = x'_{ij} + P$$

donde  $P$  = valor de ponderación.

Tras la ponderación de los valores de las variables ambientales, se calcularon los tres índices IIB, IRI e IRE mediante la siguiente ecuación (de acuerdo con las variables indicadas en el cuadro 16.1):

$$\text{Índice} = \frac{\sum x''_{ij}}{N} \quad (10)$$

donde  $N$  = número de variables.

Finalmente, se construyó un índice de prioridades (IPI) que relaciona el IIB y el IRI, mediante la siguiente ecuación:

$$\text{IPI} = \frac{\text{IIB} \times \text{IRI}}{100}$$

#### Ecorregiones prioritarias para la conservación

Se identificaron 96 ecorregiones NIV, cuya proporción de superficie varía de 0.002% a 9.1%, respecto a la superficie continental.<sup>8</sup> Las tres ecorregiones más extensas se ubican en la zona centro-noroeste del país, en la Sierra Madre Occidental y en el Altiplano mexicano. Por el contrario, son 69 las ecorregiones cuya cobertura individual es menor de 1% del territorio nacional, es decir, microambientes regionales con un alto número de especies endémicas (cuadro 16.2; véase CONABIO *et al.* 2007c, d).

La clasificación de la vegetación y uso del suelo de INEGI (2005a) incluye 47 tipos de vegetación natural primaria.

**Cuadro 16.1** Ponderación de las variables utilizadas en los índices de importancia biológica (IB), de riesgo (IRI) y de respuesta (IRE) en el análisis de representatividad de las ecorregiones terrestres

Índice	Variables	Ponderación
DE IMPORTANCIA BIOLÓGICA	Tipos de vegetación	4
	Porcentaje de vegetación total	4
	Tipos de vegetación primaria	8
	Porcentaje de vegetación primaria	8
	Pisos de elevación	8
	Géneros de plantas	8
	Géneros de plantas exclusivos de una ecorregión	8
	Plantas amenazadas (NOM-059)	2
	Plantas en peligro de extinción (NOM-059)	4
	Plantas amenazadas (NOM-059)	8
	Anfibios amenazados (NOM-059)	2
	Anfibios probablemente extintos en medio silvestre (NOM-059)	8
	Anfibios en peligro de extinción (NOM-059)	4
	Anfibios endémicos	8
	Anfibios restringidos*	8
	Anfibios total	8
	Anfibios exclusivos de una ecorregión	8
	Aves residentes amenazadas (NOM-059)	2
	Aves residentes en peligro de extinción (NOM-059)	4
	Aves residentes endémicas	8
	Aves residentes restringidas	8
	Aves residentes total	8
	Reptiles amenazados (NOM-059)	2
	Reptiles en peligro de extinción (NOM-059)	4
	Reptiles endémicos	8
	Reptiles restringidos	8
	Reptiles total	8
	Reptiles exclusivos de una ecorregión	8
	Mamíferos amenazados (NOM-059)	2
	Mamíferos probablemente extintos en medio silvestre (NOM-059)	8
	Mamíferos en peligro de extinción (NOM-059)	4
	Mamíferos endémicos	8
	Mamíferos restringidos	8
	Mamíferos total	8
	Mamíferos exclusivos de una ecorregión	8
	Porcentaje de RTP fuera de AP	4
	RTP fuera de AP	4
	Porcentaje de AICA fuera de AP	4
	AICA fuera de AP	4



**Cuadro 16.1** [concluye]

Índice	Variabes	Ponderación
DE RIESGO	Porcentaje de la media de puntos de calor 1999-2006	8
	Frecuencia de la media de puntos de calor 1999-2006	8
	Media fragmentación vegetación Serie II-Serie III	8
	Fragmentación densidad de parches ponderada	8
	Fragmentación área por parche ponderada	8
	Fragmentación agregación de parches ponderada	8
	Vegetación secundaria	8
	Porcentaje de vegetación secundaria	8
	Población total con marginación social, 2000	4
	Media marginación social, 2000	4
	Población humana total, 1995	2
	Población humana total, 2000	4
	Tasa de crecimiento poblacional, 1995-2000	8
	Densidad poblacional, 1995	2
	Densidad poblacional, 2000	4
	Longitud de caminos, km	4
	Densidad de carreteras, km / km <sup>2</sup>	8
	Poblados aislados (> 5 km)	2
DE RESPUESTA	Áreas protegidas Ramsar	2
	Porcentaje Ramsar fuera de áreas protegidas	4
	Áreas protegidas MAB	2
	Porcentaje MAB fuera de áreas protegidas	4
	Porcentaje áreas protegidas Patrimonio Mundial	4
	Superficie (hectáreas) áreas protegidas Patrimonio Mundial	2
	Superficie (hectáreas) áreas protegidas (federales, estatales y municipales)	8
	Porcentaje áreas protegidas (federales, estatales y municipales)	8
	Áreas protegidas (federales, estatales y municipales)	4

Nota: véanse detalles en el texto y en el apéndice 16.3, en el (CP/3).

\* En todos los casos, el término "restringido" se refiere a las especies del último cuartil de la curva del tamaño de las áreas de distribución para cada grupo.

Las ecorregiones con mayor superficie tienden a tener más tipos de vegetación primaria (véase CONABIO *et al.* 2007c, d); no obstante, la ecorregión 13.3.1.1 en la Sierra Madre Oriental, que abarca cerca de 4 796 070 hectáreas (ubicada en el lugar 13 por su tamaño), es la que presenta una combinación de mayor número de tipos de vegetación natural (24). Por el contrario, la ecorregión 11.1.1.2, sierras y lomeríos con bosques de coníferas, encinos y mixtos en la Península de Baja California, con 6 050 hectáreas, registra un solo tipo de vegetación primaria (apéndice 16.3, en el (CP/3)).

Los vacíos y omisiones en conservación respecto a la cobertura de la vegetación natural primaria mostraron las 26 ecorregiones con menos de 0.05% de cobertura de vegetación primaria, situadas principalmente en Veracruz y el centro y sureste de la República. En contraste, dos ecorregiones, sierra con bosques de encinos, coníferas y mixtos (13.2.1.1) y planicies del centro del Desierto Chihuahuense con vegetación xerófila micrófilo-halófila (10.2.4.1) en la Sierra Madre Occidental y el Altiplano mexicano, cuentan con una cobertura de vegetación primaria superior a 9.5% (apéndice 16.3, en el (CP/3)). Las ecorregiones de

**Cuadro 16.2** Cobertura de las áreas protegidas (federales, estatales y municipales) en las ecorregiones de NIV

Clave de la ecorregión de NIV	Nombre de la ecorregión de nivel IV	% de superficie respecto al territorio de México			AP por ecorregión de nivel IV
		Superficie (hectáreas)	AP (hectáreas)	% de vegetación en AP	
10.2.2.2	Humedales costeros del oriente del Mar de Cortés	67 916	0.04	0	0
10.2.2.3	Humedales costeros del poniente del Mar de Cortés	11 288	0.01	0	0
10.2.2.5	Islas del Desierto Sonorense con matorral xerófilo micrófilo-sarcocaule	3 169	0.002	0	0
10.2.4.3	Planicie aluvial de la cuenca del Río Bravo-La Cochina con vegetación xerófila	355 865	0.2	0	0
11.1.1.2	Sierras y lomeríos con bosques de coníferas, encinos y mixtos	6 050	0.00	0	0
13.5.2.3	Bosque mesófilo de montaña de las sierras del sur de Oaxaca	308 304	0.2	0	0
13.5.2.4	Bosque mesófilo de montaña de las sierras de Guerrero	231 924	0.1	0	0
14.1.2.4	Lomeríos y planicies con selva baja caducifolia (del sureste de Xalapa)	345 350	0.2	0	0
14.5.1.1	Planicie costera del Istmo con selva baja espinosa	317 481	0.2	0	0
15.5.1.1	Humedales de la planicie aluvial del Río Grande de Santiago	235 633	0.1	0	0
15.5.1.2	Planicie con selva espinosa	164 537	0.09	0	0
14.3.1.2	Planicie costera sinaloense con selva baja espinosa	1 168 154	0.6	40	0.003
10.2.2.8	Planicies aluviales de los ríos Yaqui, Mayo y Fuerte con matorral y mezquital xerófilos	1 651 087	0.9	280	0.02
10.2.3.5	Sistema de sierras del corredor de La Giganta con vegetación xerófila y subtropical	1 131 361	0.6	966	0.09
15.1.2.2	Lomeríos del norte de Veracruz con selva mediana subperennifolia	1 351 005	0.7	1 592	0.1
13.5.1.1	Bosques de coníferas, encinos y mixtos de la Sierra Madre del Sur de Michoacán	900 822	0.5	1 690	0.2
14.4.3.3	Valles Centrales de Oaxaca con mezquital, selva baja caducifolia y bosque de encino	379 831	0.2	1 075	0.3
14.5.1.2	Cañón y lomeríos de Tehuantepec con selva baja caducifolia	858 476	0.4	3 086	0.4
10.2.2.4	Humedales de las desembocaduras de los ríos Mayo y Yaqui	181 272	0.09	857	0.5
15.5.2.1	Humedales de la costa de Vallarta	4 394	0.002	22	0.5
15.1.1.2	Selva alta perennifolia de la planicie costera del Golfo	3 778 309	2.0	30 981	0.8
12.1.2.1	Piedemontes y planicies con pastizal, matorral xerófilo y bosques de encinos y coníferas	12 918 662	6.7	108 891	0.8
10.2.2.7	Desierto Central Sonorense	3 063 275	1.6	28 266	0.9
13.6.2.1	Bosques de coníferas, encinos y mixtos de Los Altos de Chiapas	1 050 832	0.5	10 516	1.0
14.5.2.3	Planicie costera y lomeríos del Pacífico sur con selva baja caducifolia	3 426 973	1.8	37 654	1.1
14.3.1.1	Humedales de Sinaloa	307 414	0.2	3 771	1.2
13.5.2.2	Bosque mesófilo de montaña del norte de Oaxaca	640 105	0.3	8 463	1.3
14.5.2.4	Lomeríos con selva mediana caducifolia del sur de Oaxaca	886 735	0.5	11 736	1.3
15.2.1.1	Planicie central yucateca con selva mediana subcaducifolia	4 234 030	2.2	62 307	1.5
12.2.1.1	Planicie interior con mezquital	988 150	0.5	14 988	1.5
9.6.1.1	Planicie interior tamaulipeca con matorral xerófilo	6 590 056	3.4	107 840	1.6



Cuadro 16.2 [continúa]

Clave de la ecorregión de NIV	Nombre de la ecorregión de nivel IV	% de superficie respecto al territorio de México			% de vegetación en AP	AP por ecorregión de nivel IV
		Superficie (hectáreas)	AP (hectáreas)			
15.1.2.3	Lomeríos del norte de Veracruz con selva mediana y alta perennifolia	1 404 211	0.7	27 323	1.9	8
14.1.2.2	Selva baja caducifolia y bosque de encino de la Sierra de Dientes de Moreno	639 767	0.3	12 717	2.0	1
13.4.1.2	Planicies interiores y piedemontes con pastizal, matorral xerófilo y selvas bajas	699 930	0.4	15 843	2.3	34
14.1.1.1	Humedales del Pánuco	162 181	0.08	3 776	2.3	3
14.3.2.1	Lomeríos con matorral xerófilo y selva baja caducifolia de Sinaloa y Sonora	7 820 327	4.0	194 532	2.5	8
14.1.1.2	Planicie costera con selva baja espinosa	2 331 759	1.2	59 061	2.5	4
11.1.3.1	Sierras y lomeríos con bosques de coníferas, encinos y mixtos (de Juárez)	113 798	0.06	3 079	2.7	1
10.2.4.7	Planicies del Altiplano Zacatecano-Potosino con matorral xerófilo micrófilo-crasicaule	7 369 474	3.8	204 857	2.8	23
13.5.2.1	Sierras con bosques de coníferas, encinos y mixtos de Guerrero y Oaxaca	6 152 681	3.2	179 395	2.9	3
13.6.2.2	Bosque mesófilo de montaña de Los Altos de Chiapas	637 073	0.3	2 125	3.3	4
14.1.2.1	Sierra Martínez con selva mediana caducifolia	127 275	0.07	4 234	3.3	1
10.2.4.1	Planicies del centro del Desierto Chihuahuense con vegetación xerófila micrófilo-halófila	15 767 680	8.2	545 469	3.5	8
14.4.2.1	Depresión de Chiapas con selva baja caducifolia y mediana subcaducifolia	1 338 125	0.7	47 199	3.5	13
14.4.1.1	Depresión del Balsas con selva baja caducifolia y matorral xerófilo	6 501 855	3.4	253 581	3.9	23
10.2.4.6	Lomeríos y sierras bajas del Desierto Chihuahuense sur con matorral xerófilo micrófilo-rosetófilo	2 639 999	1.4	105 113	4.0	7
12.1.1.1	Lomeríos y planicies con matorral xerófilo, pastizal y elevaciones aisladas con bosques de encinos y coníferas	3 206 424	1.7	146 549	4.6	6
9.5.1.2	Planicie costera tamaulipeca con vegetación xerófila o sin vegetación aparente	1 173 783	0.6	54 131	4.6	2
14.2.1.2	Planicie noroccidental con selva baja caducifolia	869 517	0.4	40 186	4.6	6
15.2.2.2	Planicie con selva mediana y alta subperennifolia	2 085 281	1.1	104 078	5.0	8
12.2.1.2	Lomeríos y planicies del Altiplano con matorral xerófilo y pastizal	5 528 202	2.9	296 370	5.4	44
14.5.2.1	Humedales del Pacífico sur mexicano	118 557	0.06	6 701	5.7	3
13.5.1.2	Valles y piedemonte con selvas bajas, mezquites y bosques de encino	20 300	0.01	1 203	5.9	1
13.4.1.1	Humedales lacustres del interior	228 383	0.1	13 827	6.1	26
13.3.1.2	Sierra con bosque mesófilo de montaña	393 596	0.2	25 288	6.4	2
14.1.2.3	Lomeríos y planicies con selva baja caducifolia (de la Sierra de Cucharas)	828 415	0.4	53 717	6.5	4
11.1.1.3	Lomeríos y planicies con matorral xerófilo y chaparral	2 277 045	1.2	153 237	6.7	3
13.4.2.1	Planicies interiores y piedemontes con pastizal, matorral xerófilo y selvas bajas	406 204	0.2	33 000	8.1	5

Cuadro 16.2 [continúa]

Clave de la ecorregión de nivel IV	Nombre de la ecorregión de nivel IV	% de superficie respecto al territorio de México		AP (hectáreas)	% de vegetación en AP	AP por ecorregión de nivel IV
		Superficie (hectáreas)				
15.1.2.1	Humedales del norte de Veracruz	46 400	0.02	3 981	8.6	1
13.2.1.1	Sierra con bosques de coníferas, encinos y mixtos	17 535 234	9.1	1 603 907	9.1	24
14.6.1.1	Planicie y lomeríos con selva baja caducifolia y matorral xerófilo	742 731	0.4	74 911	10.1	4
10.2.4.2	Lomeríos y sierras bajas del Desierto Chihuahuense norte con matorral xerófilo micrófilo-rosotófilo	6 652 432	3.4	762 905	11.5	12
15.1.2.4	Selva alta perennifolia de la vertiente del Golfo de la Sierra Madre del Sur	4 499 237	2.3	545 805	12.1	16
13.4.2.4	Sierra con bosque mesófilo de montaña	361 883	0.2	44 908	12.4	18
9.6.1.2	Lomeríos y sierras con matorral xerófilo y bosques de encino	2 549 871	1.3	343 818	13.5	13
15.6.1.2	Planicie costera y lomeríos con selva alta perennifolia	912 300	0.5	129 162	14.2	16
10.2.2.6	Desiertos del Alto Golfo (Altar, El Pinacate, corredor Mexicali-San Felipe, cuencas de Asunción, Sonoyta y San Ignacio-Aribaipa)	6 465 017	3.3	931 117	14.4	4
13.6.1.1	Sierra Madre Centroamericana con bosques de coníferas, encinos y mixtos	802 945	0.4	130 816	16.3	10
13.4.2.2	Lomeríos y sierras con bosques de coníferas, encinos y mixtos	6 548 161	3.4	1 075 994	16.4	172
10.2.4.8	Elevaciones aisladas y plegamientos del Altiplano Zacatecano-Potosino con vegetación xerófila, bosques de coníferas, de encino y mixtos	186 019	0.1	32 798	17.6	2
15.5.2.2	Planicie y lomeríos con selva mediana subperennifolia del occidente	760 006	0.4	148 773	19.6	3
14.3.2.2	Cañones con selva baja caducifolia de la Sierra Madre Occidental	1 364 605	0.7	278 687	20.4	10
13.5.1.3	Sierras del occidente de Jalisco con bosques de coníferas, encinos y mixtos	890 120	0.5	187 706	21.1	2
13.3.1.1	Sierra con bosques de encinos, coníferas y mixtos	4 796 070	2.5	1 190 439	24.8	27
15.2.3.1	Lomeríos del sur de Yucatán con selva alta y mediana subperennifolia	4 791 389	2.5	1 329 778	27.8	6
14.4.3.2	Valle de Tehuacán con matorral xerófilo	497 136	0.3	157 807	31.7	1
10.2.3.2	Planicies y lomeríos costeros bajacalifornianos del Mar de Cortés con matorral xerófilo sarco-sarcocrasicaule	1 124 780	0.6	390 373	34.7	3
14.3.1.3	Lomeríos de la planicie de Sinaloa con selva baja caducifolia	47 769	0.02	16 747	35.1	1
15.1.1.1	Humedales del sur del Golfo de México	1 824 256	0.9	679 838	37.3	6
15.3.1.1	Sierra de Los Tuxtlas con selva alta perennifolia	407 503	0.2	156 408	38.4	2
13.5.1.4	Sierras del occidente de Jalisco con bosque mesófilo de montaña	216 317	0.1	84 812	39.2	2
10.2.4.5	Valles endorreicos de Cuatrociénegas con vegetación xerófila micrófilo-halófila-gipsófila	328 854	0.2	132 167	40.2	2
10.2.3.3	Planicies y lomeríos de los desiertos de El Vizcaíno y Magdalena con vegetación xerófila sarco-sarcocrasicaule y halófila	3 742 402	1.9	1 564 033	41.8	5
15.6.1.1	Humedales del Soconusco	205 869	0.1	89 754	43.6	3
13.6.1.2	Sierra Madre Centroamericana con bosque mesófilo de montaña	297 042	0.2	153 720	51.8	8



**Cuadro 16.2** [concluye]

Clave de la ecorregión de NIV	Nombre de la ecorregión de nivel IV	% de superficie respecto al territorio de México			% de vegetación en AP	AP por ecorregión de nivel IV
		Superficie (hectáreas)	AP (hectáreas)			
10.2.4.4	Elevaciones mayores del Desierto Chihuahuense con vegetación xerófila, bosques de coníferas, de encinos y mixtos	1 220 104	0.6	636 320	52.2	5
10.2.2.1	Humedales del delta del Río Colorado	391 673	0.2	231 506	59.1	1
11.1.3.2	Sierras y lomeríos con bosques de coníferas, encinos y mixtos (de San Pedro Mártir)	72 152	0.04	47 900	66.4	1
14.4.3.1	Depresión de La Cañada con selva baja caducifolia y matorral xerófilo	234 667	0.1	159 064	67.8	1
9.5.1.1	Humedales de la Laguna Madre	346 597	0.2	237 771	68.6	1
14.2.1.1	Humedales del norte de Yucatán	345 698	0.2	238 475	69.0	5
14.6.2.1	Sierra con bosques de encino y coníferas	53 390	0.03	37 182	69.6	1
15.2.2.1	Humedales del Caribe mexicano	778 137	0.4	572 381	73.6	12
10.2.3.4	Humedales costeros del Pacífico bajacaliforniano	552 864	0.3	446 314	80.7	5
10.2.3.1	Planicies y sierras del Desierto Central Bajacaliforniano con matorral xerófilo sarcocrasicaule y rosetófilo	2 417 542	1.2	2 082 476	86.1	2
13.4.2.3	Sierras con pradera de alta montaña y sin vegetación aparente	27 411	0.01	25 783	94.1	6
<b>Total</b>		<b>193 436 885</b>	<b>100</b>	<b>19 996 948</b>	<b>10.3</b>	

menor tamaño tienen una menor superficie proporcional de vegetación primaria, en relación con las ecorregiones más grandes, lo que tiene importantes consecuencias para lograr la representatividad de hábitats y paisajes de las mismas, en buen estado de conservación (véase CONABIO *et al.* 2007c, d).

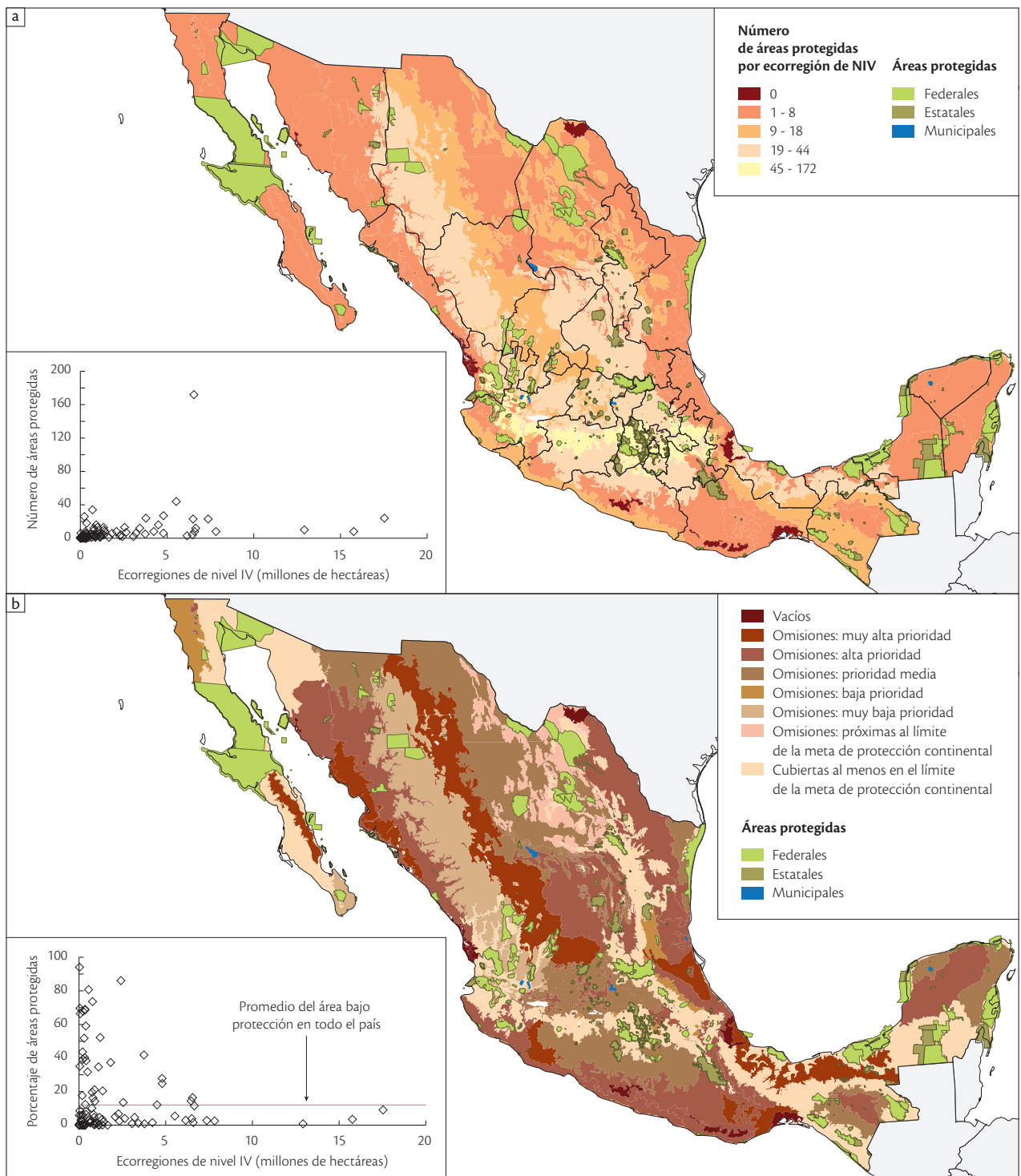
La ecorregión 13.4.2.2, sierras y lomeríos con bosques de coníferas, encinos y mixtos en el Eje Neovolcánico Transversal, que cubre 3.4% del territorio nacional, tiene el mayor gradiente de elevación del país con 4 800 metros, es decir, incluye 24 de los 29 pisos altitudinales de México. Por el contrario, son 12 las ecorregiones con un solo piso altitudinal, cuya extensión representa 2% del territorio nacional, y están situadas en el sureste del país (CONABIO *et al.* 2007c, d).

En cuanto a la representatividad de las ecorregiones en las AP (cuadro 16.2 y Fig. 16.3), 34 de las 96 ecorregiones NIV de México, cuya extensión equivale a 25.04% del país, están protegidas por AP en proporciones que rebasan el umbral de 12% (que es el porcentaje de la superficie nacional protegida).

En cuanto a los vacíos en conservación hay 11 ecorregiones, cuya extensión suma *ca.* de 1% del territorio nacional, que no están representadas en la red de AP; mientras que 50 ecorregiones, que cubren 68.7% del territorio na-

cional, son omisiones de conservación con diferentes niveles de subrepresentación que varían de 0.00345 a 10.85 por ciento. De estas, 12 representan omisiones de muy alta prioridad (<1% de su superficie protegida), 17 son de alta prioridad (>1% a <3%), 11 son de prioridad media alta (>3% a <5.5%), seis de baja prioridad (>5.5 a <8%) y cuatro de muy baja prioridad (>8 a <11%), una casi al límite del umbral de 12% (11.46%). La figura 16.3b muestra que no hay tendencia que relacione el tamaño de la ecorregión con la proporción de superficie protegida por AP.

Respecto a los pisos altitudinales de México y su cobertura con AP, las categorías de elevación cuya cobertura en AP está por encima del porcentaje de 12% del territorio protegido, cubren 86 235 703 hectáreas, lo que equivale a 44.5% del territorio de México. Por otra parte, 10 pisos entre los intervalos altitudinales de -49 a 0 m, 400 a 600 m y 1 000 a 2 600 m (que suman 107 629 496 hectáreas de superficie, es decir, 55.5% del territorio nacional), son omisiones de conservación con diferentes niveles de subrepresentación, entre 0.3 y 11 por ciento. Las zonas localizadas por encima de 2 600 m están protegidas más allá del umbral de 12%, mientras que la superficie a elevaciones mayores a 4 000 m (16 504 hectáreas, 0.009% del país), están comprendidas en su totalidad dentro de AP (CONABIO *et al.* 2007c, d).



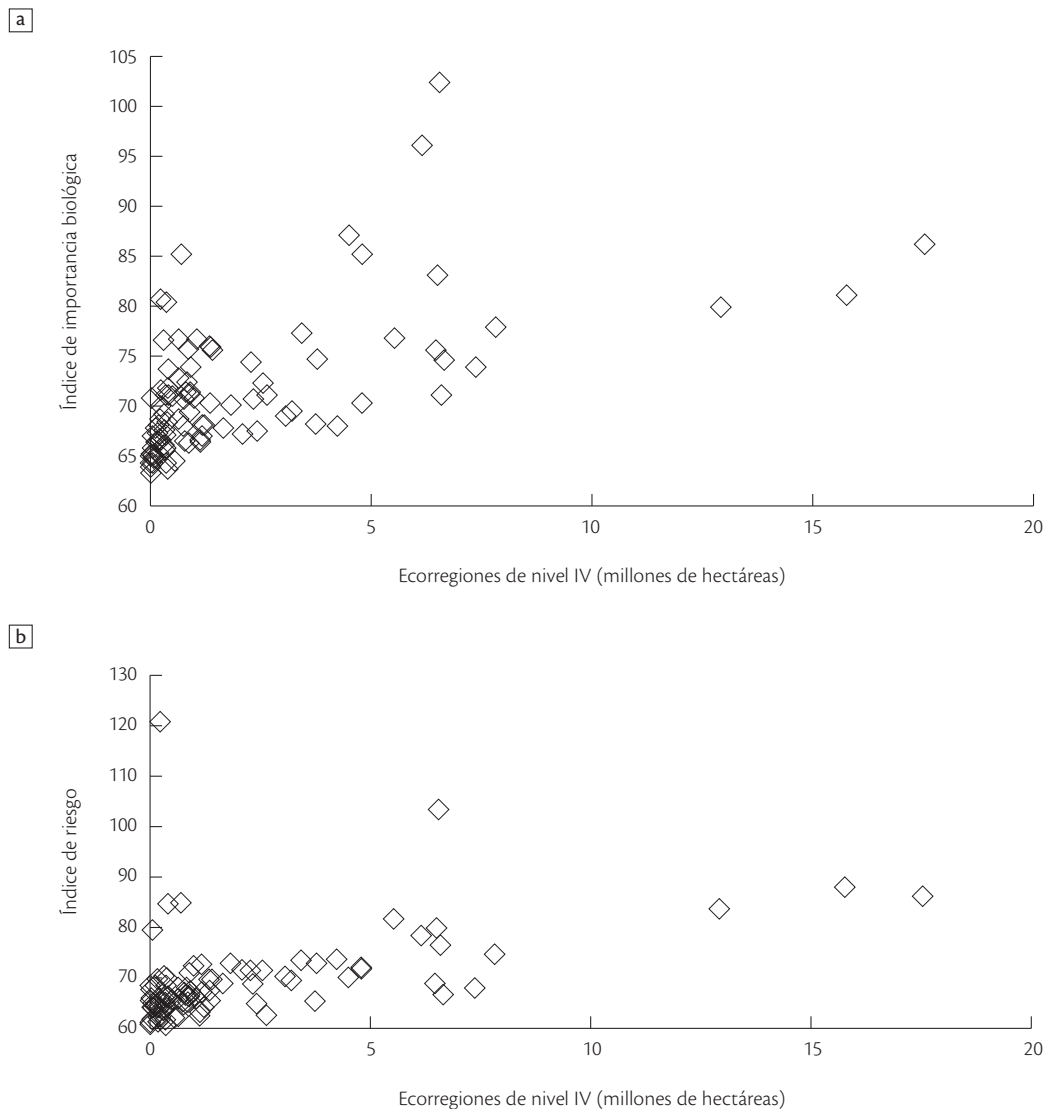
**Figura 16.3** Clasificación de las ecorregiones de nivel IV con base en **(a)** el número de AP; los tonos rojos más oscuros indican ecorregiones con bajo número de AP mientras que los más claros indican un mayor número de AP por ecorregión, y **(b)** proporción de territorio con AP, respecto a la superficie nacional continental; los tonos rojos más oscuros indican vacíos y omisiones de la mayor prioridad (coberturas menores de 1% de la superficie de la ecorregión); los tonos más claros representan distintos niveles de prioridad, con base en la proporción protegida de cada ecorregión. Los tonos verdes y azul indican las ecorregiones con niveles de protección por encima de 12% (véanse detalles en el texto y en el apéndice 16.3, en el  $\text{CD}$  3).

