

# CAPITAL NATURAL DE MÉXICO

---

Volumen I

CONOCIMIENTO ACTUAL DE LA BIODIVERSIDAD



La Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad es una Comisión Intersecretarial presidida por el titular del Ejecutivo Federal.

# CAPITAL NATURAL DE MÉXICO

---

*Coordinador general*  
José Sarukhán

Volumen I

## Conocimiento actual de la biodiversidad

---

*Compiladores*  
Jorge Soberón  
Gonzalo Halffter  
Jorge Llorente-Bousquets



Comisión Nacional  
para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad

MÉXICO, 2008

## **Coordinación general**

José Sarukhán

## **Compilación**

Antonio Alonso Concheiro  
Salvador Anta  
Julia Carabias  
Rodolfo Dirzo  
Exequiel Ezcurra  
Renée González  
Gonzalo Halffter  
Jorge Llorente-Bousquets  
Ignacio March  
Javier de la Maza  
Alejandro Mohar  
Irene Pisanty  
José Sarukhán  
Jorge Soberón

## **Coordinación**

Georgina García Méndez  
Patricia Koleff  
Andrés Lira Noriega  
Marcia Tambutti  
Tania Urquiza Haas

## **Asistencia**

Juan Carlos López Acosta  
Romeo López Camacho  
Paula Meli  
Nubia Morales  
Ana Lucía Pedroza  
Rafael Pompa  
Magali Santillán Ramírez  
Olivia Yáñez

## **Producción editorial**

José Luis Acosta  
Luz María Bazaldúa  
Antonio Bolívar  
Sergio Bourguet  
Socorro Gutiérrez  
Eliud Monroy  
Heidi Puon  
Axel Retif  
Jorge Sánchez y Gándara

## **Asistencia**

Oswaldo Barrera

## **Portada**

Gabriel Martínez Meave  
Isaías Loaiza

## **Impresión**

Offset Rebosán, S.A. de C.V.

DR © 2008 COMISIÓN NACIONAL PARA EL CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD  
Liga Periférico-Insurgentes Sur 4903, Parques del Pedregal, Tlalpan, 14010 México, D.F.  
[www.conabio.gob.mx](http://www.conabio.gob.mx)

Obra completa: ISBN 978-607-7607-02-1

Volumen I: ISBN 978-607-7607-03-8

Impreso en México / *Printed in Mexico*

Forma de citar

CONABIO. 2008. *Capital natural de México*, vol. I: *Conocimiento actual de la biodiversidad*.

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México

# Presentación

---

El capital natural que alberga nuestro país es uno de los más diversos del planeta y ofrece a los mexicanos variadas oportunidades para su desarrollo económico y elevar su calidad de vida, a pesar de que a lo largo de muchos años ha sido severamente deteriorado en extensas regiones y de que, en términos generales, el desarrollo del país no ha incluido criterios ambientales.

Esta obra, dedicada a ese privilegiado capital natural de México, es de gran relevancia no solo por ser resultado de un gran esfuerzo colaborativo, sino por el enfoque que ofrece al hacer una evaluación científica de los temas más relevantes relacionados con la biodiversidad, su conservación y manejo racional y los retos que enfrentamos como sociedad para lograr la sustentabilidad. En ese sentido, quiero hacer tres reflexiones a partir de este trabajo colectivo.

La primera se refiere a que es gratificante reconocer que tenemos un avance importante en el conocimiento de nuestra diversidad biológica, a diez años de haberse publicado el *Estudio de País* compilado por la CONABIO y con el que México cumplió con uno de los compromisos del Convenio sobre la Diversidad Biológica. Este nuevo estudio muestra que ahora tenemos ya disponible gran cantidad de información de alta calidad que permite tomar decisiones sobre bases científicas.

La segunda reflexión es que, a pesar de los indudables avances de los últimos años que ha tenido el país en ma-

teria ambiental, también han crecido las amenazas de numerosos factores de presión que actúan de forma sinérgica. Este hecho nos indica claramente que no podemos actuar tibiamente; debemos enfrentar con energía e inteligencia los enormes retos que se nos presentan, debemos continuar los esfuerzos de conservación y multiplicarlos diversificando el abanico de instrumentos para ello, fortaleciendo las áreas protegidas y los programas de uso sustentable fuera de ellas, si queremos conservar en el largo plazo la megadiversidad de México.

La tercera reflexión es que los mexicanos necesitamos mantener una visión crítica respecto al camino hacia la sustentabilidad y aprender de nuestros errores y aciertos, para que el capital natural de las diversas tierras y mares de la nación beneficie a todos sus habitantes en el presente y en el futuro, particularmente a los pueblos que han sido sus principales guardianes, dueños, usuarios y generadores de conocimiento, y que han forjado la valiosa diversidad cultural, que también debe resguardarse.

Con *Capital natural de México* damos un paso adelante al contar con lo que puede considerarse un segundo estudio de país que nos permite tener una base sólida para tomar decisiones informadas. Así pues, expreso mi mayor reconocimiento a todos los que colaboraron compartiendo generosamente su experiencia, conocimiento y tiempo para brindarnos esta obra.

JUAN RAFAEL ELVIRA QUESADA  
*Secretario de Medio Ambiente y Recursos Naturales*



## Prefacio

---

México se caracteriza por la gran heterogeneidad de su territorio: en él se encuentran paisajes de desiertos y selvas, tierras frías y calientes, volcanes de negro basalto que forjaron la cultura azteca, blancas calizas en las llanuras mayas, y montañas, llanos, ríos, mares. Además se distingue por sus grandes contrastes sociales. Los mexicanos nos reconocemos en la diversidad de ecosistemas, de culturas, de pensamientos; albergamos en nuestro territorio numerosas especies, muchas de ellas únicas en el mundo, en muy variados ambientes; también nos reconocemos en las innumerables y singulares culturas que habitan el país. Todo eso moldea nuestro carácter y nuestra unidad como nación. La característica más valiosa de México es la diversidad, tanto la ecológica y la biológica como la cultural.

Desde su origen, la especie humana ha dependido para su desarrollo y evolución cultural de la transformación de los ecosistemas y de los diversos servicios que estos le han brindado; de hecho, lo que podría interpretarse como una liberación —al menos parcial— de esa dependencia respecto de los sistemas naturales —como aparentemente ocurre con la utilización de fuentes de energía diferentes a la solar— no es sino una supeditación “disfrazada” a los servicios paleo-ecosistémicos. Es decir, hoy seguimos dependiendo de la actividad de los ecosistemas que existieron en el Carbonífero y que dieron lugar a la materia orgánica que ha sido la productora de los combustibles fósiles, base del desarrollo económico moderno de la humanidad, la cual, insistimos, sigue estando, por lo menos en primera instancia, totalmente subordinada a la existencia de los servicios ecosistémicos (ambientales) y al acceso a los mismos.

Un ecosistema es un complejo dinámico de comunidades vegetales y animales, y de microorganismos que los conforman y que actúan como un todo funcional. El agregado de los ecosistemas, las especies que los componen y la variación genética característica de cada especie, los procesos que ocurren en ellos y su funcionamiento constituyen lo que se llama biodiversidad. Los ecosistemas no solo son reservorios de dicha diversidad, sino proveedores de servicios y bienes de gran valor: además de aportarnos alimentos y fibras (en aquellos manejados

por el hombre), son responsables de la captación de agua pluvial que se infiltra y alimenta manantiales, ríos y lagos; producen y mantienen en su lugar suelos fértiles; capturan el bióxido de carbono de la atmósfera; alojan a los polinizadores indispensables para gran parte de la producción agrícola, así como a los agentes de control biológico de numerosas plagas dañinas para nosotros y nuestros cultivos, por mencionar algunos de esos servicios.

Los ecosistemas y sus servicios constituyen un capital comparable a los capitales financieros y de infraestructura de una nación. Sin embargo, las cuentas nacionales —con la excepción de las de unos cuantos países— no incluyen el deterioro del capital natural ni su costo en el cálculo de la riqueza producida. Estudios hechos por economistas con una visión que incluye la consideración del valor del capital natural demuestran que la mayoría de los países presentan, cuando se destruye el capital natural, un crecimiento económico negativo. Sin duda, este costo tiene un efecto inmediato o de corto plazo en los sectores menos privilegiados de la sociedad y finalmente, en el largo plazo, para el país mismo.

