

# 10 La formación de recursos humanos vinculada al manejo de la biodiversidad: aciertos y limitaciones

---

AUTORES RESPONSABLES: José Sarukhán • Georgina García Méndez

AUTORES DE RECUADROS: 10.1, Gonzalo Halffter, Lucrecia Arellano • 10.2 y 10.3, resumidos por Georgina García Méndez • 10.4, Patricia Moreno-Casasola, José G. García-Franco • 10.5, Alfonso Aguirre Muñoz • 10.6, Enrique J. Jardel Peláez, Eduardo Santana, Salvador García Ruvalcaba, Alfredo T. Ortega Ojeda, Ramón Cuevas Guzmán, Luis Manuel Martínez Rivera, Martín Vázquez López, Rubén Ramírez Villeda • 10.7, Javier de la Maza, Julia Carabias

REVISORES: Antonio Bolívar • Julia Carabias • Daniel Piñero

---

## CONTENIDO

- 10.1 Introducción / 372
- 10.2 Perspectiva histórica del conocimiento de la diversidad biológica / 373
  - 10.2.1 Precursores de las ciencias naturales en México / 373
- 10.3 La época moderna / 377
- 10.4 Desarrollo del capital humano e institucional moderno / 378
- 10.5 El entorno nacional y educativo en la última década del siglo xx y la primera del siglo xxi / 381
- 10.6 Conclusiones / 384
  - 10.6.1 Educación a la sociedad / 384
  - 10.6.2 Apoyos a la investigación / 386
- Referencias / 415

## Recuadros

- Recuadro 10.1. *El Conacyt y el desarrollo del conocimiento sobre el capital natural de México* / 388
- Recuadro 10.2. *Estación de Biología Tropical Los Tuxtlas* / 396
- Recuadro 10.3. *Estación de Biología Chamela* / 398
- Recuadro 10.4. *Centro de Investigaciones Costeras La Mancha* / 400
- Recuadro 10.5. *La formación de capacidades nacionales para la restauración de las islas de México* / 405
- Recuadro 10.6. *Educación para la conservación en la región de la Sierra de Manantlán* / 409
- Recuadro 10.7. *Estaciones de campo para la conservación: Chajul y Tzendales* / 412

---

Sarukhán, J., G. García Méndez *et al.* 2016. La formación de recursos humanos vinculada al manejo de la biodiversidad: aciertos y limitaciones, en *Capital natural de México*, vol. iv: *Capacidades humanas e institucionales*. CONABIO, México, pp. 371-418.

## Resumen

La formación de recursos humanos capacitados para generar y ampliar el conocimiento sobre el capital natural de México tiene una larga historia, que se analiza en el contexto del surgimiento de instituciones académicas y gubernamentales que han dedicado sus esfuerzos a documentar la diversidad biológica del país. Se presenta un breve panorama desde la perspectiva histórica que llevó a grandes avances de acuerdo con los enfoques que predominaban en la época en que notables naturalistas recolectaron especímenes, descubrieron y describieron la flora y fauna del país y, en épocas más recientes, impulsaron la creación y el desarrollo de centros de investigación y otras instituciones dedicadas a la ciencia. Al mismo tiempo, investigadores notables, mexicanos y extranjeros, plantearon nuevos enfoques y promovieron la formación de grupos de investigación a pesar de las dificultades sociales y económicas por las que ha atravesado el país. El surgimiento de nuevos campos de la ecología y el trabajo interdisciplinario han llevado a contar con las capacidades para la evaluación del estado actual

de la biodiversidad y aumentar el entendimiento de la problemática de su conservación. Se analiza también la influencia que han tenido en las últimas décadas tales instituciones en el desarrollo de una política ambiental en México. El capítulo ofrece recomendaciones para la formación de futuras generaciones de profesionistas en diferentes disciplinas relacionadas con la biodiversidad -incluyendo el mejoramiento en los sistemas de investigación ecológica- y destaca la importancia de contar con infraestructura que facilite el quehacer científico y permita desarrollar un adecuado proceso de toma de decisiones para atender las necesidades futuras. De igual manera, destaca la necesidad de continuar fortaleciendo el desarrollo de recursos humanos, de promover una cultura de aprecio a la biodiversidad y los servicios ambientales, y de integrar y enriquecer el conocimiento científico con los saberes ancestrales de los pueblos originales, cuya diversidad cultural forma parte del patrimonio de México.

### 10.1 INTRODUCCIÓN

Aunque desde hace mucho más de medio siglo se ha hecho referencia a los efectos negativos que las actividades humanas —principalmente las relacionadas con el crecimiento económico de las sociedades— han tenido sobre el capital natural, la percepción más cabal entre la gente acerca de la dimensión real de esos efectos tiene no más de tres o cuatro décadas. Por lo anterior, la tarea de sensibilizar a la población sobre la importancia de la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad que albergan y los servicios ambientales que prestan a la sociedad, no sólo es una tarea compleja que involucra muchas facetas con significados distintos para diferentes públicos, sino que es relativamente reciente. Se trata de una tarea que debe, adicionalmente, atenderse desde todos los niveles de la educación formal, eficazmente complementada con el trabajo en educación ambiental de instituciones como jardines botánicos, museos y organismos gubernamentales y no gubernamentales.

Las manifestaciones de lo que llamamos “cambio ambiental global” resultan de la agregación de cada una de las acciones individuales de todos los habitantes de una localidad, de un país y, finalmente, de todo el planeta; es el resultado de la suma de los comportamientos de cada ha-

bitante en cuanto a su demanda de recursos y de energía para satisfacer sus necesidades, y de su impacto en el entorno. En consecuencia, se requiere un cambio en el comportamiento y en la actitud de cada persona respecto a sus patrones y niveles de su consumo. Esto implica asumir una nueva ética hacia el ambiente del que dependemos para nuestra subsistencia, pero también hacia nuestros congéneres y las generaciones futuras (CONABIO 2006).

Vivimos en un país cuyo rasgo más distintivo es su gran diversidad y heterogeneidad representada, entre muchos otros elementos, por la infinidad de paisajes, varias y singulares culturas, contrastantes niveles sociales y económicos. Nuestra característica nacional más valiosa es la complejidad y la pluralidad; destaca la gran diversidad tanto ecológica como cultural (véase el capítulo 16 del volumen I de esta obra). No obstante, por lo general, a lo largo de nuestra historia hemos procedido en el ámbito de las políticas públicas como si tales diversidades no existieran, sujetos a la estrecha visión de quienes han tenido en sus manos la conducción de la vida nacional; una visión que, en la mayoría de los casos, ha estado basada más en intereses personales y de grupo que en el beneficio social. Esto ha significado actuar con una concepción simplista y en extremo limitada de nuestra nación, que ha tenido consecuencias muy negativas en los ámbitos eco-

lógico, cultural y social, y consecuentemente en el desarrollo del país (véase la *Síntesis* de esta obra).

La deforestación, sobreexplotación y contaminación de los ecosistemas, la introducción de especies exóticas invasoras y el cambio climático son causas directas de la pérdida de nuestro capital natural, que responden a factores indirectos, como los demográficos, la demanda per cápita de energía y recursos, las políticas públicas y los desarrollos tecnológicos errados (véase el capítulo I del volumen II).

Se debe fomentar una cultura ambiental de mayor aprecio a la biodiversidad y los servicios ecosistémicos —relacionados cercanamente con la diversidad cultural del país—, que tome en cuenta las características individuales de los diferentes pueblos indígenas que conforman a la nación y le confieren una riqueza indiscutible, y que, a la vez, promueva el uso sustentable de los recursos naturales.

## 10.2 PERSPECTIVA HISTÓRICA DEL CONOCIMIENTO DE LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA

El amplio conocimiento sobre la diversidad biológica que tenían muchos grupos nativos antes del arribo de los europeos a América es patente en el uso de la biodiversidad para fines prácticos como la alimentación y la medicina tradicional, en ceremonias rituales y religiosas y para recreación estética. Esto queda de manifiesto, por ejemplo, en los extraordinarios jardines prehispánicos que, como señala Heyden (2002), impresionaron a los conquistadores y cronistas europeos, quienes dejaron testimonios de algunos de los más importantes, así como en la abundante poesía relacionada con ellos en varias de las lenguas nativas. Sin embargo, la mayoría de los jardines prehispánicos no se mantuvieron después de la primera mitad del siglo xvi, ya que fueron abandonados debido a la modificación de la estructura social de los grupos nativos o fueron sustituidos por los nuevos jardines creados por los españoles (Morales Folguera 2004). Con la imposición de una nueva cultura, tanto el conocimiento y reconocimiento de la diversidad biológica, como la práctica de transmitirlo oralmente se transformaron y relegaron. En muchos casos se llegó a la falta de aprecio o pérdida del conocimiento tradicional. Las nuevas prácticas de manejo de los recursos naturales y de los sistemas de producción agrícola no consideraron las características locales, lo que provocó una profunda alteración de los suelos, el agua y las tierras de cultivo.

Sin duda, durante los tres siglos de dominación española hubo un aporte de elementos que contribuyeron a la conformación de la identidad nacional. Las exploraciones científicas de los siglos xvi, xvii y xviii reunieron información muy valiosa y representaron un esfuerzo para conocer la enorme riqueza biológica del territorio. Sin embargo, el conocimiento nativo sobre la diversidad biológica y la utilidad de las diferentes especies presentes en la Nueva España fueron incorporados sólo de manera parcial en la nueva sociedad colonial (CONABIO 2012).

### 10.2.1 Precusores de las ciencias naturales en México

Durante el siglo xvi, las exploraciones europeas en el Nuevo Mundo contribuyeron en gran parte al renacimiento de la historia natural. Las cortes financiaron grandes expediciones científicas para recolectar especímenes animales, vegetales y minerales indispensables para estudiar la naturaleza del continente al que más tarde llamarían América. Asimismo los monarcas nombraron naturalistas oficiales en sus cortes y crearon jardines botánicos y en las universidades surgieron los primeros profesores de historia natural (Findlen 1996, en Ayala 2005).

Una parte del conocimiento de la biodiversidad de los pueblos nativos de México fue rescatada en obras excepcionales como las de Gonzalo Fernández de Oviedo (1478-1557) y Francisco Hernández, nombrado protomédico de las Indias por Felipe II, así como en el *Libellus de Medicinalibus Indorum Herbis* de Martín de la Cruz y Juan Badiano (1552) y la *Historia general de las cosas de Nueva España* de fray Bernardino de Sahagún (1580).

Merece mención especial el trabajo de Martín de Sessé, director de la Real Expedición Botánica a Nueva España, quien fundó el Jardín Botánico de México, acompañado de su cátedra de botánica, el laboratorio y el observatorio del Hospital San Andrés —donde probaba las plantas mexicanas en enfermos—. Formó también importantes núcleos de intelectuales criollos, entre ellos José Mariano Mociño, quien fue el filósofo ilustrado y el científico más completo de la Nueva España en el curso de los tres siglos del virreinato, pero también uno de los menos conocidos y estudiados (Labastida *et al.* 2010). Mociño nació en Temascaltepec, Estado de México, en 1757, estudió filosofía en el seminario tridentino de México y tomó en 1789 cursos en la cátedra de botánica que organizó Vicente Cervantes, entonces director del Jardín Botánico de México. Martín de Sessé, que se encontraba en Nueva España para organizar la Real Expedición, conoció a Mociño y lo

invitó a participar en sus expediciones, que se prolongaron para Mociño hasta 1803. Según Lozoya (1984), la gran capacidad y seriedad de Mociño lo convirtieron en la bujía de la expedición. Sessé y Mociño recorrieron, en diversas campañas, el territorio comprendido entre San Francisco, California, y León, Nicaragua; por encargo especial, Mociño viajó hasta Nutka, en Canadá. Los trabajos de exploración de la Real Expedición permitieron la recolección de ejemplares de la naturaleza y la documentación de 789 géneros y 1 327 especies. Mociño acompañó a Sessé a España, donde llegó a ser cuatro veces presidente de la Real Academia de Medicina de Madrid. Posteriormente, en Montpellier, junto con el botánico suizo Augustin Pyramus de Candolle, describió muchas de las especies vegetales recolectadas en los viajes; de Candolle lo llevó a Ginebra, donde fue catedrático en la Universidad. Mociño regresó a España en donde murió en 1820, en condiciones precarias, en Barcelona<sup>1</sup> (Labastida *et al.* 2010).

Las expediciones en la Nueva España se prolongaron mediante la labor de otros naturalistas, algunos de los cuales eran españoles que se quedaron en México como Vicente Cervantes. También sirvieron para transmitir las nuevas ideas científicas de la botánica y la química, en particular las de Linneo y Lavoisier. Asimismo, promovieron provechosas discusiones entre los intelectuales de ambos continentes (Puerto Sarmiento 2007) y tuvieron una influencia muy importante en las instituciones científicas de los territorios ya independizados, como la Real Academia de San Carlos y el Real Seminario de Minas, que contribuyeron a cimentar el desarrollo de la ciencia y la tecnología.

En 1799 Alexander von Humboldt y Aimé Bonpland llegaron a México, entonces eje cultural de la América bajo el dominio español. Se interesaron en casi todas las ciencias naturales, pero centraron su atención en el estudio de montañas y volcanes. Destaca el trabajo de herborización que llevaron a cabo; se ha estimado que durante sus viajes por el mundo recolectaron cerca de una sexta parte de la flora conocida del planeta; en la recolección de ejemplares señalaron la ubicación del sitio de recolección (altitud, latitud y longitud). Su trabajo incluyó la identificación de especies y la descripción de las nuevas, a las que dieron nombre científico de acuerdo con el sistema binario de Linneo. Estas amplias investigaciones permitieron a Humboldt escribir el *Ensayo sobre la geografía de las plantas*, primero de los 30 volúmenes que integran el *Viaje a las regiones equinocciales del nuevo continente* (Labastida 2004). Ezcurra (2002) describe su obra *Ensayo*

*político sobre el Reino de la Nueva España* como “una especie de versión decimonónica de un informe de país”, y *Viaje a las regiones equinocciales* como “un intento de lo que ahora llamaríamos una base de datos florísticos y un modelo ecológico de la América tropical”. Este autor plantea asimismo que esos ensayos esbozaron, por primera vez, algunos de los nuevos paradigmas de las ciencias ambientales globales. (En el cuadro 10.1 se enlistan algunos de los precursores de las ciencias naturales en México).

La cultura impuesta desde la época de la Colonia significó para el grueso de la población indígena una marginación del desarrollo por medio de la discriminación, la explotación y el despojo. Después del siglo XVI todos los pueblos indígenas fueron forzados a pagar un tributo especial a la Corona, y fue despreciado el conocimiento nativo sobre gran parte de los recursos naturales y su manejo (Rosas Vargas 2007).

El desarrollo social de unas cuantas instituciones estables solo fue posible después de la restauración de la República, en 1867, cuando se dieron las condiciones para contar con algunos recursos para atender asuntos más allá de la demanda que imponían los conflictos bélicos internos (Rojas Garcidueñas 2006).

El nivel educativo de la población era muy bajo en general. El analfabetismo predominaba en el campo y en las ciudades era muy alto. Aunado al desinterés propio de una sociedad en su gran mayoría iletrada y muy marginada, las condiciones de turbulencia política del país impidieron a los sucesivos gobiernos darle atención y apoyo económico a la educación. Lo anterior representó un gran obstáculo para el desarrollo de la ciencia mexicana a principios del siglo XIX e incluso años después (Rojas Garcidueñas 2006).

Ni la Independencia ni el movimiento social de la Revolución, cien años después, cambiaron de manera significativa el hecho de que México usara sus recursos sin el beneficio de la integración de sus pueblos nativos y de su conocimiento tradicional. Esto no quiere decir que tal conocimiento se hubiese detenido o perdido en buena parte de los últimos dos siglos; significa que la permanente apertura de los terrenos cubiertos por ecosistemas naturales para satisfacer las necesidades de alimentación y de otros bienes de una población en activo crecimiento demográfico siguió criterios en gran medida ajenos a la realidad de las características y la diversidad ecológica del país.

Como señala Pérez Tamayo (2010), durante la segunda mitad del siglo XIX surge la libre expresión de ideas sobre



**Cuadro 10.1** Precursores de las ciencias naturales en México

| Naturalista                                       | Época     | Obra destacada  |
|---|-----------|---|
| Gonzalo Fernández de Oviedo y Valdés              | 1514-1540 | <i>Historia natural y general de las Indias y de la Tierra Firme del Mar Océano</i> , hace referencia a las Indias Occidentales. En su obra toca todo lo referente a la historia natural mezclada con temas propios de la astronomía, la física, la geografía, la náutica, la agricultura, el comercio, las industrias, la medicina y la crónica de la conquista. En el libro octavo de la primera parte de la <i>Historia natural y general</i> hace una relación de los árboles y las plantas que hay en las Indias (Ayala 2005).   |
| Fray Bernardino de Sahagún                        | 1529-1580 | Es considerado como el antecesor de la moderna etnografía. En su obra <i>Historia general de las cosas de Nueva España</i> dio a conocer, entre sus colegas misioneros, algunos de los aspectos de la cultura y la historia de los pueblos del altiplano central de México. Fue el máximo investigador de todo lo que atañe a la cultura nahua y dedicó toda su vida a la recopilación y posterior descripción de las costumbres, modos, lugares, maneras, dioses, lenguaje, ciencia, arte, alimentación, organización social, etc., de los llamados mexicas.                       |
| Francisco Hernández                               | 1571-1577 | Encabezó la que se considera la primera expedición científica en América. Realizó un informe detallado que contenía las imágenes y los textos de la <i>Historia natural de Nueva España</i> , dedicados a las descripciones de unas 3 000 plantas, más de 500 animales y algo más de un docena de minerales; en total, sumaban casi 1 000 folios de textos en latín, divididos en más de 3 000 capítulos y acompañados de más de 2 000 ilustraciones; además habla sobre las prácticas medicinales locales y sus elementos curativos (Hernández 1959-1984; Pardo 2004; Ayala 2005). |
| José Antonio Alzate y Ramírez                     | 1756-1790 | Investigó el movimiento de los planetas; elaboró el primer mapa detallado de América del Norte; fue ardiente defensor de los pueblos indígenas; habló de la necesidad de controlar las inundaciones en la Cuenca de México, protegiendo su área lacustre; estudió el nopal y la grana cochinilla; teorizó sobre la importancia de las plantas nativas (Mendieta 1999)   |
| José Mariano Mociño y Martín Sessé                | 1790-1800 | Encabezaron una serie de expediciones científicas que abarcaron desde Nicaragua hasta Canadá y representaron el esfuerzo más notable de esa época por entender y describir la inmensa riqueza natural de la Nueva España. Hicieron la clasificación de la flora novohispana. Su obra se publicó en 1866 ( <i>Plantae novohispaniae</i> ) pero ya era conocida desde fines del siglo XVIII e inicios del XIX (Labastida 2010).   |
| Alejandro Malaspina y José Bustamante y Guerra    | 1791-1794 | Realizaron levantamientos cartográficos en las costas de América, Islas Sandwich, Filipinas, Australia y Nueva Zelanda. Redactaron informes de los territorios visitados referentes al trazo de puertos, estadísticas del comercio y producciones y realizaron estudios etnográficos y de historia natural  |
| Pablo de la Llave y Juan José Martínez de Lexarza | 1800-1830 | Describieron 23 nuevos géneros de plantas. De la Llave también investigó sobre las hormigas melíferas y el quetzal. Sus investigaciones se publicaron en dos fascículos: <i>Novum Vegetabilium</i> (1824 y 1825) (Rojas Garcidueñas 2006).  |
| Alexander von Humboldt y Aimé Bonpland            | 1803-1804 | Escribieron el <i>Ensayo político sobre el Reino de la Nueva España</i> y <i>Viaje a las regiones equinocciales</i> .   |

el conocimiento de la naturaleza y aparecen distintas instituciones, algunas civiles y otras organizadas o patrocinadas por el Estado, entre las que se puede mencionar a la Comisión del Valle de México (1856), el Observatorio Astronómico Nacional (1863), la Comisión Científica de Pachuca (1864), el Museo Nacional (1866), la Comisión Geográfico-Exploradora (1877), el Observatorio Meteorológico (1877), la Comisión Geológica (1886), el Instituto Médico Nacional (1888), el Instituto Geológico (1891). Si bien algunas de ellas llegaron a generar nuevos cono-

cimientos, la gran mayoría se dedicó a la recepción y divulgación de la ciencia desarrollada en otros países como Francia, así como a la conservación ecológica y de monumentos.