El IIB arrojó valores de 63.3 a 102.4 para las 96 ecorregiones del país. Las 10 ecorregiones con los valores más altos del IIB representan 32.6% del territorio nacional y se ubican principalmente en las cadenas montañosas de todo el país (CONABIO *et al.* 2007c, d), así como en las planicies del centro del Desierto Chihuahuense con vegetación xerófila micrófilo-halófila (10.2.4.1); en la Depresión del Balsas con selva baja caducifolia y matorrales xerófilos (14.4.1.1), y en la selva alta perennifolia de la vertiente del Golfo de la Sierra Madre del Sur (15.1.2.4). Por otro lado, las 10 ecorregiones con los valores más bajos del IIB para este índice, son pequeñas ecorregiones

que cubren menos de 1% de la superficie del país y se sitúan principalmente en la Península de Baja California (Fig. 16.4; apéndice 16.3, en el  $\text{CP}^3$ ), lo cual nos indica el sesgo existente en las variables utilizadas, ya que es conocida la alta proporción de plantas endémicas en la región (Garcillán *et al.* 2003; Riemann y Ezcurra 2005).

La figura 16.4a muestra que las ecorregiones más grandes tienden a tener valores del IIB más altos, lo cual a pesar de la normalización de los valores de las variables, se ve afectado por el conocido patrón de la relación riqueza de especies-área (SAR, por sus siglas en inglés).

La categorización de las ecorregiones con el IRI mues-



**Figura 16.4** Relación del área de la ecorregión con los valores **(a)** del índice de importancia biológica (IIB) y **(b)** del índice de riesgo (IRI) (véanse detalles en CONABIO *et al.* 2007c, d).

tra una mayor variación y no está relacionada con el tamaño de la misma (Fig. 16.4b; apéndice 16.3, en el  $\text{CD}_3$ ). Las 10 ecorregiones con mayores valores del IRI representan 34.2% del territorio nacional y se ubican principalmente sobre la Sierra Madre Occidental, la porción central norte del Altiplano mexicano, el Eje Neovolcánico, en particular los humedales lacustres del interior (13.4.4.1), y la Depresión del Balsas (14.4.1.1).

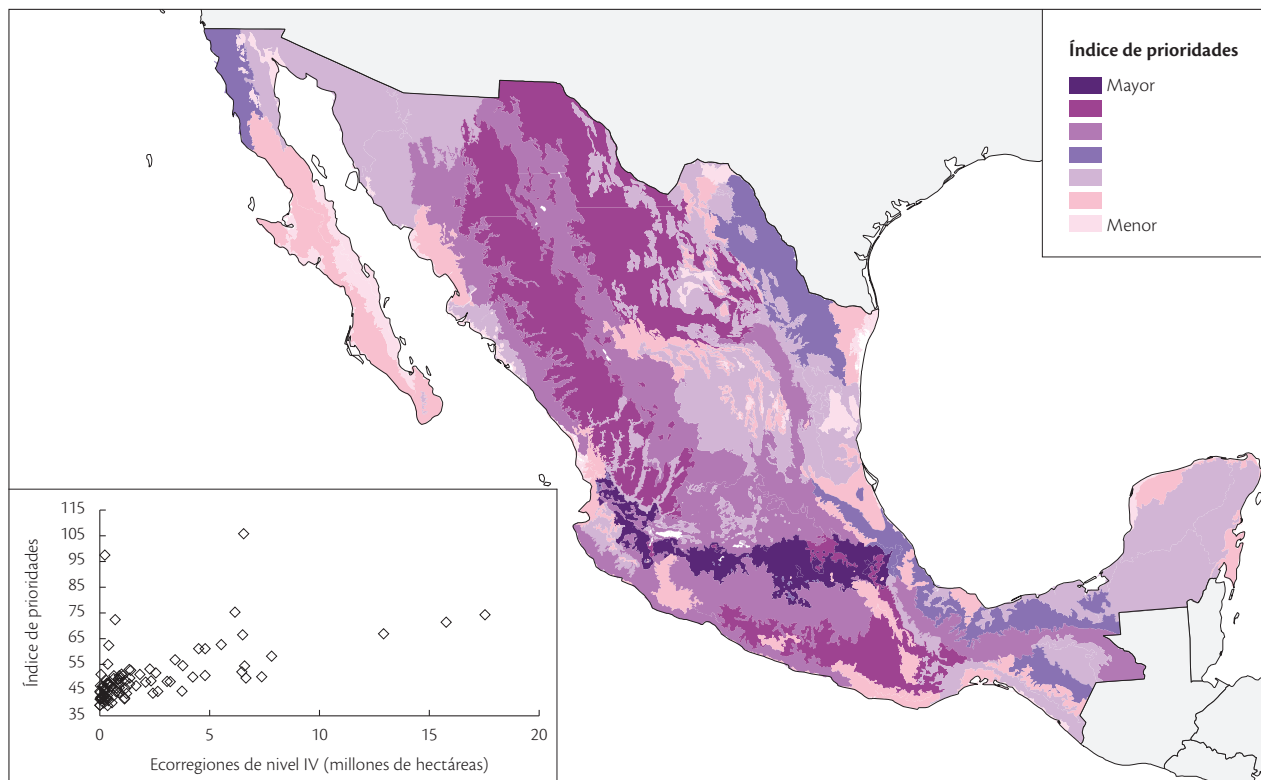
Por otra parte, las 10 ecorregiones con menores valores del IRI se ubican principalmente en la Península de Baja California, al norte de Coahuila y en la Laguna Madre en Tamaulipas, y representan apenas 1% del territorio nacional (CONABIO *et al.* 2007c, d; apéndice 16.3, en el  $\text{CD}_3$ ).

El IPI, que relaciona la importancia biológica y el riesgo, mostró valores de 39 a 105.8. Las 10 ecorregiones más importantes para este índice cubren 37.4% del territorio nacional: lomeríos y sierras con bosques de coníferas, encinos y mixtos (13.4.2.2) y los humedales lacustres del

interior (13.4.1.1) dentro del Eje Neovolcánico Transversal, así como los lomeríos y planicies del Altiplano con matorral xerófilo y pastizal (12.2.1.2). Las planicies interiores y piedemontes con pastizal, matorral xerófilo y selvas bajas (13.4.2.1) del centro y poniente del país, no obstante que no figuran entre las 10 más importantes desde el punto de vista biológico, por su alto nivel de riesgo, tienen algunos de los valores más altos del IPI (figura 16.5; apéndice 16.3, en el  $\text{CD}_3$ ).

### Vacíos y omisiones de conservación en las ecorregiones

La ecorregión lomeríos y sierras con bosques de coníferas, encinos y mixtos (13.4.2.2) del Eje Neovolcánico Transversal, cuya extensión ocupa 3.4% del país, tiene el mayor número de áreas protegidas (172), mientras que 64 ecorregiones cuya extensión total corresponde a 52% del territorio nacional tienen, cada una, menos de 10 AP.



**Figura 16.5** Clasificación de las ecorregiones de nivel IV con base en el índice de prioridades [ $IPI = (IIB \times IRI) / 100$ ]. Los tonos más oscuros indican mayor prioridad relacionando la importancia biológica con relación a las amenazas que enfrenta el sitio.

Véanse detalles de variables y su ponderación en el apéndice 16.3 ( $\text{CD}_3$ ). (Se presenta una versión actualizada del publicado en CONABIO *et al.* 2007c, d).



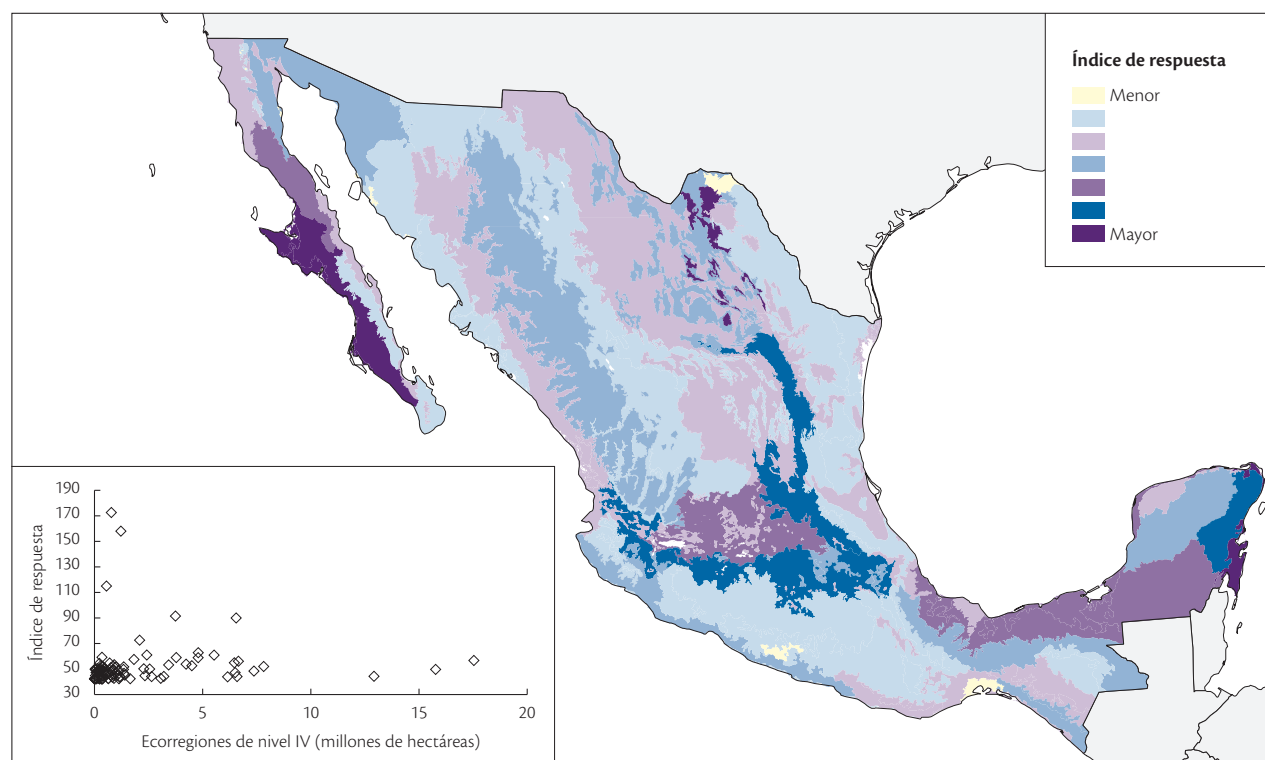
Las 10 ecorregiones sin protección en AP, representan 1% del territorio del país (cuadro 16.3; CONABIO *et al.* 2007c, d).

El IRE categoriza las ecorregiones con base en las políticas de conservación que han sido implementadas (*i.e.*, número y superficie de AP), así como el reconocimiento de sitios de gran relevancia (*i.e.*, reservas MAB, sitios Ramsar, entre otros). Las 10 ecorregiones que mostraron los mayores valores para este índice cubren 28 014 459 hectáreas, es decir 14.3% del país, y se localizan principalmente en la Península de Baja California, el Eje Neovolcánico, las costas de los estados de Quintana Roo y Yucatán, así como la Sierra Madre Oriental. En contraste, las 10 ecorregiones con los valores más bajos del índice de respuesta corresponden principalmente a humedales costeros, selvas bajas caducifolias y bosques mesófilos de montaña, los cuales suman 4 160 366 hectáreas, equivalente a 2.1% del territorio nacional (Fig. 16.6 y apéndice 16.3, en el  $\text{CD} \frac{3}{3}$ ). Estos ecosistemas han sido ampliamente reconocidos como vacíos de conservación. Cabe aclarar que si bien se observan valores altos del IRE en el Eje Neovolcánico, esta región destaca también por los altos valores del

IRI, lo que sugiere que existen importantes retos para la conservación en esta región.

Los análisis muestran que para algunas ecorregiones el nivel de respuesta no corresponde a su importancia biológica o grado de riesgo (apéndice 16.3, en el  $\text{CD} \frac{3}{3}$ ); tal es el caso de los humedales del Caribe mexicano (15.2.2.1) en el estado de Quintana Roo y los humedales costeros del Pacífico de Baja California, de las desembocaduras de los ríos Mayo y Yaqui en Sonora.

Los índices propuestos para México son comparables con los propuestos por Burgess y colaboradores (2006), quienes determinaron las prioridades de conservación para las 119 ecorregiones del continente africano. Para esto identificaron los niveles de representatividad de los biomas por ecorregión y desarrollaron dos índices: uno de distintividad, basado en los niveles de riqueza de especies, grado de endemismos, condición de las ecorregiones y sus atributos según la opinión de expertos. El segundo, sobre el estado de conservación, se usó para evaluar para cada ecorregión sus características de pérdida de hábitat, hábitat remanente y grado de protección legal, es decir, superficie en AP.



**Figura 16.6** Clasificación de las ecorregiones del nivel IV con base en el índice de respuesta (IRE). En este caso, los valores más bajos se presentan en tonos más claros, y son las ecorregiones que requieren mayor atención para su protección.

**Cuadro 16.3** Cobertura de las áreas protegidas (federales, estatales y municipales) en los tipos de vegetación

Tipo de vegetación	Superficie del territorio de México (hectáreas)		Porcentaje de cobertura en AP	
		AP (hectáreas)		AP
Bosque de galería secundario	719	0	0	0
Matorral de coníferas primario	649	0	0	0
Matorral rosetófilo costero secundario	23 994	0	0	0
Matorral sarcocrasicaule de neblina secundario	3 198	0	0	0
Matorral sarcocrasicaule secundario	21 101	0	0	0
Pastizal gipsófilo secundario	88	0	0	0
Sabanoide n.d.	144 084	0	0	0
Selva de galería secundaria	1 159	0	0	0
Selva mediana perennifolia secundaria	351	0	0	0
Vegetación de desiertos arenosos secundaria	1 465	0	0	0
Matorral desértico rosetófilo secundario	344 595	2 463	0.7	3
Matorral subtropical primario	996 637	8 488	0.9	1
Vegetación halófila secundaria	188 246	1 702	0.9	3
Selva mediana caducifolia secundaria	971 106	13 168	1.4	8
Mezquital primario	2 515 086	36 150	1.4	23
Selva baja espinosa caducifolia secundaria	505 663	7 543	1.5	3
Pastizal natural secundario	3 974 559	70 194	1.8	14
Matorral espinoso tamaulipeco secundario	856 553	16 221	1.9	4
Matorral desértico micrófilo secundario	1 979 148	40 798	2.1	19
Mezquital secundario	423 750	10 180	2.4	7
Selva baja perennifolia secundaria	4 376	133	3.0	1
Matorral sarcocrasicaule de neblina primario	564 535	20 270	3.6	1
Pastizal natural primario	6 323 708	227 280	3.6	32
Matorral espinoso tamaulipeco primario	2 554 278	95 789	3.8	9
Selva baja subcaducifolia secundaria	30 000	1 229	4.1	3
Matorral subtropical secundario	336 955	14 788	4.4	1
Bosque inducido n.d.	4 825	228	4.7	1
Palmar inducido n.d.	105 082	5 129	4.9	5
Matorral crasicaule secundario	354 745	18 410	5.2	10
Bosque de pino-encino secundario	3 075 555	165 085	5.4	55
Pastizal halófilo primario	1 823 229	97 904	5.4	16
Selva baja espinosa caducifolia primaria	238 772	13 836	5.8	5
Bosque mesófilo de montaña secundario	955 613	56 233	5.9	24
Bosque de táscate primario	158 683	9 519	6.0	10
Matorral desértico micrófilo primario	19 537 090	1 190 502	6.1	34
Bosque de galería primario	20 624	1 316	6.4	6
Selva mediana subcaducifolia secundaria	4 237 799	271 530	6.4	24
Selva baja caducifolia secundaria	7 849 396	504 945	6.4	87
Vegetación gipsófila primaria	46 034	3 096	6.7	1



**Cuadro 16.3** [continúa]

Tipo de vegetación	Superficie del territorio de México (hectáreas)	AP (hectáreas)	Porcentaje de cobertura en AP	AP
Selva baja subperennifolia secundaria	11 456	803	7.0	1
Pastizal halófilo secundario	148 924	11 334	7.6	2
Bosque de pino secundario	2 233 185	174 905	7.8	57
Bosque de pino primario	5 219 404	409 176	7.8	82
Pastizal inducido n.d.	6 334 485	502 948	7.9	183
Chaparral secundario	288 353	25 444	8.8	4
Selva baja caducifolia primaria	6 643 847	594 297	8.9	37
Selva alta perennifolia secundaria	2 021 792	188 503	9.3	24
Manglar secundario	64 447	6 061	9.4	9
Bosque de cedro primario	2 148	213	9.9	1
Matorral crasicaule primario	1 205 357	123 941	10.3	36
Selva mediana caducifolia primaria	138 244	15 844	11.5	3
Bosque de encino-pino secundario	1 257 981	154 654	12.3	37
Sabana primaria	207 525	25 585	12.3	7
Bosque de encino primario	6 879 257	858 612	12.5	118
Bosque de pino-encino primario	5 733 148	716 590	12.5	93
Palmar natural primario	11 449	1 518	13.3	2
Matorral desértico rosetófilo primario	10 209 732	1 381 924	13.5	32
Chaparral n.d.	1 802 081	246 501	13.7	12
Bosque de ayarín primario	26 386	3 624	13.7	4
Selva mediana subperennifolia secundaria	4 160 333	571 695	13.7	29
Bosque de encino secundario	4 362 597	599 654	13.7	104
Pastizal gipsófilo primario	45 229	6 628	14.7	1
Matorral submontano secundario	437 236	64 543	14.8	12
Bosque de ayarín secundario	13 621	2 117	15.5	1
Bosque de encino-pino primario	3 048 387	484 281	15.9	80
Bosque mesófilo de montaña primario	869 419	157 838	18.2	32
Matorral sarcocaulo secundario	98 049	18 325	18.7	3
Bosque de táscate secundario	174 884	33 157	19.0	7
Vegetación de galería primaria	136 639	29 096	21.3	7
Selva baja perennifolia primaria	42 396	9 347	22.0	3
Matorral submontano primario	2 389 509	538 548	22.5	26
Selva baja espinosa subperennifolia secundaria	584 789	132 977	22.7	11
Matorral sarcocaulo primario	5 033 235	1 230 780	24.5	13
Selva alta perennifolia primaria	1 417 340	396 077	27.9	18
Selva mediana subcaducifolia primaria	408 909	116 156	28.4	15
Selva alta subperennifolia secundaria	100 013	30 004	30.0	2
Selva mediana subperennifolia primaria	1 593 656	498 809	31.3	22
Matorral rosetófilo costero primario	407 805	139 419	34.2	1



**Cuadro 16.3** [concluye]

Tipo de vegetación	Superficie del territorio de México (hectáreas)	AP (hectáreas)	Porcentaje de cobertura en AP	AP
Vegetación halófila primaria	2 743 543	994 380	36.2	29
Selva de galería primaria	3 781	1 415	37.4	4
Vegetación de desiertos arenosos primaria	2 158 605	827 802	38.3	6
Vegetación de dunas costeras primaria	108 136	41 904	38.8	15
Selva baja subcaducifolia primaria	40 756	18 248	44.8	6
Popal n.d.	131 656	59 388	45.1	4
Selva baja espinosa subperennifolia primaria	438 048	234 741	53.6	11
Manglar primario	784 393	420 955	53.7	35
Matorral sarcocrasicaule primario	2 197 661	1 181 002	53.7	6
Palmar natural secundario	1 567	845	53.9	1
Tular n.d.	932 826	518 162	55.5	36
Bosque de oyamel secundario	16 882	9 412	55.8	12
Bosque de oyamel primario	125 382	74 839	59.7	36
Selva alta subperennifolia primaria	60 864	56 297	92.5	2
Vegetación de petén primaria	40 920	38 492	94.1	6
Pradera de alta montaña primaria	16 583	16 241	97.9	10
Selva mediana perennifolia primaria	285	280	98.3	1
Matorral de coníferas secundario	326	325	99.6	2
Vegetación de petén secundaria	4 036	4 034	99.9	1
<b>Total para la superficie continental de México</b>	<b>146 742 947</b>	<b>17 904 819</b>	<b>12.2</b>	

Fuente: INEGI (2005a).

n.d.: estado de la vegetación no determinado.

### 16.2.4 Análisis de optimización con base en la selección de objetos de conservación y amenazas a la biodiversidad terrestre

Se decidió identificar los sitios prioritarios primero y después evaluar el grado en que las AP los cubren o no, para tener una visión nacional independiente de la declaratoria de las AP, que como en todos los países ha sido casuística y sin considerar lo que ya estaba presente en otras AP (no sistemática). Por otra parte, tener una priorización con un método repetible basado en información actualizada fue considerado como un resultado fundamental que pueda guiar otras políticas ambientales independientes de las AP. El compromiso de evaluar la protección y viabilidad de la biodiversidad está pensado para ser llevado a cabo de manera adaptativa y el paso siguiente será desarrollar los análisis de vacíos y omisiones en conservación usando las AP como “sitios semilla”, es decir, selec-

cionadas previamente como sitios de interés para optimizar la complementariedad al diseñar nuevas AP o apoyar las existentes.

#### Métodos

Se llevaron a cabo cinco talleres de especialistas durante 2005 y 2006 en los cuales se discutieron los siguientes puntos para el proceso del análisis (CONABIO *et al.* 2007c, d):

#### *Escala y algoritmo de optimización*

Se llevaron a cabo los análisis con el programa Marxan, versión 1.8 (Ball 2000; Ball y Possingham 2000), utilizando el algoritmo llamado templado simulado<sup>9</sup> con una rejilla de 8 045 hexágonos de 256 km<sup>2</sup>, que permitió tener unidades homogéneas para el muestreo y la planeación. La resolución de la retícula se decidió de acuerdo con la

factibilidad de los análisis y calidad cartográfica de las variables utilizadas a dicha escala para tener una visión a escala nacional.

Con el algoritmo del programa Marxan se buscó optimizar la identificación de sitios prioritarios, mediante la selección de las unidades muestrales que por sus atributos hacen posible alcanzar las metas de conservación establecidas, a la vez que considera la presión que impone la intensidad de los factores de amenaza. A su vez, Marxan permite determinar un sistema de áreas compacto y coherente que busca la mayor viabilidad para lograr la conservación que se desea alcanzar.

Es importante aclarar que del conjunto total de sitios, el programa permite la selección *a priori* de las AP; sin embargo, se decidió no hacerlo con el fin de valorar la distribución de los resultados de manera independiente.<sup>10</sup>

### Objetos y metas de conservación

En los talleres antes mencionados se discutieron los criterios para analizar la información compilada de los diferentes elementos de la biodiversidad, seleccionar los objetos de conservación y establecer metas para cada uno de ellos (cuadro 16.4; véanse detalles en el apéndice 16.4,

en el  $\textcircled{3}$ ). Las metas de conservación se definieron con base en los valores establecidos para los criterios (cuadro 16.5) y se expresan en proporción del área geográfica de distribución del elemento en cuestión (*e.g.*, un taxón o un tipo de vegetación). Cabe aclarar que con valores muy elevados en las metas (cerca de 100%), el algoritmo selecciona prácticamente la totalidad de los sitios donde se encuentran tales objetos de conservación, por lo que en todos los casos se optó por tener valores de meta entre 5 y 99 por ciento (cuadros 16.5 y 16.6).

Se consideraron “filtros finos” aquellos objetos de conservación que ocupan áreas relativamente pequeñas respecto a la extensión del estudio (la superficie continental del territorio nacional), y son los que tienen los valores de metas más altas de conservación. Los vertebrados terrestres se seleccionaron con base en criterios de endemismo (de distribución exclusiva en México), rareza (definida como área de distribución restringida),<sup>11</sup> estado de riesgo (Semarnat 2002; IUCN 2007) y presión por comercio internacional (Cites) (cuadro 16.5). Los tipos de vegetación primaria y secundaria que se incluyeron como filtros finos se analizaron de acuerdo con su superficie de cobertura respecto a la extensión del territorio nacional de la serie III (INEGI 2005a). Se identificó como vegetación

**Cuadro 16.4** Total de coberturas por grupo taxonómico que se analizaron antes de llevar a cabo los análisis con el algoritmo de optimización Marxan

Grupo taxonómico (coberturas totales)	Tipo original de dato	Coberturas incluidas en el análisis
Tipos de vegetación críticos (68)	Polígono	68
Familias de plantas (12)	Puntos, procesados para representar la distribución de acuerdo con la resolución de la retícula	12
Plantas amenazadas NOM-059 (185)	Modelos de nicho ecológico editados (endémicos y no endémicos)	152
Especies de árboles amenazadas NOM-059 (58)	Modelos de nicho ecológico editados	39
<i>Agave</i> spp. amenazadas NOM-059 (24)	Modelos de nicho ecológico editados	23
<i>Opuntia</i> spp. amenazadas NOM-059 (68)	Modelos de nicho ecológico editados	1*
Aves residentes (659)	Modelos de nicho ecológico editados	273
Reptiles (698)	Modelos de nicho ecológico editados	424
Anfibios (305)	Modelos de nicho ecológico editados	208
Mamíferos (469)	Modelos de nicho ecológico editados	242
Capas de riqueza de especies por grupos de vertebrados		8
<b>Total: 2 546</b>		<b>1 450</b>

\* Área del mapa de riquezas.

Nota: véanse los cuadros 16.5 y 16.6.

**Cuadro 16.5** Criterios y valores de ponderación de las metas de los grupos taxonómicos considerados objeto de conservación de “filtro fino” para el análisis de selección de sitios prioritarios con el programa Marxan

**16.5a** Criterios para los vertebrados terrestres y las plantas en la NOM-059-SEMARNAT-2001

Grupo	Endemismo	Restricción	NOM-059	uicn	Cites		Total
	Si/no 20				E/P/A/Pr	Cr/En/Vu	
Aves (solo terrestres residentes)	20	Cuartil IV subdividido en 4 (4, 3, 2 y 1) 20/16/13/10 Solo especies con valores 4 y 3 en el cuartil IV (usando solo los valores 20 y 16); las aves tienen distribuciones más amplias que los otros tres grupos de vertebrados terrestres	25/25/15/—	15/10/5	10/5	10/5	Se decidió eliminar aquellas que en la sumatoria tuvieran 0 o que solo tuvieran el nivel más bajo de uno de los criterios NOM, UICN o Cites
Anfibios	20	Se asignó valor de la subdivisión 4 (= 20) a todas las especies del cuartil IV	25/25/15/—	15/10/5	10/5	10/5	
Reptiles	20	Se asignó valor de la subdivisión 4 (= 20) a todas las especies del cuartil IV	25/25/15/—	15/10/5	10/5	10/5	
Mamíferos	20	Se asignaron los valores de las cuatro subdivisiones del cuartil IV sin modificación	25/25/15/—	15/10/5	10/5	10/5	
Plantas NOM	20		25/25/15/—	15/10/5	10/5	10/5	Se decidió que la meta fuera a partir de la suma del total, i.e., la suma del valor de endemismo + categoría de la NOM-059-SEMARNAT-2001

**16.5b** Clasificación de los valores de meta (%) de acuerdo con el intervalo de la suma “Total” en el cuadro de 16.5a

Intervalo sumatoria	Meta de conservación (% superficie)
85-64	40
63-42	30
41-22	10
< 21	5

**16.5c** Valores de las metas de la flora fanerogámica

Grupo	Índice de riqueza y área de distribución		Capa 1:		Capa 2:	
	Suma	Meta	Suma	Meta	Suma	Meta
Asteraceae	1 321 218	330 305				25
Cactaceae	97 129	24 282			54 622	25
Euphorbiaceae	197 381	49 345			54 916	25
Pinus	18 276	4 569				25
Poaceae	558 627	139 657			76 233	25
Quercus	111 838	27 960			77 569	25
Géneros de angiospermas	2 304 469	230 447			263 340	10

en estado crítico aquella con la menor proporción de cobertura en el país, tanto para la vegetación natural como seminatural (véanse criterios en el cuadro 16.6).