En México ha dominado la idea de que el desarrollo está confrontado con la conservación y el manejo racional de los ecosistemas. Quienes hemos contribuido a la presente obra pensamos que ya es hora de asumir en nuestro país que esta idea está equivocada, que es perversa y que tenemos que trabajar en un contexto de desarrollo económico sostenido con beneficio social permanente, acotado solo por las características ambientales de cada región.

El capital natural de México representa un gran potencial para el desarrollo y la generación de beneficios para toda la población. A pesar de ello, históricamente hablando, las políticas de explotación de los recursos naturales en el país no han favorecido la conservación de ese capital ni su uso sustentable, ni tampoco han mejorado el bienestar social.

En el futuro, las políticas de desarrollo que sigan dando a la gestión de la biodiversidad una baja prioridad estarán ignorando elementos básicos de la seguridad nacional y de las perspectivas del país, como tener una sociedad viable y competitiva que cuente con una base material sustentable.

Tenemos que asumir la diversidad ecológica, biológica y cultural como parte inherente, consustancial, de nuestro país. El capital natural es un patrimonio que tenemos que conocer para valorarlo, utilizarlo y conservarlo adecuadamente en beneficio de todos los mexicanos. Es un capital que no podríamos “importar” una vez que lo hayamos destruido. El conocimiento de ese capital natural debe ser creado en nuestro país, sobre todo por nuestra propia gente; tampoco lo podemos importar de otros países o regiones. Los ecosistemas no son transportables de un lado a otro, como tampoco lo son los servicios que nos proporcionan.

Por ello la presente evaluación de los ecosistemas mexicanos y de otros elementos de la biodiversidad ayudará a transitar de la fase de definición de problemas a la de planteamiento y diseño de soluciones; a pasar de la reacción ante los problemas a la anticipación de los mismos. Debemos partir del convencimiento de que los esfuerzos productivos y de mercado, sensatamente conducidos, pueden ser herramientas de desarrollo al mismo tiempo que de conservación de nuestro capital natural. Pero también estamos convencidos de que para ello es indispensable la rectoría del gobierno, informado de manera pertinente, certera y oportuna con lo mejor de nuestros conocimientos acerca de dicho capital natural.

Es esto lo que motiva el esfuerzo de la presente obra: poner a disposición de un amplio público, incluyendo el sector gubernamental, la mejor información disponible sobre lo que poseemos en cuanto a capital natural en el país, el estado de conservación del mismo, el potencial de utilizarlo de manera sensata y los escenarios de posibles trayectorias que pudiese tomar ese capital, dadas diversas decisiones y acciones políticas gubernamentales o de la sociedad en general, para delinear aquellas opciones que permitan congeniar la aparente tensión entre conservar y utilizarlo con miras al bienestar social.

El estudio *Capital natural de México* se ha enfocado a analizar toda la gama de los ecosistemas del país, desde los más prístinos hasta aquellos que han sido seriamente modificados, ya sean terrestres o marinos. Muchos de los capítulos hacen referencia a los servicios que los ecosistemas prestan a la sociedad y cómo el estado de salud de los ecosistemas afecta dichos servicios. También se describen, desde varias perspectivas, los diversos elementos de la biodiversidad y lo que conocemos de ellos. En ese sentido, cabe destacar que cerca de dos terceras partes de la biodiversidad mundial, medida a partir del número de especies, se localizan en un puñado de países conocidos como megadiversos. México forma parte de ellos y es ade-

más uno de los que al contar con un gran número de especies endémicas tiene una alta prioridad y se encuentra entre las cinco naciones con mayor riqueza biológica y cultural. Dentro de sus fronteras existe también una de las más grandes riquezas de ecosistemas terrestres del mundo, así como una extraordinaria diversidad marina, lo cual se ejemplifica al ser el único país que posee un mar propio, el Mar de Cortés, que destaca por su extraordinaria biodiversidad y por los recursos biológicos que alberga.

No se puede dejar de señalar, asimismo, la exuberante agrobiodiversidad, que ha llevado a que México sea reconocido en el ámbito mundial como uno de los principales centros de domesticación de plantas útiles para la humanidad.

## ANTECEDENTES

El presente estudio surge motivado por la necesidad de realizar una segunda evaluación de la biodiversidad del país. La primera fue elaborada bajo la coordinación de la CONABIO y publicada en 1998, con información de fuentes bibliográficas en su mayoría anteriores a 1995. Dicho estudio fue un primer esfuerzo por dar a conocer una síntesis descriptiva de la biodiversidad de México, que permitió cumplir con los acuerdos adquiridos al firmar y ratificar el Convenio sobre la Diversidad Biológica. La información compilada entonces fue utilizada para plantear la Estrategia Nacional para la Conservación de la Biodiversidad de México (publicada en 2000) y como base para el diseño o evaluación de algunos proyectos ambientales y para la difusión de la importancia de la diversidad biológica de México y los principales aspectos relacionados con su conservación. También ha servido como una guía nacional para que los estados de la República trabajen en sus propios informes.

Este segundo estudio arranca de la experiencia del primero, pero tiene un horizonte muy diferente: intenta hacer una evaluación de los ecosistemas, tanto terrestres como acuáticos (marinos y epicontinentales) de México; abarca también el concepto de servicios ecosistémicos en la medida que estos han podido ser considerados. Analiza, además, el estado actual de la biodiversidad desde el nivel genético hasta el de los ecosistemas, los factores que han influido en el cambio de esa biodiversidad y las tendencias de dicho cambio, las capacidades nacionales que han permitido o limitado el conocimiento, el uso racional y la conservación de la biodiversidad, así como los escenarios que podrán presentarse dadas ciertas circunstan-

cias de políticas públicas, inversión en el sector ambiental, etc. Se ha hecho uso extensivo de las grandes bases de datos con que cuenta la CONABIO, y se han realizado amplias consultas a expertos nacionales y extranjeros; se han llevado a cabo análisis novedosos de la información primaria disponible, yendo mucho más allá de los análisis de fuentes secundarias que caracterizaron el primer estudio.

Hemos usado aquí el concepto de capital natural para referirnos no solo a la biodiversidad representada por especies y comunidades, sino también a los servicios que los ecosistemas proveen a la sociedad en forma de bienes tangibles y valiosos; a otros aspectos como la biodiversidad generada por la gente (los cultivos y el conocimiento nativo acerca de ellos), y —aunque de manera más limitada— a la misma diversidad cultural como un elemento esencial para entender buena parte de las relaciones entre las sociedades y sus recursos a lo largo del tiempo. Se ha querido contribuir a inculcar en la sociedad una cultura que promueva la diversidad, que impulse una mayor apreciación del enorme valor de los servicios ambientales que nos proporciona la rica naturaleza de México y que aporte elementos determinantes para arraigar la decisión de conservar nuestro cada vez más amenazado patrimonio natural.

Hoy contamos con información más completa y solvente y en cantidades mucho mayores que hace 15 años. Ahora es necesario integrarla, analizarla y ponerla a disposición de los sectores interesados, tanto de los diferentes niveles de gobierno como de una sociedad cuya demanda de información confiable y reciente ha crecido de manera notable.

Este estudio se distingue en particular por la amplia participación de diversos especialistas, lo que representa un esfuerzo sin precedente para brindar información fundamentada que proporcione sólidos elementos de juicio para quienes toman decisiones, e intenta sentar las bases de una agenda ambiental de México para los próximos 10 años que sea útil y atractiva para los legisladores, los funcionarios en áreas ejecutivas de diferentes niveles de gobierno, la comunidad académica, las organizaciones civiles, la industria, los medios y la sociedad civil. Quisiéramos que también fuese útil para otros muy importantes tomadores de decisiones: los dueños tradicionales de los ecosistemas de nuestro país, pero es claro que en este sentido tenemos que trabajar mucho más, tanto en producir el tipo de información pertinente como en encontrar las mejores vías de comunicarlo.

En junio de 2006, cuando los capítulos ya tenían bien esbozado su contenido, se publicó un documento sinté-

tico (*Capital natural y bienestar social*) que reunía las principales ideas y reflexiones incluidas en ellos, con la finalidad de contribuir al debate nacional durante el proceso de cambio de administración pública y destacar la importancia de incorporar la visión ambiental, particularmente de la conservación y uso de la biodiversidad, en la planeación del desarrollo nacional para el periodo 2006-2012.