Gabino Barreda introdujo la visión positivista en las escuelas Nacional Preparatoria, de Medicina, de Ingeniería y de Jurisprudencia, fundadas oficialmente en 1868. Este hecho marcó la base del pensamiento científico nacional. Ejemplo de ello es que en la Escuela Nacional Preparatoria se planteó, para la generación del conocimien-

to, la relación existente entre la teoría y la práctica, y entre lo abstracto y lo concreto, así como el fundamento del conocimiento en la demostración científica (Mariaca Méndez 2003).

Sin embargo, con el comienzo de la Revolución se detuvo este primer impulso. De acuerdo con Ledesma (2002), la introducción de los paradigmas de la biología en México debe ubicarse en el siglo xx, necesariamente haciendo referencia a Alfonso L. Herrera quien tuvo un papel muy importante en el desarrollo de la biología en México durante el siglo xx. Alfonso L. Herrera, marcó una ruptura con la tradición naturalista descriptiva y taxonómica y fue el principal impulsor del pensamiento evolucionista en el país. Asimismo transformó la cátedra de historia natural en la primera cátedra de biología, que se estableció en la Escuela Normal para Profesores en 1902 y escribió el primer libro de texto, *Nociones de la Biología*, de esta disciplina en México.

En 1915 se crea la Dirección de Estudios Biológicos, convirtiéndose en el centro más importante de investigación biológica de México y gran parte de Latinoamérica. Surge de la fusión del Museo Nacional de Historia Natural, el Instituto Médico Nacional y la Comisión Geográfico-Exploradora, con su museo en Tacubaya (Ledesma y Barahona 1999).

La nueva Escuela Nacional de Agricultura reformó radicalmente sus planes de estudio y fue reinaugurada en 1924, en la ex hacienda de Chapingo. Un año después, la Facultad de Altos Estudios de la Universidad Nacional de México se convierte en la Facultad de Filosofía.

Una vez decretada la autonomía universitaria en 1929, diversas instituciones se integran a la Universidad Nacional Autónoma de México, tales como el Observatorio Astronómico, el Instituto Geológico y el Servicio Sismológico Nacional, así como la Dirección de Estudios Biológicos, que es traspasada al Instituto de Biología (Retana 2009). En 1935 se originan las facultades de Ciencias Físicas y Matemáticas, y de Ciencias Médicas y Biológicas a partir de la Sección de Ciencias de la Facultad de Filosofía, las cuales se unificaron en 1939, con excepción de la de Ciencias Médicas, en la Facultad de Ciencias (Retana 2009).

En esta época, la mayoría de las universidades del país son jóvenes. Hasta 1930 sólo se habían establecido la Nacional Autónoma de México, la Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, la autónoma de Yucatán, la Autónoma de San Luis Potosí y la de Guadalajara; en 1948 surgieron las de Nuevo León, Puebla, Guanajuato, Colima, Sonora y Veracruz; para la década de los cincuenta se establecie-

ron las universidades de Querétaro, Morelos, Chihuahua, Oaxaca, Estado de México, Tamaulipas, Durango, Coahuila, Campeche, Baja California, Tabasco, Guerrero e Hidalgo. El resto de las universidades se crearon a partir de las siguientes décadas.

En 1935, durante el gobierno de Lázaro Cárdenas, se creó el Consejo Nacional de Educación Superior y de la Investigación Científica (CNESIC) como respuesta a la necesidad de ordenar a las instituciones que llevaban a cabo actividades científicas y de enseñanza superior. Dicho organismo fue el precursor para la construcción de un sistema nacional de ciencia (Retana 2009).

La Comisión Impulsora y Coordinadora de la Investigación Científica (CICIC) fue creada en 1942. Sus objetivos se limitaban a impulsar la investigación en ciencias exactas (matemáticas y física) y en ciencias naturales (biología y química). Años después, esta comisión fue reemplazada por el Instituto Nacional de la Investigación Científica (INIC),<sup>2</sup> su objetivo principal era brindar apoyos en forma de becas para estudios avanzados y que estuvo en operación durante casi 10 años, también de forma limitada.

Durante las décadas de 1950 y 1960 las políticas de apoyo a la ciencia y la tecnología aún resultaban insuficientes y se orientaban particularmente a la investigación básica. Otra debilidad se debía a que la investigación permanecía desvinculada del sector productivo; para superar los obstáculos se requería un marco legal adecuado (Ilsen 1996).

Para evaluar el panorama científico y tecnológico del país, en 1959 el INIC elaboró un diagnóstico cuyas conclusiones más destacadas fueron el reconocimiento del atraso científico y tecnológico nacional, la dependencia de este sector respecto del exterior, la limitada infraestructura y los muy escasos recursos humanos formados en ciencia y tecnología (CYT). La conclusión general fue la necesidad de que el INIC formulara una política nacional de CYT que derivaría años más tarde en la creación del Conacyt (Gutiérrez Serrano 2004).

Además, durante el régimen cardenista se crearon en la UNAM los institutos de Física y de Matemáticas. En 1936 se creó el Instituto Politécnico Nacional (IPN) y poco después el Instituto Agropecuario y el de Salubridad y Enfermedades Tropicales. En el área de las ciencias sociales, se crearon el Instituto de Antropología y La Casa de España, que se transformó en El Colegio de México. Se impulsó la creación del Departamento Forestal, de Caza y Pesca, presidido por Miguel Ángel de Quevedo, quien fue un defensor del ambiente y gran visionario

para su época pues promovió la creación de áreas verdes y acciones de reforestación; escribió varios trabajos sobre la importancia de los bosques y planteó la necesidad de una ley forestal para protegerlos, y estableció diversas escuelas para formar especialistas en su cuidado en diferentes estados de la República. Quevedo resaltó el papel de los bosques en lo que ahora conocemos como los servicios ambientales hidrológicos, y su importancia en la conservación del suelo así como en la regulación del clima y las inundaciones; también advirtió sobre la importancia de conservar el valor estético de los bosques.

Para ejercer una vigilancia más efectiva en los bosques de México, el programa de conservación de Lázaro Cárdenas se basó en restricciones e incentivos. Durante su gobierno se amplió el servicio forestal y las escuelas forestales recién creadas capacitaron a más de mil empleados, pero el servicio forestal todavía enfrentaba escasez de personal y los salarios eran bajos; se considera que eso indujo a algunos trabajadores a la corrupción (Simonian 1999).

Miguel Ángel de Quevedo realizó diversos esfuerzos durante el desempeño de sus funciones gubernamentales para proteger gran parte del patrimonio natural nacional y fomentar una intensa política de reforestación. Para finales de 1940 había logrado la protección de 30% del territorio nacional por medio de diversas figuras jurídicas (zonas protectoras forestales, reservas forestales, parques nacionales y reservas de repoblación forestal), situación que no se repetiría en la historia del país y que se revirtió al paso del tiempo por falta de voluntad política, de recursos económicos destinados a administrar, operar y vigilar las tierras, y en su caso expropiarlas, y por el reparto agrario que no cesó (véase el capítulo 1 del volumen III de esta obra).

Hubo diferencias entre las ideas de conservación de Cárdenas y De Quevedo; mientras Cárdenas consideraba la conservación de los recursos naturales como un componente de su programa de desarrollo rural y su interés real era su compromiso con el pequeño productor, a De Quevedo le interesaban las necesidades de los campesinos, pero señalaba que de ser necesario, la conservación de los recursos naturales debería anteponerse a las reclamaciones de los usuarios del recurso; anticipó las consecuencias que tendría el reparto durante la reforma agraria de más de 19 millones de hectáreas sin criterios ambientales, y consideró que fomentaría la ampliación de los campos de cultivo a costa de los bosques, acelerando de manera alarmante la deforestación (Simonian 1999).

### 10.3 LA ÉPOCA MODERNA

En la década de los cuarenta hubo un gran impulso al desarrollo de la ciencia con la llegada de los científicos exiliados por la Guerra Civil española que fueron recibidos de manera especialmente generosa por el gobierno del presidente Cárdenas y que se incorporaron a distintas instituciones académicas como la UNAM y el IPN entre otras. La mayor influencia de los científicos exiliados fue en las ciencias biomédicas, biológicas y químicas, lo cual que fue un estímulo extraordinario para el desarrollo de la ciencia mexicana (Pérez Tamayo 2010). Biólogos como Cándido Bolívar, Federico Bonet, Faustino Miranda y Enrique Rioja, entre muchos otros, contribuyeron al establecimiento de los grupos de investigación en las ciencias naturales con que hoy cuenta nuestro país.

En esta época, a raíz de la preocupación por planear el desarrollo de la educación superior en el país y coordinar esfuerzos, se crea en 1950, por acuerdo de rectores y directivos, la Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior (ANUIES). Esto representó un avance muy importante pues la administración pública no contaba con un organismo especializado en la educación superior.

Durante los años cuarenta coincidió el rápido crecimiento poblacional con la industrialización promovida por el gobierno, lo que tuvo severas consecuencias en la sobreexplotación de los suelos, el agua, los bosques y la flora y fauna; de acuerdo con Simonian (1999) “los funcionarios del gobierno no sólo canalizaron los recursos naturales hacia el sector industrial, sino que también industrializaron el uso de los propios recursos naturales”. El interés por la conservación de los recursos naturales desapareció y las políticas agropecuarias se impusieron sobre la protección del capital natural. Se aplicaron estímulos diversos para incrementar la productividad agrícola y ampliar la frontera agropecuaria, incrementando la deforestación.

Como en casi todo el mundo, México adoptó en los años setenta la Revolución Verde, una forma de producción impulsada por organizaciones agrícolas internacionales que prometía la capacidad técnica y científica para elevar la producción de alimentos incrementando los rendimientos agrícolas en monocultivos. No obstante, esta forma de producción trajo consigo diversas externalidades con costos ambientales muy altos por la utilización de un “paquete tecnológico” que contenía, entre otras cosas, mecanización, fertilizantes, productos fitosanitarios, insecticidas y semillas híbridas (Marielle 2001).

El saldo de la Revolución Verde en México ha sido en general negativo, como lo ha documentado Huacuz Elías (2003); se trata de afectaciones en varios aspectos de la vida social, económica y ambiental, ya que la brecha entre los distintos modos de producción agrícola se profundizó. Como señala este autor, por un lado existía la agricultura tradicional campesina, basada en la milpa, la chinampa y la parcela con policultivos de semillas criollas, ligada al conocimiento de una cosmovisión ancestral que originó una instrucción tradicional de saberes heredados por tradición oral en diferentes comunidades, de generación en generación, y por el otro, la agricultura moderna basada en la especialización productiva de alta rentabilidad de su “paquete verde”: fertilizantes, insecticidas, herbicidas, etc., cuyo beneficio estaba enfocado en los complejos agroindustriales vinculados frecuentemente con capital extranjero, y no en la economía familiar de autoproducción y consumo.

Nuestro país en ese tiempo era autosuficiente en producción alimentaria, y la “modernización” de las tecnologías agrícolas fue planteada sin considerar los efectos al ambiente. La Revolución Verde no trascendió más allá de donde se podía ejercer la agricultura de alta tecnificación; es decir, en 75% de la superficie agrícola del país no se utilizó esta tecnología. Los efectos negativos más importantes —y que han ocurrido globalmente— causados por el excesivo uso de fertilizantes y plaguicidas, así como el uso ineficiente del agua, son la contaminación de suelos, mantos acuíferos, ríos, lagos y zonas marinas costeras (Sarukhán 2011).

También en este periodo se sentaron las bases de la ganaderización en el país. Durante el gobierno del presidente Adolfo López Mateos, se daba mayor importancia a las políticas de fomento productivo que a la conservación de los recursos naturales. A medida que se incrementaba la actividad agrícola y ganadera se deforestaron millones de hectáreas en todo el país perdiéndose muchos de los decretos de protección logrados con anterioridad (véase el capítulo 1 del volumen II y el 3 del volumen III de esta obra).

#### 10.4 DESARROLLO DEL CAPITAL HUMANO E INSTITUCIONAL MODERNO

México es uno de los países latinoamericanos que por tradición histórica han puesto mayor énfasis en la creación de una infraestructura física y humana para describir, conservar y aprovechar la diversidad biológica; des-

taca también que casi la totalidad de los estados de la República han creado instituciones de educación superior y de investigación, con dependencias dedicadas al medio ambiente en cada una de ellas y que se suma a las de la UNAM, el IPN y la UAM (Soberón 1999).

La evolución de la ecología como disciplina en México comenzó con la colaboración entre agrónomos, biólogos y geógrafos. Su formalización se inició en la década de los años cincuenta como resultado de la colaboración entre científicos como Enrique Beltrán, Efraím Hernández Xolocotzi, Maximino Martínez, Faustino Miranda, Federico Bonet, Enrique Rioja, entre otros.

En un principio, la investigación en este campo se enfocó en la ecología de plantas, pero paulatinamente se fue complementando con nuevos paradigmas, conceptos, métodos y teorías ecológicas.

En 1960 se estableció la Comisión para el Estudio de las Dioscóreas, cuya principal tarea fue realizar estudios ecológicos de *Dioscorea composita* (barbasco), un bejuco nativo de las zonas tropicales de la vertiente del Golfo de México utilizado para la extracción de diosgenina, el compuesto precursor en la elaboración de la cortisona y los corticosteroides. Por una iniciativa visionaria de Enrique Beltrán, a la sazón subsecretario forestal y de caza, las industrias farmacéuticas que utilizaban barbasco para la elaboración de los fármacos tenían que pagar una cuota por tonelada de producto utilizado, suma que mantenía las investigaciones de la Comisión de Dioscóreas. El objetivo central fue estudiar prioritariamente la ecología de la vegetación del trópico húmedo mexicano para poder dar sugerencias sobre el manejo del barbasco. Se realizaron muestreos de los principales tipos de vegetación y sus principales comunidades maduras y las secuencias secundarias, y en cada sitio de muestreo se recogía información sobre la presencia y cantidad del barbasco existente. Estos estudios constituyen el primer (y hasta ahora el único) ejemplo de investigaciones de largo plazo, financiadas por el sector privado en México sobre temas de ecología de zonas tropicales. La Comisión de Dioscóreas fue seminal para la formación de ecólogos botánicos en las zonas tropicales de México y estableció metodologías de estudio en esas zonas que tuvieron una gran influencia en el desarrollo de la ecología tropical de México (Gómez-Pompa 2010).

Por otro lado, el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (Cinvestav) del IPN fue creado en 1961 con el propósito fundamental de conjugar la investigación científica de excelencia con la formación de posgrado en diferentes áreas y disciplinas.

Ilsen (1996) destaca la década de los setenta como una etapa de expansión en la que tiene lugar el mayor crecimiento de la educación en México en la historia, tanto de matrícula, instituciones y programas académicos como de la planta docente. En 1970 se expidió la ley que crea el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (DOF 1970), organismo que reemplazó al Instituto Nacional de la Investigación Científica (INIC). El Conacyt surge como un organismo descentralizado de la administración pública federal, con personalidad jurídica y patrimonio propios, encargado de colaborar con el gobierno federal en la elaboración, aplicación, ejecución y evaluación de la política nacional en materia de ciencia y tecnología. Durante sus primeros años el Conacyt creó e impulsó el Programa de Inventario de Recursos, el Programa de Diagnóstico Científico, el Programa de Diagnóstico Tecnológico y el Programa de Estudios sobre Educación. Estableció también un programa de becas para estudios de posgrado, y fomentó la creación y el desarrollo de programas de investigación con apoyos económicos adicionales para fortalecer la infraestructura y el equipamiento de grupos de investigación (véase el recuadro 10.1; Arredondo Galván 2006).

Luengo (2003) señala la importancia de la reforma educativa de 1972, ya que permitió: *a*] la creación de nuevos modelos universitarios, por ejemplo, los de la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM),<sup>3</sup> las escuelas nacionales de Estudios Profesionales de la UNAM (ENEP) y un sistema binario de educación superior, que intentó incorporar a las universidades e impulsar a los centros tecnológicos (Sistema de Institutos Tecnológicos Regionales); *b*] ampliar, a pesar de las grandes diferencias regionales, los servicios educativos más allá de las grandes ciudades y las principales capitales estatales, y *c*] la creación o especialización de carreras y posgrados, la reforma de los planes de estudio, la experimentación pedagógica y de modalidades de enseñanza abierta —autoinstrucción, educación a distancia y sistemas tutoriales—, así como la evaluación del aprendizaje.

En esa década se empezó a generar conocimiento en una amplia gama de campos de las ciencias naturales y sociales, y se consolidaron grupos académicos en áreas de la ecología. También se integraron nuevos enfoques a los conceptos de crecimiento económico y desarrollo después de ser cuestionados por la teoría económica por no considerar al medio ambiente en sus planteamientos. Después de esto se incorporó la dimensión de la desigualdad y de la protección de los recursos renovables como factores imprescindibles del desarrollo económi-

co, social y ambiental (véase el capítulo 1 del volumen III de esta obra).

A partir de la mitad de la década de los setenta hubo en México un esfuerzo definido de preparación de nuevas generaciones de investigadores, primero de la sistemática y la ecología en un sentido amplio, y posteriormente de aspectos más relacionados con la valoración y sistematización del conocimiento acerca de nuestra diversidad biológica. Entre otros, destaca en este sentido el esfuerzo que se desarrolló en el Laboratorio de Ecología del Instituto de Biología a partir de 1973, que constituyó la base de la formación de las primeras generaciones de ecólogos terrestres, convirtiéndose en 1988 en un Centro y después en el Instituto de Ecología, creando en ese tiempo el primer doctorado formal en ecología, que cubría una amplia gama de aspectos de esta ciencia.

El periodo entre los años setenta y ochenta coincidió y fue seguido por una fase de consolidación que incluyó el nacimiento y crecimiento de numerosas e importantes instituciones que cultivaban el estudio de la diversidad biológica, como el Instituto Nacional de Recursos Bióticos (Inireb) y el Instituto de Ecología, A.C. A partir de estos grupos originales se desarrolló una parte muy importante de la comunidad de investigación ecológica terrestre del país. En esta época comenzó la operación de las primeras estaciones de investigación biológica en México, como Los Tuxtlas, Ver., y Chamela, Jal., de la UNAM, y las de Mapimí y La Michilía, ambas en Durango, por parte del Instituto de Ecología, A.C., así como La Mancha, Ver. y las reservas de la biosfera Sierra de Manantlán, Jal., e Isla Guadalupe; dichas estaciones han sido espacios en donde se han desarrollado por décadas importantes investigaciones y en las que muchas generaciones de estudiantes de licenciatura y de posgrado, al igual que investigadores, han sido adiestrados. También está la estación Chajul, en la Reserva de la Biosfera Montes Azules, Chis., bajo la responsabilidad de una organización no gubernamental y cuyo objetivo principal es el desarrollo de programas de conservación, manejo y restauración de las áreas naturales protegidas y sus áreas de influencia (véanse Carabias *et al.* 2015, recuadros 10.2 a 10.7 y figura 10.1).

En contraste, el interés por la conservación de los recursos naturales en las políticas públicas desapareció; solo era considerado por los grupos académicos y organizaciones no gubernamentales. Al mismo tiempo que se daba una crisis en la producción de alimentos, se fomentaban políticas que dañaban severamente a los recursos naturales. El tema ambiental, era atendido por el





**Figura 10.1** Ubicación de algunas de las estaciones biológicas establecidas en México (véanse los recuadros 10.2 a 10.7): 1. Isla Guadalupe, 2. Chamela, 3. Sierra Manantlán, 4. La Mancha, 5. Los Tuxtlas, 6. Chajul y Tzendales.

gobierno, como un problema de contaminación en las ciudades y en relación con el aire (véase el capítulo 1 del volumen III de esta obra).

En 1972 se estableció el programa gubernamental conocido como Programa Nacional de Desmontes, que representó uno de los mayores daños al capital natural de México. Contaba con amplios recursos para promover la deforestación con fines agropecuarios pero resultó un fracaso en lo que se refiere a la producción agropecuaria del país. El mayor daño de esta política ocurrió en las zonas tropicales; en ese periodo se deforestaban entre 800 000 y un millón de hectáreas anuales de bosques y selvas.

Fue en la década de 1980 cuando se sentaron las primeras bases de una política ambiental moderna. La reacción social ante la evidencia del deterioro ambiental había venido aumentando desde finales de la década ante-

rior como respuesta al impacto ambiental producido por la expansión agropecuaria y la actividad petrolera. Se fundaron los primeros grupos ecologistas, como Pronatura en 1981, Biocenosis en 1982, la Alianza Ecologista de Coyoacán en 1983, la Alianza Ecologista en 1984, el Grupo de los Cien en 1985, el Pacto de Grupos Ecologistas en 1986, Amigos de Sian Ka'an en 1986 (véase el capítulo 3 de este volumen).