Los “filtros gruesos” incluyen las comunidades o conjuntos de especies y sistemas ecológicos generalmente de escala regional. Los objetos de conservación incluidos en los filtros gruesos fueron de dos tipos: 1] áreas de alta riqueza de taxones (número total de especies) y áreas de concentración de especies endémicas, y 2] tipos de vegetación con proporciones de superficie mayores a las consideradas filtros finos, en general mayores de 1% del territorio (véase cuadro 16.6). En todos los casos, los valores de las metas de conservación deseadas fueron expresados en porcentaje de superficie del objeto de conservación respecto a la extensión del territorio nacional. En el cuadro 16.7 se indican las coberturas geográficas seleccionadas como filtro grueso para los grupos taxonómicos, y en el cuadro 16.5 se indican las de los tipos de vegetación (apéndice 16.4, en el <sup>CD</sup><sub>3</sub>).

En total se analizaron los criterios de 2 546 coberturas de importancia biológica para ser seleccionadas como filtros finos o gruesos, de las cuales 1 450 fueron seleccionados con los criterios que se indican en el cuadro 16.6, para usarlas en el análisis de la identificación de sitios prioritarios con el programa Marxan. Por otra parte, es importante hacer notar que el total de las metas de conservación de la vegetación del país equivale a 27.3% de la misma y representa 13.3% de la superficie del país.

### Amenazas y costos

En los talleres realizados se seleccionaron diversos factores, principalmente antropogénicos, que constituyen una presión o amenaza tanto a los sistemas ecológicos y comunidades como a las especies de flora y fauna. Las amenazas afectan en forma negativa el ambiente, directa o indirectamente, y fueron seleccionadas por ser factores que afectan la integridad de los sistemas ecológicos, respaldado por información disponible sobre sus impactos y porque fueran cartografiables a escala nacional. Posteriormente, las amenazas se jerarquizaron en un gradiente de importancia, asignándoles un valor de “costos”<sup>12</sup> conforme a sus impactos sobre los ecosistemas (véase el cuadro 16.8).

### Parámetros utilizados

Una vez seleccionados los objetos de conservación y sus metas, así como las amenazas y sus costos, se llevaron a cabo 10 000 corridas con 1 000 000 de iteraciones cada una usando el esquema de templado adaptable (*adaptive annealing schedule*) con mejoramiento normal iterativo (*normal iterative improvement*) (Game y Grantham 2008). Se usó un factor de borde de 0.0001, y a los objetos de conservación se les asignó un factor de penalidad de 1 000, un número relativamente alto que garantiza que se cumplan las metas de todos los objetos de conservación seleccionados. Con este programa se busca optimizar la

**Cuadro 16.6** Valores utilizados para ponderar las metas de los tipos de vegetación de la cobertura de uso de suelo y vegetación (serie III) del INEGI, para el análisis de selección de sitios prioritarios con el programa Marxan

#### 16.6a Criterios y valores de meta para los polígonos de tipo de vegetación primaria (véase el cuadro 16.6c)<sup>1</sup>

Área respecto a la extensión territorial de la República mexicana	Meta de conservación (%)
< 0.75	99
0.75 - 1.0	70
1.0 - 2.0	40
2.1 - 5	20
> 5	5

<sup>1</sup> Para vegetación exclusivamente primaria o secundaria para la cual ya no hay vegetación primaria.

#### 16.6b Criterios y valores<sup>1</sup> de meta para los polígonos de tipo de vegetación secundaria (véase el cuadro 16.6d)<sup>2</sup>

Área respecto a la extensión territorial de la República mexicana	Meta de conservación (%)
< 1.1	90
1.0 - 1.4	60
1.5 - 2.5	30
> 2.6	10

<sup>1</sup> Excepto chaparral secundario, selva mediana subcaducifolia secundaria, selva mediana subperennifolia secundaria y matorral submontano secundario, cuyos valores fueron fijados en los talleres de expertos.

<sup>2</sup> Valor de la vegetación secundaria al que, cuando se suma con la vegetación primaria un porcentaje de área en el intervalo señalado respecto a la extensión territorial del país, se le asignó el valor de meta señalado.



**Cuadro 16.6** [continúa]**16.6c** Metas para cada tipo de vegetación primaria de la cobertura de uso de suelo y vegetación

Tipo de vegetación primaria	Total (ha)	Porcentaje del país	Meta (%)
Selva mediana perennifolia primaria	285	0.0001	99
Matorral de coníferas primario	649	0.0003	99
Bosque de cedro primario	2 148	0.0011	99
Pradera de alta montaña primario	16 583	0.0086	99
Bosque de ayarín primario	26 386	0.0136	99
Selva baja subcaducifolia primaria	40 756	0.0210	99
Pastizal gipsófilo primario	45 229	0.0234	99
Vegetación gipsófila primaria	46 034	0.0238	99
Selva alta subperennifolia primaria	60 864	0.0314	99
Bosque de oyamel primario	125 382	0.0647	99
Selva mediana caducifolia primaria	138 244	0.0714	99
Bosque de táscate primario	158 683	0.0819	99
Selva baja espinosa caducifolia primaria	238 772	0.1233	99
Matorral rosetófilo costero primario	407 805	0.2105	99
Selva mediana subcaducifolia primaria	408 909	0.2111	99
Selva baja espinosa subperennifolia primaria	438 048	0.2261	99
Matorral sarcocrasicaule de neblina primario	564 536	0.2915	99
Bosque mesófilo de montaña primario	869 419	0.4489	99
Matorral subtropical primario	996 637	0.5145	99
Matorral crasicaule primario	1 205 357	0.6223	99
Selva alta perennifolia primaria	1 417 340	0.7317	99
Selva mediana subperennifolia primaria	1 593 656	0.8227	70
Pastizal halófilo primario	1 823 229	0.9413	70
Vegetación de desiertos arenosos primaria	2 158 606	1.1144	40
Matorral sarcocrasicaule primario	2 197 662	1.1346	40
Matorral submontano primario	2 389 509	1.2336	40
Mezquital primario	2 515 086	1.2985	40
Matorral espinoso tamaulipeco primario	2 554 278	1.3187	40
Vegetación halófila primaria	2 743 548	1.4164	40
Bosque de encino-pino primario	3 048 387	1.5738	40
Matorral sarcocaule primario	5 033 238	2.5985	20
Bosque de pino primario	5 219 404	2.6946	20
Bosque de pino-encino primario	5 733 148	2.9598	20
Pastizal natural primario	6 323 708	3.2647	20
Selva baja caducifolia primaria	6 643 847	3.4300	20
Bosque de encino primario	6 879 257	3.5515	20
Matorral desértico rosetófilo primario	10 209 733	5.2709	5
Matorral desértico micrófilo primario	19 537 093	10.0863	5

Fuente: INEGI (2005a).

Nota: el área de cada uno de los tipos de vegetación indica solo la superficie continental.





**Cuadro 16.6** [concluye]**16.6d** Metas para cada tipo de vegetación secundaria de la cobertura de uso de suelo y vegetación

Tipo de vegetación secundaria	Total (ha)	Porcentaje del país (secundaria)	Porcentaje del país (secundaria + primaria)	Meta (%)
Selva baja subperennifolia secundaria	11 456	0.0059	0.0059	99
Matorral de coníferas secundario	326	0.0002	0.0005	90
Bosque de ayarín secundario	13 621	0.0070	0.0207	90
Selva baja subcaducifolia secundaria	30 000	0.0155	0.0365	90
Bosque de oyamel secundario	16 882	0.0087	0.0734	90
Selva alta subperennifolia secundaria	98 470	0.0508	0.0823	90
Bosque de táscate secundario	173 294	0.0895	0.1714	90
Selva baja espinosa caducifolia secundaria	505 119	0.2608	0.3840	90
Selva baja espinosa subperennifolia secundaria	583 323	0.3011	0.5273	90
Selva mediana caducifolia secundaria	960 428	0.4958	0.5672	90
Bosque mesófilo de montaña secundario	945 499	0.4881	0.9370	90
Chaparral secundario	288 353	0.1489	1.0792	90
Selva mediana subcaducifolia secundaria	4 225 210	2.1813	2.3924	90
Matorral subtropical secundario	336 955	0.1740	0.6885	60
Matorral crasicaule secundario	351 381	0.1814	0.8037	60
Pastizal halófilo secundario	148 924	0.0769	1.0182	60
Selva mediana subperennifolia secundaria	4 133 491	2.1340	2.9567	60
Matorral submontano secundario	437 236	0.2257	1.4594	30
Vegetación halófila secundaria	188 246	0.0972	1.5136	30
Mezquital secundario	423 750	0.2188	1.5172	30
Selva alta perennifolia secundaria	1 967 100	1.0155	1.7473	30
Matorral espinoso tamaulipeco secundario	856 112	0.4420	1.7607	30
Bosque de encino-pino secundario	1 252 508	0.6466	2.2204	30
Matorral sarcocaule secundario	98 049	0.0506	2.6491	10
Bosque de pino secundario	2 226 397	1.1494	3.8440	10
Bosque de pino-encino secundario	3 055 081	1.5772	4.5371	10
Pastizal natural secundario	3 974 559	2.0519	5.3166	10
Bosque de encino secundario	4 332 616	2.2368	5.7883	10
Selva baja caducifolia secundaria	7 836 152	4.0455	7.4755	10

Fuente: INEGI (2005a).

Nota: para vegetación leñosa el cálculo del área de vegetación secundaria incluye solo fases arbóreas y arbustivas.

**Cuadro 16.7** Criterios y valores de selección de metas de conservación para las coberturas de filtro grueso

Grupo	Criterio: riqueza de especies endémicas	Meta (%)	Criterio: riqueza total de especies	Meta (%)
Mamíferos	Se seleccionaron los píxeles que tuvieran los valores de mayor riqueza ( $\geq$ de la mitad, respecto a los mamíferos). Después se obtuvo la proporción de dichos píxeles con respecto al área de presencia de especies del grupo, y dicha proporción se fijó como meta.	10	A partir del último cuartil, se obtuvo la proporción con respecto al área de presencia de especies del grupo, y dicha proporción se fijó como meta.	5
Aves	Se seleccionaron los píxeles que tuvieran los valores de mayor riqueza ( $\geq$ de la mitad). Después se obtuvo la proporción de dichos píxeles con respecto al área de presencia de especies del grupo, y dicha proporción se fijó como meta.	13	A partir del último cuartil, se obtuvo la proporción con respecto al área de presencia de especies del grupo, y dicha proporción se fijó como meta.	5
Anfibios*	Selección de hexágonos con 50% de riqueza de endémicas total	50	Selección de píxeles con 50% de riqueza total	50
Reptiles*	Selección de hexágonos con 50% de riqueza de endémicas total	50	Selección de píxeles con 50% de riqueza total	50
Especies de <i>Opuntia</i>			Para la elaboración de este mapa se realizó una suma de 69 modelos de distribución potencial; de ellos solo se encontraron 28 áreas de coincidencia geográfica, superficie que se consideró como 10% de la meta para este grupo.	10
Árboles tropicales			Se sumaron los mapas de distribución de 183 especies de árboles tropicales importantes para México y se utilizó como filtro grueso el valor de presencia (1) a partir de la mitad de mayor riqueza, asignándole un valor de 10% de la meta.	10

\* En el caso de anfibios y reptiles no se siguió el mismo criterio que con aves y mamíferos debido a que su área de distribución es mucho menor.

selección en la que se logren las metas al menor costo posible (Ball 2000; Ball y Possingham 2000).

### Sitios de importancia para la conservación

Sin duda, un requerimiento clave en la planeación de sistemas de reservas es la identificación de zonas de alta importancia que requieren ser preservadas, ya sea por albergar especies de interés (usualmente en riesgo de extinción o amenazadas), por albergar una biodiversidad extraordinaria o por contener especies que permiten maximizar la biodiversidad que habita en la red de AP (complementariedad). Básicamente, todos los algoritmos que se han desarrollado consideran al menos uno de estos elementos. La selección de sitios utilizando Marxan considera además la penalización de los sitios de acuerdo con los costos asignados por la intensidad de las amenazas (Ball 2000).

Se generó un mapa que da un panorama general de los sitios donde se concentran los objetos de conservación, tanto en número como considerando los valores de las

metas de conservación (véanse figuras en CONABIO *et al.* 2007c, d); este mapa muestra que los sitios con mayor concentración de objetos de conservación coinciden, de manera general, con los patrones de riqueza de los vertebrados terrestres de México, es decir, con valores más altos hacia el sureste del país, en particular en el Istmo de Tehuantepec, las zonas montañosas de la Sierra Madre del Sur y la costa del Océano Pacífico, así como con los patrones de endemismo, que tienen una gran concentración en el Eje Neovolcánico, la Sierra Madre del Sur y la Sierra Madre Occidental. En el norte de país destacan la Sierra de San Pedro Mártir y la Sierra del Carmen.

Es importante notar que el patrón de agrupamiento de los sitios con mayor número de objetos de conservación coincide en general con los sitios que suman los mayores valores de las metas de conservación ( $r = 0.97$ ,  $P < 0.05$ ,  $n = 8\,045$ ); sin embargo, estos sitios no necesariamente contienen los grupos taxonómicos o comunidades de mayor prioridad de conservación. El sitio con mayor número de objetos de conservación (343) y con el mayor valor considerando las metas de conservación se encuentra en

**Cuadro 16.8** Selección de coberturas indicadoras de impactos a la biodiversidad (amenazas) y “costo” asignado siguiendo el protocolo para el programa Marxan

Factor de amenaza	Parámetro o cobertura utilizada	Costo	Medida utilizada	Comentarios
Pérdida de hábitat	Tasa de cambio de SII a SIII INEGI (2001, 2005a)	10 000	Comparación de áreas serie II a serie III por tipos vegetación primaria, para cada hexágono. Fórmula VegPrimaria (FAO 1996). Datos multiplicados por — 100 para obtener un número positivo mayor de 1.	Se decidió incluir tasas de cambio negativas (es decir, sólo la pérdida de vegetación primaria).
	Índice de fragmentación: densidad (PD)	8 400	Selección de VegPrimaria (Raster) (serie III) procesado en FragsStat: Densidad de parches (PD) por tipo de vegetación. Se tomó el valor máximo por hexágono. Multiplicado por 1 000 para tener valores mayores de 1.	Se decidió considerar tres índices por ser complementarios.
	Índice de fragmentación: área-perímetro (PARA-mean)	8 300	Selección de VegPrimaria (Raster) (serie III) procesado en FragsStat: Relación área-perímetro (PARA-mean) (no existe valor máximo) por tipo de vegetación. Se tomó el valor máximo por hexágono.	
	Índice de fragmentación: shape (LSI)	8 200	Selección de VegPrimaria (Raster) (serie III) procesado en FragsStat: Agregación de parches (LSI) por tipo de vegetación. Se tomó el valor máximo por hexágono.	
	Puntos de calor (área)	7 500	Considerando la ponderación por resiliencia de la vegetación (a partir del mapa de Uso de suelo y vegetación de la serie II del INEGI) el mapa de puntos de calor fue valorado para obtener el impacto por hexágono de las áreas probablemente incendiadas.	Los puntos de calor que representan áreas de probables incendios fueron ponderadas por tipo de vegetación de modo que la capa representa las áreas dónde el fuego puede o representa una amenaza.
Ganadería	Tipo de ganado de impacto alto caprino y ovino	6 700	Puntos seleccionados de Uso de suelo y vegetación (serie III): número de puntos por costo	Las capas de ganadería que están en la SIII de INEGI son capas muy incompletas, se deben considerar como indicadores. Con la capa de puntos de presencia de ganado que sólo dice tipo de actividad pecuaria, se decidió separar en dos capas, la de alto y la de mediano impacto ganadero.
	Tipo de ganado de impacto bajo bovino y equino	6 100	Puntos seleccionados de Uso de suelo y vegetación (serie III): número de puntos por costo	
	Combinación pastizal cultivado e inducido	6 000	Unión de selección de pastizal cultivado (agricultura) y pastizal inducido (vegetación) (serie III de INEGI): área (hectáreas) por costo	
Agricultura	Agricultura de riego	5 800	Selección de agricultura de riego (serie III de INEGI): área (hectáreas) por costo	La agricultura de riego se le consideró como la de posibles impactos mayores
	Agricultura: lo demás (sin permanentes)	4 000	Selección de agricultura de temporal y de humedad, menos de cultivos primarios permanentes (serie III): área (hectáreas) por costo	

**Cuadro 16.8** [concluye]

Factor de amenaza	Parámetro o cobertura utilizada	Costo	Medida utilizada	Comentarios
Carreteras	Densidad de carreteras	3 000	Unión de las dos capas (carreteras federales y carreteras rurales, IMT 2001); longitud (m) por costo	Se discutió sobre los caminos que afectan más a la biodiversidad. Las carreteras generan fragmentación del hábitat, pero las brechas son las vías para la extracción ilegal de especies de fauna y flora silvestres y proliferan más que las otras carreteras. Se decidió darles un costo único.
Población humana	Densidad de asentamientos nuevos y aislados	1 000	Número de asentamientos nuevos y aislados por hexágono	Se considera la población humana como un factor de presión por el consumo directo, la necesidad de abrir caminos y urbanizar áreas, etc.
	Tasa de crecimiento de población (1990-2005) [INEGI 1990, 1995, 2002, 2005c]	900	Cifras correspondientes a las siguientes fechas censales: 12 de marzo (1990); 5 de noviembre (1995); 14 de febrero (2000), y 17 de octubre (2005). Se calculó el porcentaje de crecimiento poblacional por hexágono.	
	Densidad de habitantes por km <sup>2</sup>	800	INEGI, Censo de Población y Vivienda, 2000 (INEGI 2002).	
Cambios en la vegetación	Tipos de vegetación secundaria: herbácea	200	Selección de vegetación secundaria herbácea (serie III): área (hectáreas) por costo	Se discutió si la vegetación secundaria debiera ser incluida como indicador de disturbio. Se consideró solo la vegetación secundaria herbácea y arbustiva en áreas de comunidades primarias arbóreas, al no contener elementos que reflejen la resiliencia de la comunidad original.
	Tipos de vegetación secundaria: arbustiva	100	Selección de vegetación secundaria arbustiva (serie III): área (hectáreas) por costo	
	Tamaño de ciudad: mayores de 200 000	50	Área de ciudad por hexágono en m <sup>2</sup>	Se decidió dar un peso más bajo debido a que gran parte de la afectación a la biodiversidad es de manera indirecta. Solo para las megaciudades se considera área.
Presión antropogénica: ciudades	Tamaño de ciudad: mayores de 100 000	40	Localidades seleccionadas de Loc2000 > 100 000: número de puntos por costo	
	Tamaño de ciudad: 100 000 y 10 000	30	Localidades seleccionadas de Loc2000 100 000 - 99 999: número de puntos por costo	
	Tamaño de ciudad: 10 000 y 1 000	20	Localidades seleccionadas de Loc2000 10 000 - 9 999: número de puntos por costo	
	Tamaño de poblado: <1 000	10	Localidades seleccionadas de Loc2000 1 000 - 999: número de puntos por costo	

Nota: véanse detalles en el texto. La cartografía INEGI 1990, 1995, 2002 y 2005c fue editada por la CONABIO.

el estado de Guerrero al oeste de Chilpancingo y de la Sierra Madre del Sur, en las proximidades del Parque Natural de Guerrero.

Si se consideran los hexágonos con mayores valores de metas de conservación ( $n = 925$ , 12% de la superficie continental), resulta que solo 9.25, 3.05 y 0.001% de su superficie están protegidos por AP federales, estatales y municipales, respectivamente; es decir, únicamente 12.3% de la superficie con la mayor importancia ha sido decretada en algún sistema de AP. Esto se traduce en que la protección de las zonas de relevancia extraordinaria por las metas de conservación están subrepresentadas con niveles extremadamente bajos (1.49% de la superficie nacional continental).

Para comparar y contextualizar la distribución espacial de las áreas donde se concentran la mayor cantidad de objetos y metas de conservación respecto a la superficie del territorio actualmente cubierta por las AP (ca. de 12% del territorio continental, considerándolo como el umbral de los recursos que el país invierte actualmente en áreas para la protección) analizamos cuál es la ubicación de los hexágonos equivalente a dicha superficie protegida (925) que, como se ha descrito, se han etiquetado como sitios biológicamente importantes con base en las coberturas de las distribuciones de especies y otros objetos utilizados en este análisis. Las áreas con mayor número de objetos de conservación se distribuyen en agrupaciones relativamente continuas al sur y sureste de la República mexicana (CONABIO *et al.* 2007c). Las agrupaciones principales se ubican en las regiones 1] del Nevado de Colima y zonas bajas aledañas, hacia la costa del Pacífico; 2] la región oeste de la Sierra Madre del Sur; 3] el sur del Eje Neovolcánico en las zonas altas al límite con la Cuenca del Río Balsas, y 4] una agrupación mayor que se extiende desde el sur de la Sierra Madre Oriental pasando por Oaxaca, el Istmo de Tehuantepec en la región del Soconusco y parte de la costa del Océano Pacífico hasta Los Altos de Chiapas. Si seleccionamos la misma proporción esperada del territorio que podría ser conservada (12%) considerando los hexágonos con mayores sumas de metas de conservación, destacan otras zonas hacia el norte por las cordilleras de la Sierra Madre Oriental y Occidental y algunos puntos aislados, como desplazamientos hacia el norte respecto a las áreas más importantes de acuerdo con el número de objetos de conservación. Una de las nuevas zonas se ubica hacia el norte de la Sierra Madre Oriental y la otra hacia el norte de la región del Nevado de Colima, entre la costa del Pacífico y la Sierra Madre Occidental; un conjunto de hexá-

gonos se encuentra en las proximidades de la reserva estatal El Cielo, en el estado de Tamaulipas; otro traslapa parcialmente con la reserva federal de Cumbres de Monterrey; otros hexágonos se encuentran próximos al Distrito de Riego 4, Don Martín, subcuencas de los ríos en Nuevo León, y otro hexágono coincide con la reserva federal de Sierra de San Pedro Mártir en el estado de Baja California.

En cuanto a las amenazas a la biodiversidad estimadas para cada unidad de planificación, todas tienen al menos una. El mayor número de amenazas registrado en un solo hexágono es de 17. Si consideramos únicamente el número de las coberturas de amenaza, se observa que tienen una distribución relativamente homogénea en todo el país. No obstante, al considerar los costos asignados a cada amenaza, destacan regiones con valores contrastantes (CONABIO *et al.* 2007d). Las zonas con mayores costos se ubican en la vertiente del Golfo de México, el centro del país, y especialmente en las megaciudades, con valores extremadamente altos por el inherente grado de transformación del ambiente natural, que conlleva un fuerte impacto negativo en los servicios ambientales que brindan los ecosistemas. El número de capas de amenazas que concurren en un hexágono no refleja forzosamente los costos ( $r = 0.14$ ,  $P < 0.05$ ,  $n = 8\,045$ ), debido a que las variables relacionadas con el cambio de uso de suelo, que es reconocida como la causa principal de pérdida de biodiversidad, tienen un mayor peso.

La frecuencia de los valores de la suma de las metas de los objetos de conservación tiene una distribución normal con un ligero sesgo a la izquierda, mientras que la suma de costos, también con distribución normal, está sesgada a la derecha. Estas frecuencias de distribución implican que una amplia proporción de los sitios tiene valores intermedios, lo que supone implicaciones de mayores retos para la identificación de los sitios prioritarios, ya que los objetos de conservación no se concentran en unos pocos sitios, por la elevada diversidad beta, como hemos mencionado antes (capítulo 12 del volumen I).

Las metas de conservación no mostraron una correlación significativa con los costos ( $r = 0.05$ ,  $P < 0.05$ ,  $n = 8\,045$ ). Por otro lado, se aprecia que las zonas con valores más altos de metas de conservación corresponden a aquellas zonas con metas relativamente altas y costos relativamente bajos, pero como se verá más adelante, no forzosamente son las que se seleccionan como prioritarias por el algoritmo de Marxan.

### Vacíos y omisiones en conservación de los sitios prioritarios para la conservación

En la figura 16.7 se muestran los resultados del análisis realizado con Marxan. Es importante notar que aquellos sitios que no fueron seleccionados en ninguna corrida (11.3% de la superficie) coinciden en muy baja proporción con las AP (2.4%).

El resultado de la priorización de los sitios por el algoritmo de optimización mostró que aquéllos con metas más altas tienden a ser seleccionados con mayor frecuencia, y también aquéllos con valores intermedios de costos resultaron ser sitios de alta prioridad. Los sitios que albergan elementos de importancia de la biodiversidad, en los que a su vez es necesario aplicar recursos para lograr su conservación, y que tienen un grado intermedio de amenaza, fueron identificados como prioritarios, a diferencia de los sitios donde las amenazas son de gran magnitud. En estos resultaría muy costoso invertir en su conservación efectiva, por ejemplo en un ambiente totalmente transformado, como sería el caso de una ciudad de gran tamaño.

Consideramos que los sitios de mayor prioridad a escala nacional están representados por aquellos que fueron seleccionados 100% de las veces por la herramienta de priorización Marxan y que corresponden a sitios irremplazables. Estos sitios irremplazables ( $n = 1\,320$ ) comprenden 16.40% del total de unidades muestrales ( $n = 8\,045$ ) que conforman el territorio continental nacional. Este alto valor es un resultado del elevado nivel de endemismo de la biota de México. Sin embargo, solo 7.58% ( $n = 610$ ) se encuentran bajo protección parcial o total por las AP. Si se consideran solo aquellos hexágonos que se superponen con las AP en más de 25% de la superficie de la unidad (ca. 64 km<sup>2</sup>), el porcentaje disminuye a 3.23% ( $n = 263$ ) y a 2.26% para aquellas ( $n = 182$ ) que se traslapan con AP en más de 50% de su superficie.

Considerando la cobertura de las AP separadas en federales, estatales y municipales, 2.44% ( $n = 196$ ) de las unidades muestrales de mayor prioridad se superponen con las AP federales en más de 25% del área de la unidad, mientras que solo 0.81% ( $n = 65$ ) y 0.03% ( $n = 2$ ) se superpone con AP estatales y municipales, respectivamente.

En términos de área, los sitios de mayor prioridad cubren 325 817 km<sup>2</sup> y representan 16.59% de la superficie nacional, pero solo 15.93% del área de estas unidades se encuentra bajo protección de AP y representa apenas 2.64% de la superficie continental.