## OBJETIVO CENTRAL

Hemos tratado de integrar la fuente más completa de información primaria, actualizada, descriptiva, analizada y sintetizada sobre el estado del conocimiento, la conservación y el uso de la diversidad biológica de México, y de los servicios ambientales (o ecosistémicos) que presta. No ha sido el propósito de la obra presentar resultados inéditos provenientes de nueva investigación, sino organizar, evaluar y sintetizar el conocimiento disponible y, como resultado de ello, dar una opinión fundamentada del estado de la situación, de los logros y las limitaciones, los avances y los retrocesos en todo lo que se refiere al manejo sustentable, la conservación y la restauración de nuestro capital natural. En los casos en que ha sido posible, se ha empezado a hacer referencia a las consecuencias de este estado de cosas sobre el bienestar social de los habitantes del país, especialmente de quienes viven y dependen de los ecosistemas. Quisiéramos pensar que comenzamos a trazar un camino en lo que se refiere al análisis de la forma en que la calidad y cantidad de los componentes de la biodiversidad, incluyendo los servicios ecosistémicos, afectan el bienestar de la población del país. Pensamos que este es un camino que debemos recorrer de manera realmente interdisciplinaria en el futuro. Hemos empezado por darle un énfasis especial a los servicios que proporcionan los ecosistemas (resumideros de bióxido de carbono, productores de alimento, captadores de agua para el mantenimiento de acuíferos, ríos, lagos, humedales, retensores de suelo y conservadores de la fertilidad del mismo, proveedores de polinizadores, etc.).

Con esa misma idea fue elaborado el estudio global del Millennium Ecosystem Assessment (MA) —una evaluación sobre el estado de salud de los ecosistemas del planeta y su influencia en el bienestar humano—, que ha servido de fuente de inspiración para varios de los enfoques del nuestro, y que en los próximos años seguramente se irá extendiendo a otros estudios regionales. La conciencia acerca de la forma en que la humanidad demanda

crecientemente los servicios ecosistémicos ha crecido a un punto en el que las transacciones entre los diversos servicios que prestan los ecosistemas se empiezan a analizar cada vez más de manera cotidiana y todas las estadísticas indican que esa tendencia de análisis aumentará muy notablemente en las siguientes décadas. Por ejemplo, un país puede incrementar su abasto de alimentos convirtiendo sus ecosistemas naturales en sistemas agrícolas, pero esto tendrá como resultado una reducción en la cantidad de otros servicios de igual o mayor importancia —y por lo general irremplazables—, como la provisión de agua, la captura de bióxido de carbono de la atmósfera, la regulación de inundaciones y azolves o el control de la desertificación.

Existen claros indicios de que tanto a escala mundial como regional y local hay una severa degradación de la capacidad de los ecosistemas para proveer dichos servicios, incluidos los de producción de alimentos en ambientes terrestres y marinos. Los resultados del MA indican que la mayor parte de las regiones ecológicas del planeta y de los servicios de los ecosistemas están en franco proceso de degradación. Estos resultados son evidentes también, como lo verá el lector de esta obra, en el caso de México.

De acuerdo con lo anterior, en el estudio sobre el *Capital natural de México* intentamos:

- Identificar opciones de conservación y manejo sustentable de la diversidad biológica de México contenida en los ecosistemas del país, con ventajas para la población, en especial la que habita o usufructúa dichos ecosistemas de los que derivamos numerosos servicios y beneficios.
- Establecer claramente, como parte de la visión general de quienes toman decisiones, que cambiar el uso actual de un ecosistema por otro cualquiera tiene aspectos positivos (por ejemplo, la ganancia económica de un cultivo) y negativos (la pérdida y disminución de servicios ambientales como los mencionados), y que tomar una decisión que afecte un ecosistema debe ser el resultado de un conjunto de políticas multisectoriales de Estado que contemplen los efectos que se producirán en cada uno de los sectores económicos y sociales afectados.
- Ayudar a identificar las acciones locales de manejo sustentable y conservación (que con frecuencia son las más eficaces, pero las más difíciles de planear) y articularlas con las de otros niveles (estatales, nacionales, regionales e incluso mundiales).

Al comenzar los trabajos para la redacción de esta obra se definió un marco conceptual que se distribuyó a todos los autores y coautores de los capítulos, así como a los revisores externos de los mismos. Ese marco cuenta con una estructura lógica para evaluar el estado, las tendencias y respuestas del conocimiento, la conservación, el uso, las capacidades y los posibles escenarios futuros de la diversidad biológica de México.

Hemos procurado realizar una evaluación científica de la información existente y definir así qué componentes de lo que conocemos nos ofrecen las bases más firmes para, por un lado, tener una idea lo más realista posible de la situación en que se encuentra la conservación y el manejo sustentable de nuestro capital natural, y por otro sugerir las mejores opciones de acciones y políticas. Los autores han hecho un esfuerzo para que tales evaluaciones consideren problemas concretos, sean científicamente verosímiles, políticamente imparciales y respondan a las necesidades de quienes toman decisiones, es decir, que sean pertinentes. Una evaluación es creíble si los pares dentro de la comunidad científica avalan que la información científica y técnica es fidedigna y factible. Por ello numerosos revisores externos —que no tomaron parte en la redacción del capítulo que evaluaron— fueron invitados para validar los textos escritos por sus colegas; sus comentarios fueron analizados y atendidos por los autores responsables de los capítulos. La pertinencia de la información en los capítulos será juzgada por los usuarios de la obra. Esperamos su opinión y evaluaremos qué tanto será considerada o utilizada para cambiar decisiones políticas. Los autores han procesado la información de la manera más imparcial posible, para que sea del conocimiento de las instancias gubernamentales, el sector privado y la sociedad civil.

No ha sido propósito del presente documento proporcionar recomendaciones precisas sobre políticas necesarias o correcciones y adiciones a las mismas relacionadas con los diferentes asuntos abordados a lo largo de la obra. Ciertamente, de las evaluaciones hechas en los capítulos, sobre todo en los referentes a lecciones aprendidas, se pueden desprender cursos de acción que se consideren apropiados para reforzar políticas o acciones, innovarlas o corregirlas.

Además del material impreso en cada capítulo, la obra incluye abundantes datos básicos en discos compactos adjuntos a cada volumen. Un componente en especial relevante es el  que contiene el listado de las especies que se conocen y han sido descritas como presentes en nuestro territorio y nuestros mares. Es un listado que,

como todos los listados del mundo, siempre está cambiando, y su actualización es una tarea en constante proceso y deberá mantenerse en permanente revisión. Además, la obra estará disponible en línea en la página web de la CONABIO. Con esto pretendemos estimular el interés de los expertos para que con su ayuda podamos ampliar este listado, lo cual se hará de forma supervisada para asegurar que solamente información verificada por especialistas sea añadida. Esperamos también que al contar con toda la información de la obra disponible en línea, su difusión sea mayor y se estimule la investigación en temas fundamentales para el país.

El tratamiento de los temas en los capítulos se complementa donde es pertinente con mapas, figuras y cuadros, muchos de ellos originales, así como con recuadros que contienen estudios de caso, escritos en su mayoría por especialistas del tema. Esto tiene la ventaja adicional de ampliar el abanico de autores, y de enriquecer y hacer más representativo el trabajo de la obra al incorporar nuevos puntos de vista.

La obra *Capital natural de México*, que comenzó a elaborarse en 2005, consta de cinco volúmenes: I. *Conocimiento actual de la biodiversidad*; II. *Estado de conservación y tendencias de cambio*; III. *Políticas públicas y perspectivas de sustentabilidad*; IV. *Capacidades humanas, institucionales y financieras*, y V. *Escenarios futuros*. Cada volumen ha tenido un grupo de compiladores a cargo del desarrollo del mismo; los capítulos cuentan con uno o varios autores responsables que coordinaron a todos los coautores y a los autores de los recuadros, en caso de que los haya. De estos cinco volúmenes, los tres primeros se publicarán en 2008 y los dos últimos en 2009. Para los tres primeros, el número total de capítulos es de 45, y en ellos participaron 648 autores provenientes de 227 instituciones tanto académicas como gubernamentales y de organizaciones civiles de la mayor parte de las entidades de la República, y 96 revisores externos.