En 1982 se creó la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (Sedue), con una Subsecretaría de Ecología. Con este cambio se amplió el panorama de los temas ambientales. Sin embargo, los temas relacionados con el uso de los recursos naturales renovables quedaron desvinculados administrativamente. Sólo hubo algunas orientaciones o regulaciones apoyadas por instrumentos como el ordenamiento ecológico territorial y el de impacto ambiental, instrumentos que quedaron plasmados en la Ley

General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) en 1987. A partir de entonces se revitalizó el esfuerzo de conservación (véase el capítulo 1 del volumen III de esta obra).

Ya para esta década, la investigación científica en ecología se había consolidado en México, conformando programas estables de investigación y formación académica tanto en la licenciatura como en el posgrado, lo que repercutió también en la creación de organizaciones civiles y académicas con el propósito de vincular esfuerzos en la búsqueda de soluciones a los problemas nacionales.

La década de 1990 fue la de mayor actividad de institucionalización sobre distintos aspectos relacionados con el desarrollo sustentable a raíz de la promulgación de la LGEEPA. Además de crearse la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, el Instituto Nacional de Ecología (desde 2012 INECC) y la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, en 1994 se elevó la gestión ambiental al más alto nivel gubernamental, al establecerse la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (Semarnap), lo que significó un avance para la articulación de políticas públicas y los instrumentos ambientales. La Semarnap integró los sectores productivos forestales y pesqueros, que históricamente habían operado de manera independiente; fue un hecho sin precedentes que las políticas de aprovechamiento de los recursos forestales y pesqueros se discutieran desde un punto de vista ambiental, con miras a ser utilizados con criterios de sustentabilidad (Lezama 2010; véase el capítulo 1 de este volumen y el 7 del volumen III).

En 1996, con las reformas realizadas a la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente se logró un avance importante en la modernización de la regulación ambiental. Las modificaciones a la ley sentaron las bases para descentralizar de manera ordenada y gradual la gestión de los asuntos relacionados con el medio ambiente en favor de los gobiernos locales, fomentar la participación social en esta tarea y tipificar como conductas delictivas aquellas que atentan contra la conservación del medio ambiente (véase el capítulo 1 de este volumen).

### **10.5 EL ENTORNO NACIONAL Y EDUCATIVO EN LA ÚLTIMA DÉCADA DEL SIGLO XX Y LA PRIMERA DEL SIGLO XXI**

El desarrollo de un país tiene su principal sustento en la formación de recursos humanos calificados y de alto ni-

vel en la investigación de las distintas áreas de las ciencias y la tecnología. El desarrollo económico y social requiere, entre otras cosas, la formación eficiente y competitiva de científicos naturales y sociales, ingenieros, administradores y otros profesionistas involucrados en las actividades que requieren conocimiento científico y técnicas de aplicación de dicho conocimiento (Conacyt 2002).

No obstante lo anterior, en México, durante el periodo comprendido entre 1993 y 2013, el gasto en investigación y desarrollo como porcentaje del producto interno bruto (PIB) ha sido en promedio de 0.37%. Países como Brasil, Chile y Argentina reportan valores de 1.3, 0.5 y 0.4%, respectivamente. Los países que destinan más recursos a la investigación y el desarrollo en el mundo son Suecia, Finlandia y Japón, con poco más de 3% del PIB para el mismo periodo (INEGI 2015a).

El término recursos humanos en ciencia y tecnología (RHCYT) fue establecido por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) para denominar a todas aquellas personas que realizan actividades tendientes al desarrollo de investigaciones científicas y tecnológicas. De acuerdo con el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt 2010), el Acervo de Recursos Humanos en Ciencia y Tecnología (ARHCYT) es un indicador del potencial de una nación para absorber y desarrollar conocimientos que se transformen en beneficios tangibles para su población; el ARHCYT permite, asimismo, establecer una relación entre el flujo de egresados del sistema de educación superior y el mercado de trabajo, que podría considerarse un indicador económico de interés. La excelencia en la formación de recursos humanos repercute en el bienestar de la sociedad, ya que hace posible responder a sus necesidades actuales y abrir oportunidades para el futuro. Por otra parte, el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología reconoce la importancia de preparar el recambio generacional y de fomentar entre los estudiantes de todos los niveles educativos el interés por la ciencia y la tecnología, así como de crear puestos de investigación tanto en empresas e industrias como en las instituciones de educación superior para contratar a los egresados al término de su preparación.

El Informe General del Estado de la Ciencia y Tecnología 2002-2013 (Conacyt 2013a) recoge estimaciones referentes al ARHCYT en los países de la OCDE; señala que en promedio 33% de su población ocupada cuenta con estudios de tercer nivel<sup>4</sup> con un amplio margen de variación, desde 18.6 en Turquía hasta 45.8% en Irlanda. Por su parte, otros países (p. ej., España, Suecia y Francia)

se encontraban por encima del promedio de la Unión Europea (31.3%), mientras que México ocupa uno de los últimos lugares dentro de ese organismo, con 25.6% de la población ocupada que cuenta con estudios de licenciatura. Lo anterior revela que, en términos de población ocupada, nuestro país está en desventaja en relación con la mayoría de las naciones de la OCDE, ya que la fuerza laboral en México está conformada en su mayoría por personas poco calificadas, mientras que otros países tienen una mano de obra con un grado académico superior (cuadro 10.2).

**Cuadro 10.2** Porcentaje de la población económicamente activa (PEA) que cuenta con estudios de licenciatura en relación con la PEA total en algunos países de la OCDE (Conacyt 2013a)

| País          | Porcentaje  |
|---------------|-------------|
| Irlanda       | 45.8        |
| Finlandia     | 41.2        |
| España        | 40.7        |
| Bélgica       | 40.4        |
| Suecia        | 36.2        |
| Francia       | 34.7        |
| Unión Europea | 31.3        |
| Alemania      | 29.5        |
| <b>México</b> | <b>25.6</b> |
| Portugal      | 21.6        |
| Italia        | 19.0        |
| Turquía       | 18.6        |

Por área de la ciencia se observa que al menos la mitad de la población económicamente activa (PEA) en México la constituyen personas con estudios en ciencias sociales; en segundo lugar se ubican los que tienen estudios en ingeniería, con dos de cada 10 personas; la tercera posición es para quienes tienen estudios en salud, que representan una de cada siete personas del total, mientras que el resto de las áreas (ciencias naturales y exactas, agricultura y humanidades) representa menos de 16% de la PEA (cuadro 10.3).

En 1990, 2000 y 2010 se graduaron de doctorado en nuestro país, de todas las áreas de la ciencia, 2.5, 10 y 25 alumnos por cada millón de habitantes, respectivamente (INEGI 2015b). El porcentaje de alumnos dedicados a estudios de licenciatura, maestría y doctorado en el área de las ciencias naturales y exactas no ha variado en los últimos 25 años (2% para licenciatura y 5% para posgrado), y si consideramos que dentro de esta área se encuentran los físicos, matemáticos y actuarios, el porcentaje vinculado con estudios sobre la biodiversidad es mucho menor. En un país en el que el deterioro ambiental es cada vez más alarmante, la proporción de alumnos graduados en el área de las ciencias naturales, y en particular la capacitación de personal especializado en el tema de la restauración ambiental, es una necesidad que se manifiesta con los datos mencionados.

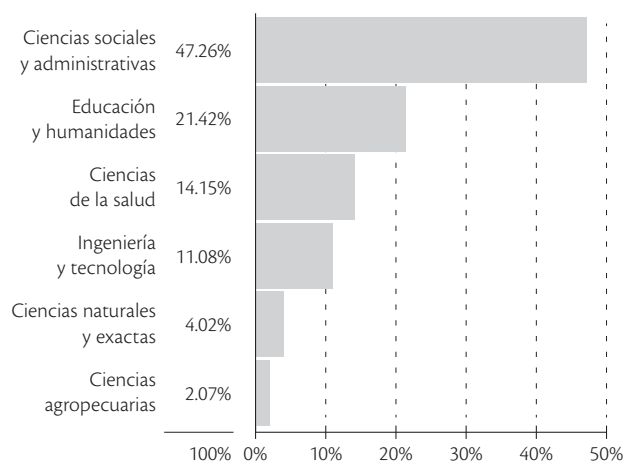
Para el periodo de 1990 a 2013, el INEGI reportó que 905 407 personas egresaron de los diferentes posgrados en el país. De este total, 262 363 (28.97%) obtuvieron una especialidad, 597 152 (65.95%) una maestría y 45 892 (5.06%) un doctorado. Por otro lado, la distribución de los estudiantes de posgrado por área del conocimiento fue de 18 774 en ciencias agropecuarias (2.07%); 36 372

**Cuadro 10.3** Población económicamente activa en ciencia y tecnología con estudios de licenciatura, maestría y doctorado por área de la ciencia en México, 2011 (miles de personas) (Conacyt 2013a)

| Área                         | Licenciatura   | Maestría y especialidad | Doctorado   | Total          |
|------------------------------|----------------|-------------------------|-------------|----------------|
| Ciencias naturales y exactas | 139.5          | 21.9                    | 7.0         | 168.4          |
| Ingeniería                   | 617.9          | 34.3                    | 3.3         | 655.6          |
| Salud                        | 381.3          | 73.1                    | 17.3        | 471.8          |
| Agricultura                  | 103.3          | 6.3                     | 1.7         | 111.3          |
| Ciencias sociales            | 1 463.7        | 210.4                   | 4.9         | 1 679.0        |
| Humanidades                  | 199.2          | 46.6                    | 0.3         | 246.1          |
| No especificado              | 1.5            | 2.7                     | 0.2         | 4.4            |
| <b>Total</b>                 | <b>2 906.4</b> | <b>395.3</b>            | <b>34.7</b> | <b>3 336.6</b> |

(4.02%) en ciencias naturales y exactas; 128 159 (14.15%) en ciencias de la salud; 100 317 (11.08 %) en ingeniería y tecnología; en ciencias sociales y administrativas se reportó la mayor cantidad, 427 863 (47.26%) egresados y, finalmente, 193 922 (21.42%) en educación y humanidades (Fig. 10.2) (INEGI 2015c).

México dedica 5.7% de sus ingresos nacionales a sistemas educativos, es decir, más que Brasil (5.2%) pero menos que Chile (6.4%). La educación en México tiene la mayor tasa de inversión en los países de la OCDE (21.7% del gasto público total<sup>5</sup> en comparación con el promedio de 13.3% en la OCDE), pero los resultados de esa inversión son muy magros, además del hecho de que el gasto por alumno permanece muy bajo en México. El gasto es de 2 111 dólares por alumno de educación primaria, comparado con un promedio de 6 741 dólares en la OCDE, y de 2 236 dólares por alumno de educación secundaria contra un promedio de 8 267 en la OCDE. En contraste, los alumnos de educación superior obtienen una inversión relativamente mayor, con 6 971 dólares por estudiante; sin embargo, continúa siendo menor que el promedio de la OCDE, que es de 12 907 dólares. El mayor problema reside en los temas en que esos montos se invierten: una gran proporción de los recursos se dedica a sueldos y prestaciones del personal docente y administrativo, y no a los insumos indispensables para la formación de los alumnos, como laboratorios, bibliotecas y otros elementos de infraestructura básica. Con un presupuesto limitado por alumno, mientras que 90% del gasto se destina al personal (OCDE 2012), queda poco margen de inversión para otros insumos educativos.



**Figura 10.2** Egresados del posgrado en México por área de la ciencia (1990-2013) (INEGI 2015c).

En cuanto a la oferta de programas de posgrado en universidades públicas y privadas, en el año 2011 se reportaron 3 776 programas académicos de posgrado en el país, pero de estos solamente 1 374 pertenecían al Programa Nacional de Posgrados de Calidad (PNPC), que son ofrecidos por universidades públicas (77.15%) y privadas (6.4%).

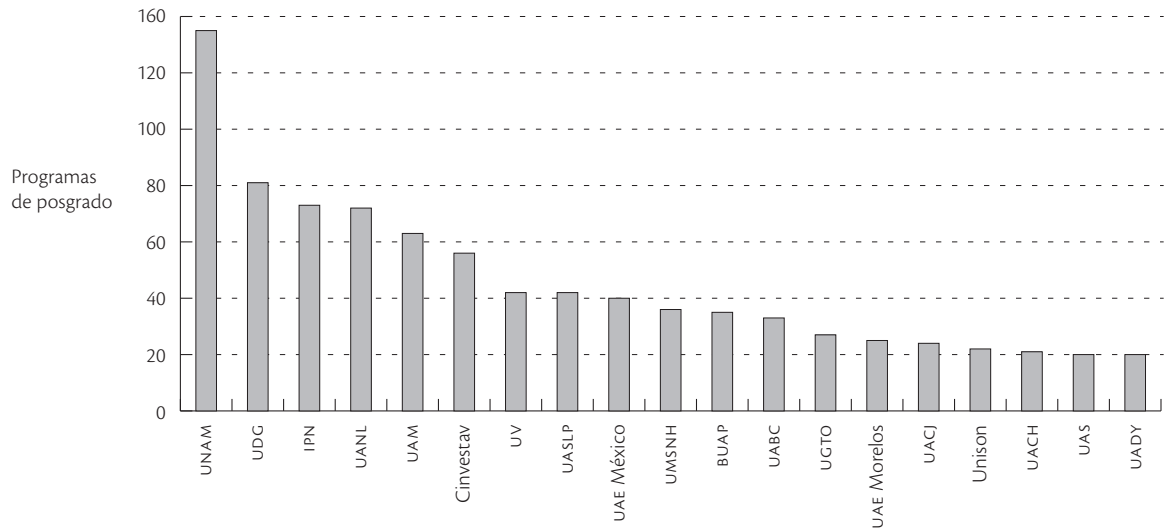
Todas las universidades públicas (45), excepto la Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca y la Universidad del Ejército y la Fuerza Aérea, cuentan con al menos un programa de posgrado en el PNPC; sin embargo, 70% de los programas se ofrece en tan sólo 19 universidades (Fig. 10.3). En el caso de las universidades privadas solamente ocho ofrecen programas que están incluidos en el PNPC (EXECUM 2013).

Actualmente la oferta de programas disponibles en las universidades mexicanas vinculados al manejo de los recursos naturales en los niveles de licenciatura y posgrado es amplia, como se muestra en la figura 10.4 (ANUIES 2013).

A partir de 2001 se estableció en la UNAM, dentro del Posgrado en Ciencias Biológicas (PCB), el primer programa de maestría enfocado en la restauración ecológica. Durante 10 años se titularon alrededor de 100 alumnos (incluidos estudiantes latinoamericanos). La rígida estructura del posgrado impidió alcanzar un objetivo central del programa que era la captación de estudiantes de diversas disciplinas para lograr un adiestramiento multidisciplinario. Los alumnos aceptados provinieron casi en su totalidad de la carrera de biología. Debido a modificaciones realizadas al plan de estudios del PCB, en el año 2010 la restauración ecológica quedó englobada en el campo del conocimiento del manejo de ecosistemas, lo que dificultó la captación de alumnos hacia esta línea de investigación.

De acuerdo con los datos del PNPC, en 2012 se ofrecieron 1 022 programas de posgrado en todas las áreas del conocimiento. Fueron ofrecidos por 64 instituciones (entre universidades públicas, privadas, centros, colegios e institutos tecnológicos). De estos, 163 corresponden a programas vinculados al estudio de la biodiversidad —59 doctorados y 101 maestrías y tres especialidades— (Conacyt 2013b).

En el año 2000 había 117 investigadores con alguna especialidad en ecología pertenecientes al SNI en el país (Castillo y Toledo 2000); actualmente hay alrededor de 455 (Conacyt 2015), lo que es insuficiente para una población de 120 millones de habitantes y en especial para un territorio de la magnitud y complejidad del nuestro.



**Figura 10.3** Universidades públicas que ofrecen 70% de los programas de posgrado incluidos en el PNPC (Conacyt 2013b).

Martínez *et al.* (2006) también mencionan que se necesitaría una inversión inicial en Latinoamérica de 8 000 millones de dólares para alcanzar la capacidad de formación de recursos humanos (adiestramiento y empleo) que tienen países como Estados Unidos.

Afortunadamente en nuestro país el número de grupos de investigación en el campo de la ecología que forman recursos humanos es muy sólido. Martínez-Ramos (1994) realizó un análisis de la actividad de investigación en ecología vegetal en México, de 1980 a 1994, utilizando los artículos publicados en revistas científicas de amplia difusión tanto nacionales como extranjeras; para 1994 se habían publicado 140 artículos en las mejores revistas extranjeras.

De 1994 a la fecha el número de artículos realizados en México y publicados por autores mexicanos en el área de ecología ha aumentado a alrededor de 2 436. Las principales revistas en las que se publica son: *Revista de Biología Tropical*, *Revista Mexicana de Biodiversidad*, *Biotropica*, *Plos One*, *Restoration Ecology*, *Forest Ecology and Management* (búsqueda en Scopus).

En 2005, antes de la formación de la Sociedad Científica Mexicana de Ecología (SCME), los ecólogos mexicanos presentaban sus trabajos en los foros de diferentes asociaciones, principalmente en los congresos nacionales de las sociedades mexicanas de botánica, zoología, mastozoología y entomología. La mayoría de los trabajos ecológicos se presentaban en los congresos de la Sociedad

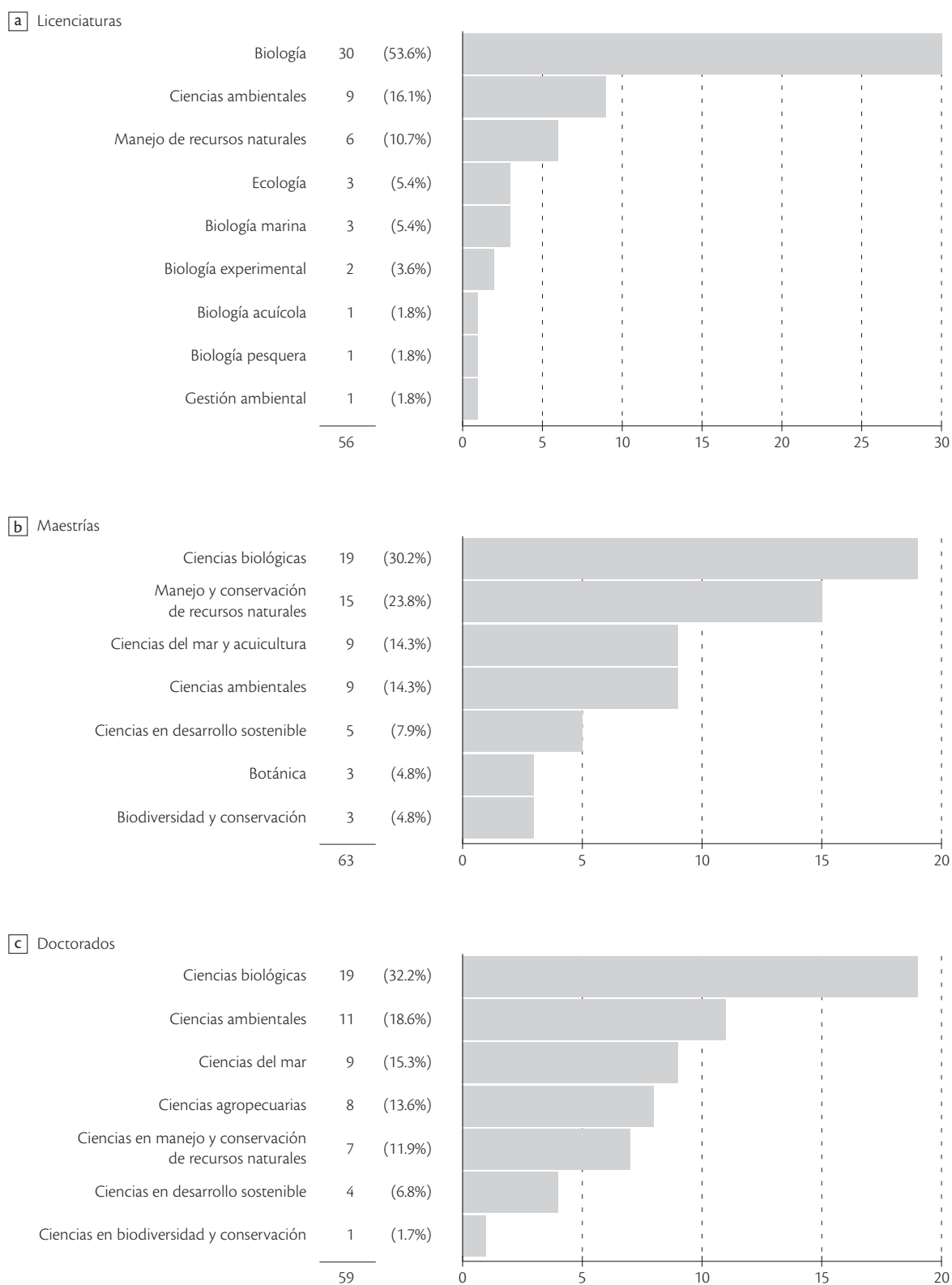
Botánica de México. En 2006 se realizó el primer Congreso Mexicano de Ecología, en el que se presentaron 176 contribuciones; en 2015, durante el quinto congreso, el número de contribuciones aumentó a 478 orales y 553 en formato de cartel. Estas cifras son un indicativo del creciente interés por la investigación ecológica entre profesionales de la biología y jóvenes estudiantes de las diferentes licenciaturas y posgrados que se ofrecen en el país.