En cuanto a la inclusión de los objetos de conservación

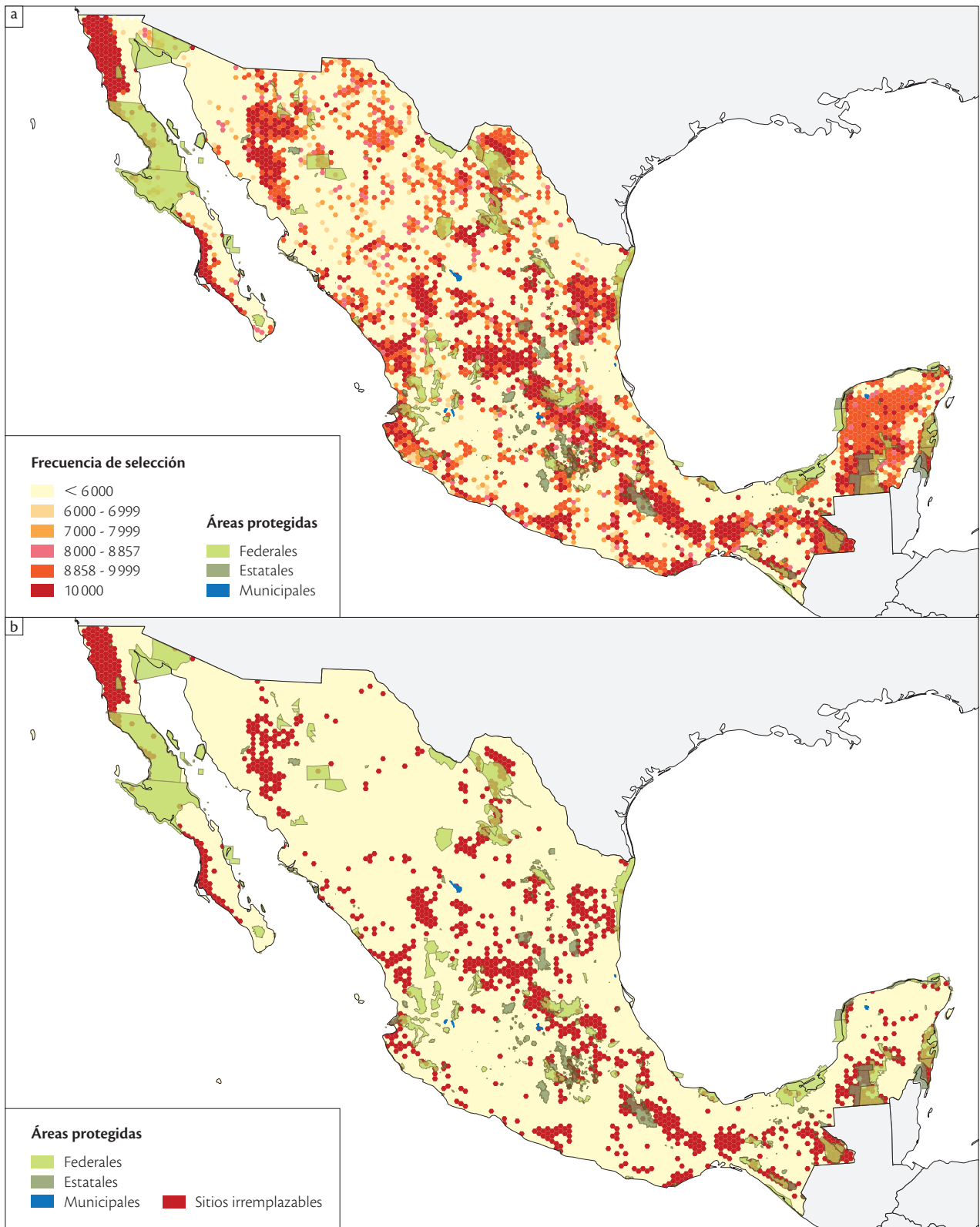
seleccionados para el análisis ( $n = 1\,451$ , véanse métodos y apéndice 16.4 en el  $\text{CD}$ ), los sitios de mayor prioridad contienen 95.24% de los objetos de conservación seleccionados, y el conjunto de unidades que se traslapan total o parcialmente con las AP representan 80.27% (1 164) del conjunto total de objetos de conservación incluidos. Si se consideran aquellas unidades cuyo traslape es de 25 y 50 por ciento de su superficie con alguna AP, las especies representadas corresponden a 71.1% (1 032) y 67.58% (980), respectivamente.

Del total de objetos de conservación incluidos (1 450) en el análisis con el algoritmo de optimización, la representatividad actual del conjunto de áreas protegidas es de 80.27% (1 164). La representatividad de los objetos de conservación incluidos en el análisis, distinguiendo entre AP federales, estatales y municipales, es 81.17% (1 177), 75.37% (1 093) y 32.34% (469), respectivamente.

Hay que considerar que debido a la heterogeneidad del país, si se deseara cubrir todas las metas para los objetos de observación considerados en este estudio (*best subset*), se requeriría proteger 43% de la superficie nacional (véanse detalles en Urquiza-Haas *et al.* 2008).

Es interesante notar que muchos de los sitios de mayor prioridad rodean a las AP (Fig. 16.7b), lo cual es preocupante sabiendo que la tasa de cambio de uso de suelo es mayor fuera de algunas de ellas (recuadro 9.3, capítulo 9 de este volumen); esto refuerza la importancia de las AP como un instrumento sólido y de la mayor relevancia en la conservación. Independientemente de que sea necesario revisar cada caso particular, este hecho plantea una gran oportunidad de conservación debido a que probablemente sea más fácil ampliar las fronteras de los programas de conservación y uso sustentable y de las AP existentes que crear nuevas AP, proceso complejo pero factible sobre todo en aquellas que han incorporado exitosamente a los actores locales en la búsqueda de objetivos de desarrollo sostenible y toma de decisiones. Por ello, es prioritario analizar la posibilidad de concretar programas de manejo sustentable o la ampliación de las AP, ya sea como corredores o zonas de conectividad de otro tipo, junto con los habitantes de las localidades.

Como se indicó en el apartado 16.2.1, los grupos mejor representados en las AP son los mamíferos (82% de las especies) y las aves (96 a 98 por ciento); no obstante, en los estudios específicos para estos grupos se ha indicado que se requiere extender la red de AP para lograr la conservación del grupo, incluso hasta 20% de la superficie del país, en el caso de las aves (CONABIO *et al.* 2007c). Un aspecto a resaltar sería considerar corredores migratorios,



**Figura 16.7** Resultados del algoritmo de optimización del programa Marxan (véanse detalles en el texto): **(a)** comparación de frecuencia de selección de todas las celdas, y **(b)** sitios seleccionados (100% de las iteraciones, sitios irremplazables).

que son de gran importancia para los mamíferos voladores y las aves migratorias.

Respecto a la herpetofauna, considerando los datos de distribución potencial, las AP protegen 82% de las especies de reptiles y 74% de las de anfibios. Sin embargo, se requieren cuando menos 51 sitios adicionales para tener representados al menos una vez a los reptiles y de cuando menos 19 sitios adicionales para los anfibios (Ochoa-Ochoa *et al.* en prensa).

Por otra parte, a pesar de que este no es un análisis llevado a cabo con una resolución que permita distinguir el estado y viabilidad de las poblaciones en su medio natural, es claro que un punto fundamental en las propuestas de conservación debe considerar los corredores biológicos y las estrategias de incrementar la superficie protegida, en particular la que incorpore el uso de los recursos a escala local y de paisajes o las “reservas archipiélago”, cuya función es conectar metapoblaciones, dada la dificultad de decretar áreas grandes y contiguas (Halffter 2005; Fuller *et al.* 2006), lo cual debe estar asociado al fortalecimiento de los programas de manejo sustentable en estas áreas.

Los resultados mostrados en este capítulo no son exhaustivos ya que son parte de un proceso de análisis más amplio que se está realizando a distintas escalas, utilizando diferentes criterios y supuestos (algoritmos) de selección de los sitios prioritarios, que llevará a la obtención de otros resultados para complementar la identificación de sitios importantes para la biodiversidad. La importancia de considerar otros grupos taxonómicos o indicadores se ejemplifica con la región de Cuatrociénegas; esta podría no ser considerada de alta prioridad de acuerdo con el método que se utilizó en este análisis a escala nacional, pero cuenta con un conjunto de atributos que la hacen un sitio único por la diversidad de su microbiota y la coexistencia de estromatolitos, peces y reptiles endémicos y otros grupos (Souza *et al.* 2006).

A pesar de que existe un sesgo por los objetos de conservación seleccionados, los resultados podrán afinarse al incluir grupos que no han podido ser analizados aún, así como al afinar la escala del estudio. En este sentido es importante tratar de conservar más de una población de cada especie, por lo menos cuando se tenga la información. Los análisis realizados con el algoritmo de optimización muestran que si bien las AP cubren una importante proporción de elementos de la biodiversidad de particular interés, existen otras prioridades que atender.

Al comparar los resultados del enfoque ecorregional con los sitios de mayor prioridad obtenidos con el Marxan,

y los sitios de la encuesta nacional (véase recuadro 16.1), podemos ver la importancia de integrar los resultados con diferentes enfoques y escalas (este análisis deberá considerar posteriormente los resultados del capítulo 14 de este volumen). En la figura 16.8 se muestra que los sitios de la encuesta nacional y los sitios irremplazables para la conservación permiten ubicar prioridades con más detalle en las distintas ecorregiones.

## 16.3 ANÁLISIS DE AMBIENTES MARINOS

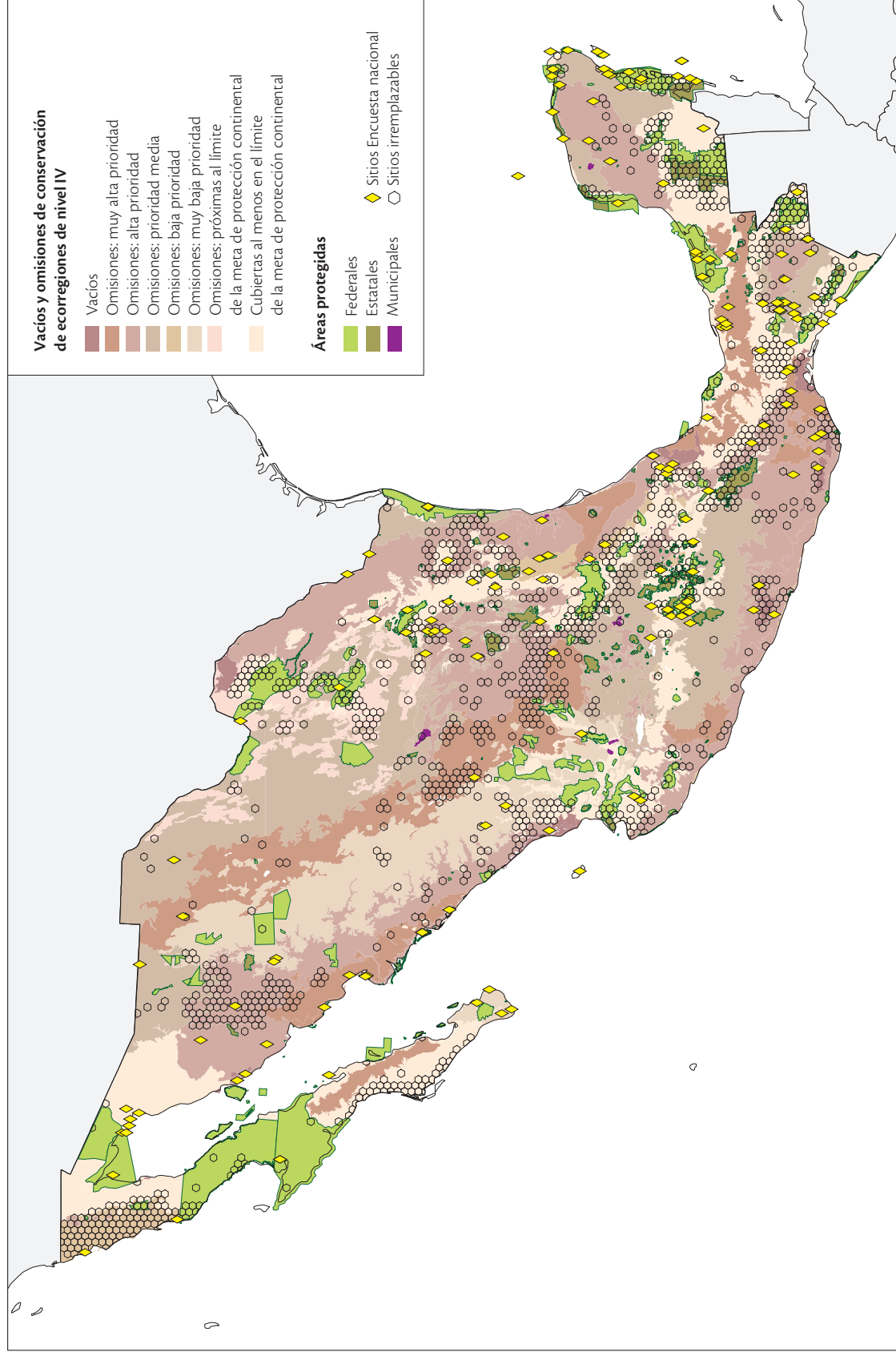
### 16.3.1 Antecedentes

El Programa de Trabajo sobre Áreas Protegidas del CDB, reconoce explícitamente que los hábitats y ecosistemas marinos están severamente subrepresentados en la red global de AP, y que es prioritario abatir esta subrepresentación para poder conservar porciones viables y representativas de la biodiversidad marina (Dudley *et al.* 2005). En este sentido, y de acuerdo con Bezaury-Creel (2005), las AP marinas de México son resultado de iniciativas independientes tomadas en los últimos 75 años y no han sido establecidas de manera sistemática.

Existen muy pocos análisis de planeación en ambientes marinos, entre los que destacan el de Sullivan y Bustamante (1999) para América Latina que identifica el Golfo de California y el Mar Caribe, en toda su extensión, como dos de las siete ecorregiones marinas de mayor prioridad para la conservación. En Norteamérica la iniciativa Baja California al Mar de Bering incluye para México el Golfo de California y la costa occidental de la Península de Baja California (Morgan *et al.* 2005). También incluye la planeación para la ecorregión del Golfo de California (Ulloa *et al.* 2006), los estudios para las aguas costeras del estado de California (Gleason *et al.* 2006), el Mar Mediterráneo (WWF 2004), el de Ecuador (Terán *et al.* 2006), el de Chile (Tognelli *et al.* 2008), así como de los países insulares del Caribe como Granada, San Vicente y Granadinas (Byrne 2006a, b), y para Hawai (Puniwai 2006).

En algunos de estos análisis de vacíos se determinaron metas de conservación para los diversos objetos de la biodiversidad, estableciendo porcentajes estimados con base en la unicidad e importancia de los mismos (*e.g.*, Golfo de California, países insulares del Caribe, Ecuador). En otros estudios se modelaron los impactos de los factores que amenazan a la biodiversidad marina y con ello se realizó la priorización de sitios estratificados en unidades ecológicas marinas, como en el caso de la planeación del Golfo





**Figura 16.8** Integración preliminar de los resultados de los análisis terrestres, que muestran las ecorregiones con mayor prioridad (área protegida menor de 5.5%; véase Fig. 16.6), con los sitios de mayor prioridad identificados con el algoritmo de priorización (véase Fig. 16.7), y los sitios continentales documentados en la Encuesta nacional de prioridades (véase recuadro 16.2).

de California y de Ecuador. Debido a la frecuente escasez de datos y de información sobre los ecosistemas y la biodiversidad en los ambientes marino-costeros, en muchos casos se utilizan como sustitutos o indicadores de biodiversidad factores físicos como la complejidad de los fondos marinos o bien la presencia de especies sensibles a la perturbación.

Dorfman (2006) considera apropiado utilizar para un análisis de vacíos tanto objetos de conservación de “filtro grueso” —ecosistemas como bancos de algas, praderas de pastos marinos, arrecifes de coral, entre otros—, como de “filtro fino” —especies amenazadas, endémicas, clave para el funcionamiento de un ecosistema, entre otras. Sin embargo, reconoce que la información puede ser muy escasa y que por ello es necesario utilizar objetos focales sustitutos, como sistemas intermareales y humedales costeros, tipos de sustrato, complejidad de fondos y hasta modelos de distribución de recursos pelágicos.

Los ejercicios que se han realizado en México para planificar las acciones y estrategias de conservación de la biodiversidad marina y costera son escasos, con enfoques en distintas regiones y escalas; a escala nacional solo se ha realizado uno (Arriaga *et al.* 1998; capítulo 10 de este volumen). El resto se han realizado a escala regional: uno en el Caribe (Kramer y Kramer 2002; Arrivillaga y Windevoxhel 2008), cuatro en el Golfo de California y Pacífico norte (Enríquez-Andrade y Danemann 1998; CSGC 2001; Morgan *et al.* 2005; Ulloa *et al.* 2006) y uno en la costa de Veracruz (Peresbarbosa 2005).

### 16.3.2 Métodos

La información sobre la biodiversidad y los ecosistemas de los ambientes marinos es claramente insuficiente para el caso de México, haciendo imposible utilizar los mismos métodos y algoritmos que en el análisis terrestre. La modelación de los factores de presión sobre la biodiversidad y de las distribuciones potenciales de las especies no es factible debido a que no se tienen suficientes coberturas ambientales básicas para obtener aproximaciones aceptables, por lo que el análisis de vacíos y omisiones solo incluye hasta ahora el enfoque ecorregional.

El proceso comenzó con la compilación de las bases geográficas digitales existentes y los ejercicios previos de planeación para la conservación marina mencionados en los antecedentes. Estos fueron insumos para la realización de un taller nacional que contó con la participación de 45 especialistas con amplia experiencia en el tema, pertenecientes a 33 instituciones académicas, organiza-

ciones civiles y sector público (CONABIO *et al.* 2005), en el cual se usaron como marco de referencia del análisis las ecorregiones marinas de la CCA (Wilkinson *et al.* en prensa).

Los expertos identificaron los sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad marina de México utilizando cartografía temática digital (Semar y SG 1998), bases de datos georreferenciados de registros de especies de flora y fauna marinas y una lista de elementos de la biodiversidad de importancia para la conservación (apéndice 16.5, en el  $\text{CP}$ ). Los datos de la biodiversidad marina del SNIB corresponden a 153 242 registros que representan 9 253 especies y 1 036 infraespecies, de las cuales 197 está incluidas en alguna categoría de protección y 75 son endémicas (en el cuadro 16.9 se resume la información utilizada).

En una primera aproximación se delimitaron los sitios prioritarios por grupos taxonómicos en función del conocimiento y experiencia de los especialistas participantes, así como de las características generales físicas, químicas, biológicas y geológicas de cada sitio. Posteriormente, los sitios delineados se superpusieron para detectar coincidencias y se redefinieron y denominaron con base en una revisión detallada según el conocimiento de expertos por regiones.

Posteriormente se afinó la delimitación de los sitios, para lo cual fue esencial la validación por los participantes del taller, la cual se llevó a cabo por medio del sitio “wiki”, un portal electrónico que permitió el intercambio de información y la interacción de los participantes. Para la delimitación más precisa de cada sitio se usó cartografía temática digital sobre batimetría, cuerpos de agua costeros y tipos de vegetación, entre otros atributos espaciales. Los límites de los sitios costeros tierra adentro fueron restringidos a una altitud máxima de 50 m y a la permanencia de vegetación costera.

Paralelamente a la validación y depuración de los sitios se elaboró una ficha técnica por cada sitio, que incluye información sobre las características biológicas, ecológicas, ambientales y de riesgo más relevantes, de acuerdo con la opinión de los expertos. Estas fichas fueron complementadas con información bibliográfica.

Adicionalmente, y con base en diversos trabajos, se identificaron y caracterizaron 20 zonas importantes por sus procesos oceanográficos (Griffiths 1963; Warsh *et al.* 1973; Müller-Karger *et al.* 1991; Merino 1992; Haury *et al.* 1993; Melo *et al.* 1995; Cerdeira *et al.* 1998, 2000; Aguirre 2002; Santamaría del Ángel *et al.* 2002; Candela Pérez *et al.* 2003; Márquez García *et al.* 2003; Romero-Centeno

**Cuadro 16.9** Número de especies por grupo taxonómico consultadas en el SNIB

Grupo taxonómico	Proyectos incluidos <sup>1</sup>	Registros	Especies	Infraespecies	Especies en la NOM <sup>2</sup>	Categorías de la NOM	Endemismos de la NOM
Macroalgas	14	9 782	808	51	0	—	—
Anélidos	15	11 611	1 069	11	0	—	—
Picnogónidos	1	14	9	0	0	—	—
Aves	12	21 398	580	581	115	E, P, A, Pr	40
Braquiópodos	1	4	3	0	0	—	—
Quetognatos	4	163	30	0	0	—	—
Asídeas, cefalocordados, taliáceos	5	158	44	2	0	—	—
Cnidarios	5	2 209	91	0	0	—	—
Crustáceos	22	23 589	1 852	41	1	P	—
Ctenóforos	1	3	2	0	0	—	—
Equinodermos	9	2 428	395	13	1	Pr	—
Equiuros	1	3	3	0	0	—	—
Diatomeas y dinoflagelados	8	25 658	792	221	0	—	—
Mamíferos	19	4 542	188	58	60	P, A, Pr	15
Manglares	31	2 306	5	0	3	Pr	1
Moluscos	16	7 019	1 454	22	9	Pr	2
Nemertinos	2	29	8	0	0	—	—
Pastos marinos	14	258	10	0	0	—	—
Peces	21	34 471	1 540	19	8	P, A	17
Pogonóforos	1	1	1	0	0	—	—
Esponjas	8	1 649	200	1	0	—	—
Radiolarios	1	5 924	161	14	0	—	—
Sipuncúlidos	1	23	8	2	0	—	—

<sup>1</sup> Véase apéndice 16.2.

<sup>2</sup> Las columnas con el encabezado NOM hacen referencia a las especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2001.

Abreviaturas: E = probablemente extinta en el medio silvestre, P = en peligro de extinción, A = amenazada, Pr = sujeta a protección especial.

*et al.* 2003; Salmerón García y Aguirre Gómez 2003; Zavala-Hidalgo *et al.* 2003; Lavín *et al.* 2003; Buenrostro 2004; Espinosa 2004; Rodríguez-Sobreyra *et al.* 2004; Viacheslav 2004; Zavala-Hidalgo y Fernández-Eguiarte 2006). Entre los procesos más importantes identificados se pueden mencionar las surgencias, los frentes, la mezcla vertical, el oleaje, las mareas, las corrientes y contracorrientes, las descargas de ríos, los giros y remolinos. Con esta información se hizo una primera categorización de acuerdo con su importancia para la conservación de la biodiversidad marina.

Una vez concluida la identificación de los sitios documentados se llevó a cabo una segunda validación con los especialistas que participaron en el taller y otros que no

habían participado mediante el sitio *wiki*. En esta revisión los especialistas brindaron información detallada para identificar los sitios de importancia para la conservación.

Posteriormente se hizo el análisis espacial de los sitios seleccionados para detectar los vacíos y omisiones en las áreas protegidas, y caracterizar a grandes rasgos la situación de cada ecorregión, así como una comparación con las RMP (CONABIO 1998).

Por otra parte, se elaboró una base de datos que intenta integrar el conocimiento actual de la biodiversidad insular mexicana y se realizó un análisis preliminar de los vacíos y omisiones en conservación de las mismas (véase recuadro 16.2).

**RECUADRO 16.2** ANÁLISIS PRELIMINAR DE LA CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD INSULAR

Diana Hernández • Gabriela García Rubio • Melanie Kolb • Verónica Aguilar • Norma Moreno • Patricia Koleff

## LA BIODIVERSIDAD INSULAR

En nuestro país existen más de 3 000 elementos geomorfológicos entre cayos, islas, arrecifes, islotes, bajos y bancos (INEGI 1994), a los que nos referiremos en general como cuerpos insulares. En términos jurídicos, y sustentado en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, dichos elementos son parte integrante del territorio nacional, como las aguas que los rodean, el mar territorial, las aguas marinas interiores, la zona contigua, la zona económica exclusiva, la plataforma continental y las plataformas insulares. Los cuerpos insulares constituyen ecosistemas de importancia crítica para la conservación de la biodiversidad ya que en ellos se distribuye una gran cantidad de especies endémicas y son sitios importantes de reproducción, anidación, descanso y alimentación de la fauna marina y aves migratorias. No obstante la importancia de estos cuerpos, es notoria la escasez de información tanto espacial como biológica que caracterice este vasto territorio. Ante esta situación se planeó un primer esfuerzo hacia la sistematización del conocimiento sobre la biodiversidad del territorio insular.

El conocimiento actual sobre la biodiversidad insular se encuentra muy disperso, es escaso y sesgado principalmente a las islas del Golfo de California. Entre los estudios regionales y nacionales dedicados a islas se pueden mencionar el de la Secretaría de Marina junto con la Secretaría de Gobernación (Semar y SG 1998), quienes hicieron un estudio somero sobre el régimen jurídico del territorio insular, así como un catálogo de islas basado en algunas cartas náuticas y derroteros. Flores (1992) realizó un estudio de la flora de las islas de la Península de Yucatán, determinando los principales tipos de vegetación y composición florística. Un avance importante en el reconocimiento de la importancia de las islas se marcó con el decreto del Área Natural Protegida Islas del Golfo de California en 1978. El programa de manejo de las áreas naturales protegidas (Semarnap 2000) señala las políticas generales de conservación del área, en particular las estrategias encaminadas a regular las actividades humanas en las islas.

No obstante la existencia de dichos estudios, hasta la fecha no existía una fuente que reuniera la información de todos los cuerpos insulares de México, o al menos de alguno de ellos, por lo que la recopilación de esta y su sistematización en una base de datos constituye un avance para cubrir un vacío de información que sirve para fortalecer la conservación de la biodiversidad insular. Dicha situación impulsó el interés por

conocer la diversidad biológica y su estado de conservación en los cuerpos insulares de México, en particular en relación con su importancia por su endemismo y el grado de amenazas, a fin de planear estrategias de mejora en el conocimiento, protección y conservación de las mismas.

## BASE DE DATOS SOBRE BIODIVERSIDAD INSULAR

La base de datos reúne distintos aspectos importantes de las islas y su biodiversidad. Uno de los insumos para la elaboración de esta base de datos es la cartografía de islas (formato digital) que corresponde a la cartografía del territorio insular de México que el INEGI elaboró a partir de la recopilación de información de varias instituciones (INEGI 2005b), la cual consta de 1 365 polígonos que corresponden a los siguientes elementos insulares: islas (1 218), arrecifes y bajos (75), islotes (31), cayos (17), rocas (12), barras (8), morros (3) y banco (1).

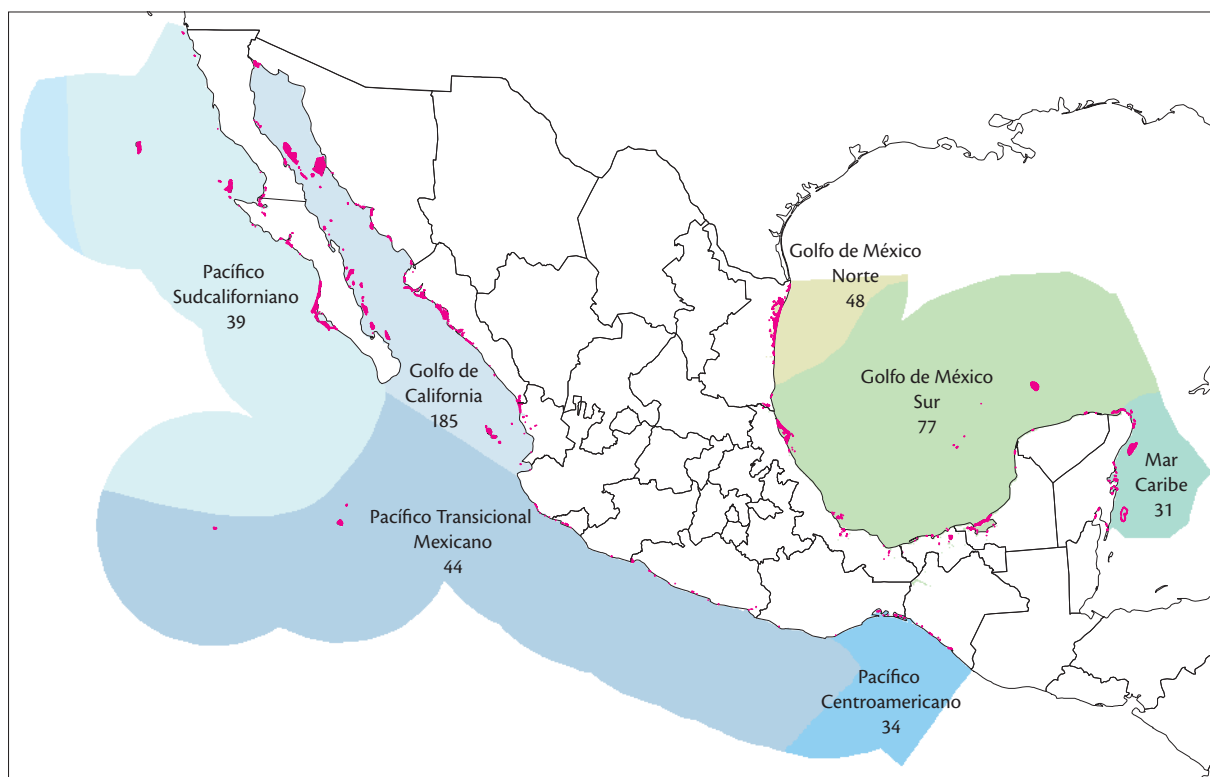
En la figura 1 se puede apreciar la distribución espacial de los elementos insulares, así como el número de islas por ecorregión.

La base de datos reúne además información de características geomorfológicas, físicas, biológicas, amenazas a especies, presencia de endemismos, programas de manejo, impactos antropogénicos y amenazas ambientales, obtenida a partir de diversas fuentes, entre las que destacan el SNIB de la CONABIO, fichas técnicas de diversos ejercicios de regionalización como áreas de importancia para la conservación de las aves (AICA) y regiones marinas prioritarias (RMP), decretos y programas de manejo de las AP, así como de artículos científicos y publicaciones arbitradas (cuadro 1).

## RIQUEZA DE ESPECIES Y SUPERFICIE INSULAR PROTEGIDA

Con relación al número de especies, se han recopilado hasta la fecha datos de 2 520 especies marinas y 2 348 terrestres registradas en 244 cuerpos insulares (principalmente islas).