## AGRADECIMIENTOS

Este ha sido un esfuerzo excepcional que constituye un ejemplo de colaboración académica y técnica. La obra se

habrá logrado con la participación voluntaria de quienes colaboraron en ella y demuestra el claro deseo de todos ellos de ofrecer lo mejor de su conocimiento para beneficio de nuestro país. No hay muchos ejemplos en los que más de 600 académicos y profesionales se hayan unido para hacer el análisis de un tema fundamental para el país, como es el capital natural de México.

Esa fue la labor de los compiladores de los cinco volúmenes, de los autores responsables de cada capítulo y sus coautores y de los autores de recuadros o apéndices de los capítulos. También debemos reconocer de modo especial el trabajo de los revisores externos. Los nombres de los compiladores de los volúmenes se incluyen al principio de los mismos y, de igual manera, los autores responsables encabezan cada capítulo, seguidos de los coautores del mismo, y se consignan también los nombres de los revisores externos. Deseamos expresar nuestro especial agradecimiento a todas las instituciones a las que pertenecen los participantes y que están mencionadas en las listas de autores y de revisores de cada volumen.

El trabajo de coordinación de toda la obra fue llevado a cabo por un pequeño secretariado en la CONABIO, apoyado en un grupo de colaboradores contratados para esta tarea. Debo reconocer aquí la enorme contribución, durante todo el proceso de producción de la obra, de Patricia Koleff, Georgina García Méndez, Marcia Tambutti, Andrés Lira Noriega, Tania Urquiza Haas, Nubia Morales, Romeo López Camacho y Magali Santillán, quienes desempeñaron esta tarea sin descanso.

Los compiladores de los volúmenes de que consta la obra recibieron el apoyo y la asistencia directa de las siguientes personas: Olivia Yáñez en el volumen I, Juan Carlos López Acosta en el volumen II y Paula Meli en el volumen III. A todos ellos nuestro agradecimiento acorde con su participación y ayuda.

Es de elemental justicia reconocer aquí también el profesional trabajo de producción y cuidado editorial del grupo que encabeza Antonio Bolívar, quien desde el inicio de la redacción de los capítulos participó en la concepción editorial y en el establecimiento de las normas para los autores.

JOSÉ SARUKHÁN  
*Coordinador general*



# Guía de lectura

---

## INTRODUCCIÓN

Como toda región con antiguas culturas indígenas, en México el conocimiento de los elementos naturales se ha desarrollado a lo largo de milenios; no solamente existen fuentes documentales que nos permiten asomarnos a lo que fue el enorme acervo acumulado por los antepasados aborígenes, sino que aún hoy sobrevive una amplia y dinámica corriente de conocimientos que se conserva y desarrolla en las comunidades campesinas y rurales. Este variado y rico corpus se ha mantenido parcialmente vivo; a veces ha sido ignorado, otras excluido, y en ocasiones se ha aceptado y reconocido por esa otra gran vertiente de conocimiento que es la ciencia “occidental”, la cual ha sido determinante para el estudio de la singular riqueza biológica de México.

En forma reiterada se menciona que nuestro país carece de información científica sobre su diversidad biológica. Esta afirmación debe tomarse en un sentido relativo. Si consideramos todo lo que falta por avanzar, es claro que el trecho es largo. Pero si vemos lo que se ha avanzado en conocimiento, es imposible dejar de advertir que los científicos de México, y muchos del extranjero, así como importantes grupos indígenas y campesinos han acumulado un significativo cuerpo de información que debe servir de base para que los gobiernos tomen decisiones correctas sobre el uso de nuestros recursos naturales y para que una ciudadanía educada pueda evaluar las opciones y consecuencias de las diferentes acciones implementadas tanto por los funcionarios gubernamentales en sus distintos niveles como por otros actores sociales.

En este primer volumen de *Capital natural de México*, se presenta una síntesis del conocimiento existente sobre los distintos componentes de la diversidad biológica del país. Aunque el énfasis está puesto en el conocimiento científico, se abordan temas relacionados con los saberes tradicionales e indígenas. Hay algunas características de la presente obra que la hacen diferente de los estudios sintéticos del pasado (Ramamoorthy *et al.* 1993; Flores-Villela y Gerez 1994; CONABIO 1998). En primer lugar, esta es fruto de una amplia participación nacional; es el resultado de un trabajo conjunto de instituciones de go-

bierno y universidades o centros de investigación, así como de organizaciones civiles, y es una muestra clara del gran crecimiento y diversificación que el país ha tenido en las últimas décadas, no solo en términos de capacidades y recursos humanos, sino también en la madurez de sus instituciones. Hace 20 años hubiera sido difícil que gobierno, investigadores y organizaciones civiles y sociales hubieran trabajado juntos, de igual a igual, en un estudio de esta naturaleza.

Una segunda característica que la diferencia de las que la anteceden es la existencia de bases de datos electrónicas y de cartografía digital para realizar diferentes análisis. Si bien no se trata de una obra en la que se presenten los resultados de conocimiento nuevo en lo que se refiere a la biota de México como producto de investigaciones originales, sí se presentan nuevos mapas, así como resultados de los análisis de la cartografía digital y de algunas de las bases de datos con que cuenta en la actualidad la CONABIO. La participación de la comunidad científica nacional e internacional, con la ayuda y la utilización de tecnologías informáticas, permitirá mantener actualizados muchos de los resultados compilativos aquí incluidos, ya que se pretende abrir un sitio especial en la página web de la CONABIO paralela a la obra, donde se podrán actualizar de manera constante partes importantes de ella.

El hecho de que México sea el cuarto país del mundo en términos de indicadores sobre diversidad biológica (Mittermeier y Mittermeier 1992) debe ser motivo de un profundo orgullo para nuestra sociedad, pero a la vez representa una responsabilidad ética para los mexicanos. Somos los herederos de una enorme variedad de especies y biotas que contienen vías metabólicas y secuencias genéticas que son únicas en el mundo (con cientos de especies domesticadas o semidomesticadas, como producto de complejos procesos culturales). Por ello, cada vez que una especie se extingue en nuestro país, irreversiblemente se cierra una puerta hacia el futuro; estas son puertas que pueden conducir a avances en la medicina o en la industria, a mejoras agrícolas por medio de la investigación científica y tecnológica, así como a la inspiración para la creación artística, y a la satisfacción espiri-

tual que se deriva de contemplar y verse en una naturaleza sana. Cuando las especies se extinguen estas puertas se cierran una a una, para no volverse a abrir. Los argumentos económicos para utilizar de manera no destructiva nuestro capital natural son muchos y claros. Las razones más profundas son de orden ético: no tenemos derecho a heredar a las generaciones venideras un laberinto lleno de puertas cerradas.

### PARA LEER ESTE VOLUMEN

Desde el punto de vista del conocimiento científico, la diversidad biológica se acostumbra analizar desde tres perspectivas diferentes: una llamada biótico-ecosistémica, referente a los grandes agregados de especies como se encuentran en los biomas, ecorregiones y comunidades naturales, en conjunto con los procesos ecológicos, geológicos y evolutivos que los constituyen; una perspectiva taxonómico-filogenética, que se relaciona con las especies y los grupos taxonómicos superiores en los que están incluidas, y, finalmente, una perspectiva suborganísmica orientada a las estructuras y procesos moleculares, pero con gran énfasis en los aspectos genéticos y metabólicos. Estos puntos de vista suelen llamarse —esquemáticamente— los *niveles de la biodiversidad*. Esta subdivisión en enfoques o niveles ecosistémico (biótico), específico (organísmico) y genético (molecular) constituye la columna vertebral del primer volumen. Esta estructura también corresponde a las definiciones incluidas en el Convenio sobre la Diversidad Biológica (<http://www.cbd.int/>). La riqueza de perspectivas propias de los conocimientos tradicionales fue tratada parcialmente en esta obra, no solo por la magnitud que de otra manera habría representado la tarea, sino por la carencia de fuentes adecuadas. Así, de acuerdo con tal esquema, este volumen, titulado *Conocimiento actual de la biodiversidad*, está dividido en cinco partes: La perspectiva biogeográfica y ecosistémica; El conocimiento acerca de las especies; El conocimiento de la variabilidad genética; Diversidad cultural y domesticación de la biodiversidad, y Lecciones aprendidas.