## 10.6 CONCLUSIONES

### 10.6.1 Educación a la sociedad

El reto que representa disminuir el deterioro ambiental de México es enorme. Es necesario lograr un cambio de valores sociales y promover una nueva ética que garantice el respeto entre los miembros de la sociedad y hacia la naturaleza. Esto resulta imposible si antes la sociedad no está debidamente informada acerca de la seriedad de los problemas ambientales globales y nacionales que enfrentamos, y no es educada en cuanto a las posibles soluciones a dichos problemas a partir del cambio de comportamiento individual y hasta la acción social concertada. En el caso de la pérdida de la biodiversidad se requiere sensibilizar a la población sobre la importancia del capital natural como proveedor de servicios ambientales por medio de diferentes acciones, como programas de edu-





**Figura 10.4** Programas disponibles en las universidades mexicanas vinculados al estudio de la biodiversidad en los niveles de licenciatura, maestría y doctorado (ANUIES 2013).

cación ambiental impartidos desde los primeros niveles educativos hasta esfuerzos especialmente dirigidos a los habitantes de los grandes núcleos urbanos, quienes producen el mayor impacto sobre los recursos naturales por sus demandas en alimentación y energía. De esta forma se puede fomentar una conciencia ciudadana desde la infancia y una actitud de respeto hacia la naturaleza en los adultos.

En este sentido, los esfuerzos de educación e información a la sociedad por parte de los medios de comunicación masiva son, si no nulos, muy limitados, lo que se une a los aislados programas de educación ambiental dirigidos al sector de educación básica y secundaria. Más adelante en el ciclo escolar tal educación ambiental es inexistente y debiera ser un elemento de la educación profesional de todas las carreras. Finalmente estamos hablando de un problema que no es de tipo disciplinario, sino que afecta a todas las personas como ciudadanos del mundo, sin importar la carrera que estudien.

Tampoco el Estado ha ejercido su responsabilidad en lo que se refiere a informar y comunicar de manera adecuada a sus ciudadanos los hechos, científicamente probados, relacionados con las características de los problemas ambientales globales. Por ejemplo, no hay campañas permanentes bien diseñadas y dirigidas a diferentes sectores de la sociedad para alertar a las personas de los riesgos y problemas ambientales que encaramos a escala global y nacional, como ocurrió con la relativamente reciente epidemia H1N1, que representaba un serio problema potencial de salud pública en nuestro país, o con la campaña antitabaco desde hace ya muchos años, que aunque no ha tenido la efectividad de las excelentes campañas de vacunación emprendidas por el sector salud del gobierno federal, ha ayudado a reducir los daños a la salud pública por el humo del tabaco.

Un notable esfuerzo ha sido realizado especialmente en los últimos tres o cuatro años en el portal de la CONABIO ([www.biodiversidad.gob.mx](http://www.biodiversidad.gob.mx)), que ha incluido un creciente caudal de información sobre las especies (animales, plantas y microorganismos) y los ecosistemas que existen en nuestro país, su estado de conservación o deterioro, etc. La información básica proveniente del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB) se ha adaptado a los diferentes niveles de educación de los usuarios de la página, la cual tiene un notable éxito: la visitan diariamente más de 8 000 usuarios que realizan unas 27 000 consultas al sitio y descargan alrededor de 68 gigabytes de información.

## 10.6.2 Apoyos a la investigación

No es posible pretender que se puede conocer toda la diversidad biológica de un país que posee la extensión terrestre y marina, así como la heterogeneidad ecológica del nuestro. Sin embargo, a pesar de que los esfuerzos para el conocimiento de la biota mexicana se remontan al siglo antepasado y de que hay una razonable representación geográfica por parte de instituciones dedicadas al conocimiento de la flora y fauna del país, la tarea de conocer mejor varios grupos de plantas y animales muy importantes desde el punto de vista económico y ecológico es aún muy grande. Las universidades e instituciones de investigación que albergan colecciones científicas (Anexo II) cubren una función esencial que ninguna otra institución cumple y requieren apoyo permanente para el mantenimiento y la expansión selectiva de sus colecciones. Igualmente, es necesario que las instituciones de educación superior e investigación, que desde siempre han formado especialistas en el conocimiento de nuestra flora y fauna, sigan apoyando esa formación tanto en el país como en el extranjero, y estimulen con becas y puestos de investigación a los futuros taxónomos, biogeógrafos, sistemáticos y biólogos en general.

La CONABIO ha contribuido a la generación e integración de conocimiento acerca de la diversidad biológica de México apoyando en sus 25 años de existencia más de 1 650 proyectos de investigación y a cerca de 820 investigadores ubicados en más de 225 instituciones mexicanas; muchos de esos proyectos se han enfocado en la generación de inventarios y mapas que permiten conocer la diversidad y distribución geográfica de las especies (actual y potencial) de valor económico, científico, cultural y social. Por otra parte, mantiene una estrecha interacción con los grupos de expertos de nuestro país, capaces de proporcionar la información detallada indispensable para la correcta gestión de la diversidad biológica en México. El Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad es considerado como una experiencia ejemplar en el ámbito internacional. La Comisión proporciona valiosa información para la toma de decisiones referentes al manejo de los recursos naturales del país, la cual no sólo está disponible para el sector gubernamental. Otros sectores como el académico, el privado y la sociedad en general ya están haciendo uso de ella (Soberón 1999; Koleff y Jiménez 2010; capítulo 5 de este volumen).

La CONABIO está proporcionando a las entidades del país un apoyo para la capacitación de capital humano que realice estudios locales y regionales de la diversidad

biológica contenida en su territorio para desarrollar estrategias estatales para el manejo y uso sustentable de su capital natural (Anexo I).

En lo referente a la construcción del capital humano requerido a mediano plazo en el país para lograr un mayor conocimiento de nuestro capital natural, es sin duda una gran necesidad. Se necesita la formación de personal especializado en temas vinculados a la biodiversidad, pero en especial en el área de la restauración ambiental dado el creciente deterioro de ecosistemas tanto terrestres como marinos en nuestro territorio. Estos profesionistas, dedicados a la conservación, manejo y restauración de ecosistemas, deben influir cotidianamente en la toma de decisiones y en la ejecución de proyectos en las diferentes dependencias gubernamentales, así como en grupos no gubernamentales y privados. Una verdadera política de restauración ambiental deberá contribuir a la consolidación de la ciencia de la restauración para producir cuadros profesionales capaces de entender y enfrentar los retos futuros; debe consolidarse como una ciencia realmente interdisciplinaria, con bases conceptuales sólidas que permitan explicar la complejidad de los sistemas de estudio y con métodos y herramientas que permitan medir variables de las diferentes disciplinas.

Asimismo, es necesario atraer la matrícula a áreas vinculadas con la conservación y el manejo de recursos naturales, así como con la restauración ambiental, mediante, por ejemplo, la oferta de becas y el fortalecimiento de la educación técnica. El personal técnico de las áreas naturales protegidas y de las unidades de manejo para la conservación de la vida silvestre no siempre ha tenido la oportunidad de obtener una especialización en el área más allá de sus estudios de licenciatura en biología, agronomía o forestería; su desempeño profesional se desarrollaría grandemente con algunos cursos regulares de educación continua mientras siguen ejerciendo sus funciones y responsabilidades.

Otro elemento central es la oferta de empleos razonablemente remunerados en el área dedicada al estudio, manejo, conservación y restauración del capital natural. Es indispensable estimular el interés de instancias gubernamentales, en los órdenes federal y estatal, y sobre todo en el municipal, que está aún muy lejos de emprender acciones concretas en estas áreas (capítulo 2 de este volumen), así como de las organizaciones no gubernamentales o instituciones académicas de educación superior. La existencia de una oferta en estas instituciones es indispensable como un elemento atractivo a los jóvenes para inscribirse en las disciplinas relacionadas con la bio-

diversidad, como geografía, biología, ecología, agronomía, forestería, veterinaria, computación aplicada a la bioinformática, entre otras. De igual magnitud es la necesidad de dar capacitación a estudiantes y profesionistas en áreas de las ciencias sociales (economía, sociología, psicología social, etc.), sin las cuales es imposible encarar seriamente el análisis de problemas relacionados con la conservación y el manejo sustentable del capital natural del país.

No obstante, sólo se logrará integrar la perspectiva ambiental y de sustentabilidad de manera transversal a todos los sectores cuando las políticas públicas y los mecanismos de planeación, evaluación y rendición de cuentas, integren ese mismo componente y también puedan guiar, ampliar y mejorar la calidad del sector de educación superior (Nieto y Medellín 2007).

La conservación y el uso sustentable del capital natural de una nación dependen centralmente del conocimiento de las características de los recursos naturales, de la demanda de bienes por parte de las sociedades y el alcance que estas tienen sobre los mismos. Sin esta capacidad de conocimiento es imposible valorar ese capital natural. Por sus características y complejidad, ese conocimiento se obtiene casi en la totalidad de los casos por medio de los recursos humanos locales y las instituciones que los forman y que generan las condiciones para llevar a cabo las investigaciones al respecto. Este es un conocimiento prácticamente imposible de importar de otros países o regiones, por la singularidad de los sistemas naturales, por las idiosincrasias sociales y culturales de las sociedades que interactúan con los recursos y consecuentemente por las características distintas que cada una de esas interacciones tiene, no sólo entre países sino entre los diferentes grupos sociales en diferentes ambientes dentro de cada país. Desde mediados del siglo pasado, México ha podido construir bases importantes en este sentido que lo ponen a la cabeza entre países de economías y desarrollos científicos comparables. Debemos, como nación, proseguir ese trabajo de expansión y fortalecimiento institucional en el área de las ciencias que estudian los recursos naturales y las interacciones sociales con ellos, así como con la formación de profesionistas en áreas tanto básicas como aplicadas con una visión y adiestramiento interdisciplinario indispensable para entender y resolver los problemas ambientales de México, en especial los referentes al uso sustentable y la conservación de nuestros recursos naturales y los servicios ambientales de los que dependemos para nuestra vida y la de las generaciones futuras de mexicanos.

**RECUADRO 10.1** EL CONACYT Y EL DESARROLLO DEL CONOCIMIENTO SOBRE EL CAPITAL NATURAL DE MÉXICO

Gonzalo Halffter • Lucrecia Arellano

El Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt), como organismo de alto nivel del gobierno federal, encargado del impulso y la coordinación de las actividades científicas en México, ha tenido en las cuatro últimas décadas una importancia primordial, tanto en la promoción de la investigación sobre el capital natural como en la formación de científicos y de instituciones que trabajen el tema.

El papel complejo que desempeña el Conacyt abarca el campo que aquí interesa (el capital natural) en las siguientes líneas principales: 1] un sistema de becas para la formación de científicos de alto nivel; 2] el Sistema Nacional de Investigadores; 3] la creación y coordinación de centros de investigación científica y tecnológica; 4] el apoyo a proyectos de investigación que se realizan en distintas instituciones. Veremos por separado cada una de estas actividades.

**ANTECEDENTES**

El interés del gobierno federal por impulsar la investigación científica aparece muy tarde en México. Los primeros organismos de vida efímera y presupuesto inadecuado se van sucediendo hasta llegar, en 1950, al Instituto Nacional de la Investigación Científica (INIC). Estos primeros esfuerzos no dieron resultados trascendentes debido a los escasos recursos financieros asignados; la falta de autoridad para poder impulsar una política nacional; la ausencia de facultades para intervenir con amplitud en la investigación aplicada; la carencia en el país de una “masa crítica” de científicos y tecnólogos, y, por último, la falta de una política gubernamental en ciencia y tecnología ligada al desarrollo económico y social (INIC 1970).

No es sino hasta fines de 1969 que se realiza un esfuerzo realmente importante, coordinado por el INIC, para elaborar el documento titulado “Política nacional y programas de ciencia y tecnología”. Este estudio, publicado por el INIC en 1970, contiene un análisis crítico, objetivo y riguroso de la realidad de la ciencia en el país en ese momento, así como la formulación de un programa cuyo resultado inmediato sería la creación del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. En este documento (INIC 1970) se declara sin ambages la importancia de la investigación científica para el desarrollo nacional, se recalca la necesidad de ligar la investigación con la educación superior y con franqueza se reconoce el atraso de la ciencia en México.

El Conacyt fue definido como un organismo con diferente estructura y mayores capacidades que el INIC para asesorar al Ejecutivo federal, promover y estimular el desarrollo de la ciencia y la tecnología en nuestro país, así como elaborar las políticas de ciencia y tecnología nacionales (Canales-Sánchez 2007).

A más de cuatro décadas de existencia, el Conacyt ha desarrollado una serie de programas para cumplir sus funciones. Además del apoyo a la investigación en forma de financiamiento a proyectos aprobados por comisiones dictaminadoras integradas por científicos y del programa de becas para la formación de recursos humanos, ha hecho un notable y exitoso esfuerzo para la creación de centros de investigación, principalmente en provincia. En la administración de Gerardo Bueno Zirión (1973-1976) se fundaron 18 centros en provincia y el presupuesto del Conacyt aumentó de 43 millones a 467 millones de pesos.

Los años noventa vieron cambios sustantivos en las políticas de ciencia y tecnología, introduciendo criterios de productividad, calidad y competitividad (Canales-Sánchez 2007) que se mantienen hasta hoy. En la transición de los años noventa y la primera década del siglo XXI se llevaron a cabo importantes cambios normativos en el sector: la Ley de Fomento a la Investigación Científica y Tecnológica (1999) y la nueva Ley de Ciencia y Tecnología (5 de junio de 2002). Como resultado de un intenso proceso de consulta nacional, y con la participación de científicos, tecnólogos, empresarios, académicos y gobernantes, se creó el Programa Especial de Ciencia y Tecnología, importante instrumento para el desarrollo científico y tecnológico de México.

El Conacyt ha organizado un padrón de programas de posgrado de excelencia para todo el país (en octubre de 2001 se crea el Programa SEP-Conacyt para el fortalecimiento del posgrado nacional), un fondo para contratar a investigadores extranjeros que deseen venir a México en forma temporal o definitiva y, en combinación con los gobiernos de los estados y varias secretarías del gobierno federal, 17 fondos sectoriales y 29 fondos mixtos que propician el fortalecimiento de capacidades científicas y tecnológicas en forma regional o con orientación a un campo determinado.

**BECAS**

En los últimos años, varios países latinoamericanos han desarrollado esfuerzos significativos por mejorar su desempeño en ciencia, tecnología e innovación, aumentando los

recursos dedicados a estos fines. Una de las expresiones de este esfuerzo ha sido el crecimiento de los programas de apoyo a la formación para la investigación. La cantidad de investigadores respecto de la población económicamente activa resulta un indicador elocuente de la distancia entre los países de la región y los desarrollados. Disminuir esa brecha constituye un objetivo claro de política, establecido en varios planes estratégicos nacionales (Luchilo 2008).

México presenta un déficit grave en relación con otros países respecto del personal para la investigación y el desarrollo tecnológico y del personal docente con especialización científica (OECD 2009). En este contexto, el Conacyt impulsa el otorgamiento de becas nacionales y en el extranjero. El Programa de Becas del Conacyt ha contribuido de manera significativa a formar los cuadros del subsistema de investigación. La asignación de becas nacionales ha crecido de manera significativa en los últimos años. Hasta 2005 había registrados 17 538 becarios realizando estudios de posgrado en México (Ólvarez y Pérez-Correa 2005). A lo largo de su historia, Conacyt ha dado más de 100 000 becas para estudios de posgrado, tanto en el país como en el extranjero. Aunque no todas fueron destinadas a la formación de científicos, cerca de tres cuartas partes sí se dieron con ese objetivo (Pérez-Tamayo 2005). Aun si consideramos que una parte de estos becarios no haya terminado sus estudios (por abandono o porque aún no es tiempo), quedarían más de 50 000 científicos por incorporarse a nuestras instituciones.

En el SNI hay registrados, para 2010, 16 600 investigadores vigentes y muchos de ellos no son exbecarios del Conacyt. Considerando que hay investigadores que por diversas causas no están en el SNI, hay una fuerte desproporción entre el gran esfuerzo en becas otorgadas y el incremento de la planta de científicos. El problema ha preocupado a varios autores que han estudiado la evolución del sistema científico mexicano (véase un análisis en Pérez-Tamayo 2005). Uno de los puntos sobre el que coinciden más comentarios es que el Sistema de Becas no ha estado acompañado por un programa de creación de nuevos puestos que acojan a los becarios que terminan su educación (Ortega *et al.* 2001; FCCYT-AMC 2005; Luchilo 2008; 2009). Es verdad que hay varios programas del propio Conacyt, pero son insuficientes. En lo que va del siglo XXI el aumento de plazas en las universidades y centros públicos de investigación ha sido pobre y limitado.

En lo que se refiere a las instituciones que tienen que ver con el capital natural, calculamos que en los tres últimos decenios 25% del personal científico está conformado por exbecarios del Conacyt. Con la política del Conacyt de becar a la totalidad de los estudiantes de posgrado de los centros públicos de investigación este porcentaje está aumentando.

#### SISTEMA NACIONAL DE INVESTIGADORES (SNI)

Coincidimos con varios autores al señalar que en relación con el apoyo a las actividades científicas y tecnológicas, una de las acciones más afortunadas del gobierno federal fue la creación del Sistema Nacional de Investigadores. El SNI se establece por acuerdo presidencial el 26 de julio de 1984. Aunque el SNI no ha resuelto el problema de las percepciones salariales insuficientes que afecta a una gran parte de la comunidad científica, ha permitido un respiro económico y evitado lo que amenazaba ser una emigración masiva de nuestros mejores investigadores.

El SNI se establece como un mecanismo para impulsar la profesión de investigador (exige la dedicación íntegra o casi íntegra a la investigación y la docencia) y promover la eficiencia y calidad del trabajo realizado. Hay un procedimiento de evaluación periódica, realizada por comisiones constituidas por científicos activos del mayor prestigio. La forma en que se realiza esta evaluación (por pares) es una de las características del SNI que más ha contribuido a ganar el respeto y la confianza de la comunidad científica y tecnológica. Aunque las comisiones fijan los detalles de sus procedimientos (éstos pueden variar algo en cada comisión), se ha mantenido que los criterios de evaluación no se limiten a la producción científica del investigador (artículos, libros, patentes, etc.), sino que también incluyan su contribución a la formación de recursos humanos (básicamente, dirección de tesis y docencia), a la creación de nuevos grupos de investigación, así como la repercusión de su obra científica (medida entre otras formas por el número de citas) en ámbitos nacionales e internacionales.

Aunque en un principio el SNI estaba limitado a los investigadores de las instituciones del sector público, en 1988 se abrió a los investigadores de las instituciones del sector privado (Malo y Rojas 1996). Hay información sobre el SNI en Rudomín 1994; Malo y Rojas 1996; Drucker y Pino 2005; FCCYT-AMC 2005.

En las últimas décadas, el Conacyt ha aumentado de manera sostenida y considerable la cantidad de plazas en el SNI: en 1984 había 1 396 investigadores, en 1989 había 4 666 y se ha llegado a 16 600 en 2010 (Poder Ejecutivo Federal 1994; Conacyt 2010), lo que refleja un enriquecimiento muy importante de la comunidad científica mexicana. Sin embargo, existe en general una baja representación de investigadores de nivel III y nivel II. La estructura de edades muestra una proporción baja de investigadores jóvenes, así como una proporción alta de investigadores no jóvenes en la categoría I del SNI.

De acuerdo con Malo y Rojas (1996), en 1984, de las seis áreas de investigación que incluía el SNI, el área de Ciencias



**RECUADRO 10.1** [continúa]

Biológicas, Biomédicas y de la Salud concentraba 43% del total de investigadores y representaba la más poblada de las áreas. Sin embargo, como pensamos que incluir a todos los miembros de esta área en el tema del capital natural podría sobreestimar las cifras, a partir de una base de datos proporcionada directamente por el Sistema Nacional de Investigadores y el Conacyt seleccionamos a los investigadores por disciplinas (agronomía, biología, zoología, oceanografía, pesca, biotecnología, biología marina, botánica, oceanografía física, biología pesquera, etc.), así como por las instituciones donde laboran (aquellas relacionadas con el capital natural) y realizamos un análisis temporal de las tendencias en el número de investigadores durante el periodo 1991-2010.