El análisis del número de especies registradas mostró que los cuerpos insulares con mayor riqueza de especies marinas son Arrecife Alacranes (714), isla Clarión (685), Banco Chinchorro (580), isla Cozumel (497) e isla Espíritu Santo (443). En cuanto a la riqueza de especies terrestres: Tiburón (574), Espíritu Santo (487), Cozumel (454), isla San José (429) e isla Cerralvo (354). En la figura 2 se presentan las 20 islas con mayor número de especies (terrestres y marinas) registradas en la base de datos.



**Figura 1** Distribución de los elementos insulares en el territorio nacional. Se muestra el número de islas por cada ecorregión marina.

**Cuadro 1** Fuentes de información de la base de datos

Institución	Información
CONABIO	<ul style="list-style-type: none"> <li>Registros de especies del Sistema Nacional de Información Biológica (SNIB)</li> <li>Islas que tienen algún área de importancia para la conservación de aves (AICA) o que se encuentran dentro de alguna región marina prioritaria (RMP)</li> </ul>
INEGI	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cartografía que incluye la última versión (2005) de INEGI de las islas de México</li> </ul>
Conanp	<ul style="list-style-type: none"> <li>Programas de manejo de islas decretadas como AP</li> <li>Cobertura geográfica de las islas del Golfo de California</li> </ul>
TNC	<ul style="list-style-type: none"> <li>Documentos y artículos sobre islas</li> </ul>

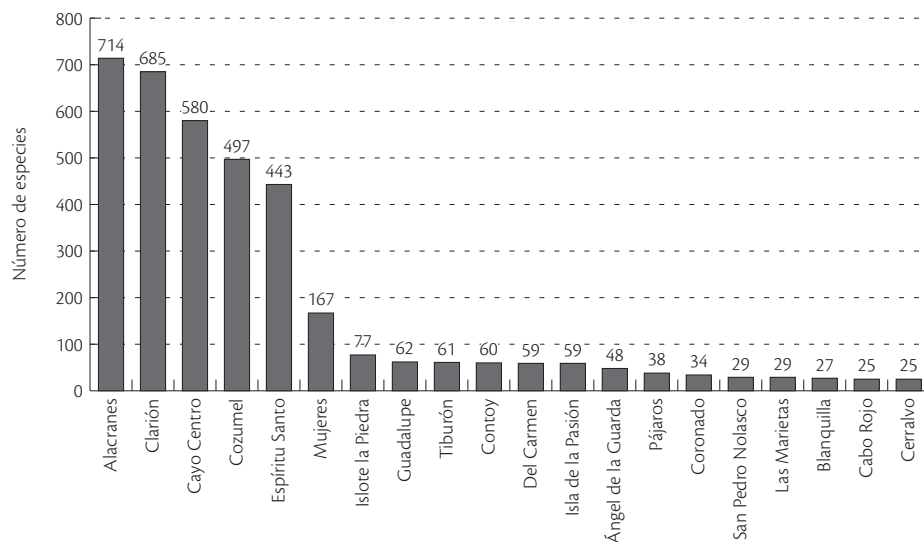
Los estudios de biogeografía de islas han demostrado ampliamente la relación positiva entre la superficie de las islas y su riqueza de especies (MacArthur y Wilson 1967; Wilson 1989). La información recopilada en la base de datos mostró una tendencia general que coincide con lo propuesto anteriormente (Fig. 3). Sin embargo, aún se observan grandes vacíos de información en islas como Tiburón y Ángel de la Guarda, en las que se esperaría una riqueza de especies mayor por su tamaño. En contraparte destacan los casos de las islas Contoy, Espíritu Santo y Clarión, así como del Banco

Chinchorro, donde la riqueza de especies es relativamente elevada a pesar del tamaño reducido del cuerpo insular.

Se conoce que, además de la extensión de una isla, el número de especies está determinado en buena medida por su cercanía al continente, lo que facilita la migración de especies desde este. Sin embargo, no es el caso de Isla Clarión, ya que no se ubica cerca del continente. La mayor riqueza a la esperada en Contoy, Espíritu Santo y Clarión se debe, seguramente, a mayor investigación, gracias a que estas islas han tenido financiamiento público y privado que ha permitido tener presencia

RECUADRO 16.2 [continúa]

## a Especies marinas



## b Especies terrestres

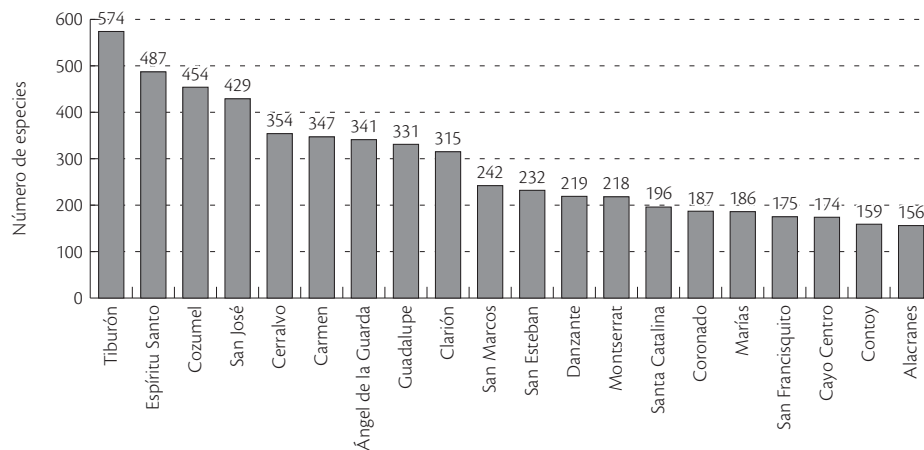


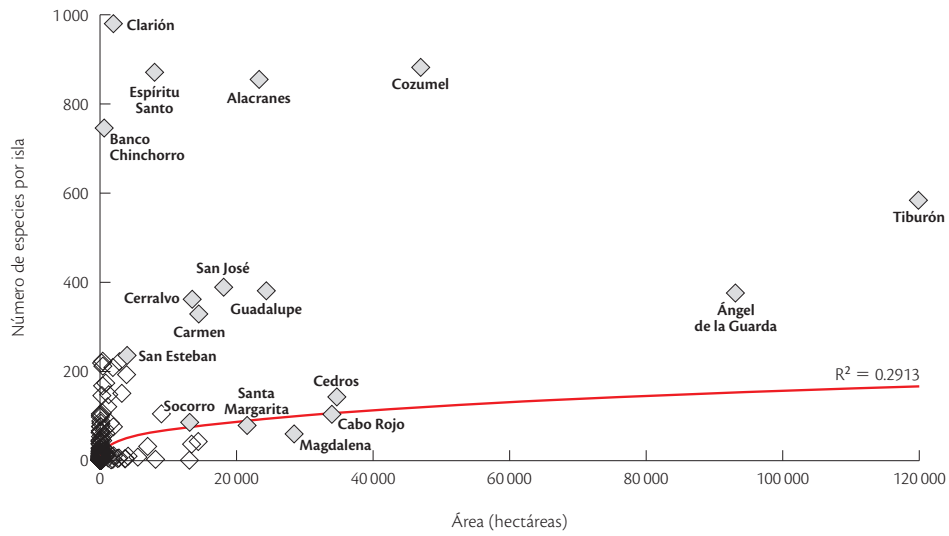
Figura 2 Islas con mayor número de especies (a) marinas y (b) terrestres registradas en la base de datos.

y estudios. Estos resultados pueden usarse como base para detectar vacíos en la información disponible hasta el momento, así como para revelar posibles centros de endemismo.

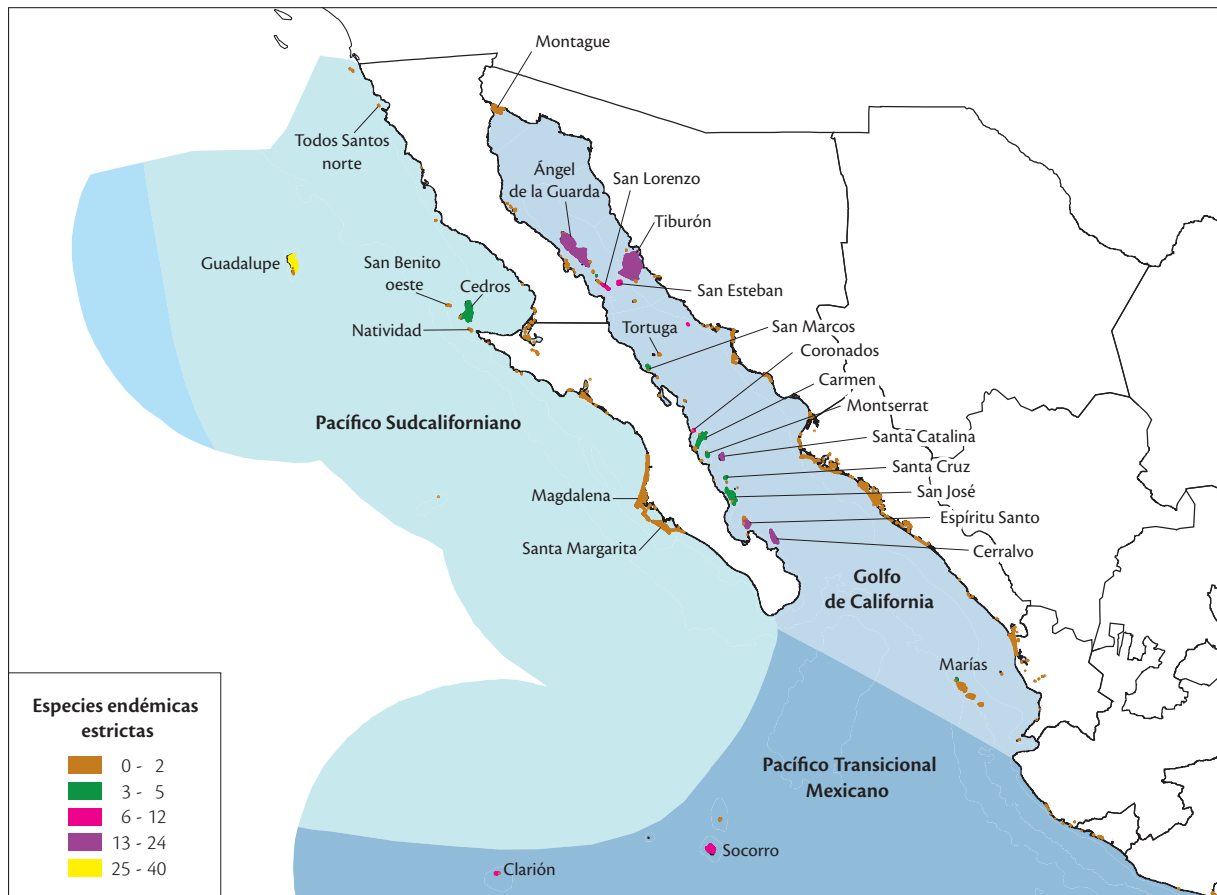
Las condiciones de aislamiento, origen y procesos evolutivos propios de las islas han originado un elevado número de endemismos; sin embargo, la detección de estos no es una tarea fácil de realizar, pues a pesar de que se conocen casos muy particulares para algunas islas, con frecuencia no se cuenta con los estudios suficientes para asegurar el endemismo estricto (de una sola isla) o compartido (entre varias islas) de especies insulares o con la

ecorregión terrestre a la que se asocia dicho cuerpo insular. Dicha situación es aún más compleja cuando se habla de endemismo en las especies de ambientes marinos.

No obstante, durante la recopilación de información, se registraron 175 especies (132 terrestres y 43 marinas) y 55 subespecies terrestres endémicas estrictas asociadas a 42 islas, siendo Guadalupe, Cerralvo, Tiburón, Espiritu Santo, Santa Catalina, Ángel de la Guarda, San Esteban y Socorro las que tienen verificados hasta la fecha un mayor número de endemismos estrictos, con más de diez especies cada una de ellas (Fig. 4). En cuanto al endemismo compartido, existen



**Figura 3** Relación del área insular con el número de especies registradas en la base de datos. Más de 90% de los cuerpos insulares tienen un área menor de 10 000 hectáreas. La línea muestra la tendencia de la correlación entre ambas variables.



**Figura 4** Endemismos estrictos en islas del noroeste de México.

**RECUADRO 16.2** [concluye]

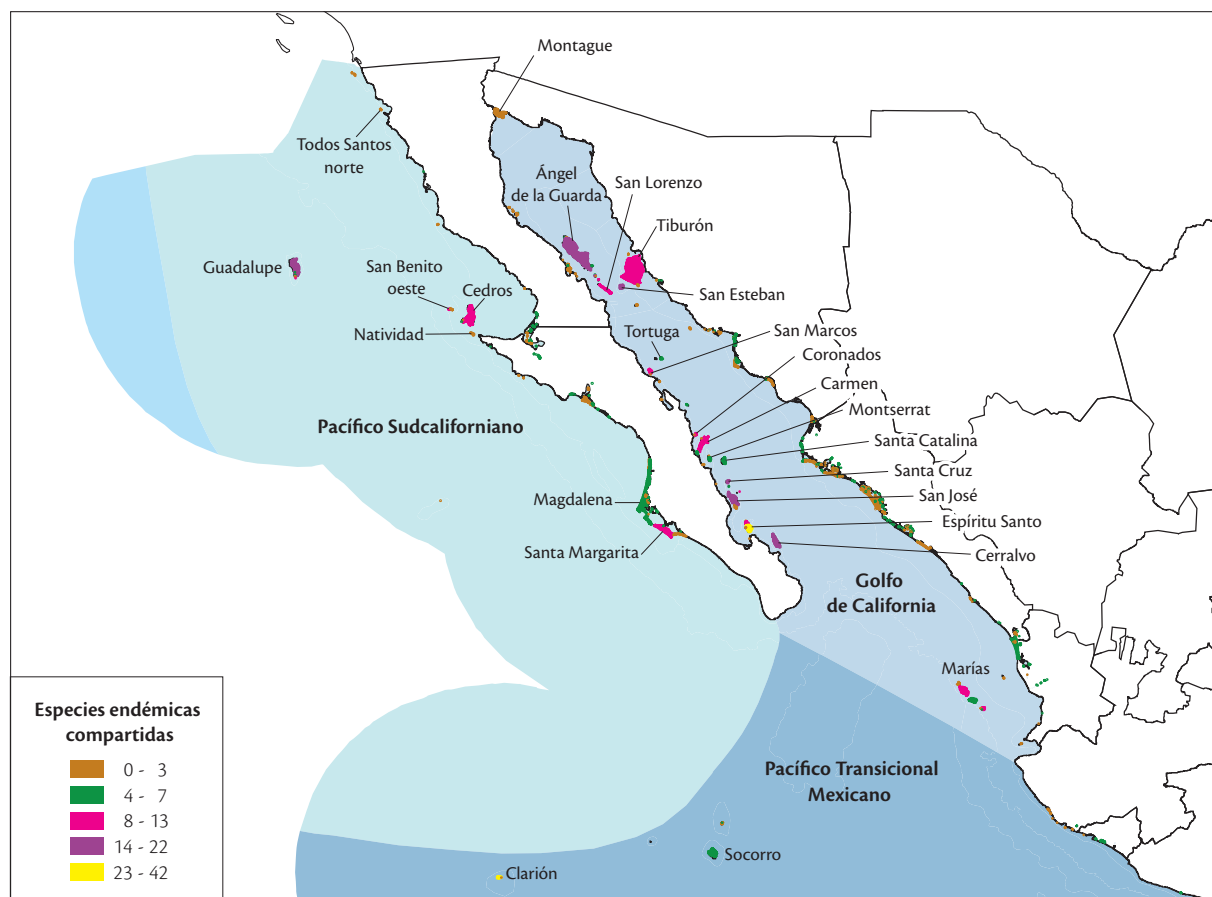
registros de 189 especies (139 terrestres y 50 marinas) y 49 subespecies (45 terrestres y 4 marinas) asociados a 79 islas. Las de valores mayores fueron Espíritu Santo (42 especies), Clarión (35), Ángel de la Guarda (22), Guadalupe (19), San Esteban (18), San José (18), Partida (16), Cerralvo (16), Santa Cruz (14), María Cleofas (13), Salsipuedes (13) San Lorenzo y Tiburón (Fig. 5).

Las islas Espíritu Santo y Guadalupe han registrado el mayor número de endemismos insulares hasta la fecha. Sin embargo, aún queda mucho que investigar referente al conocimiento de la biodiversidad insular, así como de sus endemismos. Estudios de dicha índole contribuirán en mayor grado al conocimiento de las amenazas presentes y potenciales de la biodiversidad insular.

A pesar del escaso conocimiento que se tiene de la biodiversidad insular, las islas han sido consideradas en la declaración de AP, así como en ejercicios de regionalización y detección de sitios para la conservación. Los cuadros 2 y 3 presentan un

resumen del análisis de la representatividad de los cuerpos insulares en el que se observa que más de 50% de los mismos han sido incluidos en dichas áreas, regiones y sitios. Cabe destacar que pese a la diferencia en los objetivos de creación de cada uno de estos ejercicios, siempre se han considerado los cuerpos insulares, principalmente por la importancia de su diversidad biológica, así como por su elevado número de endemismos.

La elaboración de la base de datos sobre la biodiversidad insular a escala nacional es un proceso incipiente que necesita el trabajo conjunto de instituciones gubernamentales y académicas, así como la participación activa de especialistas que validen y actualicen la información existente y que desarrollen nuevas investigaciones. Se espera que este trabajo sea una plataforma para la compilación de información relacionada con los cuerpos insulares de México y para realizar otros análisis encaminados a la toma de decisiones en materia de conservación, restauración, manejo sustentable e investigación.



**Figura 5** Endemismos compartidos en islas del noroeste de México.



**Cuadro 2** Porcentaje de traslape de los cuerpos insulares con las AP federales costeras, los sitios prioritarios para la conservación, las RMP y las AICA

	Número	Área total (hectáreas)	Área de traslape con AP (%)	Área de traslape con sitios prioritarios (%)	Área de traslape con RMP (%)	Área de traslape con AICA (%)
Cuerpos insulares	1 365	739 850.76	68.3	90.2	96.4	80.3

**Cuadro 3** Porcentaje de traslape de las AP federales costeras, los sitios prioritarios para la conservación, las RMP y las AICA con los cuerpos insulares

	Área total (hectáreas)	Sitios	Sitios con islas	Área traslapada con islas (%)
AP	12 443 615.20	58	34	4.1
Sitios prioritarios para la conservación	34 230 500.30	105	58	1.9
RMP	137 861 985.39	70	50	0.5
AICA	30 965 520.26	218	56	1.9

### 16.3.3 Identificación de sitios marinos de importancia para la conservación

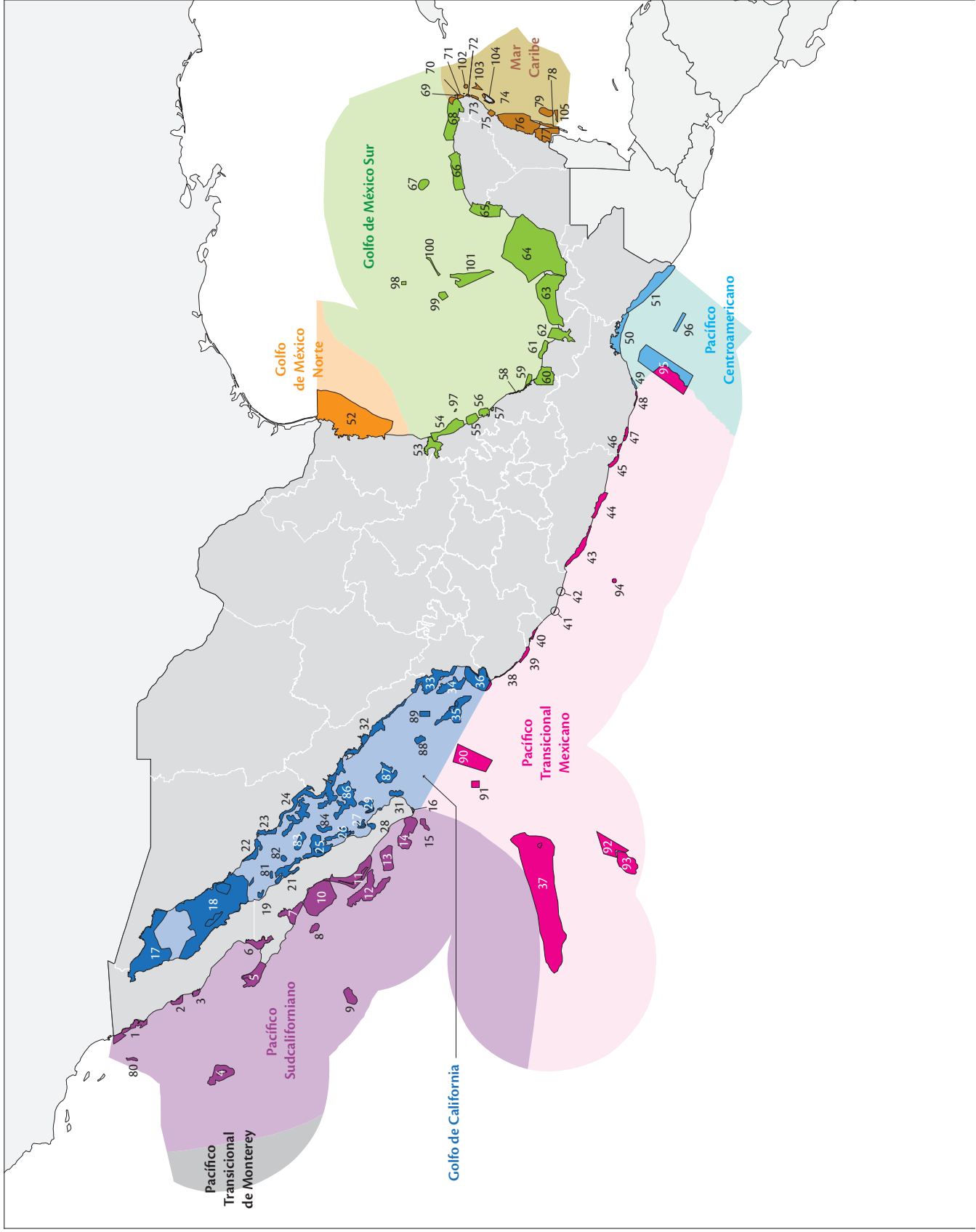
Se identificaron 105 sitios marinos prioritarios, que representan aproximadamente 34 millones de hectáreas, de los cuales 79 (84.14%) corresponden a los sitios costeros y de margen continental (SC), que incluyen diversos elementos insulares, y 26 (13.86%) a los sitios de mar profundo (SMP) (cuadro 16.10, Fig. 16.9; véanse detalles en CONABIO *et al.* 2007a, b). La Laguna Makax representa el área más pequeña, con 5.15% de la superficie costera total, mientras que el Archipiélago de Revillagigedo tiene el área más extensa, con 13.88%. Los SMP están representados en su área más pequeña por la Cuenca de Las Ánimas con tan solo 0.03% respecto a la superficie total de mar profundo y en su área más grande por la Dorsal de Tehuantepec con 29.78 por ciento.

**Cuadro 16.10** Resumen de los sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad marina

Sitio	Área (hectáreas)	Porcentaje	Sitios	Porcentaje
Costeros	29 486 879.95	86.14	79	75.24
De mar profundo	4 743 620.35	13.86	26	24.76
<b>Total</b>	<b>34 230 500.30</b>	<b>100</b>	<b>105</b>	<b>100</b>

Los SC abarcan un gran número de rasgos morfológicos interconectados o aislados —lagunas costeras, esteros y planicies de inundación, bahías, deltas— que albergan una gran variedad de hábitats entre los que sobresalen los manglares, marismas, praderas de pastos marinos, dunas costeras, arrecifes de coral, costas rocosas y playas. Algunos de ellos representan áreas de crecimiento, reproducción y refugio de un gran número de especies residentes y migratorias y de colonización, de algas incrustantes, moluscos y crustáceos. También están incorporados otros rasgos geomorfológicos importantes como el insular y el arrecifal rocoso y coralino, los cuales forman barreras asociadas directa o indirectamente con la línea de costa terrestre y son habitados por una gran diversidad de flora y fauna, mucha de ella endémica y de importancia comercial. Además de esta complejidad de origen y evolución geológica, se incluyen factores como aportes fluviales continentales y variabilidad climática, los cuales ejercen un efecto diversificador sobre los ecosistemas costeros, especialmente en las especies endémicas de importancia ecológica y pesquera. Por último, se identificaron varios procesos oceanográficos relevantes a escala ecorregional (CONABIO *et al.* 2007a).

Los procesos oceanográficos representan dinámicas propias de los sitios marinos, por lo que su identificación nos permite entender el valor de los mismos como sistemas altamente dinámicos y complejos. La incorporación de dichos procesos debe tomarse en cuenta para la iden-



1	Corredor pesquero Tijuana - Ensenada	34	Isla Isabel	72	Sistema lagunar Nichupté
2	Bahía San Quintín - Isla San Martín	35	Islas Marias y talud continental	73	Humedales costeros y Arrecife de Puerto Morelos
3	Bahía El Rosario - Isla San Jerónimo	36	Chacala - Bahía de Banderas	74	Isla Cozumel
4	Isla Guadalupe	37	Archipiélago de Revillagigedo	75	Ríos subterráneos y caletas de Akumal - Tulum
5	Punta Eugenia - Isla Cedros	38	Mismaloya - Bahía de Chamela	76	Humedales costeros y arrecife de Sian Ka'an
6	Sistema lagunar Ojo de Liebre - Guerrero Negro - Manuella	39	Corredor costero Careyes - Barra de Navidad	77	Bahía de Chetumal
7	Sistema lagunar San Ignacio	40	Laguna Cuyutián - Río Armería	78	Humedales costeros y arrecife de Xcalak - Majahual
8	Bajo Rosa	41	Playas Colola - Maruata	79	Banco Chinchorro
9	Rocas Alijos	42	Playas Mexiquillo - Caleta de Campos	80	Montes submarinos de la Cuenca de San Clemente
10	Plataforma continental San Ignacio - Bahía Magdalena	43	Playas Petacalco - Piedra de Tlacoynunque	81	Cuenca de San Pedro Mártir
11	Bahía Magdalena - Las Almejas	44	Sistema lagunar Mitla - Chautengo	82	Ventilias hidrotermales de la Cuenca de Guaymas
12	Banco Petrel	45	Punta Maldonado	83	Cuenca del Carmen
13	Banco Morgan	46	Laguna Corralero	84	Talud continental frente a la Isla Santa Catalina
14	Banco Golden Gate	47	Sistema lagunar Chachahua - Pastoría	85	Infiltraciones de metano de la Cuenca de Las Ánimas
15	Banco San Jaime	48	Playas Santa Elena - Escobilla - Coyula	86	Cuenca Farallón
16	Cabo San Lucas	49	Bahías de Huatulco - Barra de La Cruz	87	Montaña Alarcón - Cuenca Pescadero
17	Alto Golfo de California	50	Sistema lagunar del Golfo de Tehuantepec	88	Talud continental Sinaloa
18	Grandes islas del Golfo de California	51	Sistema lagunar Chiapaneco	89	Dorsal y Cuenca de Nayarit
19	Plataforma y talud continental de Bahía San Carlos	52	Laguna Madre	90	Montes submarinos del Pacífico oriental
20	Isla Tortuga	53	Humedales costeros del sur de Tamaulipas	91	Dorsal del Pacífico oriental
21	Plataforma y talud continental de Bahía Concepción	54	Lagunas Pueblo Viejo - Tamiahua	92	Montes submarinos de Los Matemáticos
22	Corredor pesquero Himalaya - Guaymas	55	Humedales costeros y Arrecifes de Tuxpan	93	Montaña submarina del Pacífico oriental
23	Corredor pesquero Bahía Guásimas - Estero Lobos	56	Humedales costeros del Río Tecolutla - Bajos del Negro	94	Volcán submarino 7
24	Corredor pesquero Estero Tobari - Bahía Santa María	57	Ciénega del Fuerte de Anaya - Río Nautla	95	Dorsal de Tehuantepec
25	Plataforma y talud continental de Bahía de Loreto	58	Humedales costeros del centro de Veracruz	96	Trinchera mesoamericana de Tehuantepec
26	Isla Santa Catalina - Isla San José	59	Sistema arrecifal veracruzano	97	Arrecife profundo de Cabo Rojo
27	Isla Espíritu Santo y talud continental	60	Sistema lagunar de Alvarado	98	Montes submarinos de Sigsbee
28	Bahía de la Paz	61	Plataforma continental frente a Los Tuxtlas	99	Volcán submarino Chapopote
29	Isla y Fractura Cerralvo	62	Cuenca baja y delta del Río Coatzacoalcos	100	Escarpe de Campeche
30	Bahía Los Muertos	63	Humedales costeros y plataforma continental de Tabasco	101	Cañón submarino de Campeche
31	Cabo Pulmo y Cañón submarino	64	Laguna de Términos	102	Montes submarinos del NW del Caribe
32	Corredor pesquero Bahía Santa María - Sistema lagunar Huizache - El Caimanero	65	Los Petenes - Ría Celestún - El Palmar	103	Cordillera Cozumel y Arrow Smith
33	Corredor pesquero Laguna El Caimanero - Marismas Nacionales	66	Plataforma continental de Dzilam	104	Arrecife profundo de Cozumel
		67	Arrecife Alacranes	105	Banco Chinchorro profundo
		68	Humedales costeros y plataforma continental de Cabo Catoche		
		69	Isla Contoy		
		70	Laguna Chacmochochuk - Arrecife de La Cadena		
		71	Laguna Makax		

**Figura 16.9** Sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad marina en México. Los colores indican las ecorregiones marinas en las que se ubican los sitios.

tificación de los sitios prioritarios, así como para el establecimiento de normas o planes de manejo de las áreas en cuestión (CONABIO *et al.* 2007a, b).