El primer capítulo, ‘El conocimiento biogeográfico de las especies y su regionalización natural’, presenta una visión de la geografía histórica sobre la biota (la flora y la fauna terrestres) de México. El propósito es presentar una clasificación geográfica del territorio basada en los grupos de especies endémicas que se encuentran en diferentes regiones. Se habla de los países megadiversos y

se mencionan las principales razones fisiográficas e históricas que explican la variedad de asociaciones vegetales y sus respectivas faunas. También se presenta un repaso de las subdivisiones biogeográficas que se han hecho en el pasado. El énfasis está puesto en los factores históricos que influyen sobre la heterogeneidad con que la flora y la fauna terrestres se distribuyen en el país. Este capítulo tiene una relación directa con el segundo, ‘La perspectiva biogeográfica histórica’, en el cual se analizan con particular detalle los procesos histórico-evolutivos que explican la compleja diversidad biológica en la llamada Zona de Transición Mexicana, donde se entrelazan las regiones Neártica y Neotropical. En este capítulo se define el concepto de patrón biogeográfico y se sintetiza el conocimiento sobre cómo las expansiones bióticas ocurridas en diferentes periodos geológicos influyeron de manera diferenciada para explicar los patrones que se observan en insectos, vertebrados terrestres y plantas vasculares. El tercer capítulo, ‘Los ecosistemas terrestres’, complementa los dos primeros al presentar subdivisiones de la geografía de México basadas en criterios fundamentalmente fisonómico-florísticos, es decir, de las especies y formas que componen la vegetación; el énfasis de este capítulo es ecológico, más que evolutivo. En los capítulos cuarto y quinto se describen los correspondientes ecosistemas acuáticos, tanto dulceacuícolas como marinos, destacando algunos de los servicios ambientales que prestan. Finalmente, en el capítulo sexto, ‘Diversidad de procesos funcionales en los ecosistemas’, se hace una de las primeras revisiones de los grandes ciclos y procesos funcionales que están presentes en los ecosistemas de México y que son la base de servicios ambientales como la producción de oxígeno, la fijación de carbono, y otros que benefician a nuestra sociedad. Para obtener una evaluación económica de los servicios ambientales es indispensable partir de la cuantificación de los procesos ecosistémicos, misma que México ya está en condiciones de iniciar.

La segunda parte se dedica a la perspectiva de estudio de la biodiversidad orientada a las especies que constituyen los ecosistemas. A menudo, esta perspectiva se llama también taxonómica, porque el énfasis está puesto en las unidades taxonómicas en las que se clasifica el universo conocido de seres vivos. En el capítulo séptimo, ‘Desarrollo y situación del conocimiento de las especies’, se presentan los principales impulsos en el largo proceso por el cual se ha llegado al conocimiento de la biota de nuestro país, comenzando con algunos elementos del conocimiento registrado en tiempos prehispánicos. Se men-

cionan las principales expediciones, el desarrollo de las instituciones, las publicaciones y diversos aspectos sobre la actividad de los principales científicos que han construido, a lo largo de siglos, el respetable acervo de conocimientos con el que cuenta México respecto a las especies vivas que habitan su territorio. Este capítulo es un antecedente indispensable para el undécimo, donde se presenta un gran avance colectivo sobre el resumen de la lista de especies conocidas de México. El octavo capítulo, 'Situación legal de la recolecta científica', consiste en una revisión de los principales elementos de legislación que afectan la obtención de los materiales primarios para los estudios taxonómicos y genéticos en México, esto es, la recolecta con fines científicos. El capítulo pretende ofrecer una panorámica de un tema que muy pocos biólogos conocen con adecuado detalle, pero que afecta a todos aquellos que obtienen muestras de estudio en el campo. Se introduce también el tema de la propiedad del conocimiento tradicional de los pueblos indígenas, mismo que se desarrolla con mayor amplitud en el capítulo decimoséptimo.

El capítulo noveno, 'La diversidad en el pasado', aporta una visión panorámica del conocimiento existente sobre las especies fósiles en México. Empieza con una revisión de los procesos tectónicos principales que han afectado la fisiografía y los climas del país. El énfasis está puesto en los vertebrados del Cuaternario, los moluscos del Pleistoceno, que pese a ser comparativamente bien conocidos aún requieren exploraciones muy extensas, y la paleobotánica desde el periodo Cretácico; también se mencionan algunos aspectos sobresalientes de la paleobiodiversidad marina de México. Este capítulo proporciona el marco de referencia para el décimo, 'Extinción de especies', donde se revisan algunas de las causas principales que han conducido a la extinción de las especies y se presenta una lista actualizada de las especies de flora y fauna que se consideran extintas o extirpadas (cuando aún subsisten poblaciones fuera del territorio nacional).

El capítulo undécimo, 'Estado del conocimiento de la biota', representa una aportación significativa al conocimiento de la diversidad biológica de México, ya que en él se reúnen, por primera vez en forma sintética, avances de una revisión exhaustiva de los taxones y las especies descritas que se encuentran en nuestro país, que hasta ahora comprendemos en cerca de 81 540. Dada la inevitable temporalidad de la información que se presenta en este capítulo, se acompañará con un disco compacto (CD) con los datos crudos; esta base de datos estará disponible en

la página web de la CONABIO y, un poco más adelante, en un portal que podrá ser actualizado permanentemente por especialistas. La riqueza de especies también se analiza por entidad federativa de la República. Estos datos de riqueza se complementan en el duodécimo capítulo, 'Patrones de diversidad espacial en grupos selectos de especies', donde se presenta por vez primera un análisis comparativo de la riqueza de especies y del componente  $\beta$  de la diversidad de los vertebrados terrestres de México. Este capítulo representa un antecedente para el tema 'Identificación de prioridades y análisis de vacíos y omisiones para la conservación de la biodiversidad de México', que es abordado en el segundo volumen de la obra. Finalmente, esta parte concluye con un capítulo que vincula la visión a nivel de especies con el punto de vista ecosistémico, 'Grupos funcionales', en el que se revisa la diversidad biológica de nuestro país a nivel específico, pero desde una perspectiva funcional. Los servicios ambientales prestados por grupos de especies que realizan funciones como la polinización, la fijación de nitrógeno, las simbiosis micorrízicas, la dispersión de semillas, etc., constituyen una externalidad económica que es difícil medir o cuantificar, pero cuya relevancia es imposible poner en duda. Este capítulo representa la primera revisión de la biodiversidad de nuestro país desde esta perspectiva esencial e íntimamente relacionada con el bienestar social.

La tercera parte trata del conocimiento de la variabilidad desde una perspectiva genética. Comienza con un capítulo sobre 'La variabilidad genética de las especies: aspectos conceptuales y sus aplicaciones y perspectivas en México', donde se revisan las principales escuelas y variantes de estudios genéticos del país. El capítulo decimoquinto, 'La diversidad genética como instrumento para la conservación y el aprovechamiento de la biodiversidad: estudios en especies mexicanas', contiene una revisión completa del conocimiento en México sobre la variabilidad genética de las especies que habitan el territorio nacional, para grupos de organismos de todos los reinos y estimada con diferentes metodologías, y comenta los resultados desde una perspectiva conservacionista.

En la cuarta parte se incluyen capítulos relacionados con la utilización de la biodiversidad por grupos tradicionales y la domesticación de especies. El capítulo decimosexto, 'La diversidad lingüística y el conocimiento etnobiológico', es una síntesis de las principales lenguas indígenas que se hablan en México, incluyendo los trabajos conocidos publicados en cada lengua sobre etnobotá-

nica, etnozoología y etnoecología. En el capítulo decimoséptimo, 'Marco legal para el conocimiento tradicional sobre la biodiversidad', se aborda brevemente la compleja problemática legal asociada con la protección del conocimiento tradicional, área en la que en nuestro país (y en la mayor parte del mundo) subsisten aún enormes vacíos legales. El capítulo decimoctavo, 'Biodiversidad humanizada', contiene una revisión de los procesos de domesticación principales que se han llevado a cabo en especies del territorio de nuestro país.

Finalmente, la quinta parte contiene un solo capítulo en el que, como conclusión general del volumen, se exponen los principales avances, obstáculos, vacíos y problemas en torno al conocimiento actual de la biodiversidad de México, a manera de "lecciones aprendidas", y se resalta la necesidad de incrementar la participación ciudadana y de interpretar y aprovechar el enorme acervo del conocimiento tradicional de México.