En la figura 1 se muestran las tendencias generales en el número de investigadores que incluye el Sistema Nacional de Investigadores y la proporción que representan aquellos que realizan estudios relacionados con el capital natural. A pesar de que, como habíamos mencionado, ha habido un aumento considerable en el número total, en 1991 los investigadores dedicados a estudiar el capital natural de México representaban 41% y en 2010 sólo 28.87% (véase también Fig. 2).

Uno de los propósitos básicos del gobierno de la República ha sido la desconcentración de la actividad científica. Por lo anterior, hicimos un análisis comparando el número de investigadores del SNI relacionados con estudios del capital natural cuya residencia está en los 19 estados de la República

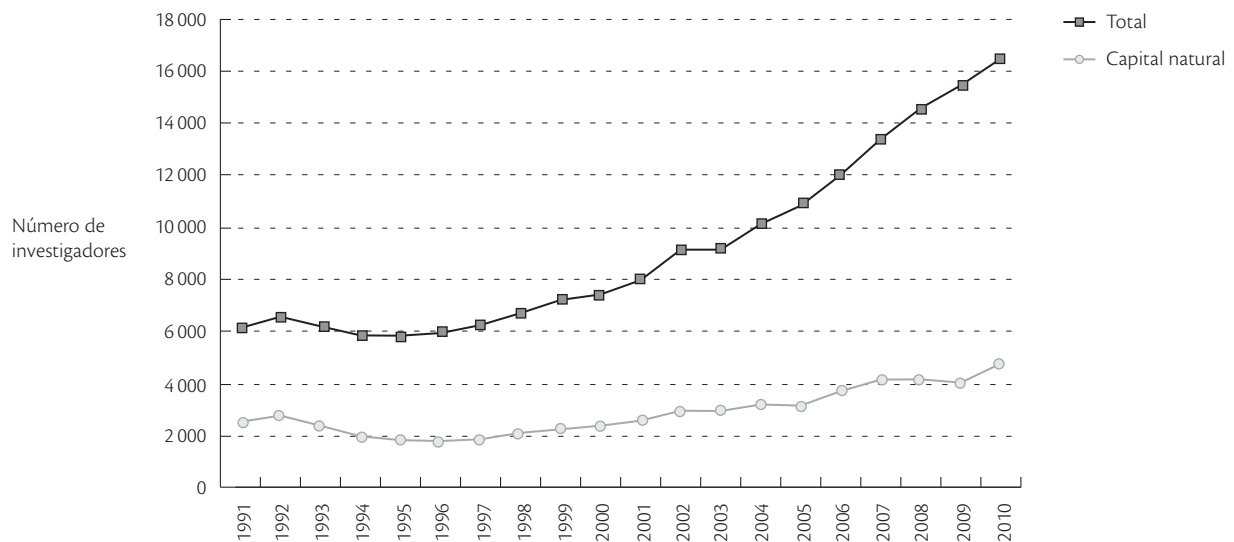
con mayor número de apoyos. Encontramos que en el Distrito Federal y en el Estado de México hubo una tendencia a mantenerse en el tiempo; en los otros estados hay una clara tendencia al aumento de miembros del SNI principalmente a partir de 2002 (Fig. 3).

**SISTEMA NACIONAL DE CENTROS DE INVESTIGACIÓN**

Aunque el sistema ha cambiado de nombre desde su inicio, de acuerdo con su adscripción a distintas entidades administrativas (Secretaría de Programación y Presupuesto, Secretaría de Educación Pública, Conacyt), la idea y las acciones originales corresponden al Conacyt, que por otra parte siempre ha tenido un papel principal en la coordinación y el apoyo a los centros. Por eso resulta muy interesante, y de valor actual, revisar los criterios originales del Conacyt para la creación de centros y su coordinación en su sistema.

En 1976 había 16 centros creados o promovidos por el Conacyt, la mayor parte de ellos de 1974 en adelante. Según un documento de la época (Bueno-Zirión y Halffter, 1976), los principales propósitos para la creación de los centros fueron:

- a. Lograr el fortalecimiento del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología, ya sea: I] cubriendo áreas de investigación y desarrollo que previamente estuvieron sustancial o enteramente desatendidas; II] procurando una mayor



**Figura 1** Sistema Nacional de Investigadores. Número total de investigadores y número de investigadores cuyos trabajos se relacionan con el capital natural de México. Fuente: Archivos Sistema Nacional de Investigadores.

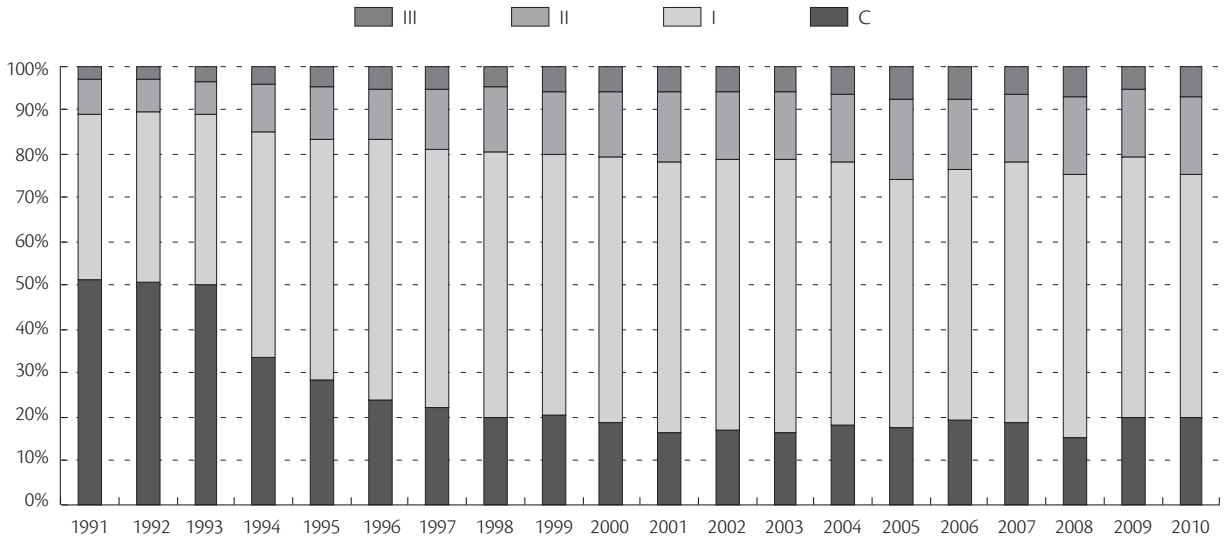
vinculación entre las actividades de investigación y desarrollo y las de los sistemas educativos, productivo y científico-tecnológico, y III] suministrando servicios de apoyo a las actividades de ciencia y tecnología.

- b. Lograr una mayor contribución de las actividades científicas y tecnológicas a la problemática cultural y socio-cultural.

Además de las prioridades antes señaladas, un propósito claramente establecido desde el inicio fue contribuir

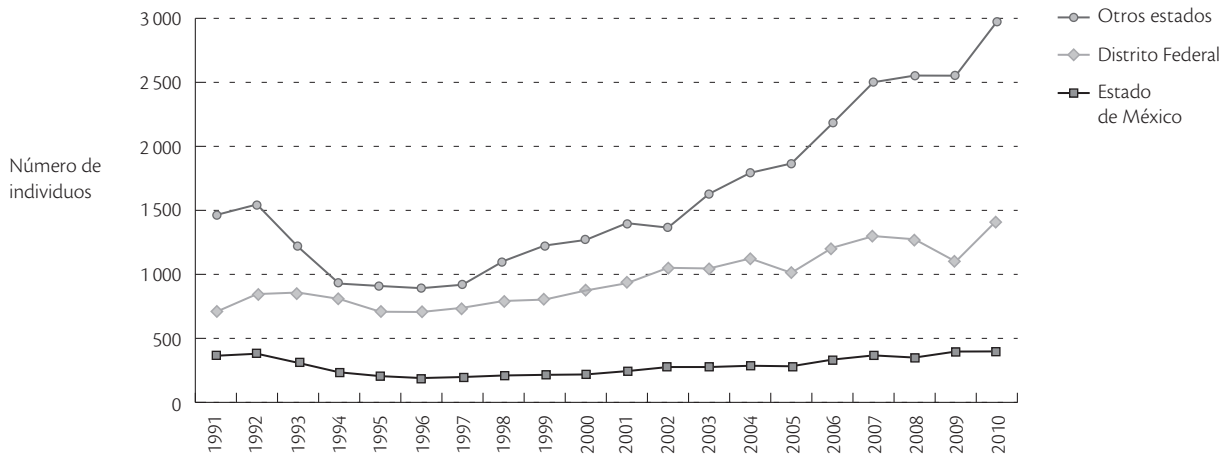
a la descentralización de las actividades científicas y tecnológicas.

En el cuadro 1 se incluyen los centros Conacyt que se dedican parcial o totalmente a la investigación o la docencia relacionadas con el capital natural. En el cuadro 2 se presenta una síntesis de los apoyos recibidos en forma de proyecto por estos centros entre 2000 y 2009. Todos estos centros tienen su sede principal (y en varios casos sedes regionales) fuera de la ciudad de México (véase el cuadro 1). A los centros enlistados



**Figura 2** Tendencias en el tiempo en el número de Investigadores del SNI dedicados a estudios relacionados con el capital natural de acuerdo al nivel. C = candidatos a Investigador Nacional, I = nivel 1, II = nivel 2, III = nivel 3.

Fuente: Archivos Sistema Nacional de Investigadores.



**Figura 3** Descentralización de Investigadores del SNI que realizan estudios relacionados con el capital natural de México.

Fuente: Archivos Sistema Nacional de Investigadores.

**RECUADRO 10.1** [continúa]**Cuadro 1** Centros públicos de investigación Conacyt; características generales, 2008

| Institución   | Programas de posgrado | Unidades | Ubicación  | Fecha de fundación | Áreas temáticas | Líneas relacionadas con estudios de capital natural (%) |
|---|-----------------------|----------|--|--------------------|-----------------|---|
| Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. (CIAD)                     | 3                     | 6        | Sonora, Sinaloa, Chihuahua                       | 22/09/1981         | 21              | 62%   |
| Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. (Cibnor)                      | 2                     | 4        | Baja California Sur, Sonora                      | 18/09/1973         | 15              | 100%  |
| Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, B.C. (CICESE) | 18                    | 3        | Baja California, Baja California Sur, Nuevo León | 18/09/1973         | 20              | 100%  |
| Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C. (CICY)                            | 5                     | 6        | Yucatán, Quintana Roo, Tabasco                   | Noviembre de 1979  | 17              | 100%  |
| Instituto de Ecología, A.C. (Inecol)  | 2                     | 4        | Veracruz, Durango, Michoacán, Chihuahua          | 07/08/1975         | 9               | 100%  |
| Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, A.C. (Ipycit)           | 4                     | 1        | San Luis Potosí                                  | 24/11/2000         | 19              | 53%   |
| El Colegio de la Frontera Sur (Ecosur)  | 2                     | 5        | Chiapas, Quintana Roo, Tabasco, Campeche         | 1974               | 28              | 82%   |

Fuente: Anuarios de centros públicos de investigación Conacyt, 1998-2008.

**Cuadro 2** Proyectos totales relacionados con estudios sobre capital natural apoyados por fondos gubernamentales entre 2000 y 2009 (Fondo Sectorial de Investigación Ambiental Semarnat-Conacyt, Fondo Sectorial de Investigación y Desarrollo sobre el Agua Conagua-Conacyt, Fondos Mixtos Conacyt y convocatorias de investigación básica Conacyt)

| Convocatoria   | Conagua   |                      | Semarnat   |                       | FOMIX      |                       | Básica       |                         |
|----------------|-----------|----------------------|------------|-----------------------|------------|-----------------------|--------------|-------------------------|
|                | Proyectos | Montos               | Proyectos  | Montos                | Proyectos  | Montos                | Proyectos    | Montos                  |
| 2000           | 10        | 6 071 984.00         |            |                       |            |                       | 281          | 312 444 126.00          |
| 2001           |           |                      |            |                       | 3          | 457 315.00            | 309          | 244 662 956.00          |
| 2002           |           |                      | 200        | 247 558 505.40        | 61         | 37 649 190.50         | 142          | 151 575 518.00          |
| 2003           |           |                      |            |                       | 110        | 51 098 131.25         | 126          | 156 296 179.00          |
| 2004           | 16        | 28 499 773.00        | 105        | 80 925 000.00         | 39         | 19 538 679.10         | 133          | 143 802 413.00          |
| 2005           |           |                      |            |                       | 135        | 112 693 050.00        | 140          | 177 923 294.00          |
| 2006           | 13        | 25 298 622.00        | 47         | 59 049 092.40         | 138        | 83 044 063.68         | 198          | 136 475 320.85          |
| 2007           | 2         | 3 953 100.00         |            |                       | 105        | 96 655 647.00         | 236          | 163 219 360.00          |
| 2008           | 9         | 33 487 668.00        |            |                       | 161        | 207 913 480.00        | 174          | 207 585 434.00          |
| 2009           |           |                      |            |                       | 33         | 27 644 702.00         |              |                         |
| <b>Totales</b> | <b>50</b> | <b>97 311 147.00</b> | <b>352</b> | <b>387 532 597.80</b> | <b>785</b> | <b>636 694 258.53</b> | <b>1 739</b> | <b>1 693 984 600.85</b> |

Nota: Es importante mencionar que el poder adquisitivo del dinero ha cambiado a lo largo del tiempo.

Fuente: Archivos Conacyt.

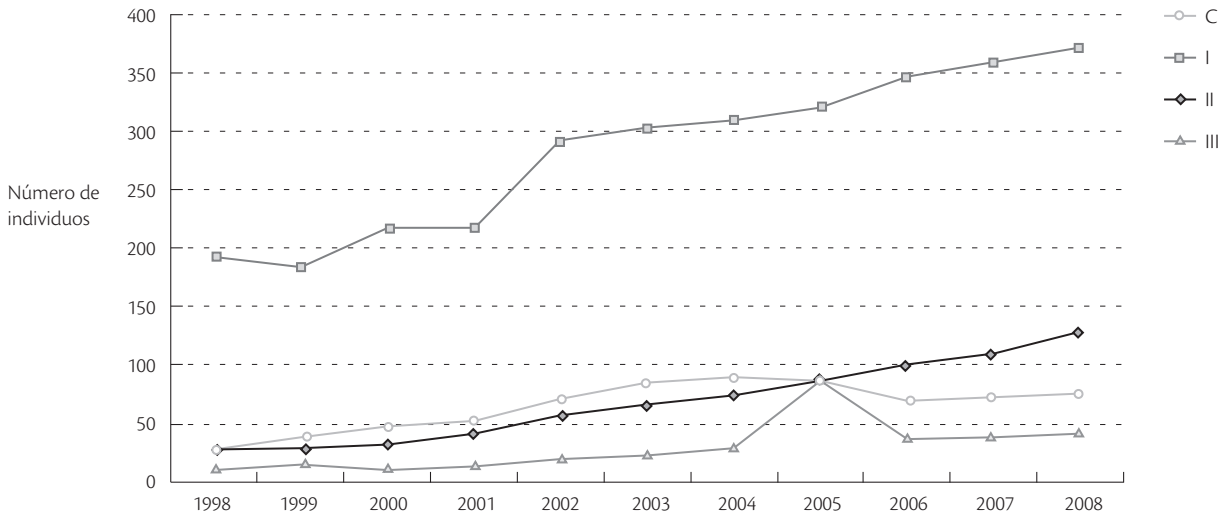
hay que añadir dos que venían desarrollando un buen trabajo de investigación y que fueron cerrados por razones político-administrativas no muy claras a finales de la década de los años ochenta. Se trata del Instituto de Investigaciones sobre Recursos Bióticos (Inireb) y del Centro de Ecodesarrollo (Cecodes).

Los siete centros Conacyt que trabajan en temas relacionados con el capital natural contaban en 2008 con una plantilla técnica de 2 346 personas (de las cuales 819 eran

investigadores y 978 técnicos), más 549 trabajadores administrativos.

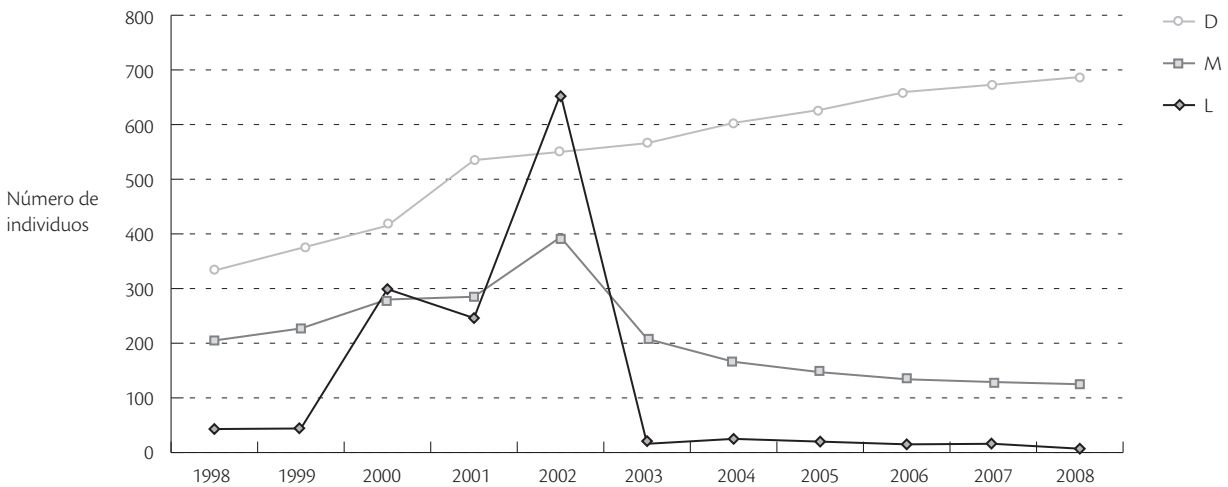
En 2008, 76% de los investigadores de estos centros pertenecían al SNI (véase Fig. 4). En relación con el nivel de formación, en la figura 5 graficamos la evolución por niveles de licenciatura, maestría y doctorado.

Dos aspectos que dan una visión objetiva de la importancia de los centros son la evolución en la producción científica y el



**Figura 4** Número de individuos pertenecientes a las diferentes categorías del Sistema Nacional de Investigadores en los Centros Públicos Conacyt que se dedican a estudiar el capital natural de México. C = candidato, I = nivel 1, II = nivel 2, III = nivel 3.

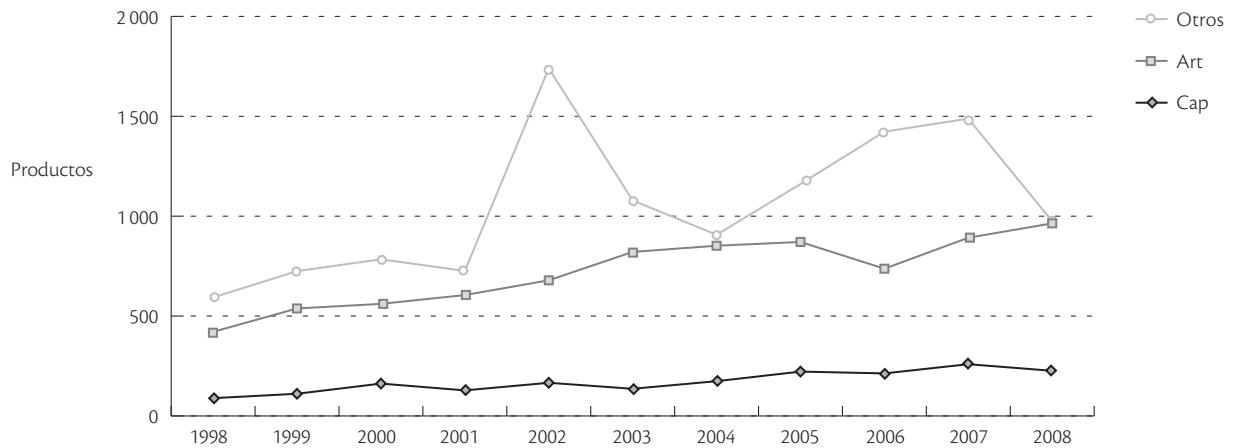
Fuente: Anuarios de centros públicos de investigación Conacyt 1998-2008.