La escala a la que ocurren los procesos a los que hacemos referencia en este texto es ecorregional, es decir, son macroescalares. Sin embargo, debemos tener en cuenta que estos afectan a una gran variedad de procesos meso y microescalares de los que dependen la mayoría de las dinámicas que constituyen los sistemas marinos.

#### 16.3.4 Análisis de vacíos y omisiones para la conservación de la biodiversidad marina

Para evaluar el nivel de representatividad de los 105 sitios prioritarios se analizó su distribución y cobertura respecto a las ecorregiones marinas para Norteamérica de nivel I (NI) definidas por la CCA (Wilkinson *et al.* en prensa). De las ocho ecorregiones que comprende el mar territorial de México sobresalen, por su magnitud en cobertura de la zona económica exclusiva (ZEE), la del Pacífico Transicional Mexicano con 33.06% y la del Pacífico Sudcaliforniano con 25.57% (cuadro 16.11) (CONABIO *et al.* 2007a, b).

En la ecorregión del Golfo de California se identificó la mayor proporción de superficie de SC (29.60%). Esto se debe a que el Golfo de California ha sido una de las regiones marinas mejor estudiadas y donde se han llevado a cabo diferentes ejercicios con miras a la conservación; incluso es la única que cuenta con un ordenamiento ecológico marino (Semarnat 2006b). En la ecorregión Golfo de México Sur la superficie de los SC suma 23.93%, mientras

que los SMP representan 10.57% del total. Por el contrario, en la ecorregión Pacífico Transicional Mexicano, los SMP representan 43.16% de la superficie total y los SC solo 16.02%. Estas diferencias en la superficie de los sitios identificados como prioritarios reflejan el grado de conocimiento que existe para las ecorregiones, así como la diversidad de los ambientes que presentan o que al menos se han podido estimar. Cabe mencionar que en la ecorregión Pacífico Transicional de Monterey no se identificó ningún sitio prioritario, debido a que ocupa solo una pequeña parte de la zona oceánica y ninguna isla (véase el cuadro 16.12).

Con relación al número de sitios prioritarios por ecorregión, las mayores diferencias se observan entre el Golfo de California y el resto de las ecorregiones, así como al comparar el número de SC con los SMP. La ecorregión con mayor número de sitios costeros y de mar profundo es la del Golfo de California, que representa 28.75% de su superficie (Fig. 16.10). Le siguen en orden descendente la ecorregión del Golfo de México Sur con 22.08% de su superficie, la del Pacífico Transicional Mexicano con 19.78%, la del Pacífico Sudcaliforniano con 12.73% y la del Mar Caribe con 3.84%. Es necesario indicar que existe una fuerte diferencia entre el número de SMP de la ecorregión del Golfo de California con 28.75% y el del resto de las ecorregiones, siendo la más cercana la del Pacífico Transicional Mexicano con 19.78% de los sitios. Estas diferencias pueden deberse a que la selección de sitios del Golfo de California fue efectuada con base en dos ejercicios previos de planeación y quizá también a que se tiene mayor información que en el caso del resto (cuadro 16.13).

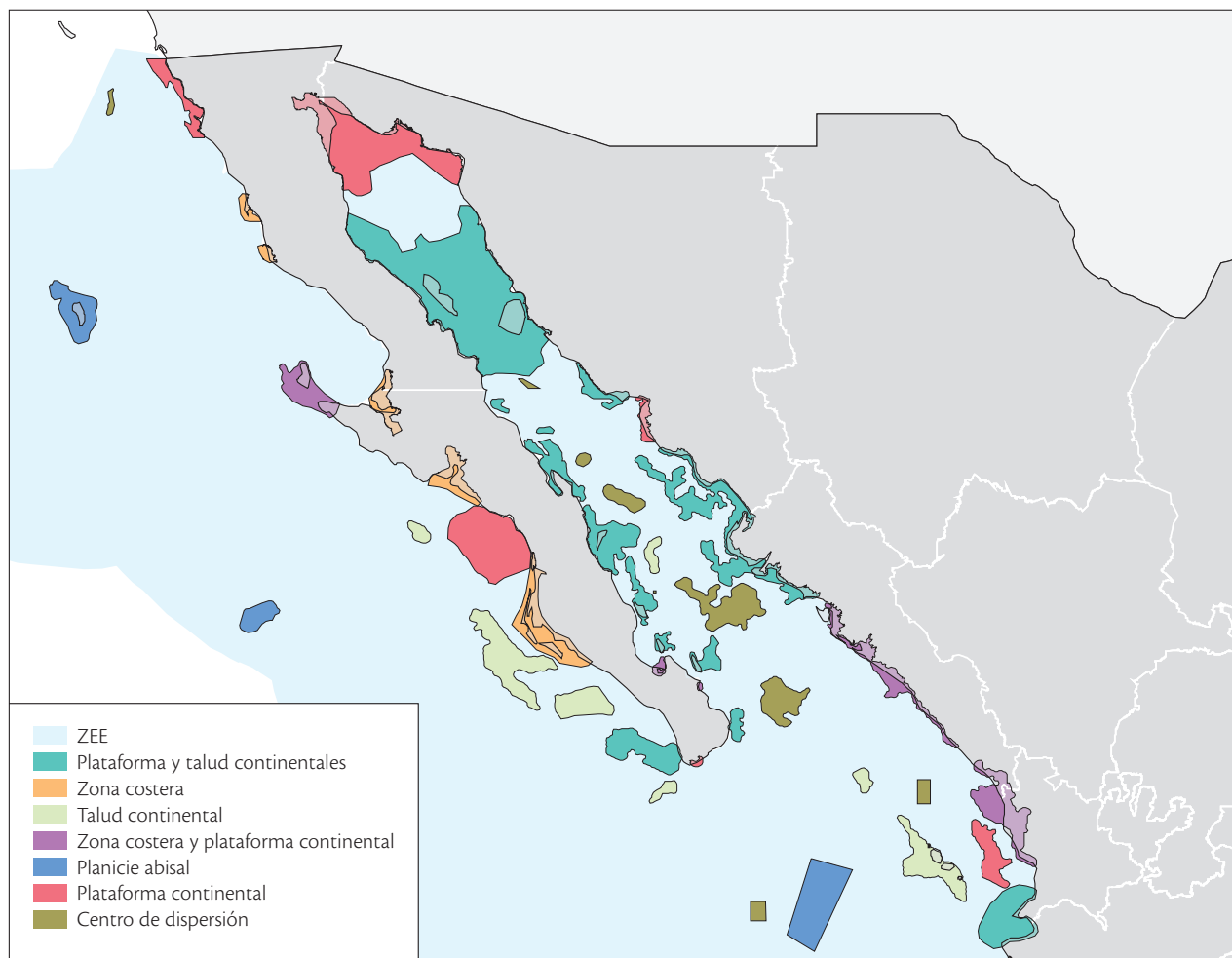
**Cuadro 16.11** Ecorregiones marinas de la CCA de nivel I por área y porcentaje de superficie que ocupan en la zona económica exclusiva

Ecorregión (ER)	Área ER (hectáreas)	Porcentaje de superficie de la ER en la ZEE
Pacífico Transicional de Monterey	6 491 070.00	2.07
Golfo de México Norte	7 354 814.56	2.35
Mar Caribe	9 326 041.26	2.97
Pacífico Centroamericano	15 026 800.00	4.79
Golfo de California	26 258 884.28	8.37
Golfo de México Sur	65 254 707.59	20.81
Pacífico Sudcaliforniano	80 175 720.64	25.57
Pacífico Transicional Mexicano	103 668 322.65	33.06
<b>Total</b>	<b>313 556 360.98</b>	<b>100</b>

Fuente: Wilkinson *et al.* (en prensa).

**Cuadro 16.12** Proporción de área que ocupan los sitios prioritarios costeros y de margen continental (sc) y de mar profundo (SMP) para cada ecorregión marina

Ecorregión	Área sc (hectáreas)	Superficie sc (%)	Área SMP (hectáreas)	Superficie SMP (%)	Área sc + SMP (hectáreas)	Superficie sc + SMP (%)
Pacífico Transicional de Monterey	0	0	0	0	0	0
Mar Caribe	1 238 341.15	4.20	76 215.31	1.61	1 314 556.46	3.84
Pacífico Centroamericano	953 704.03	3.23	979 842.78	20.65	1 933 546.81	5.65
Golfo de México Norte	2 455 673.88	8.33	0	0	2 455 673.88	7.17
Pacífico Sudcaliforniano	4 332 997.91	14.69	25 286.25	0.53	4 358 284.16	12.73
Pacífico Transicional Mexicano	4 722 717.51	16.02	2 047 560.74	43.16	6 770 278.25	19.78
Golfo de México Sur	7 056 512.04	23.93	501 594.45	10.57	7 558 106.49	22.08
Golfo de California	8 726 933.43	29.60	1 113 120.82	23.46	9 840 054.25	28.75
<b>Total</b>	<b>29 486 879.95</b>	<b>100</b>	<b>4 743 620.35</b>	<b>100</b>	<b>34 230 500.30</b>	<b>100</b>



**Figura 16.10** Fisiografía de los sitios prioritarios del Golfo de California.

**Cuadro 16.13** Número de sitios costeros y de margen continental (sc) y de mar profundo (smp) para cada ecorregión marina

Ecorregión	SC	SMP	SC + SMP	SC + SMP (%)
Pacífico Transicional de Monterey	0	0	0	0
Golfo de México Norte	1	0	2	0.91
Pacífico Centroamericano	3	2	5	4.55
Pacífico Transicional Mexicano	13	6	19	18.18
Mar Caribe	11	4	15	14.55
Pacífico Sudcaliforniano	15	1	16	15.45
Golfo de México Sur	16	5	21	19.09
Golfo de California	21	9	30	27.27

Nota: el número total de sc es 79 y de smp 26. Los sc Humedales Costeros y Plataforma Continental de Cabo Catoche están compartidos por las ecorregiones Mar Caribe y Golfo de México Sur; el sc Cabo San Lucas está compartido por las ecorregiones Pacífico Sudcaliforniano y Golfo de California. El smp Dorsal de Tehuantepec está compartido por las ecorregiones Pacífico Transicional Mexicano y Pacífico Centroamericano.

Actualmente existen por lo menos 58 AP federales marinas con objetos de conservación marinos, que incluyen playas de anidación de tortugas, lagunas costeras, arrecifes de coral e islas, entre otros. Las áreas protegidas marinas de México abarcan actualmente 4 336 513 hectáreas, superficie que equivale a 20.85% del mar territorial, 11.04% de su plataforma continental y 1.38% de la ZEE (capítulo 9 de este volumen).

La representatividad del número de AP marinas respecto a los sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad marina se traslapa en 98.28%; esto corresponde a 57 AP que coinciden con 57 SC y un SMP. La superficie total de traslape de los SC y SMP con las AP es de 21.28 y 0.01 por ciento, respectivamente, lo que indica una falta pronunciada de representatividad de los ecosistemas de mar profundo en el sistema de AP del país. Por otra parte, las 58 AP marinas coinciden en superficie en un 50.43% con los sitios prioritarios, lo que es un indicador de que las AP se ubican en sitios prioritarios para la conser-

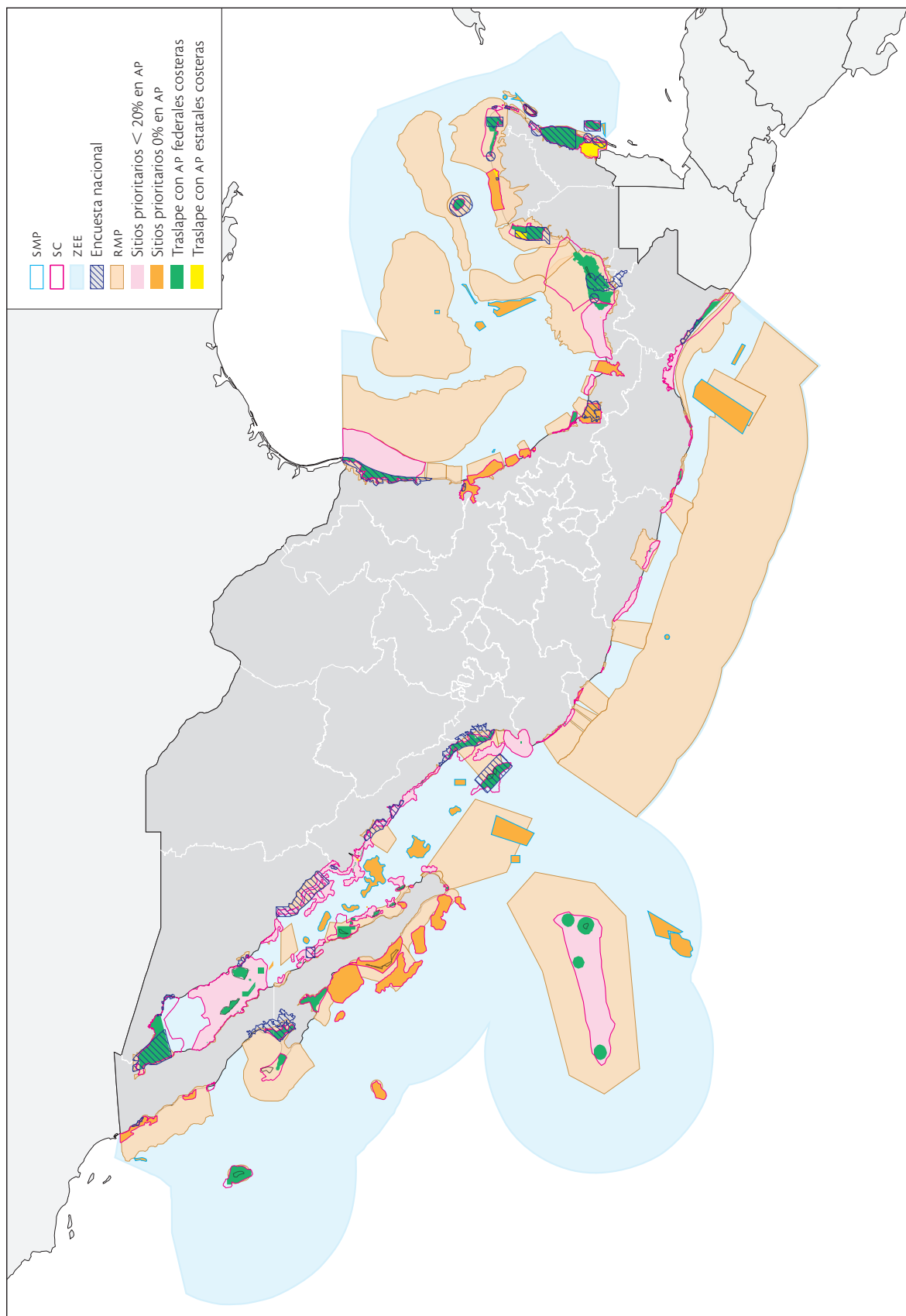
vación de la biodiversidad marina, pero que es necesario incrementar los esfuerzos de conservación. En este sentido, la identificación de los sitios prioritarios para la conservación resulta ser de gran utilidad como referencia para la creación de nuevas áreas (cuadro 16.14, Fig. 16.11).

El ejercicio de sobreponer los sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad marina con las RMP permite identificar el avance realizado en cuanto al conocimiento de los ecosistemas marinos costeros y de mar profundo. En cuanto a la superficie de traslape, los sitios prioritarios comprenden cerca de 17% de la superficie total de las RMP (cuadro 16.15) (CONABIO *et al.* 2007a, b). Esto hace posible confirmar que los sitios prioritarios permiten una mayor resolución para proponer áreas de conservación debido a importantes avances en la información disponible sobre los objetos de conservación.

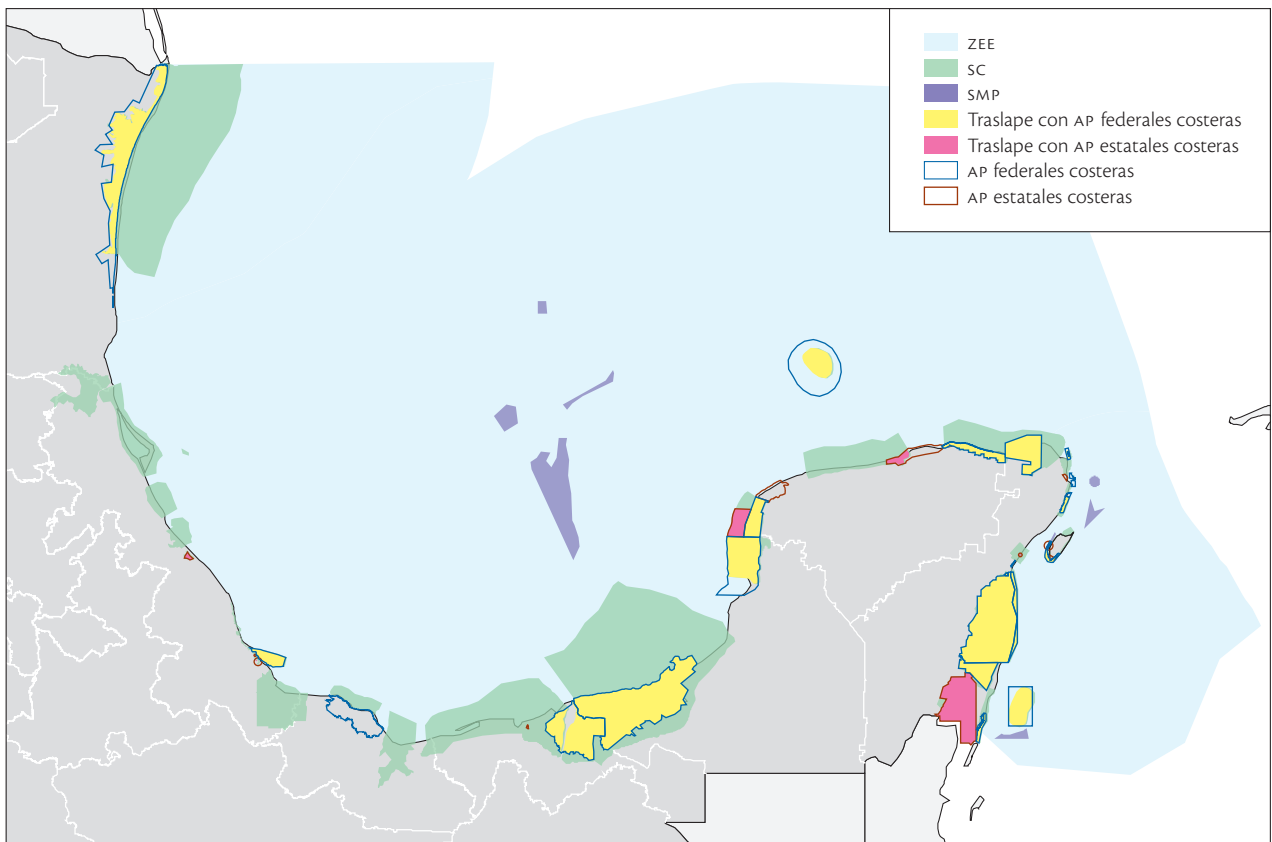
En este ejercicio se hizo una delimitación más detallada y de mayor resolución de los sitios costeros y oceánicos en comparación con las regiones prioritarias marinas

**Cuadro 16.14** Análisis de vacíos y omisiones de los sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad marina, costeros y de margen continental (sc) y de mar profundo (smp) y las áreas federales protegidas (AP)

Sitio	Área total (hectáreas)	Sitios	Área traslapada (%)	Sitios traslapados	Sitios traslapados (%)
AP federales	12 443 615.20	58	50.43	57	98.28
SC	29 486 879.95	79	21.28	57	72.15
SMP	4 743 620.35	26	0.01	1	3.85
<b>SC + SMP</b>	<b>34 230 500.30</b>	<b>105</b>	<b>18.33</b>	<b>58</b>	<b>55.24</b>



**Figura 16.11a** Vacíos y omisiones de la biodiversidad marina: los sitios marinos prioritarios y las 58 AP marinas.



**Figura 16.11b** Vacíos y omisiones de la biodiversidad marina: acercamiento a las ecorregiones Golfo de México y Caribe Mexicano.

que son áreas generalizadas. Con relación al número de sitios, seis SMP se traslapan con siete RMP oceánicas, lo que en términos de superficie total representa cerca de 2% del área total de las regiones marinas prioritarias oceánicas. Este porcentaje tan bajo refleja una reducción considerable del tamaño de las áreas, resultado del enorme esfuerzo que se ha hecho en los últimos años relacionado con el conocimiento científico de los ecosistemas bentónicos de mar profundo, ya que en la mayoría de los sitios seleccionados se han realizado estudios y se cuenta con información detallada de los mismos. Con respecto al traslape de los SC con las RMP costeras es notable que a pesar de que prácticamente todos los sitios coinciden con una RMP, solo abarcan 34% de la superficie total de las RMP (cuadro 16.15).

En los ambientes marinos, la identificación de 105 sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad marina representa un importante avance en la detección de sitios potenciales para ampliar la cobertura de las AP, aunque de manera paralela enfatiza la necesidad de im-

plementar otros mecanismos e instrumentos de conservación complementarios que permitan su conservación mediante un uso sustentable de los recursos naturales. Posiblemente, en la ecorregión del Golfo de California es donde se tienen las mejores oportunidades de conservación por existir un mayor cúmulo de información, así como instrumentos de política pública que permitirán la solución de problemas ambientales, con la apertura de espacios, vías y mecanismos que garanticen la participación responsable de todos los sectores interesados en el desarrollo económico y social, sin menoscabo de la protección del ambiente.

Por otra parte, resulta fundamental desarrollar estudios e investigaciones enfocados a lograr un mayor conocimiento de la biodiversidad en el resto de las ecorregiones marinas, particularmente del Pacífico Centroamericano. Esto permitirá proteger aquellos ambientes originales que no han sido alterados de manera significativa por la actividad del ser humano y que por sus características o valor necesitan ser preservados o restaurados.



**Cuadro 16.15** Porcentaje de traslape de los sitios prioritarios costeros y de margen continental (SC) y de mar profundo (SMP) con las regiones marinas prioritarias (RMP)

Sitio	Área total (hectáreas)	Sitios	Área traslapada (%)	Sitios traslapados	Sitios traslapados (%)
SC	29 486 879.95	79	75.12	73	92.41
RMP costeras	62 093 002.21	62	34.68	59	95.16
SMP	4 743 620.35	26	36.68	6	23.08
RMP oceánicas	75 768 983.18	8	2.30	7	87.50
<b>SC + SMP</b>	<b>34 230 500.30</b>	<b>105</b>	<b>69.78</b>	<b>81</b>	<b>77.14</b>
<b>RMP</b>	<b>137 861 985.39</b>	<b>70</b>	<b>17.33</b>	<b>68</b>	<b>97.14</b>

Es aún bajo el nivel de representatividad de los sitios prioritarios en AP existentes y particularmente la biodiversidad de mar profundo no cuenta con protección en lo que respecta a este instrumento de conservación. En este sentido, la identificación y delimitación de los 29 SMP prioritarios para la conservación de la biodiversidad marina resultan ser un herramienta valiosa y útil para dirigir los esfuerzos de conservación, rehabilitación y manejo sustentable.

Cabe señalar que el nivel de detalle con el que se determinaron los sitios prioritarios permitirá acciones de conservación mejor dirigidas y más efectivas. Esto favorecerá la implementación de instrumentos como la política ambiental nacional para el desarrollo sustentable de los océanos y costas (Semarnat 2006a), en la que se establecen estrategias y lineamientos de política pública para fortalecer la gestión ambiental de las zonas costeras y oceánicas de manera integral. Será necesario lograr una coordinación interinstitucional efectiva y una amplia participación social, para garantizar el acceso efectivo a la justicia en materia ambiental. También es fundamental aplicar el enfoque de manejo integral de cuencas y de zonas costeras, valorar económica y socialmente los recursos naturales y los servicios ambientales que estos brindan, en un marco de desarrollo económico y con base en el mejor conocimiento científico de nuestros océanos y costas.

Los ordenamientos territoriales son otro de los instrumentos fundamentales para el cual los resultados de este estudio serán de gran interés. Ejemplos de estos ordenamientos son el Programa de ordenamiento ecológico marino del Golfo de California, que permitirá establecer los lineamientos y previsiones a que deberá sujetarse la preservación, restauración, protección y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales existentes en esta región (Semarnat 2006b).

## 16.4 CONCLUSIONES

Los análisis de la representatividad de las ecorregiones terrestres (NIV) mostraron que cerca de 10% de la superficie continental del país son vacíos en conservación, mientras que 65% de la superficie del país tiene ecorregiones con diferentes niveles de omisiones que varían de 0.00345 a 11.46% de protección, y solo 25% están representadas en los sistemas de AP por arriba de 12% de su área.

Estas cifras, junto con los índices de importancia biológica, riesgo y respuesta (acciones implementadas para la conservación), son un instrumento cuantitativo útil para jerarquizar las ecorregiones de acuerdo con valores de priorización, e indican que a pesar de que México ha alcanzado la cifra de 12% de su área continental, aún es necesario incrementar los esfuerzos de conservación *in situ*, con especial atención en aquellas porciones de sistemas naturales escasas o nulamente representadas en la actualidad en nuestro sistema de AP.

Los análisis de la diversidad terrestre a escalas más finas, mediante la incorporación de numerosos objetos de conservación ( $n = 1\,451$ ) seleccionados de acuerdo con diversos criterios como el riesgo de extinción, rareza, etc., y el impacto que ejercen algunas de las principales amenazas, permiten contar con un panorama nacional necesario para dirigir las acciones hacia la conservación y manejo sustentable, así como tener una mejor representación de la diversidad de los sistemas ecológicos del país en la red actual de AP. No obstante, dada la baja representatividad de los sitios prioritarios para la conservación, aun cuando pudiéramos incrementar la superficie protegida hasta 16.9% de la superficie del país (que corresponde a la superficie que estos sitios ocupan), no lograríamos conservar todos los objetos de conservación de interés ni frenar las amenazas que enfrentan ni tal vez tener áreas representativas capaces de sustentar las poblaciones, por

lo que otras estrategias e instrumentos son fundamentales para mantener la biodiversidad fuera de las AP.

Por otra parte, una de las seis ecorregiones marinas (NI) tiene vacíos tanto en conservación como en identificación de sitios de importancia para la conservación. Fue posible acotar 105 sitios prioritarios con la información sobre su biodiversidad y amenazas, con el propósito de fortalecer los sistemas de AP. Especialmente en el caso de los sitios oceánicos, se logró por primera vez identificar 26 sitios prioritarios de ambientes de mar profundo explícitamente, de los cuales ninguno está representado en las AP.

Las diferencias en las prioridades detectadas en cada ecorregión marina reflejan en cierta medida diferencias importantes en el conocimiento de la biodiversidad. Todavía hay regiones con importantes vacíos de información, como por ejemplo el Pacífico Tropical, por lo cual no fue posible identificar más sitios prioritarios y por ende representar toda la diversidad en esta zona, lo que resalta la importancia de mantener continuamente actualizado el proceso.

El país se enfrenta a un enorme reto para cubrir los vacíos y omisiones de conservación que se han identificado en estos análisis, que incluyen múltiples áreas y sitios dispersos por todo el territorio nacional. Por ello, el desarrollo de estrategias ordenadas y estructuradas será esencial para avanzar en la protección de nuevos sitios prioritarios que consideren una secuencia congruente con las oportunidades y la urgencia de conservación que cada sitio implica. Además, considerar la conectividad de estas áreas es un elemento clave en la planeación de todos los sistemas de AP, lo cual puede procurarse por medio de corredores biológicos.

Es trascendental en el futuro inmediato desarrollar estrategias ecorregionales y particulares adecuadas para cada sitio prioritario. Para lograr una planeación integral de los esfuerzos de conservación es necesaria una síntesis cuantitativa de los análisis de diferentes escalas y, a su vez, considerar los análisis marinos y de cuerpos de agua epicontinentales, para lo cual se llevará a cabo el metanálisis (véase recuadro 16.3, en el <sup>(CP)</sup>3). Es fundamental considerar que los vacíos y omisiones pueden tener opciones diferentes para la conservación y requerir protección con diferentes niveles de urgencia. Para esto, los análisis de factibilidad, costos y financiamiento nos darán criterios para llevar a cabo las acciones de implementación necesarias. Asimismo, será necesario tener criterios consensuados para evaluar la contribución a la conservación de las AP privadas, las UMA, las servidumbres de pagos de

servicios ambientales y el papel de empresas particulares que llevan a cabo acciones para la conservación, como es el caso de Cemex. Otro aspecto a considerar seriamente es que los análisis necesitan realizarse y actualizarse periódicamente, tomando en cuenta escenarios de cambio climático, uso y degradación del suelo.