---

## REFERENCIAS

- CONABIO. 1998. *La diversidad biológica de México: estudio de país*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- Flores-Villela, O. y P. Gerez. 1994. *Biodiversidad y conservación en México: vertebrados, vegetación y uso del suelo*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- Mittermeier, R., y C.G. Mittermeier. 1992. La importancia de la diversidad biológica de México, en J. Sarukhán y R. Dirzo (comps.), *México ante los retos de la biodiversidad*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, pp. 63-73.
- Ramamoorthy, T.R., R. Bye, A. Lot y J. Fa. 1993. *Biological diversity of Mexico: Origins and distribution*. Oxford University Press, Nueva York.

# Índice general

---

Presentación	7
Prefacio	9
Guía de lectura	15
Siglas y acrónimos	29

## PRIMERA PARTE. LA PERSPECTIVA BIOGEOGRÁFICA Y ECOSISTÉMICA

---

CAPÍTULO 1	<i>El conocimiento biogeográfico de las especies y su regionalización natural</i>	33
1.1	Introducción	34
1.2	Los patrones geográficos de la biodiversidad	41
1.2.1	Las regionalizaciones del territorio mexicano	45
1.3	Provincias biogeográficas	49
1.3.1	Región Neártica	49
	Zona de Transición Mexicana de Montaña (ZTMM),	54
1.3.2	Región Neotropical	58
	Neotrópico árido del norte, 58; Neotrópico subhúmedo y húmedo de Mesoamérica,	60
	Referencias	63
	<i>Apéndice 1.1</i> Especies endémicas y características de las provincias biogeográficas de México	(CD) 2
CAPÍTULO 2	<i>La perspectiva biogeográfica histórica</i>	67
2.1	Introducción	68
2.2	La Zona de Transición Mexicana	69
2.2.1	Los insectos de la Zona de Transición Mexicana	72
2.2.2	Estudios actuales sobre la Zona de Transición Mexicana	74
2.2.3	La distribución de los vertebrados	75
2.3	Biogeografía histórica de las fanerógamas	75
	<i>Recuadro 2.1</i> México como área de origen y diversificación de linajes vegetales	77
2.4	Otros estudios sobre la biogeografía histórica de México	80
	Referencias	84
CAPÍTULO 3	<i>Los ecosistemas terrestres</i>	87
3.1	Introducción	88
3.2	Los tipos de vegetación	89
3.2.1	Bosques tropicales perennifolios	89
3.2.2	Bosques tropicales caducifolios	97

- 3.2.3 Bosques mesófilos de montaña 97
- 3.2.4 Bosques templados de coníferas y latifoliadas 98
- 3.2.5 Matorrales xerófilos 100
- 3.2.6 Pastizales 100
- 3.2.7 Humedales 101
- 3.3 Las ecorregiones terrestres de México 102
- 3.4 Conclusiones 105
- Referencias 106
- Apéndice 3.1 Ecorregiones terrestres de México CP  
2

CAPÍTULO 4 *Los ecosistemas costeros, insulares y epicontinentales* 109

- 4.1 Introducción 110
- 4.2 Ecosistemas costeros 111
  - 4.2.1 Los manglares 111
  - 4.2.2 Los humedales 113
  - 4.2.3 La franja intermareal y las dunas 114
  - 4.2.4 Las lagunas costeras 115
  - 4.2.5 Las macroalgas 119
  - 4.2.6 Los arrecifes de coral 120
- 4.3 Ecosistemas insulares 122
  - 4.3.1 Las islas del Pacífico mexicano 122
- 4.4 Ecosistemas acuáticos epicontinentales 123
  - 4.4.1 Los sistemas de corrientes 123
- 4.5 Impactos y vulnerabilidad de los ecosistemas 128
- 4.6 Prioridades de investigación 128
- 4.7 Retos para la toma de decisiones 129
- 4.8 Legislación 130
- Referencias 131

CAPÍTULO 5 *Los ecosistemas marinos* 135

- 5.1 Introducción 136
- Recuadro 5.1 Las ecorregiones marinas de México 140
- 5.2 Ecosistemas pelágicos 142
  - 5.2.1 La plataforma continental 143
  - 5.2.2 El Golfo de California 145
  - 5.2.3 El Pacífico central mexicano 148
  - 5.2.4 El Golfo de Tehuantepec 148
  - 5.2.5 El Golfo de México 149
- 5.3 Ecosistemas bentónicos 151
  - 5.3.1 El ecosistema bentónico 151
    - La plataforma continental, 151; El mar profundo, 152
  - 5.3.2 Las ventilas hidrotermales 153
- 5.4 Prioridades de investigación 154
- 5.5 Retos para la toma de decisiones 155
- Referencias 156

---

CAPÍTULO 6	<i>Diversidad de procesos funcionales en los ecosistemas</i>	161
6.1	Introducción	162
6.2	Dinámica hidrológica	163
6.2.1	Ingreso de agua en forma de lluvia	164
6.2.2	Erosividad de la lluvia	165
6.2.3	Dinámica del agua en el suelo	165
6.2.4	Conectividad por corrientes y masas de agua	165
6.2.5	Balance de energía en ecosistemas marinos	166
	Conciencia y entendimiento de la importancia del estudio de la temperatura de la superficie del mar, 166; Información disponible de la TSM, 166; Calidad de la información de la TSM, 167; Comportamiento espacio-temporal de la TSM, 167; Acciones para mejorar el conocimiento de la TSM, 167	
6.3	Dinámica energética	167
6.3.1	Ingreso de energía por radiación solar	167
6.3.2	Productividad primaria	169
6.3.3	Almacenes de biomasa	174
6.3.4	Captura de carbono biogénico	176
6.3.5	Quimioautotrofia	177
6.4	Dinámica biogeoquímica	177
6.4.1	Descomposición de materia orgánica	177
6.4.2	Almacenes de carbono en ecosistemas terrestres	179
6.4.3	Almacenes de carbono en ecosistemas acuáticos	179
6.4.4	Fijación de nitrógeno en ambientes acuáticos	180
6.4.5	Flujo de materia y energía en lagos	181
6.4.6	Exportación de carbono biogénico en ecosistemas acuáticos	182
6.5	Consideraciones finales	183
	Referencias	184

## SEGUNDA PARTE.

## EL CONOCIMIENTO ACERCA DE LAS ESPECIES

---

CAPÍTULO 7	<i>Desarrollo y situación del conocimiento de las especies</i>	193
7.1	Introducción	194
7.1.1	La época prehispánica	194
7.1.2	Los siglos XVIII y XIX	195
7.2	La época actual	198
7.2.1	Primer periodo, de 1900 a 1930: declive y transición	198
7.2.2	Segundo periodo, de 1930 a 1980: fundación	199
7.2.3	Tercer periodo, de 1980 a 2007: consolidación y desarrollo	201
7.2.4	Las instituciones	201
7.2.5	Los especialistas	202
7.2.6	Las colecciones biológicas	203
7.2.7	La producción científica	205
7.3	A modo de reflexión	208
	Referencias	210

---

CAPÍTULO 8	<i>Situación legal de la recolecta científica</i>	215
8.1	Introducción	216
8.2	Obtención de muestras	217
8.3	Conocimiento tradicional	218
8.4	Biotecnología	219
8.5	Las respuestas jurídicas de México	219
8.5.1	Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA)	220
8.5.2	Ley General de Vida Silvestre (LGVS)	221
	Subsistema Nacional de Información sobre la Vida Silvestre, 221; Recolecta científica, 221	
8.5.3	Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS)	221
	Sistematización del conocimiento generado, 222; Autorización para recolecta científica, 222	
8.5.4	Ley General de Pesca y Acuicultura Sustentables (LGPAS)	222
8.6	Conclusiones sobre el marco jurídico ambiental del conocimiento científico	223
	Referencias	224

---

CAPÍTULO 9	<i>La diversidad en el pasado</i>	227
9.1	Introducción	228
9.2	Marco geológico	228
9.2.1	Golfo de California	229
9.2.2	Sierra de La Giganta	230
9.2.3	Faja Volcánica Transmexicana	230
9.2.4	Sierra Madre de Chiapas	230
<i>Recuadro 9.1</i>	El ámbar de Simojovel, Chiapas	230
9.2.5	Llanura Costera del Golfo de México y Península de Yucatán	231
9.2.6	Conexiones paleogeográficas de México con Sudamérica	231
9.3	Cambio climático	231
9.3.1	Regiones	232
9.3.2	Último Máximo Glacial	232
9.3.3	Glacial tardío	232
9.3.4	Holoceno	232
9.4	Diversidad en el pasado	233
9.4.1	Mamíferos del Cuaternario	233
	Diversidad taxonómica, 233; Extinciones, 234	
9.4.2	Herpetofauna del Cuaternario	236
	Paleodiversidad taxonómica, 236	
9.4.3	Diversidad de aves en el pasado	239
	Diversidad taxonómica, 241; Patrón de evolución (extinción y origen), 244; Migraciones, 245; Cambios en los patrones geográficos, 245	
9.4.4	Peces dulceacuícolas	246
	Diversidad taxonómica, 246; Patrón de evolución (extinción y origen), 246; Migraciones, 246; Cambios en los patrones geográficos, 247	
9.4.5	Moluscos continentales pleistocénicos de México	248
9.4.6	Plantas	253
9.4.7	Ámbito marino	255