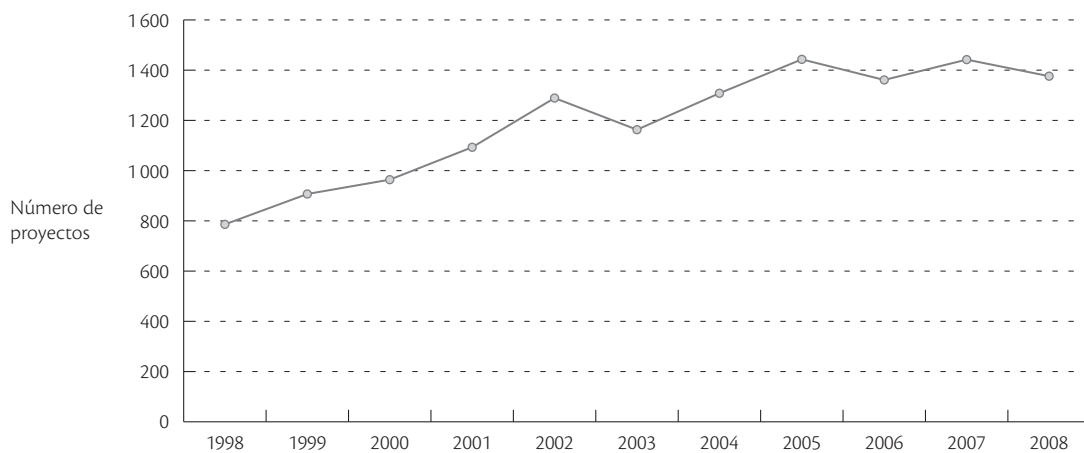
**Figura 5** Número de individuos con diferentes niveles de estudios en los Centros Públicos Conacyt que se dedican a estudiar el capital natural de México. D = doctorado, M = maestría, L = licenciatura.

Fuente: Anuarios de centros públicos de investigación Conacyt 1998-2008.

RECUADRO 10.1 [continúa]



**Figura 6** Número de productos realizados por Investigadores en los Centros Públicos Conacyt que se dedican a estudiar el capital natural de México. Art = artículos, Cap = capítulos de libro, Otros = memorias en extenso, libros, artículos de divulgación, informes técnicos, etc. Fuente: Anuarios de centros públicos de investigación Conacyt 1998-2008.



**Figura 7** Número total de proyectos apoyados para los siete centros públicos Conacyt seleccionados durante el periodo 1998-2008. Fuente: Anuarios de centros públicos de investigación Conacyt 1998-2008.

número de proyectos desarrollados. Ambos aspectos están sintetizados para el periodo 1998-2008 en las figuras 6 y 7.

No cabe duda de que en el desarrollo del conocimiento y las estrategias de uso y conservación del capital natural de México, los centros Conacyt han tenido (y tienen) un papel decisivo, sólo comparable al del conjunto de centros de investigación y facultades en los que se trabajan los mismos temas y que pertenecen a la Universidad Nacional Autónoma de México (véase Conacyt 1998).

PROYECTOS APOYADOS POR EL CONACYT

En los primeros años del Conacyt el apoyo a proyectos se concretó por medio de los Programas Nacionales Indicativos (véase Conacyt 1976). En lo que se refiere a las ciencias relacionadas con el capital natural, los proyectos fueron apoyados mediante el Programa Nacional Indicativo de Ecología (en su origen, Programa Nacional Indicativo de Ecología Tropical). Este programa, creado en 1974, estuvo



vigente hasta 1983 y fue coordinado durante todos estos años por Gonzalo Halffter y Arturo Gómez-Pompa.

En 1974 el programa apoyaba 11 proyectos que para 1977 eran ya 32 (véase Halffter y Gómez-Pompa 1976; Gómez-Pompa y Halffter 1977). Las acciones prioritarias que el programa se planteaba eran: creación y desarrollo de reservas de la biosfera y otros proyectos similares que involucren tanto áreas de protección del germoplasma como investigaciones sobre el mejor uso de los recursos bióticos de ecosistemas específicos; estudios integrales de ecosistemas que permitan fundamentar los lineamientos para un uso racional y sostenido de los recursos renovables del país, para mejorar las condiciones de vida de esta y futuras generaciones (Gómez-Pompa y Halffter 1977).

Además de la evaluación y el apoyo a proyectos, el programa intervino (a veces en forma crítica) en los principales proyectos de la época que podían tener un impacto ecológico, como la construcción de la Planta Nucleoeléctrica de Laguna Verde, el Plan de Colonización del Uxpanapa (fuertemente cuestionado por el programa), el Plan Balancán-Tenosique, el proyecto Laguna de Tres Palos, la contaminación del bajo Río Coatzacoalcos, el Plan Chontalpa, etc. (véase Gómez-Pompa y Halffter, 1977).

A partir de 1984 se sustituyeron los programas indicativos por convocatorias abiertas de ciencia básica, en las que los proyectos de cada especialidad fueron evaluados por comisiones *ad hoc*. Sin considerar los proyectos apoyados por los fondos mixtos y sectoriales, entre 2000 y 2008, dentro de

las convocatorias de ciencia básica, el Conacyt aprobó más de 1 700 proyectos sobre temas referentes al capital natural (véase la evolución del total de apoyos en la figura 8).

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo no hubiera sido posible sin el apoyo del personal del Conacyt, quien amablemente nos proporcionó información directa de sus archivos: Dr. José Antonio Peña, director adjunto de Desarrollo Científico y Académico; Dr. Jesús Álvarez Calderón, director del Sistema Nacional de Investigadores; Dr. José María Herrán Iglesias, subdirector de Proceso de Evaluación, Sistema Nacional de Investigadores; Dr. Luis Mier y Terán Casanueva, director adjunto de Información, Evaluación y Normatividad; Gonzalo David Monroy Guerrero, subdirector de Análisis Estadístico, Raquel Domínguez Torres, subdirectora de Grupos de Investigación; Guillermo Aguilar Sahagún, director de Investigación Aplicada; Beatriz Miranda Miranda, jefe del Departamento de Seguimiento a Proyectos Institucionales; María Dolores Correa Beltrán, directora de Investigación Científica Básica; Jorge Alberto Romero Hidalgo, director adjunto de Desarrollo Regional y Sectorial; Martha Patricia Ojeda Carrasco, encargada del despacho de la Dirección de Investigación Científica Básica, y María de la Luz Linas Juárez, secretaria del Dr. Luis Mier. Asimismo agradecemos de manera especial a la Dra. Patricia Koleff, directora general de Análisis y Prioridades de la CONABIO, por su amable apoyo en nuestra tarea.



Figura 8 Número de proyectos con apoyos de Conacyt en el periodo 2000-2008. Fuente: Archivos Conacyt.

**RECUADRO 10.2** ESTACIÓN DE BIOLOGÍA TROPICAL LOS TUXTLAS

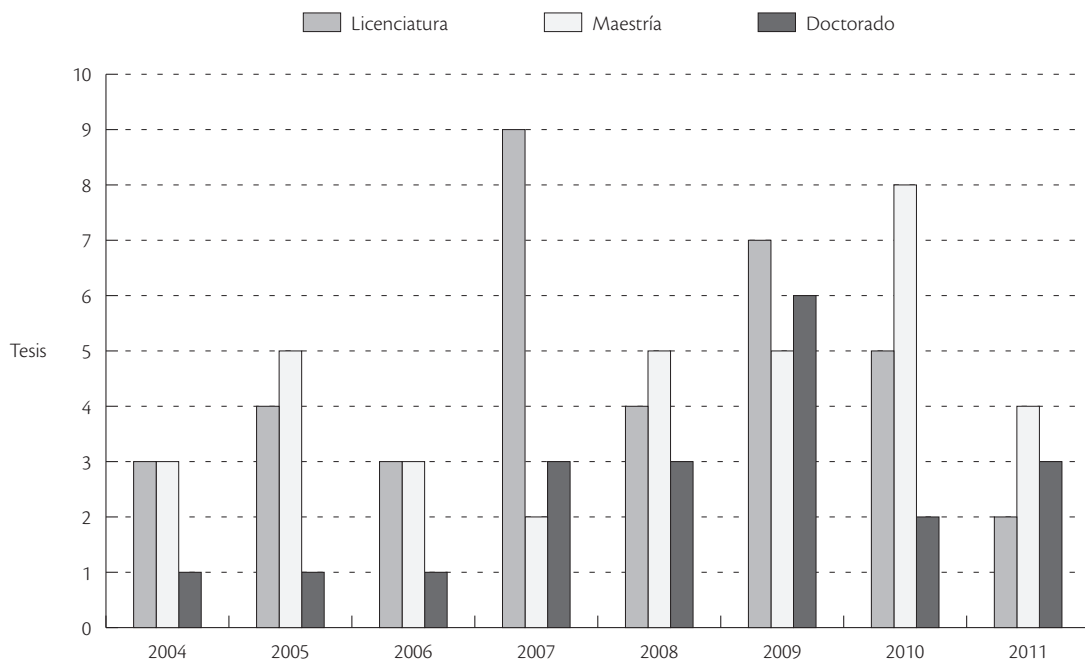
(Resumen elaborado por Georgina García Méndez a partir de la información proporcionada por Rosamond Coates para el Informe de Actividades 2011 presentado por Víctor Sánchez Cordero, director del Instituto de Biología, UNAM).

La Estación de Biología Tropical Los Tuxtlas (EBTLT) fue fundada en 1967 con el propósito de cuidar y preservar un área de selva húmeda tropical en la que se realizaran investigaciones sobre diversos aspectos biológicos de la flora y fauna, así como de su entorno.

Al paso de los años, tales investigaciones han producido un cúmulo de conocimientos acerca de la selva tropical húmeda como ecosistema. Hoy día, muchos de ellos sirven de base para la formación de programas racionales de conservación y manejo de recursos tropicales. Las actividades de investigación científica realizadas en la Estación de Biología Los Tuxtlas de la UNAM son, hasta el momento, una de las principales iniciativas de México para conocer de manera sistematizada las selvas húmedas del sur del país. Aquí se han llevado a cabo, durante más de 40 años, investigaciones biológicas y ecológicas encaminadas a conocer de la manera más completa posible los elementos que integran la selva húmeda tropical y los

modos en que éstos, mediante sus interrelaciones, participan en la dinámica y en los procesos de autorregulación y recuperación de la selva. Los resultados de este esfuerzo están presentes de manera tangible en el alto número de publicaciones científicas donde está plasmado tal conocimiento; en la formación de un gran número de profesionales (Fig. 1); en el impulso que durante años ha recibido el estudio de la biología tropical, y en la determinación de la delicada situación en la que se encuentran las selvas de la región y del sur de México.

El predio de la estación se localiza entre los 95° 04' y 95° 09' de longitud oeste y los 18° 34' y 18° 36' de latitud norte, en la porción sur del estado de Veracruz, en la región de Los Tuxtlas. Cubre una superficie total de 640 hectáreas al oriente del volcán San Martín, con altitudes que van desde los 120 hasta los 650 metros. La vegetación original es de selva alta perennifolia.



**Figura 1** Tesis que se han realizado en la Estación de Biología Tropical Los Tuxtlas en el periodo 2004-2011 (UNAM 2012a).

La estación forma parte de la Zona Núcleo Uno de la Reserva de la Biosfera Los Tuxtlas, decretada en 1998. Esta área de selva alta perennifolia es casi la única que queda en las tierras bajas de la región de Los Tuxtlas.

A partir de 1983 la infraestructura de la estación consta de tres laboratorios (cinco cubículos) para académicos residentes y bodegas, un laboratorio de investigación y un museo, el edificio de la administración y la jefatura; el edificio de las colecciones (que incluye una biblioteca), el laboratorio común, un aula, el comedor, un edificio con 10 cuartos para visitantes (con dos camas y un sofá cama por cuarto, y baños comunitarios) y el edificio con ocho cuartos para visitantes de largo plazo (con una cama, un sofá cama y baño individual). Además se cuenta con tres viveros para producir plantas, con mallas de protección (Fig. 2).

El terreno de la UNAM se encuentra rodeado de siete comunidades vecinas inmediatas: ejido Balzapote, colonia agrícola ganadera La Palma, ejido Lázaro Cárdenas, ejido Perla de San Martín, colonia agrícola ganadera Montepío, colonia agrícola ganadera Adolfo Ruiz Cortines y ejido Laguna Escondida.

Por esta situación ha sido necesario activar estrategias y programas de vinculación con las comunidades aledañas para

sensibilizar a los pobladores locales en los temas de conservación del medio ambiente y desarrollo sustentable en la región de Los Tuxtlas, de acuerdo con los siguientes objetivos:

- Preservar los ecosistemas del área de la estación y contribuir a la restauración ecológica regional.
- Conocer la estructura y funcionamiento de los ecosistemas protegidos.
- Ofrecer servicios que permitan la realización de investigación, enseñanza y divulgación.
- Conocer los problemas sociales del área de influencia de la estación y contribuir a su solución.

En términos generales, la mayoría de los proyectos realizados en la estación se pueden catalogar dentro de las siguientes líneas de investigación:

- Aspectos del entorno abiótico
- Aspectos del entorno biótico
- Estudios de biología básica
- Estudios ecológicos
- Estudios de conservación de ecosistemas
- Desarrollo del uso y manejo sustentable del ecosistema



**Figura 2** Vistas de la Estación de Biología Tropical Los Tuxtlas.

(fotos: *arriba*, Armando Aguirre Jaimez; *abajo*, Banco de Imágenes de la CONABIO).



**RECUADRO 10.3** ESTACIÓN DE BIOLOGÍA CHAMELA

(Resumen elaborado por Georgina García Méndez de la información proporcionada por Jorge H. Vega Rivera para el Informe de Actividades 2011 presentado por Víctor Sánchez Cordero, director del Instituto de Biología, UNAM).

La Estación de Biología Chamela (EBCH), localizada en la costa del estado de Jalisco, fue creada en 1971 y cuenta con 3 319 hectáreas, cubiertas principalmente por bosque tropical caducifolio. En 1993, la EBCH se integró a la Reserva de la Biosfera Chamela-Cuixmala como una de sus áreas núcleo.

La contribución y el liderazgo académico de la EBCH han sido clave para que la Reserva de la Biosfera Chamela-Cuixmala fuera incluida en la Red Mundial de Reservas de la Biosfera (MAB) de la UNESCO, con lo que se amplió el tamaño de la reserva, de 13 142 hectáreas que inicialmente tuvo, a 37 000 hectáreas; lo fueron también para que el sistema estuario-marino de la reserva haya sido considerado un sitio de importancia internacional dentro del convenio Ramsar para la conservación de los humedales, y para que las ocho islas y los cuatro islotes de la bahía de Chamela fueran reconocidos como área natural protegida con el carácter de santuario.

La EBCH incluye una muestra representativa de uno de los

ecosistemas más importantes en el mundo: el bosque tropical caducifolio, también conocido como selva baja caducifolia, bosque seco, bosque seco estacional o selva seca (Fig. 1).

La coordinación de la EBCH por parte de una instancia académica, el Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México, la sitúa en una posición privilegiada que la hace uno de los sitios mejor estudiados en México. Prueba de ello es que en los ámbitos nacional e internacional la información generada en la EBCH es actualmente una referencia obligada para los trabajos de zonas tropicales. El extenso conocimiento producido a lo largo de más de 30 años de investigación constituye una base contextual sólida disponible para los investigadores, lo que les permite plantear estudios cada vez más complejos. Durante este periodo se han formado alrededor de 384 alumnos de licenciatura, maestría y doctorado (Fig. 2).

Pocos lugares en México y Latinoamérica ofrecen las condiciones de trabajo que se pueden disfrutar en la EBCH.



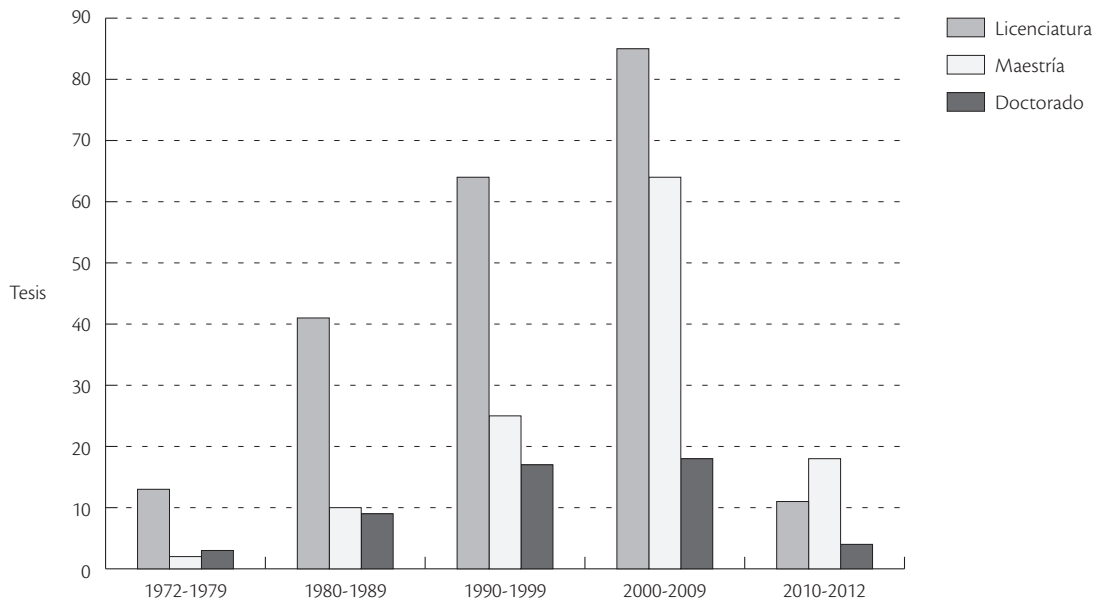
**Figura 1** Bosque tropical caducifolio presente en la EBCH y en la Reserva de la Biosfera Chamela-Cuixmala (foto: Gerardo Ceballos).



A partir de 1983 sus instalaciones incluyen un edificio de dormitorios compartidos para alojar a 30 investigadores y estudiantes, y otro con departamentos para ocho investigadores, un comedor y cocina para 30 personas. Hay dos laboratorios, uno de ellos con clima artificial, una biblioteca, sala de lectura o reuniones, museo de referencia de la flora y fauna de la región, y dos casas de sombra para crecimiento y propagación de plantas. Se cuenta también con una estación climatológica y conexión inalámbrica de internet en todos los edificios. En 2011 se inició la construcción de una sala de usos múltiples, donde podrán realizarse seminarios y reuniones académicas o actos de diversa índole (Fig. 3).

Áreas como la EBCH se han convertido en “sitios control” para identificar los factores naturales y antropogénicos que causan cambios en los procesos ecológicos regionales, en la composición de especies y en la dinámica de las poblaciones. Un ejemplo es el reconocimiento de la EBCH como sitio participante del Programa Internacional de Investigación Ecológica a Largo Plazo (ILTER). Este programa promueve el establecimiento de una red de sitios de investigación localizados en ecosistemas clave en todo el mundo.

Finalmente, la coincidencia en la estación de investigadores con diversos intereses facilita y promueve el intercambio de ideas y datos, y sobre todo la integración de este conocimiento interdisciplinario.



**Figura 2** Tesis resultado de estudios en la Estación de Biología Chamela y su zona de influencia (UNAM 2012b).



**Figura 3** Vista de la Estación de Biología Chamela (foto: Manuel Maass).

**RECUADRO 10.4** CENTRO DE INVESTIGACIONES COSTERAS LA MANCHA

Patricia Moreno-Casasola • José G. García-Franco

## UBICACIÓN Y CONTEXTO HISTÓRICO

La región de La Mancha se localiza en el centro de la costa de Veracruz, en el municipio de Actopan. Tiene una larga historia de ocupación por sociedades prehispánicas, con hallazgos de cerámica primitiva de clara influencia olmeca, asentamientos humanos tanto habitacionales como ceremoniales (Quiahuitlan, El Bernalillo y Cacalotlán), así como vestigios de extracción de sal y cultivo de almejas (Ortiz-Espejel y Hernández-Trejo 2006; Medellín 1960). En 1860, la Hacienda "Villa Rica, alias de Las Tortugas", abarcaba desde Alto Lucero y Cerro Gordo hasta las barras de Santa Ana y de La Mancha, con una superficie de casi 120 000 hectáreas (Cambrey y Lascuráin 1992). En 1934 se creó el ejido Palmas de Abajo y se concedió una dotación de 932 hectáreas a 77 campesinos beneficiados tras la afectación del predio de La Mancha, parte de la hacienda mencionada. En esta época comenzaron los asentamientos de los principales núcleos de población actuales alrededor de Laguna La Mancha. En 1975 el gobernador cedió los terrenos del entonces hotel asentado en la zona y 48 hectáreas más al Instituto de Investigaciones sobre Recursos Bióticos, A.C. (Inireb), para formar la Estación de Investigaciones sobre Recursos Bióticos El Morro de La Mancha. En 1988 la estación pasó al Instituto de Ecología, A.C., y en 1994 se fundó el Centro de Investigaciones Costeras La Mancha (Cicolma) (Ortiz-Espejel y Hernández-Trejo 2006). Actualmente es una reserva privada con poco más de 82 hectáreas (Fig. 1), que por sus características y el paisaje que la rodea ha recibido el reconocimiento como sitio Ramsar (núm. 1336) y sitio de estudios ecológicos de largo plazo (Sitio 11 Red MEX-LTER). Además, por su ubicación en el Golfo de México forma parte de la Primera Red de Monitoreo Costero y Marino en México para supervisar la marea roja, actividad que se realiza en colaboración con la Secretaría de Salud y la Agencia de Protección del Ambiente (EPA), de Estados Unidos.