Consideramos que fue crucial hacer una priorización en primer lugar, para después evaluar aquellos sitios con las AP y tener un diagnóstico serio, objetivo e independiente del sistema de AP que no se construyó de modo sistémico ni sistemático, sino casuístico. También consideramos importante que los análisis se hicieran de una manera integral, por ello decidimos integrar diferentes elementos de la biodiversidad y no verlos por separado. Debido al destacado papel que desempeña la actual red de AP es necesario conducir los análisis que faltan, de modo que consideren criterios como la complementariedad y, sobre todo, tratando de que haya —cuando se cuente con esa información— varias poblaciones representadas (o al menos un par de hábitats) por especie. La fortaleza de estos resultados, al haber identificado las prioridades independientemente de las AP, es que sirven de guía no solo para el Sistema Nacional de Áreas Protegidas, sino para otras formas de conservación, y para identificar zonas donde hay que potenciar investigación y desarrollo sustentable. Concluimos que en este caso se ha dado un paso muy grande con respecto a lo que había antes. No obstante, el proceso está aún en desarrollo; falta concluir los análisis de ecosistemas acuáticos epicontinentales e integrar los resultados por medio de un metanálisis, además de que es necesario incluir elementos de gran importancia: la agrobiodiversidad y los escenarios de cambio climático (Peterson *et al.* 2002; Hannah *et al.* 2007).

En síntesis, los análisis de vacíos y omisiones de conservación de México deben culminar necesariamente en la definición de una serie de estrategias que contribuyan a la conservación de una porción representativa y viable de la biodiversidad nacional en el largo plazo, por lo que la adopción de los resultados obtenidos en este análisis deberá reflejarse en programas de conservación que involucren a todos los sectores que contribuyen con este fin. Con la instrumentación de nuevas políticas y la puesta en práctica de acciones de conservación sobre el terreno, derivadas de los resultados del análisis, se podrá justificar la inversión de tiempo y recursos económicos, humanos y técnicos que ha requerido este análisis.

Es evidente que el reto de proteger la biodiversidad en México es de enormes dimensiones y no podrá ser resuelto únicamente con el establecimiento de nuevas AP, sino

con la implementación de otras herramientas y estrategias que se puedan diseñar para complementar exitosamente las acciones de conservación, como los ordenamientos ecológicos y los programas de manejo integrados de costas y mares, particularmente los orientados a las actividades productivas sustentables y los desarrollos turísticos ordenados (Semarnap 2000; Díaz de León *et al.* 2004; Bezaury-Creel 2005; Semarnat 2006a,b). Asimismo, es primordial efectuar en el corto plazo la priorización jerárquica de las áreas y sitios identificados, e integrar los resultados, ya que la conservación de muchos de los sitios marinos prioritarios va a depender de la conservación de ecosistemas costeros y terrestres, particularmente de la conservación de cuencas hidrológicas, que tienen una influencia determinante en varios procesos marinos y están relacionados con la biología de numerosas especies (*e.g.*, manglares y praderas de pastos marinos). Por ello, la agenda de las acciones en este sentido deberá considerar la conservación y el uso sustentable de los recursos con enfoques tierra-mar con una perspectiva integral de paisajes en los que las áreas marinas y terrestres protegidas por distintos mecanismos conformen una red que permita la conectividad funcional de los ecosistemas (Iacobelli *et al.* 2006).

Paralelamente, deberán considerarse las capacidades en recursos humanos, infraestructura y financieros con los que México cuenta, y para que las estrategias sean exitosas será crucial que se fortalezca la corresponsabilidad entre todos los niveles de gobierno y la sociedad civil; que se promueva una serie de condiciones favorables que contribuyan a conservar las prioridades detectadas, incluyendo el impulso de una nueva actitud de la sociedad y los sectores productivos hacia la biodiversidad; que se fomenten la adopción de una cultura ambiental y un cambio en los actuales patrones de consumo de los mexicanos.

El diseño e implementación de acciones que favorezcan la conectividad entre sitios prioritarios, mediante los paisajes dentro y fuera de las AP, con corredores biológicos o UMA, pueden ser algunas de las opciones y los mecanismos de conservación que deben perseguir la consolidación y fortalecimiento de las redes de AP. Sin embargo, dado el elevado número de sitios y áreas que son actualmente vacíos y omisiones de conservación, el diseño e instrumentación de nuevas políticas públicas de Estado que promuevan la transversalidad y la concurrencia de esfuerzos hacia la sustentabilidad de estos sitios, será fundamental. Estas políticas deberán enfocarse al mantenimiento de los procesos ecológicos esenciales que mantengan los paisajes.

El combate intensivo a los factores de amenaza que actualmente actúan sobre los sitios identificados relacionados con las actividades humanas, como la modificación de la cubierta natural por el crecimiento de la frontera agropecuaria, el crecimiento urbano y actividades turísticas no controladas, así como el incremento de la contaminación y la introducción de especies invasoras que causan graves daños a la biodiversidad (capítulo 6 de este volumen), los regímenes de fuego inadecuados, el tráfico ilegal de especies, la tala masiva ilegal, entre otros, deben ser atendidos de manera urgente; de otra forma, algunos ecosistemas podrían deteriorarse a tal punto que la inversión en su restauración para revertir los daños será de varios órdenes de magnitud mayor a lo que actualmente se requiere para mantenerlos. Posponer la conservación ha mostrado tener graves consecuencias, en términos de pérdida de hábitat y capacidades para proteger las especies (Fuller *et al.* 2006).

Entre los mecanismos más viables para la consolidación de mecanismos podría considerarse la ampliación de la red de AP y de los corredores biológicos. Como muestran estos análisis, numerosos sitios prioritarios identificados rodean a las AP, lo cual puede ser una oportunidad para su conservación ya que la influencia ambiental y social del AP vecina aportaría elementos benéficos. Creemos que, en muchos casos, es en estos sitios donde se debe actuar en el corto plazo promoviendo planes de manejo y uso sustentable que fortalezcan acciones de conservación en el área de influencia de las AP. Adicionalmente, se puede considerar la retribución económica por servicios ecosistémicos de áreas prioritarias o que faciliten la conectividad entre estas y las AP. La restauración ecológica de áreas para la conectividad a diversas escalas requerirá activarse en todo el territorio nacional; para ello, las lecciones aprendidas a partir de iniciativas como la del Corredor Biológico Mesoamericano serán de gran valor.

La proyección de escenarios en el contexto del cambio climático global, las redes actuales de AP y los vacíos y omisiones de conservación son el siguiente paso para determinar los sitios prioritarios que podrían ser mayormente afectados, en especial en regiones costeras.

Por último, los análisis deberán actualizarse en la medida en que se valore nueva información, particularmente sobre la resiliencia de los ecosistemas, distribución de las especies y estado de conservación de las poblaciones más vulnerables y las tendencias de las presiones actuales y potenciales para la biodiversidad, entre otras. De hecho, en varios países los análisis de vacíos y omisiones son efectuados periódicamente para redefinir prioridades a la luz

de nuevos datos. Esto será clave para el caso de México, en particular si se considera el todavía relativamente escaso conocimiento en torno a la biodiversidad marina, en especial sobre la carencia de información relacionada con la distribución de numerosos grupos taxonómicos a escalas más finas para todo el país, así como la magnitud y velocidad de los cambios en los factores que amenazan a la biodiversidad, como las tasas de deforestación, la fragmentación de hábitats, el impacto de especies invasoras y la ganadería, para lo cual se requiere información digital, así como modelos de escenarios climáticos más sólidos, de manera que podamos conservar el patrimonio natural de México para las generaciones futuras.

### AGRADECIMIENTOS

A los directivos de nuestras instituciones por confiarnos la conducción de estos análisis, sobre todo a Ana Luisa Guzmán y Rosario Álvarez. Queremos expresar un agradecimiento muy especial a Romeo López por su colaboración en el desarrollo del sitio *wikigap*, que ha sido fundamental en el proceso, a Antonio Moreno por su apoyo en los análisis ecorregionales, y a Michael Scott, por compartir sus ideas y sugerencias en el desarrollo de los análisis ecorregionales. A quienes nos han apoyado con todas las tareas logísticas para el desarrollo de los talleres, en particular a Nubia Morales, Gloria Espinosa y Magali Santillán, quien además nos brindó su apoyo en los análisis marinos y de islas. A todos los investigadores que han documentado la biodiversidad de México y han contribuido a generar el Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad y al personal de la Dirección Técnica de Análisis y Prioridades de la CONABIO, que ha integrado la información básica que ha sido fundamental para el análisis, especialmente a Eduardo Morales, Juan Manuel Martínez, Cecilia Fernández, Susana Ocegueda, Rocío Villalón y Ariadna Marín. También agradecemos, de la Dirección General de Bioinformática, a Raúl Jiménez, Rainer Ressel y Enrique Muñoz por facilitar el trabajo del personal de la Subdirección de Sistemas de Información Geográfica, así como a Abraham Alvarado por su apoyo para recibir las respuestas de la encuesta nacional. A todos los participantes de los diferentes grupos de trabajo y los talleres técnicos que se realizaron durante este proceso: a Jordan Golubov, Humberto Berlanga, José Manuel Espinoza, Constantino González, Paola Mosig y Hesiquio Benítez. Nuestro agradecimiento también a Ana Ortiz Monasterio, quien nos hizo valiosas sugerencias para ha-

cer el análisis de qué tipo de instrumentos tienen participación ciudadana y cuál podría ser una secuencia lógica para incrementar las áreas bajo protección.

Para la realización del taller marino contamos con el apoyo del Early Action Grant Fund de TNC y de la Oficina de Desarrollo Regional Sostenible, División de América Latina y el Caribe, de la Agencia de Estados Unidos para el Desarrollo Internacional y de The Nature Conservancy, dentro del Programa Parques en Peligro.

---

### NOTAS

- 1 Nos referimos a las AP federales, estatales, municipales, comunales y privadas.
- 2 A lo largo del capítulo se hace referencia a los ambientes marinos, que incluyen costas, océanos e islas, en sentido amplio (véase el recuadro 2).
- 3 La Cop 7 fue celebrada en 2004 en Kuala Lumpur, Malasia.
- 4 Un elemento clave en la visión estratégica de México para atender el Programa de trabajo fue la suma de esfuerzos de diversas instituciones. Cabe destacar que al término de la Cop 7, las organizaciones civiles TNC, WWF y CI firmaron una carta compromiso con el secretario de la Semarnat para sumarse a los esfuerzos encabezados por el gobierno, por medio de la CONABIO y la Conanp, al que posteriormente se sumaron más organizaciones y especialistas.
- 5 Las ecorregiones fueron originalmente propuestas por el WWF para definir áreas extensas de tierra o agua que contiene un conjunto geográficamente distintivo de comunidades naturales que comparten la gran mayoría de sus especies y dinámicas ecológicas, así como condiciones medioambientales similares e interactúan ecológicamente de manera determinante para su subsistencia a largo plazo. Este término ha sido adoptado por otras organizaciones civiles, con el propósito de definir prioridades. Sin embargo, varias organizaciones civiles internacionales han identificado elementos que permiten definir sus prioridades para invertir en la conservación.
- 6 Dada esta escala, todas las áreas con superficie menor de 100 hectáreas se eliminaron de la cobertura, ya que resultan imperceptibles por ser menores que la superficie mínima cartografiada. No obstante, estas áreas se considerarán posteriormente en el metaanálisis que incluirá todos los elementos del análisis de todas las escalas.
- 7 Hacemos notar que, por convención, los porcentajes de cobertura y representatividad hacen referencia a la superficie plana estimada en un SIG, pero es fundamental considerar el volumen, tanto en los ambientes terrestres (superficies con orografía más accidentada tienen mayores áreas) como en los marinos (profundidad de la columna de agua).

- 8 Los porcentajes pueden variar una o dos décimas porcentuales dependiendo de la fuente de información utilizada respecto a la superficie continental.
- 9 El nombre del algoritmo templado simulado (*simulated annealing*) se basa en la analogía con el proceso físico de enfriamiento de un sólido, en el que se van reorganizando sus partículas hasta conseguir llegar a estados de máxima estabilidad (Kirkpatrick *et al.* 1983).
- 10 Los autores queremos destacar que se decidió realizar la priorización de sitios como un primer paso previo a los análisis de vacíos y omisiones en conservación *per se*, de manera que permitirá evaluar si efectivamente las AP cubren porciones representativas de la diversidad de ambientes del país, además de que se considera la posibilidad de evaluar otros instrumentos que contribuyen a la conservación *in situ*.
- 11 La rareza tiene como características niveles poblacionales bajos, especialización del hábitat y áreas de distribución restringida. En este capítulo solo se considera este último criterio.
- 12 Los costos no se refieren al valor económico de la tierra ni a conflictos sociales. En nuestro caso, se refieren al grado de deterioro ambiental y a actividades antropogénicas que implicarían mayores recursos para lograr la conservación efectiva.

---

## REFERENCIAS

- Aguirre, R. 2002. *Los mares mexicanos a través de la percepción remota III*. Instituto de Geografía, UNAM-Editorial Plaza y Valdés, México.
- Aalcón Guerrero, J. 2002. Programa de georreferencia asistida GEO (v 4.0). CONABIO, México.
- Andelman S.J., y W.F. Fagan. 2000. Umbrellas and flagships: Efficient conservation surrogates or expensive mistakes? *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* **97**: 5954-5959.
- Arango, N., D. Armenteras, M. Castro, T. Gottsmann, O. Hernández *et al.* 2003. *Vacios de conservación del sistema de parques nacionales naturales de Colombia desde una perspectiva ecorregional*. WWF Colombia-Fondo Mundial para la Naturaleza, Cali.
- Arizmendi, M.C., y L. Márquez Valdelamar. 2000. *Áreas de importancia para la conservación de las aves en México*. Sección Mexicana del Consejo Internacional para la Preservación de las Aves, A.C., México.
- Arriaga, L., E. Vázquez-Domínguez, J. González-Cano, R. Jiménez, E. Muñoz y V. Aguilar (coords.). 1998. *Regiones marinas prioritarias de México*. CONABIO, México.
- Arriaga, L., J.M. Espinoza, C. Aguilar, E. Martínez, L. Gómez y E. Loa (coords.). 2000a. *Regiones terrestres prioritarias de México*. CONABIO, México.
- Arriaga, L., V. Aguilar y J. Alcocer (coords.). 2000b. *Agua continentales y diversidad biológica de México*. CONABIO, México.
- Arriaga, L., V. Aguilar, J. Alcocer, R. Jiménez, E. Muñoz *et al.* (coords.). 2002. *Agua continentales y diversidad biológica de México, escala 1:4 000 000*. CONABIO, México.
- Arrivillaga, A., y N. Windevoxel. 2008. *Evaluación ecorregional del arrecife Mesoamericano. Plan de conservación marina*. The Nature Conservancy, Guatemala.
- Avilés Merens, R., y A. São Avilés. 1995. Metanálisis si; metanálisis no. *Acimed* **3**: 24-29.
- Avilés Merens, R., M. Morales Morejón, A. São Avilés y R. Cañedo Andalia. 2004. La colaboración Cochrane en Cuba. Los metanálisis: aproximaciones útiles para su comprensión. *Acimed* **12**(4). Disponible en <[http://bvs.sld.cu/revistas/aci/vol12\\_4\\_04/aci04404.htm](http://bvs.sld.cu/revistas/aci/vol12_4_04/aci04404.htm)> (consultado en junio de 2007).
- Ball, I.R. 2000. Mathematical applications for conservation ecology: The dynamics of tree hollows and the design of nature reserves. PhD thesis, University of Adelaide, Adelaide.
- Ball, I.R., y H.P. Possingham. 2000. *Marxan (v 1.8.2): Marine reserve design using spatially explicit annealing, a manual*. The University of Queensland, Brisbane.
- Balmford, A., L. Bennun, B. ten Brink, D. Cooper, I.M. Côté *et al.* 2005. Ecology: The Convention on Biological Diversity's 2010 target. *Science* **307**: 212-213.
- Bezaury-Creel, J.E. 2005. Protected areas and coastal and ocean management in Mexico. *Ocean & Coastal Management* **48**: 1016-1046.
- Bezaury-Creel, J.E., J.F. Torres y N. Moreno. 2007. *Base de datos geográfica de áreas naturales protegidas estatales del Distrito Federal y municipales de México para el análisis de vacíos y omisiones en conservación*. 1 capa ArcInfo + 1 archivo de metadatos. TNC-Pronatura-CONABIO-Conanp, México.
- Brandon, K., L. Gorenflo, A.L. Rodrigues y R.W. Walter. 2005. Reconciling biodiversity conservation, people, protected areas, and agricultural sustainability in Mexico. *World Development* **33**: 1403-1418.
- Brown, J.H., y M.V. Lomolino. 1998. *Biogeography*. Sinauer Associates, Sunderland.
- Bruntland, G.H. 1987. *Our common future*. Oxford University Press, Nueva York.
- Buchmann, S., M.R. Kunzmann, A.J. Donovan y R.J. Hobbs. 1999. *Gap analysis of pollinator (bats, bees, hummingbirds) species richness in Arizona: Implications for conservation biology*, en Proceedings of the 1999 Environmental Systems Research Institute (ESRI) Nineteenth Annual User Conference, 26 a 30 de julio, San Diego. Disponible en <<http://proceedings.esri.com/library/userconf/proc99/proceed/papers/pap530/p530.htm>>.

- Buenrostro, A.A. 2004. Evolución del calentamiento superficial estacional del Golfo de California. *GEOS*, **24**, núm. 2, México.
- Burgess, N., J. Hales, T. Ricketts y E. Dinerstein. 2006. Factoring species, non-species values, and threats into biodiversity prioritisation across the ecoregions of Africa and its islands. *Biological Conservation* **127**: 383-401.
- Burley, F.W. 1988. Monitoring biodiversity for setting priorities in conservation, en E.O. Wilson (ed.), *Biodiversity*. National Academy Press, Washington, D.C., pp. 217-230.
- Byrne, C. 2006a. *St. Vincent & the Grenadines protected area system gap assessment*. First Workshop, 9 y 10 de marzo de 2006. CBD-USAID-TNC, Christiansted, St. Croix.
- Byrne, C. 2006b. *Grenada protected area system gap assessment*. First Workshop, 6 y 7 de marzo de 2006. CBD-USAID-TNC, Christiansted, St. Croix.
- Caicco, S., J.M. Scott, B. Butterfield y B. Csuti. 1995. A gap analysis of the management status of the vegetation of Idaho (USA). *Conservation Biology* **9**: 498-511.
- Candela Pérez, J., J. Sheinbaum Pardo, J.L. Ochoa de la Torre y A. Badan Dangon. 2003. La Corriente de Yucatán. *GEOS*, **23**, núm. 2, México.
- Cantú, C., J.M. Scott y R.G. Wright. 2001. The Gap Analysis Program on the assessment of nature reserves of Mexico. *Gap Analysis Bulletin* 10. Disponible en <[www.gap.uidaho.edu/Bulletins/10/bulletin10\\_TOC.htm](http://www.gap.uidaho.edu/Bulletins/10/bulletin10_TOC.htm)>.
- Cantú, C., R.G. Wright, J.M. Scott y E. Strand. 2003. Conservation assessment of current and proposed reserves of Tamaulipas state, Mexico. *Natural Areas Journal* **23**: 220-228.
- Cantú, C., R.G. Wright, J.M. Scott y E. Strand. 2004. Assessment of current and proposed nature reserves of Mexico based on their capacity to protect geophysical features and biodiversity. *Biological Conservation* **115**: 411-417.
- Cantú, C., P. Koleff y A. Lira-Noriega. 2007. Las ecorregiones de la frontera norte de México, en A. Córdova y C. de la Parra (coords.), *Una barrera a nuestro ambiente compartido*. INE-Semarnat-El Colegio de la Frontera Norte-Consortio de Investigación y Política Ambiental del Suroeste, México, pp. 117-129.
- Carrolli, F., y R. Lede. 2004. *Metaanálisis: una valiosa técnica de investigación. Estrategias para la elección del mejor cuidado médico*. Instituto Argentino de Medicina Basada en las Evidencias, en <<http://www.iambe.org.ar/MetanalysisUAI.pdf>> (consultado en junio de 2007).
- CCA. 1997. *Regiones ecológicas de América del Norte: hacia una perspectiva común*. Comisión para la Cooperación Ambiental de América del Norte. Disponible en <[www.cca.org](http://www.cca.org)>.
- Ceballos, G. 1999. Áreas prioritarias para la conservación de los mamíferos de México. *Biodiversitas* **27**: 1-8.
- Ceballos, G. 2007. Conservation priorities for mammals in megadiverse Mexico: The efficiency of reserve networks. *Ecological Applications* **17**: 569-578.
- Ceballos, G. 2008. Modelado de la distribución de las especies de mamíferos de México para un análisis Gap. EcoCiencia, S.C., bases de datos SNIB-CONABIO, proyecto DS006, México.
- Ceballos, G., P. Rodríguez y R. Medellín. 1998. Assessing conservation priorities in megadiverse Mexico: Mammalian diversity, endemism and endangerment. *Ecological Applications* **8**: 8-17.
- Ceballos, G., H. Gómez de Silva y M.C. Arizmendi. 2002. Áreas prioritarias para la conservación de las aves de México. *Biodiversitas* **41**: 1-7.
- Ceballos, G., P.R. Ehrlich, J. Soberón, I. Salazar y J.P. Fay. 2005. Global mammal conservation: What must we manage? *Science* **309**: 603-607.
- Cardeira, S., N. Melo, R. Pérez, I. Victoria y F.E. Müller-Karger. 1998. La densidad de pigmentos fotosintéticos: un indicador del carácter y la intensidad de los procesos oceanográficos en el occidente del gran Caribe. *Boletín de la Sociedad Meteorológica de Cuba*, **4**, núm. 2.
- Cardeira, S., N. Melo, F.E. Müller-Karger y R. Pérez. 2000. *Estudio comparativo de la temperatura superficial del mar detectada vía satélite y por mediciones in situ al norte de Cuba y NE de la Península de Yucatán*. Mapping (Revista Internacional de Ciencias de la Tierra), marzo de 2000. Disponible en <[http://www.mappinginteractivo.com/plantilla-ante.asp?id\\_articulo=682](http://www.mappinginteractivo.com/plantilla-ante.asp?id_articulo=682)>.
- Chape, S., S. Blyth, L. Fish, P. Fox y M. Spalding (eds.). 2003. *United Nations list of protected areas*. IUCN, Gland-UNEP World Conservation Monitoring Centre, Cambridge, RU.
- Chape, S., J. Harrison, M. Spalding e I. Lysenko. 2005. Measuring the extent and effectiveness of protected areas as an indicator for meeting global biodiversity targets. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* **360**: 443-455.
- Cipamex y CONABIO. 1999. *Áreas de importancia para la conservación de las aves, escala 1: 250 000*. Sección Mexicana del Consejo Internacional para la Preservación de las Aves, A.C.-Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- Colwell, R.K., y J.A. Coddington. 1994. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B* **345**: 101-118.
- CONABIO. 1998. *Regiones prioritarias marinas, escala 1: 4 000 000*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- CONABIO. 2003. *División política estatal, escala 1: 250 000*. Extraído del conjunto de datos vectoriales y toponimia de la carta topográfica. Serie I. INEGI (1999). Marco geoestadístico municipal, INEGI (2000). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- CONABIO. 2004. *Regiones terrestres prioritarias, escala 1: 1 000 000*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.

- CONABIO. 2006a. *Capital natural y bienestar social*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- CONABIO. 2006b. *Puntos de calor detectados con imágenes de satélite AVHRR y MODIS nocturnas de los años 1999 a 2005*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- CONABIO. 2006c. *Unidades de análisis hexagonales*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- CONABIO. 2007. *Contorno del territorio mexicano*, escala 1:1 000 000. Editado para el proyecto Capital natural de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.
- CONABIO, Conanp, TNC y Pronatura. 2005. *Memoria del taller para la determinación de sitios prioritarios marinos y costeros para la conservación*. Disponible en <[www.conabio.gob.mx/gap/images/d/d4/Memo\\_metod\\_Taller\\_Marino\\_Conabio\\_final.pdf](http://www.conabio.gob.mx/gap/images/d/d4/Memo_metod_Taller_Marino_Conabio_final.pdf)>.
- CONABIO, Conanp, TNC y Pronatura. 2007a. *Análisis de vacíos y omisiones en conservación de la biodiversidad marina de México: océanos, costas e islas*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad-Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas-The Nature Conservancy, Programa México-Pronatura, A.C., México.
- CONABIO, Conanp, TNC y Pronatura. 2007b. *Vacíos y omisiones en conservación de la biodiversidad marina de México: océanos, costas e islas*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad-Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas-The Nature Conservancy, Programa México-Pronatura, A.C., México.
- CONABIO, Conanp, TNC, Pronatura y UANL. 2007c. *Análisis de vacíos y omisiones en conservación de la biodiversidad terrestre de México: espacios y especies*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad-Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas-The Nature Conservancy, Programa México-Pronatura, A.C.-Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León, México.
- CONABIO, Conanp, TNC, Pronatura y UANL. 2007d. *Vacíos y omisiones en conservación de la biodiversidad terrestre de México: espacios y especies*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad-Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas-The Nature Conservancy, Programa México-Pronatura, A.C.-Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León, México.
- Conanp y CONABIO. 2007a. *Áreas naturales protegidas federales de México*, escala 1:1 000 000. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad-Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, México.
- Conanp y CONABIO. 2007b. Mapa de AP para los análisis de vacíos y omisiones en conservación. Editado para el proyecto Análisis Gap. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas-Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- Contreras, E.F., y O. Castañeda. 2004. La biodiversidad de las lagunas costeras. *Ciencias* 76:46-56.
- Cox, J., R. Kautz, M. MacLaughlin y T. Gilbert. 1994. *Closing the gaps in Florida's wildlife habitat conservation system*. Florida Game and Fresh Water Fish Commission, Office of Environmental Services, Tallahassee.
- CSGC. 2001. *Prioridades de conservación para la región del Golfo de California*. Coalición para la Sustentabilidad del Golfo de California, Mazatlán.
- Csuti, B. 1994. Methods for developing terrestrial vertebrate distribution maps for Gap Analysis (version 1), en J.M. Scott y M.D. Jennings (eds.), *A handbook for Gap Analysis*. Idaho Cooperative Fish and Wildlife Research Unit, University of Idaho, Moscow (EUA).
- DellaSala, D., N. Staus, J.R. Strittholt, A. Hackman y A. Iacobelli. 2001. An updated protected areas database for the United States and Canada. *Natural Areas Journal* 21: 124-135.
- Díaz de León, A., P. Álvarez, P. Mendoza, J.I. Fernández y O.M. Ramírez. 2004. Hacia un manejo integrado del gran ecosistema marino del Golfo de México, en M. Caso, I. Pisanty y E. Ezcurra (comps.), *Diagnóstico ambiental del Golfo de México*. INE, Semarnat-Harte Research Institute for Gulf of Mexico Studies, México, pp. 985-1002.
- Dietz, R.W., y B. Czech. 2005. Conservation deficits for the continental United States: An ecosystem gap analysis. *Conservation Biology* 19:1478-1487.
- Dinerstein, E., D.M. Olson, D.J. Graham, A. Webster, S. Primm et al. 1995. *A conservation assessment of the terrestrial ecoregions of Latin America and the Caribbean*. World Wildlife Fund-World Bank, Washington, D.C.
- Dorfman, D. 2006. Marine realm, en N. Dudley y J. Parish (eds.), *Closing the gap. Creating ecologically representative protected area systems: A guide to conducting the gap assessments of protected area systems for the Convention on Biological Diversity*. Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montreal, Technical Series no. 24, pp. 59-63.
- Dudley, N., K.J. Mulongoy, S. Cohen, S. Stolton, C.V. Barber et al. 2005. *Towards effective protected area systems. An action guide to implement the Convention on Biological Diversity programme of work on protected areas*. Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montreal, Technical Series no. 18.
- Dudley, N., y J. Parish. 2006. *Closing the gap. Creating ecologically representative protected area systems: A guide to conducting the gap assessments of protected area systems for the Convention on Biological Diversity*. Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montreal, Technical Series no. 24.