<i>Recuadro 9.2</i> La biota de la Cantera Tlayúa, Tepexi de Rodríguez, Puebla (Cretácico temprano) 256	
9.4.8 Casos particulares 257	
Impacto ecológico en sistemas estuarinos: el mensaje de las conchas en el Delta del Río Colorado, 257; La formación del Golfo de California como un escenario “geológicamente reciente” propicio para el desarrollo de la biodiversidad, 259	
9.5 Conclusión general 260	
Referencias 260	

CAPÍTULO 10 *Extinción de especies* 263

10.1 Introducción 264	
<i>Recuadro 10.1</i> Estimación de la pérdida de hábitat primario y la extinción de especies 266	
10.2 Poblaciones y extinción 268	
10.3 El valor de las listas de especies extintas o en peligro 269	
10.4 Listas de especies de animales y plantas desaparecidos o extintos de México 270	
10.5 Análisis de las listas 271	
10.6 Las causas 272	
10.6.1 Peces 272	
10.6.2 Anfibios 272	
10.6.3 Reptiles 273	
10.6.4 Aves 273	
10.6.5 Mamíferos 273	
10.6.6 Plantas 274	
10.7 Conclusiones 274	
Referencias 275	

CAPÍTULO 11 *Estado del conocimiento de la biota* 283

11.1 Introducción 285	
11.2 El estado del conocimiento por grupos taxonómicos 289	
11.2.1 Bacterias (Monera) 289	
11.2.2 Algas 289	
11.2.3 Hongos (Fungi) 290	
11.2.4 Musgos y hepáticas (Bryophyta) 290	
11.2.5 Plantas vasculares 291	
11.2.6 Invertebrados 292	
Artrópodos, 292; Invertebrados no artrópodos, 294	
11.2.7 Vertebrados 296	
11.3 Incremento temporal en el conocimiento de especies de México 296	
11.3.1 Conocimiento de especies de México, por estados 303	
11.4 Conclusiones 310	
11.5 Sobre la información contenida en el disco compacto anexo <sup>CP</sup> <sub>1</sub> 311	
Referencias 311	
<i>Apéndice 11.1</i> Diversidad de algunos grupos de organismos en el mundo y en México <sup>CP</sup> <sub>2</sub>	
<i>Apéndice 11.2</i> Síntesis de los datos recopilados en este capítulo, de 1753 a la fecha <sup>CP</sup> <sub>2</sub>	

---

<b>CAPÍTULO 12</b> <i>Patrones de diversidad espacial en grupos selectos de especies</i>	<b>323</b>
12.1 Introducción	324
12.2 Antecedentes	326
12.2.1 Estudio de los patrones generales a escala global	326
12.2.2 La visión amplia de los patrones de diversidad de la biota de México	326
Los estudios del componente $\alpha$ ,	326
<i>Recuadro 12.1</i> Distribución espacial de las especies de peces	327
Los estudios del componente $\beta$ ,	330
<i>Recuadro 12.2</i> Diferenciación florística y diversidad $\beta$ en un paisaje tropical complejo	331
<i>Recuadro 12.3</i> Diversidad $\beta$ en comunidades microbianas: procariontes con biogeografía	335
12.3 Métodos	338
12.3.1 Patrones de diversidad $\alpha$	338
Especies de vertebrados terrestres, 338; Géneros nativos de angiospermas,	339
12.3.2 Áreas de distribución y patrones de diversidad $\beta$	339
Especies de vertebrados terrestres,	339
12.4 Patrones espaciales de riqueza de especies	340
12.4.1 Especies de vertebrados terrestres	340
12.4.2 Géneros de angiospermas	348
12.5 Patrones del componente $\beta$ de la diversidad	348
12.5.1 Especies de vertebrados terrestres	348
12.5.2 Géneros de angiospermas	354
12.6 Los patrones espaciales de diversidad y sus implicaciones	356
Referencias	358
<i>Apéndice 12.1</i> Fuentes de datos de los vertebrados terrestres	(CD 2)
<i>Apéndice 12.2</i> Fuentes de los registros de géneros nativos de angiospermas	(CD 2)

---

<b>CAPÍTULO 13</b> <i>Grupos funcionales</i>	<b>365</b>	
13.1 Introducción	366	
13.2 Grandes grupos funcionales	368	
13.2.1 Autótrofos	369	
13.2.2 Heterótrofos	372	
Consumidores primarios,	373	
<i>Recuadro 13.1</i> Importancia funcional de los hongos ectomicorrizógenos	373	
Consumidores secundarios,	379; Saprótrofos,	380
13.2.3 Relaciones entre grupos funcionales en redes tróficas	381	
13.3 Grupos funcionales en ecosistemas terrestres importantes de México	382	
13.3.1 Grupos funcionales en ecosistemas áridos	384	
13.3.2 Grupos funcionales en bosques tropicales	385	
Selvas estacionalmente secas,	385	
<i>Recuadro 13.2</i> Patrones estacionales de anfibios en selvas estacionalmente secas	388	
Selvas húmedas,	389	
13.3.3 Grupos funcionales en bosques templados	394	
13.3.4 Nuevos enfoques	396	
Diversidad de especies y diversidad funcional ,	396	

<i>Recuadro 13.3 Biodiversidad y funcionamiento del ecosistema</i>	397
Redes complejas, 399; Dimensiones ecológicas y atributos funcionales,	400
13.4 Conclusiones y perspectivas	400
Referencias	403

TERCERA PARTE.

EL CONOCIMIENTO DE LA VARIABILIDAD GENÉTICA

---

CAPÍTULO 14 <i>La variabilidad genética de las especies: aspectos conceptuales y sus aplicaciones y perspectivas en México</i>	415
14.1 Las “escuelas” de genética en México y su influencia en el estudio de la variabilidad	416
14.1.1 La introducción del mendelismo en México	417
14.1.2 Genética y mejoramiento vegetal	417
14.1.3 Institucionalización de la genética	418
14.2 Estimados de la variación con caracteres moleculares	419
14.3 Estimados de la variación de caracteres cuantitativos	419
14.4 Estimados de la estructura genética	420
14.4.1 Introducción	420
14.4.2 Estadísticos $F$ de Wright y estimadores análogos	420
14.4.3 Flujo génico	421
14.4.4 Métodos directos para estimar el flujo génico	422
14.4.5 Métodos indirectos para estimar el flujo génico	422
14.4.6 Distancias genéticas	423
14.4.7 Aislamiento por distancia	423
14.4.8 Inferencia de estructura y proporción ancestral	424
14.5 La teoría de coalescencia	424
14.5.1 Aplicaciones de la teoría de coalescencia	424
14.5.2 Programas más comúnmente usados para hacer inferencias usando la teoría de coalescencia	425
14.5.3 Perspectivas de la teoría de coalescencia en México	425
14.6 Filogeografía	425
14.6.1 Origen y desarrollo	425
14.6.2 Principios y teoría	426
14.6.3 Concordancia genealógica	427
14.6.4 Perspectivas	430
14.7 Infraestructura y grupos de investigación	431
14.8 Conclusiones	431
Referencias	432

---

CAPÍTULO 15 <i>La diversidad genética como instrumento para la conservación y el aprovechamiento de la biodiversidad: estudios en especies mexicanas</i>	437
15.1 Introducción	438
15.2 Bacterias	440
15.2.1 Eubacterias fijadoras de nitrógeno	440