Esta pequeña reserva costera constituye el último refugio de selva mediana subcaducifolia y subperennifolia en suelo arenoso en la vertiente del Golfo; además contiene otros importantes ecosistemas costeros, como el sistema de dunas, humedales, selva baja caducifolia, playa (Fig. 2), y conjuntamente con la laguna interdunaria y su selva inundable, la laguna rodeada de manglar y la zona marina contigua, es sitio de paso y descanso de aves migratorias.

Debido a esta riqueza ambiental, La Mancha mantiene una alta biodiversidad de cerca de 2 200 especies de diferentes *phyla* y una dinámica ecosistémica compleja (Fig. 3).

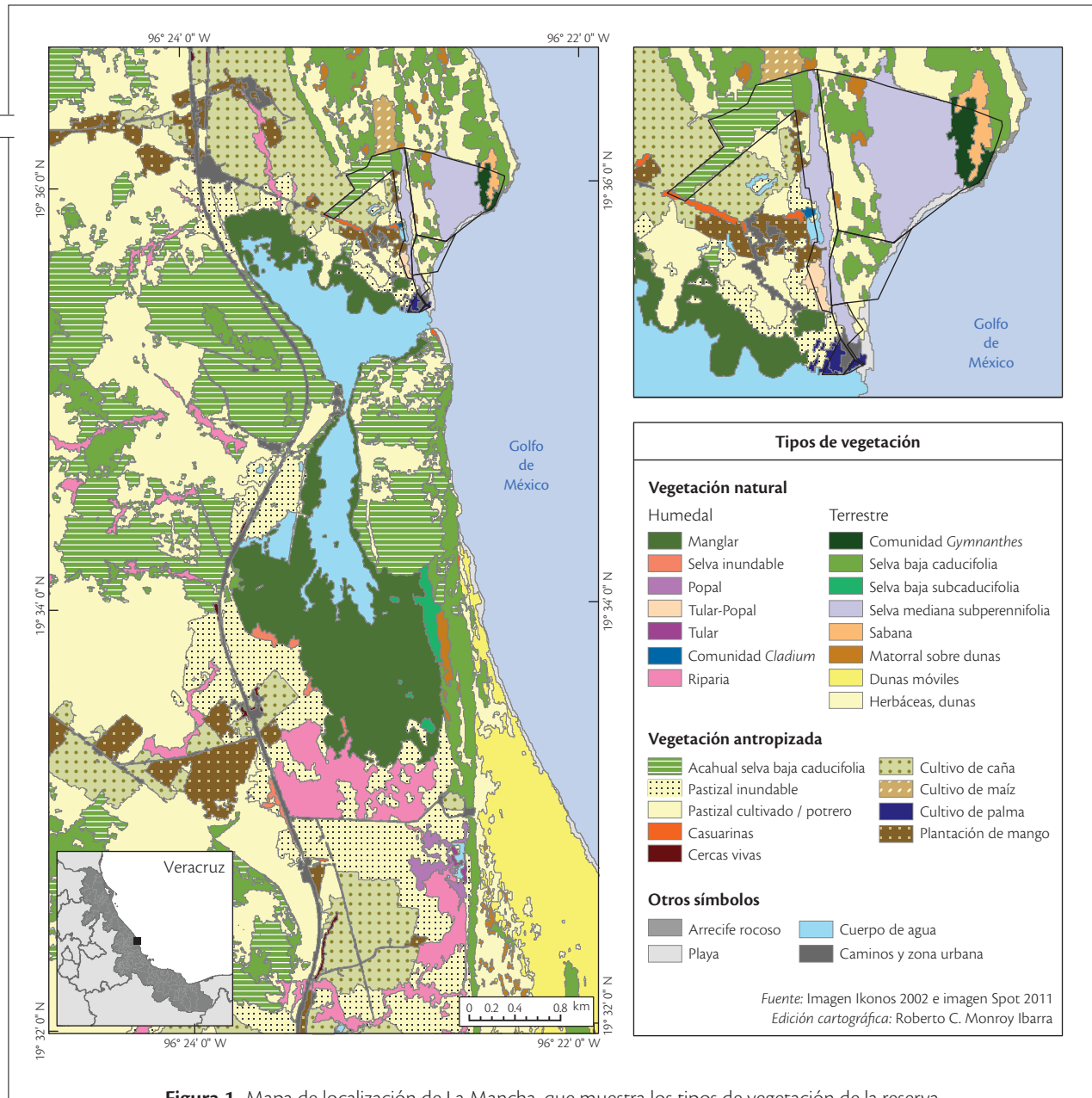
## LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Desde 1975 diferentes instituciones (Inireb, UNAM, Inecol, UAM, etc.) han realizado estudios en la estación y las zonas aledañas, y se han publicado un total de 350 trabajos, principalmente artículos y libros (Fig. 4a). Una gran parte ellos se refieren a colectas de organismos y a estudios con diferentes enfoques en los ecosistemas de selva, dunas, humedales y laguna, aunque aquellos de escala geográfica amplia que incluyen a La Mancha (paisaje) son los más numerosos (Fig. 4b). Las publicaciones comprenden al menos 27 áreas de conocimiento y un gran porcentaje corresponde a enfoques sobre interacciones, comunidades, poblaciones, aspectos socioambientales y de fisiología y taxonomía (Fig. 4c). Es importante notar que los estudios sobre manejo de recursos, conservación y restauración no son numerosos, ya que estos son temas que recientemente comenzaron a abordarse, pero por su trascendencia se espera que incrementen su número pronto. Cabe decir que las investigaciones de restauración han sido monitoreadas ininterrumpidamente por cinco (en el caso de humedales) a 10 años (en las selvas costeras). Toda esa información hace que esta pequeña región sea la zona costera del Golfo de México más estudiada en el país.

## FORMACIÓN DE ESTUDIANTES E INVESTIGADORES

El Cicolma ha sido un centro para la formación de estudiantes; anualmente recibe alrededor de 6 000 visitantes. Considerando el tamaño de la estación, es un número importante. Varios cursos de posgrado del Inecol se realizan en sus instalaciones, y universidades como la UNAM y la UV lo consideran un lugar de enseñanza de manera regular. Además, se realizan un alto número de investigaciones para obtener un grado. Hasta el momento se han producido 59 tesis de licenciatura, 26 de maestría y 24 de doctorado (109 tesis), aunque posiblemente otras instituciones hayan realizado tesis pero no se han registrado en la base de datos del Inecol. La figura 5 presenta la procedencia institucional de los alumnos que han realizado tesis.





**Figura 1** Mapa de localización de La Mancha, que muestra los tipos de vegetación de la reserva y su zona de influencia (elaborado por R. Monroy).

#### RELACIÓN CON LA SOCIEDAD

El Cicolma ha mantenido una relación importante con la sociedad. Desde su creación, el Inireb desarrolló numerosos proyectos de investigación y los transformó en tecnologías, aplicándolas en la zona (p.ej., granjas integrales, acuicultura, chinampas). Hacia finales de la década de los años noventa se empezó a desarrollar el Plan de Manejo La Mancha-El Llano,

mediante el cual se realizaron proyectos productivos, educativos, de conservación y vinculación. Proyectos como los de ecoturismo comunitario y el “Vivero de la mujer campesina” son ejemplo del éxito alcanzado en muchos de ellos. Por otro lado, en el Cicolma se desarrolla un importante papel de vinculación con diferentes sectores de gobierno y la sociedad. Se han impartido numerosos cursos para el personal del gobierno (p.ej., manejo de zona costera para presidentes

**RECUADRO 10.4** [continúa]



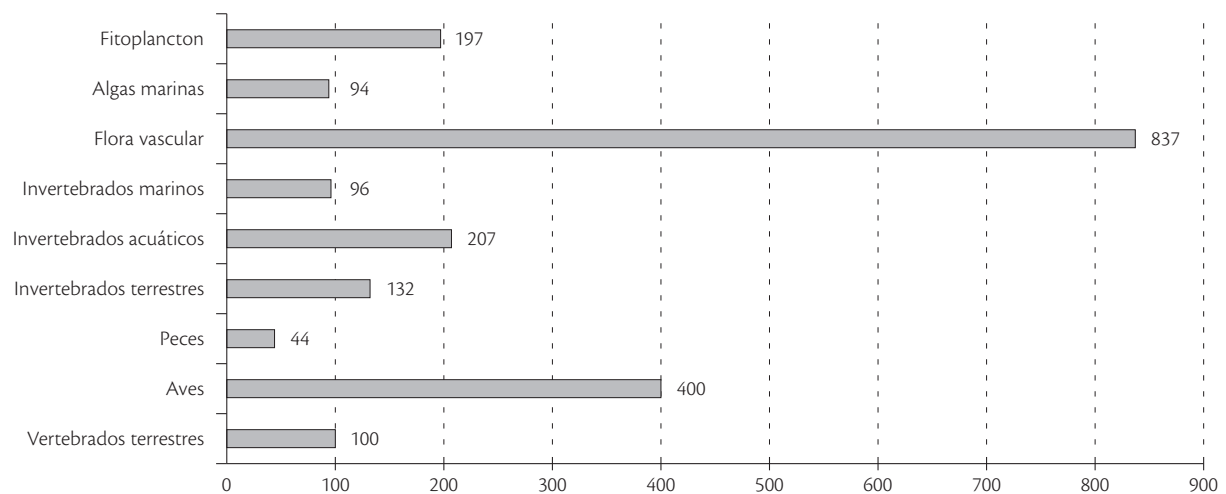
**Figura 2** Vista aérea del Cicolma, en la que se aprecia el sistema de dunas estabilizado y los humedales entre dicho ecosistema y los cultivos. Parte del manglar se observa a la orilla de la Laguna de La Mancha (foto: Gerardo Sánchez Vigil).

municipales de Veracruz, cursos de capacitación o especialización para personal de Conagua, Semarnat, Sedema, entre otros) y la sociedad civil (p.ej., viveristas, ecoguías, mujeres campesinas). El Cicolma es un centro Cecop-Ramsar (Comunicación, Educación, Concienciación y Participación-Ramsar) y está ubicado en una de las rutas principales de aves migratorias (en una sola temporada transitan cerca de 13

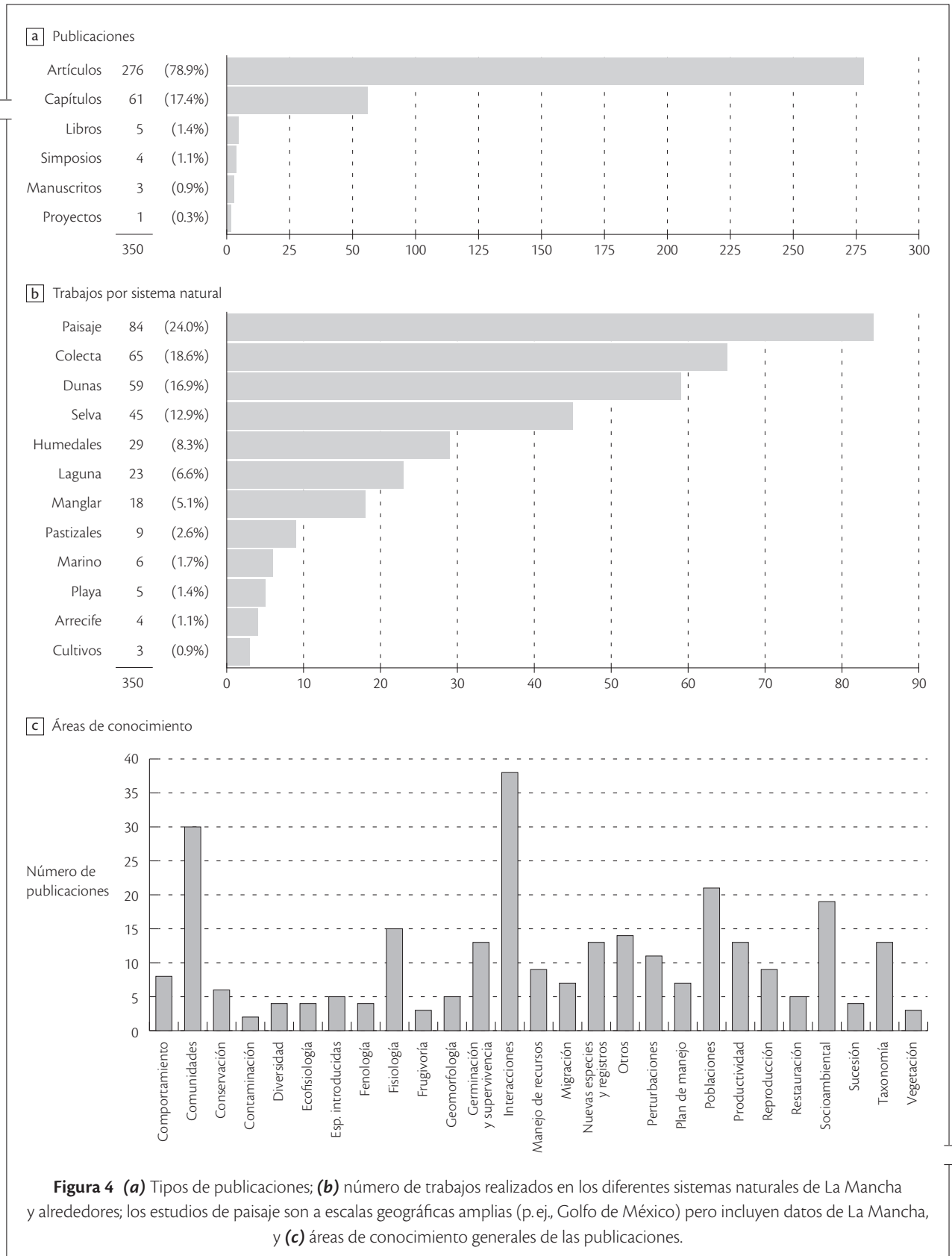
millones de aves). Por ello, desde 1998 se realiza el Festival de Aves y Humedales organizado por el Inecol junto con diversas instituciones, órganos de gobierno y sociedad civil. El festival dura un día, en el cual se aprende sobre aves playeras y de humedales y diversos temas de conservación del medio ambiente por medio de talleres educativos y visitas guiadas a todos los niveles escolares.

LA INVESTIGACIÓN EN EL SIGLO XXI

Muchas investigaciones realizadas de manera puntual han permitido identificar diversos procesos ecológicos en los ambientes de la reserva. Lo anterior ha llevado a considerar la necesidad de mantener registros y monitoreos permanentes para entenderlos mejor. Muchas de esas investigaciones son ahora vigentes como estudios a largo plazo (p.ej., estabilización y sucesión del sistema de dunas, cambios en la estructura y composición del manglar y la selva mediana subcaducifolia, flujo de nutrientes y la dinámica poblacional de especies clave) (Fig. 6). Además, en los últimos años otras se han iniciado y desarrollado con ese carácter (p.ej., cambio climático, dinámica de la laguna costera, sucesión en potreros abandonados, restauración de humedales). Cabe resaltar que la riqueza de ecosistemas que se presentan en una superficie tan pequeña ha ocasionado muy diversos enfoques y líneas de trabajo que han podido seguirse a lo largo de varios años.

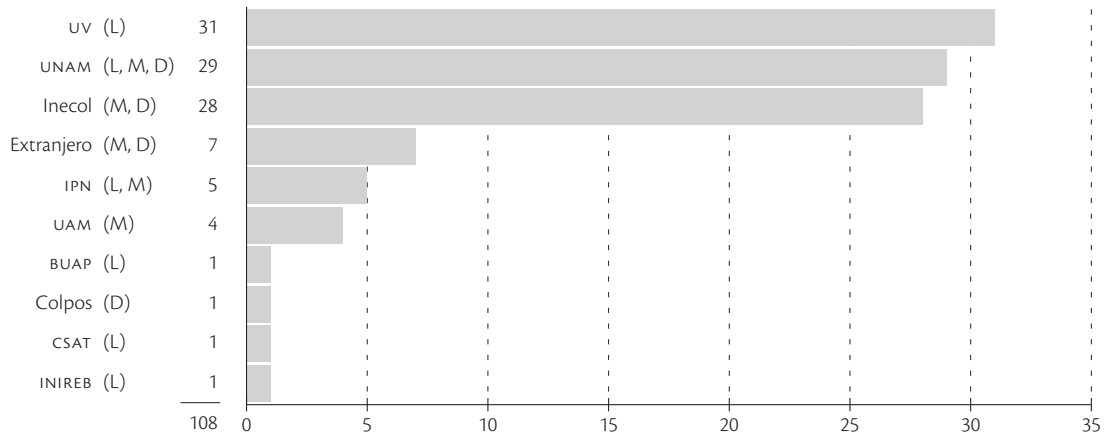


**Figura 3** Número de especies de diferentes *phyla* registradas en La Mancha y alrededores.



**Figura 4** (a) Tipos de publicaciones; (b) número de trabajos realizados en los diferentes sistemas naturales de La Mancha y alrededores; los estudios de paisaje son a escalas geográficas amplias (p.ej, Golfo de México) pero incluyen datos de La Mancha, y (c) áreas de conocimiento generales de las publicaciones.

**RECUADRO 10.4** [concluye]



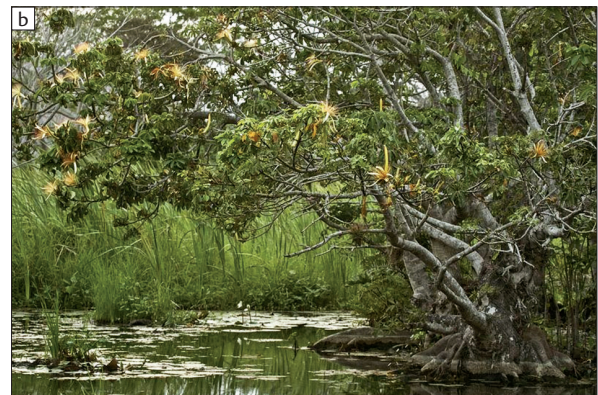
**Figura 5** Instituciones educativas cuyos alumnos han realizado tesis en el Cicolma. Se indica el número de tesis y entre paréntesis el nivel de las tesis por institución. Las siglas identifican a las instituciones y universidades (tesis de: L = licenciatura; M = maestría; D = doctorado). *Nota:* CSAT = Colegio Superior de Agricultura Tropical).

**INFRAESTRUCTURA**

La Mancha tiene infraestructura y seguridad básicas para realizar investigación. Cuenta con sitios para pernoctar con espacio para 44 personas, cocina y área de comedor. Tiene un laboratorio poco equipado, pero suficiente para que se procesen muestras de diversos tipos. Hay un aula que se utiliza para impartir las clases o dar seminarios durante los cursos y reuniones académicas. Además de tener en su entorno el

“laboratorio natural”, compuesto por diferentes ecosistemas, cuenta con algunos espacios de invernadero para experimentación.

A pesar de las presiones antrópicas naturales producto de los cambios de uso de suelo, actividades productivas, desarrollos urbanos y turismo, el Cicolma seguirá contribuyendo de manera importante como área natural de investigación, educación y conservación.



**Figura 6** (a) Los humedales de La Mancha incluyen áreas cubiertas por especies de hojas flotantes como ninfas (*Nymphaea ampla*); (b) manchones pequeños de selvas inundables de palo de agua (*Pachira aquatica*) y de tular (*Typha domingensis*) (fotos: Gerardo Sánchez Vigil).