- Enríquez-Andrade, R., y G. Danemann. 1998. *Identificación y establecimiento de prioridades para las acciones de conservación y oportunidades de uso sustentable de los recursos marinos de la Península de Baja California*. Pronatura Península de Baja California, Ensenada.
- Escalante, T., V. Sánchez-Cordero, J.J. Morrone y M. Linaje. 2007a. Deforestation affects biogeographical regionalization: A case study contrasting potential and extant distributions of Mexican terrestrial mammals. *Journal of Natural History* **41**: 965-984.
- Escalante, T., V. Sánchez-Cordero, J.J. Morrone y M. Linaje. 2007b. Areas of endemism of Mexican terrestrial mammals: A case study using species' ecological niche modeling, parsimony analysis of endemism and Goloboff fit. *Interciencia* **32**: 151-159.
- Espinosa, H. 2004. El Pacífico mexicano. *Ciencias* **76**: 14-21.
- Fandiño-Lozano, M., y W. Van Wyngaarden. 2005. *Prioridades de conservación biológica para Colombia*. Grupo ARCO, Bogotá. Disponible en <[www.grupoarco.info/files/GrupoARCO-Infom2-esp.pdf](http://www.grupoarco.info/files/GrupoARCO-Infom2-esp.pdf)>.
- FAO. 1996. Forest Resources Assessment 1990. *Survey of Tropical Forest Cover and Study of Change Processes*. FAO Forestry Paper 130. FAO, Roma.
- Flores, J.S. 1992. *Vegetación de las islas de la Península de Yucatán: florística y etnobotánica*. Etnoflora yucatanense, fascículo 4. Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida.
- Flores-Villela, O. 2008. Áreas potenciales de distribución y Gap análisis de la herpetofauna de México. Bases de datos SNIB-CONABIO, proyecto DS009, México.
- Fuller, T., M. Munguía, M. Mayfield, V. Sánchez-Cordero y S. Sarkar. 2006. Incorporating connectivity into conservation planning: A multi-criteria case study from central Mexico. *Biological Conservation* **133**: 131-142.
- Fuller, T.M., V. Sánchez-Cordero, P. Illoldi-Rangel, M. Linaje y S. Sarkar. 2007. The cost of postponing biodiversity conservation. *Biological Conservation* **134**: 593-600.
- Gaines, S. 2007. *The geography of dispersal in the sea: Implications for reserve design*. International Biogeography Society, third biennial conference, 9 a 13 de enero de 2007, Tenerife.
- Game, E.T., y H.S. Grantham. 2008. *Manual del usuario de Marxan, para la versión Marxan 1.8.10*. Universidad de Queensland, St. Lucía, Australia-Asociación para la Investigación y Análisis Marino del Pacífico, Vancouver.
- Garcillán, P.P., E. Ezcurra y H. Riemann. 2003. Distribution and species richness of woody dryland legumes in Baja California, Mexico. *Journal of Vegetation Science* **14**: 475-486.
- Gleason, M.G., M.S. Merrifield, C. Cook, A.L. Davenport y R. Shaw. 2006. Assessing gaps in marine conservation in California. *Frontiers in Ecology and the Environment* **5**: 249-258.
- Globimed Thematic Network. 2005. *Taller de meta-análisis*, en <[www.globimed.net/english/activities/TallerMeta.htm](http://www.globimed.net/english/activities/TallerMeta.htm)> (consultado en junio de 2007).
- González-Rebeles, C., y M.D. Jennings (eds.). 2001. *Manual para el análisis geográfico de omisiones de conservación "Gap Analysis"*. Traducción de "A handbook for conducting Gap Analysis". USGS Gap Analysis Program, Moscow (EUA).
- Grand, J., M.P. Cummings, T.G. Rebelo, T. Ricketts y M.C. Neel. 2007. Biased data reduce efficiency and effectiveness of conservation reserve networks. *Ecology Letters* **10**: 364-374.
- Griffiths, R.C. 1963. Studies of oceanic fronts in the mouth of the Gulf of California, an area of tuna migrations. *FAO Fish. Rep.* **3**: 1583-1605.
- Halffter, G. 2005. Towards a culture of biodiversity conservation. *Acta Zoológica Mexicana* **21**: 133-153.
- Hannah, L., G. Midgley, S. Anelman, M. Araujo, G. Hughes et al. 2007. Protected area needs in a changing climate. *Frontiers in Ecology and the Environment* **5**: 131-138.
- Haury, L.R., E.L. Venrick, C.L. Fey, J.A. McGowan y P.P. Niiler. 1993. The Ensenada Front. *Calif. Coop. Ocean Fish. Invest. Rep.* **34**: 69-88.
- Hills, G.A. 1961. The ecological basis for natural resources management, en G.A. Hills. *The ecological basis for landuse planning*. Research Report 46, Ontario Department of Lands and Forests, Toronto, pp. 8-49.
- Hoekstra, J., T. Boucher, T. Ricketts y C. Roberts. 2005. Confronting a biome crisis: Global disparities of habitat loss and protection. *Ecology Letters* **8**: 23-29.
- Humphries, C.J., P.H. Williams y R.I. Vane-Wright. 1995. Measuring biodiversity value for conservation. *Annual Review of Ecology and Systematics* **26**: 93-111.
- Hunter, M., y P. Yonzon. 1993. Altitudinal distributions of birds, mammals, people, forests, and parks in Nepal. *Conservation Biology* **7**: 420-423.
- Iacobelli, A., H. Alidina, A. Blasutti, C. Anderson y K. Kavanagh. 2006. *A landscape-based protected areas Gap analysis and GIS tool for conservation planning*. World Wildlife Fund, Toronto.
- IMT. 2001. *Red de carreteras*. Instituto Mexicano del Transporte, México.
- INEGI. 1990. *Localidades de la República mexicana*. Extraído del conteo de población y vivienda. Resultados definitivos, 1990. México.
- INEGI. 1994. *Atlas del territorio insular habitado de los Estados Unidos Mexicanos, 1990*. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, Aguascalientes.
- INEGI. 1995. *Localidades de la República mexicana*. Extraído del conteo de población y vivienda. Resultados definitivos, 1995. México.
- INEGI. 2001. *Conjunto de datos vectoriales de la carta de uso de suelo y vegetación, Serie II (continuo nacional), escala 1:250 000*. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, Aguascalientes.



- INEGI. 2002. *Localidades de la República mexicana, 2000*. Obtenido de principales resultados por localidad. XII Censo de Población y Vivienda 2000. México.
- INEGI. 2005a. *Conjunto de datos vectoriales de uso de suelo y vegetación*, Serie 3 (continuo nacional), escala 1 : 250 000. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, Aguascalientes.
- INEGI. 2005b. *Territorio insular de México*. 1a. ed. (continuo nacional), escala 1 : 250 000. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Aguascalientes.
- INEGI. 2005c. *Localidades de la República mexicana, 2005*. Obtenido de principales resultados por localidad 2005. II Censo de Población y Vivienda 2005. México.
- INEGI. 2006. *División municipal de México, 2005*. Escala 1 : 250 000. Obtenido de marco geoestadístico municipal, II Censo de Población y Vivienda 2005. Versión 1.0. INEGI, México.
- INEGI, CONABIO e INE. 2007. *Ecorregiones terrestres de México*, escala 1 : 1 000 000. México.
- IUCN. *Red list of threatened species*, en <<http://www.iucnredlist.org/>> (consultado en junio de 2007).
- Jennings, M.D. 2000. Gap analysis: Concepts, methods, and recent results. *Landscape Ecology* **15**:5-20.
- Jolon-Morales, M.R. 2007. *Análisis de vacíos y omisiones para el sistema guatemalteco de áreas protegidas. Informe final consultoría*. The Nature Conservancy, Guatemala.
- Josse, C., G. Navarro, P. Comer, R. Evans, D. Faber-Langendoen et al. 2003. *Ecological systems of Latin America and the Caribbean: A working classification of terrestrial systems*. NatureServe, Arlington.
- Kiester, A.R., J.M. Scott, B. Csuti, R. Noss, B. Butterfield et al. 1996. Conservation prioritization using Gap data. *Conservation Biology* **10**:1332-1342.
- Kirkpatrick, S., C.D. Gelatt Jr. y M.P. Vecchi. 1983. Optimization by simulated annealing. *Science* **220**:671-680.
- Koleff, P., y E. Moreno. 2005. Áreas protegidas de México. Regionalización y representación de la riqueza, en J. Llorente-Bousquets y J.J. Morrone (eds.), *Regionalización biogeográfica en Iberoamérica y tópicos afines*. Ciencia y Tecnología para el Desarrollo-Facultad de Ciencias, UNAM-CONABIO, México, pp. 351-373.
- Kramer, P., y P.R. Kramer. 2002. *Ecoregional conservation planning for the Mesoamerican Caribbean Reef (MACR)*. World Wildlife Fund, Washington, D.C.
- Lavín, M.F., J. Gómez Valdés, V. Godínez Sandoval, J. García Córdoba y E. Beier. 2003. *Observaciones de corrientes frente a las costas del suroeste de México*. Reunión Anual de la Unión Geofísica Mexicana. Puerto Vallarta, Jal., 3 a 7 de noviembre.
- Lipow, S.R., K. Vance-Borland, B. St. Clair, J. Henderson y C. McCain. 2004. Gap analysis of conserved genetic resources for forest trees. *Conservation Biology* **18**:412-423.
- Lombard A.T., R.M. Cowling, R.L. Pressey y A.G. Rebelo. 2003. Effectiveness of land classes as surrogates for species in conservation planning for the Cape Floristic Region. *Biological Conservation* **112**:45-62.
- Lomolino, M.V. 2004. Conservation biogeography, en M.V. Lomolino y L.R. Heaney (eds.), *Frontiers of biogeography: New directions in the geography of nature*. Sinauer Associates, Sunderland, pp. 293-296.
- Loucks, C., N. Brown, A. Loucks y K. Cesareo. 2003. USDA forest service roadless areas: Potential biodiversity conservation reserves. *Conservation Ecology* **7**:5. Disponible en <<http://www.ecologyandsociety.org/vol7/iss2/art5/print.pdf>>.
- MacArthur, R.H., y E.O. Wilson. 1967. *The theory of island biogeography*. Princeton University Press, New Jersey.
- Mace, G.M., J.L. Gittleman y A. Purvis. 2003. Preserving the tree of life. *Science* **300**:1707-1709.
- Maiorano, L., A. Falcucci y L. Boitani. 2006. Gap analysis of terrestrial vertebrates in Italy: Priorities for conservation planning in a human dominated landscape. *Biological Conservation* **133**:455-473.
- Margules, C.R., y R.L. Pressey. 2000. Systematic conservation planning. *Nature* **405**:243-253.
- Márquez García, E., A. Gallegos García y R. Rodríguez Sobreya. 2003. Evolución mensual de la temperatura del agua de la superficie del Golfo de Tehuantepec durante el período de enero/1996 a diciembre/2002. *GEOS* **23**, núm. 2.
- Meixler, M.S., M.B. Bain y G.H. Galbreath. 1996. *Aquatic Gap Analysis: Tool for watershed scale assessment of fluvial habitat and biodiversity*, en M. Leclerc, H. Capra, S.Valentin, A. Boudreault e Y. Côté (eds.), Proceedings of the second IAHR Symposium on Habitat Hydraulics, Ecohydraulics 2000. Institute National de la Recherche Scientifique, Eau, Ste-Foy, Canadá, pp. A665-A670.
- Meixler, M.S., y M.B. Bain. 1998. *Aquatic Gap Analysis: Demonstration of a geographic approach to aquatic biodiversity conservation*. New York Cooperative Fish and Wildlife Research Unit Annual Report, Ithaca.
- Melo, G.N., R. Pérez y S. Cerdeira. 1995. Variación espacio-temporal de los pigmentos del fitoplancton en zonas del gran Caribe, a partir de imágenes del satélite Nimbus 7 (CZCS). *Avicennia* **3**:103-116.
- Merino, M. 1992. El afloramiento de Yucatán. Estructura y fertilización. Tesis de doctorado, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM, México.
- Mittermeier, R.A., P. Robles Gil, y C.G. Mittermeier. 1997. *Megadiversity. Earth's biologically wealthiest nations*. Conservation International-Cemex-Agrupación Sierra Madre, México.
- Mittermeier, R.A., C.G. Mittermeier, P. Robles-Gil, J. Pilgrim, G.A.B. da Fonseca et al. (eds.). 2002. *Áreas silvestres. Las últimas áreas vírgenes del mundo*. Cemex-Conservation Internacional-Agrupación Sierra Madre, México.

- Mittermeier, R.A., C.G. Mittermeier, T.M. Brooks, J.D. Pilgrim, W.R. Konstant *et al.* 2003. Wilderness and biodiversity conservation. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* **100**: 10309-10313.
- Mittermeier, R.A., P. Robles-Gil, M. Hoffmann, J. Pilgrim, T. Brooks *et al.* 2004. *Hotspots revisited: Earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions*. Cemex-Conservation International-Agrupación Sierra Madre, México.
- Morgan, L., S. Maxwell, F. Tsao, T.A.C. Wilkinson y P. Etnoyer. 2005. *Áreas prioritarias marinas para la conservación: Baja California al Mar de Bering*. Comisión para la Cooperación Ambiental-Marine Conservation Biology Institute, Montreal.
- Müller-Karger, F.E., J.J. Walsh, R.H. Evans y M.B. Meyers. 1991. On the seasonal phytoplankton concentration and sea surface temperature cycles of the Gulf of Mexico as determined by satellites. *Journal of Geophysical Research* **96**: 12645-12665.
- Munguía, M. 2006. Relación entre el área de distribución y el nicho ecológico: implicaciones ecológicas en los mamíferos endémicos de México. Tesis de maestría, Instituto de Ecología, UNAM, México.
- Murray, M.G., M.J.B. Green, G.C. Bunting y J.R. Paine. 1996. *Biodiversity conservation in the tropics: Gaps in habitat protection and funding priorities*. Overseas Development Administration Research Project R6190. World Conservation Monitoring Centre, Cambridge, RU.
- Navarro Singüenza, A.G., y T. Peterson. 2007. *Mapa de las aves de México basados en www*. Base de datos SNIB-CONABIO, proyecto CE015, México.
- Noss, R.F. 1993. Conservation plan for the Oregon Coastal Range: Some preliminary suggestions. *Natural Areas Journal* **13**: 276-290.
- Noss, R.F. 1996. Protected areas: How much is enough?, en R.G. Wright (ed.), *National parks and protected areas*. Blackwell Science, Cambridge, pp. 91-120.
- Ochoa-Ochoa, L., L.B. Vázquez, J.N. Urbina-Cardona y O. Flores-Villela. (en prensa.) Priorización de áreas para conservación de la herpetofauna utilizando diferentes métodos de selección. En CONABIO-Conanp (coords.), *Prioridades para la conservación de la biodiversidad terrestre en México: una visión nacional basada en diferentes análisis de vacíos*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad-Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, México.
- Odum, E.P. 1970. Optimum population and environment: A Georgia microcosm. *Current History* **58**: 355-359.
- Olson, D., E. Dinerstein, E.D. Wikramanayake, N.D. Burgess, G.V.N. Powell *et al.* 2001. Terrestrial ecoregions of the world: A new map of life on Earth. *BioScience* **51**: 933-938.
- Olson, D.M., y E. Dinerstein. 2002. The global 200: Priority ecoregion for global conservation 1. *Annals of the Missouri Botanical Garden* **89**: 199-224.
- Ortega-Huerta, M.A., y A.T. Peterson. 2004. Modelling spatial patterns of biodiversity for conservation prioritization in north-eastern Mexico. *Diversity and Distributions* **10**: 39-54.
- Peresbarbosa, E. (ed.). 2005. *Planeación para la conservación de la costa de Veracruz*. Pronatura, Veracruz-The Nature Conservancy, Xalapa.
- Pérez-Arteaga, A., S.F. Jackson, E. Carrera y K.J. Gaston. 2005. Priority sites for wildfowl in Mexico. *Animal Conservation* **8**: 41-50.
- Peterson, A.T., M.A. Ortega, J. Bartley, V. Sánchez-Cordero, J. Soberón *et al.* 2002. Future projections for Mexican faunas under global climate change records. *Nature* **416**: 626-629.
- Pressey, R.L. 1995. Conservation reserves in NSW. Crown jewels or left overs? *Search* **26**: 47-51.
- Pressey, R.L., C.J. Humphries, C.R. Margules, R.Y. Vane-Wright y P.H. Williams. 1993. Beyond opportunism: Key principles for systematic reserve selection. *Trends in Ecology and Evolution* **8**: 124-128.
- Puniwai, N. 2006. Hawaii marine gap analysis, en N. Dudley y J. Parish (eds.), *Closing the gap. Creating ecologically representative protected area systems: A guide to conducting the gap assessments of protected area systems for the Convention on Biological Diversity*. Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montreal, Technical Series no. 24, pp. 97-107.
- Ricketts, T.H., E. Dinerstein, T. Boucher, T.M. Brooks, S.H.M. Butchart *et al.* 2005. Pinpointing and preventing imminent extinctions. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* **102**: 18497-18501.
- Riemann, H., y E. Ezcurra. 2005. Plant endemism and natural protected areas in the peninsula of Baja California, Mexico. *Biological Conservation* **122**: 141-150.
- Rodrigues, A.S.L., S.J. Andelman, M. Bakarr, L. Boitani, T. Brooks *et al.* 2003. *Global Gap analysis: Towards a representative network of protected areas*. Advances in Applied Biodiversity Science, No. 5. Center for Applied Biodiversity Science at Conservation International, Washington, D.C.
- Rodrigues, A.S.L., H.R. Akçakaya S.J. Andelman, M.I. Bakarr, L. Boitani *et al.* 2004a. Global Gap analysis: Priority regions for expanding the global protected-area network. *Bioscience* **54**: 1092-1100.
- Rodrigues, A.S.L., S.J. Andelman, M. Bakarr, L. Boitani, T.M. Brooks *et al.* 2004b. Effectiveness of the global protected area network in representing species diversity. *Nature* **428**: 640-643.
- Rodrigues, A.S.L., y T.M. Brooks. 2007. Shortcuts for biodiversity conservation planning: The effectiveness of surrogates. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* **38**: 713-737.
- Rodríguez-Sobreyra, R., J. Zavala-Hidalgo y A. Gallegos-García. 2004. Circulación y surgencia en la plataforma oeste del Golfo de México. *GEOS* **24**. núm. 2, México.

- Romero-Centeno, R., J. Zavala-Hidalgo, A. Gallegos y J.J. O'Brien. 2003. Isthmus of Tehuantepec wind climatology and ENSO signal. *Journal of Climate* **16**:2628-2639.
- Salazar Vallejo, S.I., y N.E. González. 1993. Panorama y fundamentos para un programa nacional, en S.I. Salazar Vallejo y N.E. González (eds.), *Biodiversidad marina y costera de México*. CONABIO-Ciopro, México, pp. 6-38.
- Salm, R.V., J. Clark y E. Siirila. 2000. *Marine and coastal protected areas: A guide for planners and managers*. IUCN, Washington, D.C.
- Salmerón García, O., y R. Aguirre Gómez. 2003. Estudio espacio-temporal de la surgencia de Yucatán y Banco de Campeche, México, a través de imágenes Seawifs, 1999-2000. *GEOS* **23**, núm. 2.
- Sánchez-Cordero, V., V. Cirelli, M. Munguía y S. Sarkar. 2005a. Place prioritization for biodiversity representation using species ecological niche modeling. *Biodiversity Informatics* **2**: 11-23.
- Sánchez-Cordero, V., P. Illoldi-Rangel, M. Linaje, S. Sarkar y A.T. Peterson. 2005b. Deforestation and extant distributions of Mexican endemic mammals. *Biological Conservation* **126**:465-473.
- Santamaría del Ángel, E., A. González Silvera, R. Millán-Núñez y F. Müller-Karger. 2002. The color signature of the Ensenada Front and its seasonal and interannual variability. *CalCOFI Rep.* **43**: 155-161.
- Santos-Barrera, G., J. Pacheco y G. Ceballos. 2004. Áreas prioritarias para la conservación de los reptiles y anfibios de México. *Biodiversitas* **57**: 1-6.
- Sarkar, S., J. Justus, T. Fuller, C. Kelley, J. Garson *et al.* 2005. Effectiveness of environment surrogates for the selection of conservation area networks. *Conservation Biology* **19**: 815-825.
- Scott, J.M., F. Davis, B. Csuti, R. Noss, B. Butterfield *et al.* 1993. Gap Analysis: A geographic approach to the protection of biological diversity. *Wildlife Monographs* **123**: 3-41.
- Scott, J.M., R.J.F. Abbitt y C.R. Groves. 2001. What are we protecting? The United States conservation portfolio. *Conservation Biology in Practice* **2**: 18-19.
- SECT. 2002. *Atlas estatal. Mapas por entidad federativa*. Coordinación General de Planeación y Centros, Secretaría de Comunicaciones y Transportes, México. Georreferenciado en la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, 2005.
- Sechrest, W., T.M. Brooks, G.A.B. da Fonseca, W.R. Konstant, R.A. Mittermeier *et al.* 2002. Hotspots and the conservation of evolutionary history. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* **99**: 2067-2071.
- Semar y SG. 1998. *Islas mexicanas: régimen jurídico y catálogo*. Secretaría de Marina-Secretaría de Gobernación, México.
- Semarnap. 2000. *Programa de manejo, Área de protección de flora y fauna Islas del Golfo de California*. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, Semarnap, México.
- Semarnat. 2002. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-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. Semarnat, *Diario Oficial de la Federación*, 6 de marzo de 2002.
- Semarnat. 2006a. *Política ambiental nacional para el desarrollo sustentable de océanos y costas de México*. Subsecretaría de Planeación y Política Ambiental, Dirección General de Política Ambiental e Integración Regional y Sectorial, Semarnat, México.
- Semarnat. 2006b. Decreto por el cual se aprueba el Programa de Ordenamiento Ecológico Marino del Golfo de California. *Diario Oficial de la Federación*, 29 de noviembre de 2006.
- Simberloff, D. 1998. Flagships, umbrellas, and keystones: Is single-species management passe in the landscape era? *Biological Conservation* **83**: 247-257.
- Sinac y Minae. 2007a. *GRUAS II: Propuesta de ordenamiento territorial para la conservación de la biodiversidad de Costa Rica*, Vol. 1: *Análisis de vacíos en la representatividad e integridad de la biodiversidad terrestre*. Sistema Nacional de Áreas de Conservación (Sinac) del Ministerio de Ambiente y Energía (Minae), San José, Costa Rica.
- Sinac y Minae. 2007b. *GRUAS II: Propuesta de ordenamiento territorial para la conservación de la biodiversidad de Costa Rica*, Vol. 2: *Análisis de vacíos en la representatividad e integridad de la biodiversidad de los sistemas de aguas continentales*. Sistema Nacional de Áreas de Conservación (Sinac) del Ministerio de Ambiente y Energía (Minae). San José, Costa Rica.
- Soberón, J., R. Jiménez, J. Golubov y P. Koleff. 2007. Assessing completeness of biodiversity databases at different spatial scales. *Ecography* **30**: 152-160.
- Soulé, M.E., y M.A. Sanjayan. 1988. Conservation targets do they help? *Science* **279**: 2060-2061.
- Souza, V., L. Espinosa-Asuar, A.E. Escalante, L.E. Eguiarte, J. Farmer *et al.* 2006. An endangered oasis of aquatic microbial biodiversity in the Chihuahuan Desert. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* **103**: 6565-6570.
- Stattersfield, A.J., M.J. Crosby, A.J. Long y D.C. Wege. 1998. *Endemic bird areas of the world. Priorities for conservation*. BirdLife Conservation Series no. 7. BirdLife International, Cambridge, RU.
- Stockwell, D., y D. Peters. 1999. The GARP modelling system: Problems and solutions to automated spatial prediction. *International Journal of Geographical Information Science* **13**: 143-158.
- Strittholt, J., y R. Boerner. 1995. Applying biodiversity gap analysis in a regional nature reserve design for the edge of Appalachia, Ohio (U.S.A). *Conservation Biology* **9**: 1492-1505.

- Sullivan, K., y G. Bustamante. 1999. *Setting geographic priorities for marine conservation in Latin America and the Caribbean*. The Nature Conservancy, Arlington.
- Terán, M.C., K. Clark, C. Suárez, F. Campos, J. Denkinger *et al.* 2006. *Análisis de vacíos e identificación de áreas prioritarias para la conservación de la biodiversidad marino-costera en el Ecuador continental*. Resumen ejecutivo. Ministerio del Ambiente, Quito.
- Tognelli, M.F., C. Silva-García, F.A. Labra y P.A. Marquet. 2005. Priority areas for the conservation of coastal marine vertebrates in Chile. *Biological Conservation* **126**: 420-428.
- Tognelli, M.F., P.I. Ramírez de Arellano y P.A. Marquet. 2008. How well do the existing and proposed reserve networks represent vertebrate species in Chile? *Diversity and Distributions* **14**: 148-158.
- Ulloa, R., J. Torre, L. Bourillón, A. Gondor y N. Alcántar. 2006. *Planeación ecorregional para la conservación marina: Golfo de California y costa occidental de Baja California Sur*. Informe final a The Nature Conservancy. Comunidad y Biodiversidad, A.C., Guaymas.
- Urquiza-Haas, T., M. Kolb, P. Koleff, A. Lira-Noriega y J. Alarcón. 2008. Methodological approach to identify Mexico's terrestrial priority sites for conservation. *Gap Bulletin* 16. Disponible en <<http://pubs.usgs.gov/gap/gap16/pdf/gap16.pdf>>.
- Vane-Wright, R.I., C.J. Humphries y P.H. Williams. 1991. What to protect? Systematics and the agony of choice. *Biological Conservation* **55**: 235-254.
- Vázquez, L.B. 2005. Distribution patterns and conservation strategies for mammals in Mexico. PhD Thesis, University of Sheffield, Sheffield, RU.
- Viacheslav, M. 2004. Modelación numérica de la circulación cuasi-estacionaria en el norte del Golfo de California. *GEOS* **24**, núm. 2.
- Villaseñor, J.L., G. Ibarra y D. Ocaña. 1998. Strategies for the conservation of Asteraceae in Mexico. *Conservation Biology* **12**: 1066-1075.
- Vreugdenhil, D., F. Castañeda y M. López. 2003. *DAPVS/SERNA monitoreo y evaluación del SINAPH y del corredor biológico*. Preparación financiada por PROBA/Banco Mundial/GEF. Preparado por WICE. Disponible en <[http://www.monitoring-nature.info/files/monitoring\\_&\\_evaluation\\_of\\_sinaph&mbc\\_sp.doc](http://www.monitoring-nature.info/files/monitoring_&_evaluation_of_sinaph&mbc_sp.doc)>.
- Warsh, C.E., K.L. Warsh y R.C. Staley. 1973. Nutrients and water masses at the mouth of the Gulf of California. *Deep Sea Research* **20**: 561-570.
- Wilkinson T., J. Bezaury-Creel, T. Hourigan, E. Wiken, C. Madden *et al.* (en prensa). Espacios: ecorregiones marinas de América del Norte. Comisión para la Cooperación Ambiental, Montreal, mapa 1: 10 000 000.
- Williams P.H., N.D. Burgess y C. Rahbek. 2000. Flagship species, ecological complementarity, and conserving the diversity of mammals and birds in sub-Saharan Africa. *Animal Conservation* **3**: 249-260.
- Wilson, E.O. 1989. Threats to biodiversity. *Scientific American* **261**: 108-116.
- Wilson, K.A., E.C. Underwood, S.A. Morrison, K.R. Klausmeyer, W.W. Murdoch *et al.* 2007. Conserving biodiversity efficiently: What to do, where, and when. *PLoS Biology* **5**: 1850-1861.
- World Bank. 2002. *Project appraisal document on a proposed grant from the Global Environment Facility Trust Fund in the amount of SDR 12.8 million (US\$ 16.1 million equivalent) to Nacional Financiera, S.N.C. and Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza, A.C. for a consolidation of the protected areas system project*. Report no. 23359 ME. World Bank, Washington, D.C. Disponible en <[www-wds.worldbank.org/external/default/WDSContentServer/WDSP/IB/2002/02/09/000094946\\_02012404004525/Rendered/PDF/multi0page.pdf](http://www-wds.worldbank.org/external/default/WDSContentServer/WDSP/IB/2002/02/09/000094946_02012404004525/Rendered/PDF/multi0page.pdf)>.
- WWF. 2004. Mediterranean marine gap analysis, en <[www.panda.org/what\\_we\\_do/where\\_we\\_work/mediterranean/publications/?17231](http://www.panda.org/what_we_do/where_we_work/mediterranean/publications/?17231)> (consultado en noviembre de 2006).
- WWF, CONABIO y CCA. 1997. *Ecorregiones de México*, escala 1 000 000. México.
- WWF e IUCN. 1997. *Centres of plant diversity. A guide and strategy for their conservation*. 3 vols. IUCN Publications Unit, Cambridge, RU.
- Zavala-Hidalgo, J., S.L. Morey y J.J. O'Brien. 2003. Seasonal circulation on the western shelf of the Gulf of Mexico using a high-resolution numerical model. *Journal of Geophysical Research* **108**: 3389, doi:10.1029/2003JC001879.
- Zavala-Hidalgo, J., y A. Fernández-Eguiarte 2006. Propuesta para la regionalización de los mares mexicanos desde el punto de vista de los procesos físicos: el caso del Golfo de México, en A. Córdova, F. Rosete, G. Enríquez y B. Fernández (comps.), *Ordenamiento ecológico marino. Visión temática de la regionalización*. INE, Semarnat, México, pp. 21-32.