15.2.2	Rizobios	441
15.2.3	<i>Escherichia coli</i>	441
15.3	Protozoarios	445
15.3.1	<i>Trypanosoma cruzi</i>	445
15.4	Hongos	447
15.4.1	Hongos no patógenos: <i>Lophodermium nitens</i>	447
15.4.2	Hongos patógenos: <i>Histoplasma capsulatum</i>	448
15.5	Plantas	449
15.5.1	Pináceas	449
15.5.2	Encinos	449
15.5.3	Epífitas	451
	Vainilla,	451
15.5.4	Plantas de las zonas áridas, cactáceas y agaves	452
15.5.5	Cícadas	456
15.5.6	<i>Salvia hispanica</i> o chía	457
15.5.7	Frijoles	457
15.5.8	Maíz	458
15.5.9	Chiles ( <i>Capsicum</i> spp.)	460
15.5.10	Calabacitas	461
15.5.11	Ciruela mexicana o jocote	461
15.5.12	Aguacate ( <i>Persea americana</i> )	461
15.5.13	Algodón	462
15.5.14	Otras plantas domesticadas	462
15.6	Animales	463
15.6.1	<i>Taenia</i>	463
15.6.2	Insectos	463
	Hemiptera, 463; Coleoptera, 467; Lepidoptera, 468; Hymenoptera, 468; Diptera, 468;	
	Isoptera, 469; Homoptera, 469	
15.6.3	Tortugas marinas	469
15.6.4	Peces y crustáceos de importancia comercial	470
15.6.5	Pinnípedos	472
15.6.6	Manatíes	472
15.6.7	Cetáceos	474
15.6.8	Roedores	479
15.6.9	Murciélagos	479
15.6.10	Aves	481
15.7	Conclusiones	482
	Referencias	483

#### CUARTA PARTE.

#### DIVERSIDAD CULTURAL Y DOMESTICACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD

### CAPÍTULO 16 *La diversidad lingüística y el conocimiento etnobiológico*

497

16.1	Introducción	498
16.2	La diversidad lingüística de México	498
16.3	La documentación etnobiológica	503

I Familia álgica	504
II Familia cochimí-yuma	504
III Familia chontal de Oaxaca	505
IV Huave	506
V Familia maya	507
VI Familia mixezoque	513
VII Familia otomangue	515
<i>Recuadro 16.1</i> Plantas, animales y hongos en el zapoteco de Güilá	524
VIII Seri	525
IX Tarasco	526
X Familia totonaca	526
XI Familia yutonahua	527
XII Familia indoeuropea	534
16.4 Discusión	535
Referencias	544
<i>Apéndice 16.1</i> Distribución de las lenguas indígenas de México y sus variantes	Ⓢ <sub>2</sub>

CAPÍTULO 17	<i>Marco legal para el conocimiento tradicional sobre la biodiversidad</i>	557
17.1	Introducción	558
17.2	Elementos de los sistemas tradicionales de conocimiento	558
17.2.1	Colectividad	559
17.2.2	Territorio	559
17.3	Características y modos de transmisión del conocimiento tradicional	560
17.4	Protección jurídica del conocimiento tradicional	561
Referencias		563

CAPÍTULO 18	<i>Biodiversidad humanizada</i>	565
18.1	Introducción	566
18.2	Especies vegetales y animales en el registro arqueológico	567
18.3	Especies registradas por cronistas del siglo XVI	568
18.4	Especies domesticadas en México	569
<i>Recuadro 18.1</i>	<i>Phaseolus</i> en México	572
18.5	Gradiente de domesticación de la biodiversidad humanizada	574
<i>Recuadro 18.2</i>	Gradiente de domesticación de <i>Opuntia</i> en la Altiplanicie Meridional	575
18.6	Diversidad en las especies humanizadas	577
<i>Recuadro 18.3</i>	Conservación de los teocintes mexicanos	578
18.7	Dispersión de la biodiversidad humanizada	580
18.8	Potencial de la biodiversidad mexicana humanizada	583
18.9	Grupos étnicos y biodiversidad	584
18.10	Conclusiones	584
<i>Apéndice 18.1</i>	Especies vegetales y animales presentes en las cuevas de Tehuacán, Puebla, y Güilá Naquitz, Oaxaca	585
<i>Apéndice 18.2</i>	Especies vegetales humanizadas en mayor o menor grado en México y que siguen siendo utilizadas	589
<i>Apéndice 18.3</i>	Especies vegetales con mayor superficie sembrada en México en 1991	593
Referencias		599

QUINTA PARTE.  
LECCIONES APRENDIDAS

---

CAPÍTULO 19	<i>Reflexiones sobre el conocimiento de la biodiversidad en México: retos y perspectivas</i>	607
19.1	Avances, obstáculos, lagunas y problemas	607
19.2	Integración de la información ya existente	608
19.3	Los huecos de la información	611
19.4	Las dificultades para el trabajo colaborativo	611
19.5	La participación ciudadana y no profesional	611
	Referencias	612
	Autores	613
	Revisores	619
	Mapa general de México	621

# Siglas y acrónimos

Bangev	Banco Nacional de Germoplasma Vegetal	IMSS	Instituto Mexicano del Seguro Social
CCA	Comisión para la Cooperación Ambiental de América del Norte	INAH	Instituto Nacional de Antropología e Historia
CDB	Convenio sobre la Diversidad Biológica	Inali	Instituto Nacional de Lenguas Indígenas
CIAD	Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C.	INE	Instituto Nacional de Ecología, Semarnat
Cibnor	Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.	Inecol	Instituto de Ecología, A.C.
CICESE	Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Conacyt	INEGI	Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática
CICY	Centro de Investigaciones Científicas de Yucatán, A.C.	INI	Instituto Nacional Indigenista
CIIDIR	Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, IPN	INIA	Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Venezuela
CIMMYT	Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo	ININ	Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares, Sener
CITES	Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres	Inireb	Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos, A.C.
Cinvestav	Centro de Investigación y de Estudios Avanzados, IPN	Inmegen	Instituto Nacional de Medicina Genómica
CNA	Comisión Nacional del Agua, Semarnat	IPN	Instituto Politécnico Nacional
CONABIO	Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad	IPNI	International Plant Names Index
Conacyt	Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología	ISI	Institute for Scientific Information, EUA
Conafor	Comisión Nacional Forestal, Semarnat	LGDFS	Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable
Conanp	Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, Semarnat	LGEEPA	Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente
DOF	<i>Diario Oficial de la Federación</i>	LGPAS	Ley General de Pesca y Acuicultura Sustentables
Ecosur	El Colegio de la Frontera Sur	LGVS	Ley General de Vida Silvestre
ENA	Escuela Nacional de Agricultura, Chapingo	MA	Millennium Ecosystem Assessment
ENCB	Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, IPN	Mex-LTER	Red Mexicana de Investigación Ecológica a Largo Plazo
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación	NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration, EUA
IB-UNAM	Instituto de Biología, UNAM	NOM	Norma Oficial Mexicana
IE-UNAM	Instituto de Ecología, UNAM	OIT	Organización Internacional del Trabajo, ONU
IGBP	International Geosphere and Biosphere Programme	PPB	Productividad primaria bruta
IGF-UNAM	Instituto de Geofísica, UNAM	PPN	Productividad primaria neta
IIA	Instituto de Investigaciones Agrícolas, Universidad de Costa Rica	Ramsar	Convención de Ramsar sobre los Humedales
		Remib	Red Mundial de Información sobre Biodiversidad
		Sagar	Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural (1994-2000)

Sagarpa	Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (2000-)	UABCS	Universidad Autónoma de Baja California Sur
SBM	Sociedad Botánica de México, A.C.	UADY	Universidad Autónoma de Yucatán
Segob	Secretaría de Gobernación	UAEH	Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo
Semar	Secretaría de Marina	UAEMex	Universidad Autónoma del Estado de México
Semarnap	Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (1994-2000)	UAM	Universidad Autónoma Metropolitana
Semarnat	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2000-)	UANL	Universidad Autónoma de Nuevo León
SEP	Secretaría de Educación Pública	UASLP	Universidad Autónoma de San Luis Potosí
SMHN	Sociedad Mexicana de Historia Natural, A.C.	UDG	Universidad de Guadalajara
SMN	Servicio Meteorológico Nacional	UICN	Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y los Recursos Naturales (comúnmente conocida como Unión Mundial para la Naturaleza)
SNI	Sistema Nacional de Investigadores, Conacyt	UMSNH	Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
SNIB	Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad	UNAM	Universidad Nacional Autónoma de México
TLC	Tratado de Libre Comercio de América del Norte	UV	Universidad Veracruzana
UABC	Universidad Autónoma de Baja California	WRI	World Resources Institute
		ZEE	Zona económica exclusiva