## RECUADRO 10.5 LA FORMACIÓN DE CAPACIDADES NACIONALES PARA LA RESTAURACIÓN DE LAS ISLAS DE MÉXICO

Alfonso Aguirre Muñoz

### INTRODUCCIÓN

Se presenta una síntesis sobre el desarrollo de las capacidades que se han logrado, como organización y país, en torno a la restauración ambiental de las islas de México. A su vez, se explican brevemente las razones y necesidades que han orientado los importantes avances alcanzados y se trata el desarrollo de capacidades profesionales y técnicas muy especializadas en las que, siendo escasas en el mundo, México destaca. Por último, se describe la formación de recursos humanos, pues gracias a ellos es posible responder de manera efectiva a los variados retos que se plantean al restaurar y conservar nuestras islas, localizadas a lo largo y ancho de los mares mexicanos. El objeto de conservación aquí referido es el vasto universo de las ricas islas de México, constituido por más de dos mil variados elementos insulares. Entre todas contienen cerca de 8% del total de la biodiversidad de México y destacan por su gran número de endemismos. Casi todas las islas se encuentran protegidas por decretos federales; destaca la reciente inclusión (2015) de las islas del Pacífico de Baja California.

La principal amenaza para las islas mexicanas son las especies invasoras. Es en este tema donde se presentan los mayores retos. Los impactos más severos son causados por mamíferos terrestres introducidos, como ratas, gatos, cabras, borregos, perros y cerdos, entre otros. Para una revisión completa y reciente sobre los avances de México en el tema, véase Aguirre-Muñoz *et al.* (2010a y b) y Samaniego-Herrera *et al.* (2010). Así, la erradicación de las especies invasoras es una herramienta esencial para restaurar las islas. Aquí baste señalar que, por el grado en que las especies invasoras han afectado la integridad de ecosistemas insulares únicos —por ejemplo, graves y extensivos daños en la vegetación nativa provocados por las cabras en Isla Guadalupe y los borregos en Isla Socorro— y los impactos directos sobre especies endémicas insulares —ratas y gatos que depredan aves marinas y terrestres, reptiles y mamíferos, sumando ya 20 extinciones de aves y mamíferos—, su erradicación es una prioridad máxima para la conservación de la biodiversidad nacional, de relevancia global. En cerca de tres lustros, México ha logrado grandes avances. Otro tanto queda pendiente para los próximos años. Cabe mencionar que en instituciones gubernamentales federales —INECC, CONABIO, Conanp y la Dirección General de Vida Silvestre, Semarnat— se han

desarrollado de manera paralela capacidades que complementan, acompañan y regulan las actividades de restauración que lleva a cabo el Grupo de Ecología y Conservación de Islas, A.C. (GECI).

### EL DESARROLLO DE LAS CAPACIDADES HUMANAS

En 2002 se contempló la posibilidad real de erradicar la población de cabras ferales de Isla Guadalupe. El reto era grande. Con relación a las erradicaciones previas en islas de México, se trataba de un cambio radical de escala en todos sentidos. Las erradicaciones previas habían consistido en cacería terrestre y trapeo en islas pequeñas. Por la gran extensión de Isla Guadalupe (250 km<sup>2</sup>), su compleja topografía (altitud máxima de 1 300 m, cañones y cantiles) y gran abundancia de cabras (cerca de 15 000 individuos), se imponía un nuevo enfoque, un cambio de paradigma.

Se requirieron diversos medios de transporte, desde barcos hasta helicópteros, así como personal para cumplir diversas funciones, además de recursos económicos adecuados. La Secretaría de Marina (Semar) tuvo un papel importante en este esfuerzo. El proyecto comenzó con el personal del GECI, con financiamiento escaso y con horizontes anuales; asimismo, contó con el apoyo de la Cooperativa Local Abuloneros y Langosteros. Al poco tiempo se sumaron donantes y aportaciones gubernamentales, y varias de las necesidades detectadas se cubrieron mediante la colaboración con diversas instituciones nacionales y extranjeras. A la par del proyecto de restauración, el GECI logró integrar una estación biológica en la isla, con las instalaciones indispensables para una operación tan compleja y con visión de largo plazo.

Las cabras fueron erradicadas con eficiencia (Fig. 1). La experiencia exitosa generó confianza interna. El programa fue generosamente arropado por las instituciones gubernamentales y los donantes nacionales e internacionales. Se vincularon otros proyectos en otras islas de distintas latitudes. En pocos años se consolidó una masa crítica de personal especializado y se acumuló el equipo apropiado. La perseverancia, las capacidades demostradas por jóvenes científicos mexicanos y, sobre todo, los resultados tangibles —55 erradicaciones en 35 islas, con más de 50 000 hectáreas restauradas a la fecha— crearon un ambiente de éxito y un marco favorecedor en torno al trabajo en las islas mexicanas.



**RECUADRO 10.5** [continúa]


**Figura 1** Monitoreo de cabras “judas” con el uso de telemetría para la confirmación estadística de erradicaciones (foto: Archivo GECI/Luciana Luna).

Los recursos financieros han crecido en forma significativa. De dos millones de pesos anuales (200 000 dólares) en 2002 se ha pasado a 30 millones de pesos (2.5 millones de dólares) en 2013. El origen de los recursos se ha diversificado con recursos privados, públicos, nacionales, extranjeros e internacionales, con inversiones de más largo plazo.

Más allá de las erradicaciones de mamíferos invasores, ya avanzan los proyectos de restauración de aves marinas con técnicas de atracción social. La experiencia del personal crece, así como las capacidades individuales. A principios de 2013, el GECI estaba integrado por un equipo de 40 jóvenes científicos y técnicos especializados, a los que se sumó personal eventual por proyecto y ahora se cuenta con una docena de vehículos para transporte de personal, varios vehículos todo terreno, una embarcación, equipamiento adecuado, una estación de campo propia y bien equipada en Isla Guadalupe, estaciones en La Paz y Chetumal, y otras muy dignas instalaciones propias en Ensenada.

#### FORMACIÓN ESPECIALIZADA DE RECURSOS HUMANOS

La formación de recursos humanos del más alto nivel mediante posgrados es una estrategia clave para desarrollar las capacidades específicas que una nación requiere. La ecología

aplicada a la restauración de ecosistemas insulares es un tema especializado, ausente en las instituciones de educación superior en México. Así, la opción ha sido acercarse a temas próximos en dichas instituciones y recurrir a la formación de personal en países con mayores avances y que atienden el tema de manera explícita. Con el apoyo de becas del Conacyt se han impulsado ambas opciones.

Los alumnos que se encontraban en alguna etapa de formación y que contribuirán con sus proyectos de investigación a la conservación de las islas en México se muestran en el cuadro 1.

#### CONCLUSIONES

La trayectoria que ha llevado México a lo largo de la última década con relación al conocimiento, restauración y conservación de sus islas es muy positiva. Los avances en la restauración por medio de la erradicación de especies invasoras sitúan a México en la vanguardia del tema. Entre los resultados más tangibles, las erradicaciones representan un indicador clave para orientar las acciones futuras de conservación. Lograr que todas las islas mexicanas de mayor valor de biodiversidad estén libres de especies invasoras es un objetivo plausible para el año 2025. La condición es que el



marco institucional y financiero facilitador desarrollado hasta ahora, de manera más bien espontánea y basado en la buena fe de los diversos actores sociales, se consolide y formalice. Se deben reforzar los programas de bioseguridad que impedirán las reintroducciones de animales y plantas invasoras, dándole sentido al concepto y a la visión de conservación de muy largo plazo que requieren las islas, como todo ecosistema frágil y de especial riqueza en biodiversidad (Figs. 2 y 3).

Para el futuro es necesario instituir un programa de formación de recursos humanos de alto nivel, con apoyo de

becas del Conacyt. Es también indispensable contar con más y mejor infraestructura para el conocimiento, restauración y conservación de las islas, desarrollar estaciones de campo, como sería el caso de las Islas Marías (en la isla María Madre) y el archipiélago de las Revillagigedo (en Isla Socorro), pues son territorios que, a pesar de ser áreas naturales protegidas y de importancia biológica y de soberanía nacional, requieren asegurar su protección en el largo plazo.

Finalmente, viendo al futuro, la institucionalización del GECI como un organismo permanente especializado en las islas

**Cuadro 1** Proyectos de investigación sobre conservación de las islas en México (hasta 2012)

| Nombre   | Posgrado al que pertenece   | Proyecto de tesis  |
|--|---|--|
| Araceli Samaniego Herrera                          | Doctorado en el Programa de Ciencias Biológicas, Universidad de Auckland, Nueva Zelanda   | Ecología e impactos de los roedores invasores en islas tropicales mexicanas y sus implicaciones para las erradicaciones  |
| Luciana Luna Mendoza                               | Doctorado en el Programa de Ciencias Biológicas, Universidad de Auckland, Nueva Zelanda   | Dinámica depredador-presa entre el gato feral y el ratón casero, así como la relación con los pastos europeos inducidos en Isla Guadalupe  |
| Yuliana Bedolla Guzmán                             | Doctorado en la Universidad Justus Liebig, Giessen, Alemania  | Ecología trófica y éxito reproductivo de los petreles de tormenta que anidan en las islas San Benito   |
| Antonio Ortiz Alcaraz                              | Doctorado en el Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (Cibnor)  | Sucesión ecológica tras la erradicación del borrego feral en Isla Socorro  |
| Emily Mannix Wanderer                              | Doctorado en el Programa de Historia, Antropología y Ciencia, Tecnología y Sociedad del Massachusetts Institute of Technology (MIT)                 | Antropología de la conservación y el quehacer científico en las islas de México.   |
| Federico Méndez Sánchez                            | Maestría en el Programa de Ciencias Biológicas, Universidad de Auckland, Nueva Zelanda  | Análisis del comanejo sustentable exitoso de la cooperativa Pescadores Nacionales de Abulón a través de la pesca artesanal de abulón y langosta en las islas Cedros y San Benito (Méndez-Sánchez 2012) |
| Miriam Latofski Robles                             | Maestría internacional entre la Universidad Autónoma de San Luis Potosí y la Universidad de Ciencias Aplicadas de Colonia, Alemania                 | Priorización multicriterio para las islas mexicanas con relación a su valor de biodiversidad y la erradicación de especies invasoras (Latofski 2012)   |
| Marlenne Rodríguez Malagón                         | Maestría en el Instituto de Ecología, Xalapa, Veracruz  | Estudio de las redes tróficas (con marcadores isotópicos) en la isla San Pedro Mártir y Farallón de San Ignacio, del Golfo de California (Rodríguez y Herrera 2012)                                    |
| Flor Torres García                                 | Maestría en Ciencias en el Uso, Manejo y Preservación de los Recursos Naturales con orientación en Ecología en Zonas Áridas, Cibnor, La Paz, B.C.S. | Biología y ecología de la liebre negra, <i>Lepus insularis</i> , endémica de la isla Espíritu Santo, Golfo de California.  |
| María Félix Lizárraga y Marlenne Rodríguez Malagón | Estancias de investigación en el Proyecto Puffin en las Islas Maine, Estados Unidos, a cargo de la organización Audubon                             | Restauración de aves marinas con técnicas de atracción social.   |
| Gabriel Mata Flores                                | Maestría en Ciencias de la Universidad Autónoma de Nuevo León   | Fijación de carbono por parte del bosque de ciprés endémico <i>Cupressus guadalupensis</i> de Isla Guadalupe, México.  |

**RECUADRO 10.5** [concluye]

permitiría articular esfuerzos de colaboración con otros institutos nacionales y de otros países. Dado que la gran mayoría de nuestro territorio insular es federal y, además, se encuentra protegido, la coordinación y colaboración con dependencias gubernamentales que atienden el tema

es también fundamental. Estas ideas se encuentran plasmadas en la Estrategia Nacional para la Conservación y el Desarrollo Sustentable del Territorio Insular Mexicano, integrada recientemente (Comité Asesor Nacional sobre el Territorio Insular Mexicano 2012).



**Figura 2** Ciprés de Guadalupe (*Cupressus guadalupensis guadalupensis*), renuevos y paisaje (foto: Archivo GECI/J.A. Soriano).



**Figura 3** Lupinus de Guadalupe (*Lupinus niveus*) y paisaje (foto: Archivo GECI/J.A. Soriano).

**RECUADRO 10.6** EDUCACIÓN PARA LA CONSERVACIÓN EN LA REGIÓN DE LA SIERRA DE MANANTLÁN

Enrique J. Jardel Peláez • Eduardo Santana • Salvador García Ruvalcaba • Alfredo T. Ortega Ojeda •  
Ramón Cuevas Guzmán • Luis Manuel Martínez Rivera • Martín Vázquez López • Rubén Ramírez Villeda

A mediados de la década de 1980, la Universidad de Guadalajara fundó un centro de investigación y una estación de campo dedicadas a la investigación y la educación sobre ecología y manejo de recursos naturales en la Sierra de Manantlán, un macizo montañoso con una notable diversidad de especies y ecosistemas, ubicado en los límites de los estados de Jalisco y Colima (Jardel *et al.* 1992, 2004). El Laboratorio Natural Las Joyas (nombrado así por el predio donde se encuentra la estación de campo) se convirtió posteriormente en el Instituto Manantlán de Ecología y Conservación de la Biodiversidad (Imecbio). Su misión principal, además de la investigación y la educación, era la puesta en marcha de un ambicioso proyecto de conservación y desarrollo rural, el cual dio origen a la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán (RBSM), decretada en 1987 (INE 2000) y, posteriormente, al establecimiento de un organismo público descentralizado, la Junta Intermunicipal de la Cuenca del Río Ayuquila (JIRA), formado por la asociación de 10 municipios en el norte de la región de influencia de la reserva y dedicado a la gestión ambiental y al manejo integral de la cuenca (Graf *et al.* 2006).

En el proceso de desarrollo de los proyectos de la RBSM, la JIRA y el Imecbio, la educación para la conservación y el manejo sustentable de los recursos naturales han tenido un papel central. La formación y capacitación de un equipo interdisciplinario de científicos y técnicos fue fundamental

para constituir un centro de investigación que se estableció en la región de influencia de la reserva, fuera de las grandes ciudades donde se concentra la actividad científica y la educación universitaria (Jardel *et al.* 2006). Mediante su vinculación directa con procesos regionales de conservación de la naturaleza, el manejo de recursos naturales y la gestión ambiental, el Imecbio ha cumplido una importante función en la comunicación y aplicación del conocimiento científico (Castillo y Toledo 2000). La educación ambiental ha resultado en un programa estratégico para la gestión de la RBSM y el trabajo de la JIRA (García-Ruvalcaba *et al.* 2009). La comunicación con el público y la divulgación de los resultados de la investigación han sido un componente esencial del proceso de construcción de instituciones para la gestión participativa de la RBSM y la cuenca del río Ayuquila (Graf *et al.* 2003, 2006). La Estación Científica Las Joyas (ECLJ) (Fig. 1) ha servido como un espacio para la educación y la interpretación ambiental, así como para la formación y capacitación no sólo de científicos y profesionistas, sino también de personal de dependencias gubernamentales, organizaciones civiles, comunidades agrarias, empresas de consultoría y servicios técnicos y otros actores involucrados en el manejo de recursos naturales, el desarrollo rural, la conservación de la naturaleza y la gestión ambiental (Santana *et al.* 2004).

La comunicación de ideas, valores, conocimientos y



**Figura 1** Instalaciones de la Estación Científica Las Joyas en la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán.



**RECUADRO 10.6** [continúa]

experiencias mediante la educación es esencial para lograr objetivos de conservación de la naturaleza y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales. Como lo señalara Aldo Leopold (1947), "Ningún cambio importante en la conducta humana se ha cumplido nunca sin un cambio interno en nuestros énfasis intelectuales, nuestras lealtades, afectos o convicciones". La conservación en la práctica requiere una conciencia ecológica y una ética de la relación sociedad-naturaleza, además de conocimientos y capacidades técnicas.

Los objetivos de la educación para la conservación son múltiples (Jacobson 1995). Para la tarea del Imecbio estos objetivos han incluido: *a*] la promoción del conocimiento público acerca del papel de los ecosistemas en el soporte de las condiciones de vida, la regulación ambiental y la provisión de recursos naturales, así como el entendimiento del impacto ambiental de las actividades humanas y la valoración del patrimonio natural; *b*] el fomento de una ética de la conservación y de cambios en valores y actitudes de la gente en favor de la protección de la naturaleza y el cuidado de los recursos naturales; *c*] la modificación de patrones insustentables de consumo y de un estilo de desarrollo basado en la depredación de los recursos naturales; *d*] el mejoramiento y la ampliación del conocimiento acerca de los patrones y procesos ecológicos, y la interacción sociedad-naturaleza junto con el desarrollo de capacidades técnicas para el manejo de los ecosistemas y los recursos naturales, y *e*] la incorporación del

tema acerca de la conservación y las buenas prácticas de manejo en la toma de decisiones y en las actividades de diversos actores sociales, que incluyen desde funcionarios de gobierno hasta empresas privadas, usuarios de los recursos naturales, comunidades urbanas o rurales, etcétera.

Estos objetivos han servido como marco de referencia en las tareas educativas del Imecbio (Jardel *et al.* 1992; Castillo y Toledo 2000; García-Ruvalcaba *et al.* 2009). Un par de ejemplos de este trabajo se presentan a continuación: 1] el uso de la ECLJ como recurso para la educación y capacitación, y 2] el programa de licenciatura en ingeniería en recursos naturales y agropecuarios.

La ECLJ ocupa un predio de 1 250 ha en la parte centro-oeste de la Sierra de Manantlán, cubierto por bosques de pino-encino, bosque mesófilo de montaña y matorrales, y herbazales secundarios en los que se encuentran poblaciones del teocintle perenne *Zea diploperennis*, pariente silvestre del maíz cuyo descubrimiento dio origen a la RBSM. La ECLJ es un sitio dedicado a la investigación ecológica de largo plazo (Fig. 2), a la formación y capacitación en ecología y manejo de recursos naturales, y a la educación y la interpretación ambiental; adicionalmente cumple funciones de apoyo para la protección de la principal zona núcleo de la RBSM. En Las Joyas se llevan a cabo regularmente cursos y prácticas de campo, talleres de capacitación y adiestramiento, y visitas públicas con un componente de educación e interpretación ambiental.



**Figura 2** Parcela permanente en el bosque mesófilo de montaña para la investigación de largo plazo sobre dinámica de rodales y sucesión.

De unos 1 200 registros anuales de visitantes, con estancias que van de dos días a una semana, unos 700 casos (promedio 2001-2011) corresponden a estudiantes que participan en proyectos de investigación, prácticas de campo o actividades de capacitación. En Las Joyas se han realizado a la fecha 82 tesis de licenciatura y posgrado vinculadas con proyectos sobre diversos temas, como inventarios bióticos, ecología de la vegetación y la fauna silvestre, silvicultura y restauración, ecología y manejo del fuego, etcétera.

La ECUJ ha sido sede de numerosos cursos y talleres vinculados con la gestión de la RBSM y el trabajo de la JIRA. Un ejemplo son los cursos sobre principios de manejo del fuego, realizados para la capacitación y el adiestramiento de las brigadas contra incendios de las comunidades agrarias de la Sierra de Manantlán, en los que han participado alrededor de 200 brigadistas en siete cursos realizados entre 2002 y 2010. Además de aprender los principios básicos de ecología y manejo del fuego, y los fundamentos de las técnicas de prevención y combate de incendios forestales, los brigadistas han recibido capacitación práctica para la aplicación de quemas prescritas y otros métodos de prevención física de incendios en el contexto de un área natural protegida (Fig. 3).

Desde 1992 el Imecbio comenzó a ofrecer cursos para la orientación terminal en manejo de recursos naturales de la carrera de Biología de la Universidad de Guadalajara. En 1995, como resultado de un proceso de reforma y descentralización, la Universidad de Guadalajara creó un campus regional, el Centro Universitario de la Costa Sur (Cucsur), con sede en la ciudad de Autlán, dentro de la región de influencia de la RBSM. El Imecbio se incorporó al Cucsur y, partiendo de un análisis de las condiciones regionales y las necesidades de formación profesional en ecología y manejo de recursos naturales, impulsó la creación de un nuevo programa de licenciatura, la carrera de ingeniería en recursos naturales y agropecuarios (IRNA) (Fig. 4).

El diseño de esta carrera planteó una conceptualización del manejo de los recursos naturales y la agricultura como un proceso dirigido por objetivos socialmente definidos y realizado por organizaciones sociales, que se lleva a cabo en la interfase sociedad-naturaleza con el fin de conservar o restaurar ecosistemas y su capacidad de proveer servicios ambientales, y aprovechar en forma sustentable los recursos naturales por medio de la producción forestal, agropecuaria y pesquera (Jardel 2000). El programa de IRNA integra contenidos tanto de las ciencias naturales como sociales, como base para las materias aplicadas a la conservación biológica, el manejo forestal, la agricultura y el manejo de cuencas y zonas costeras. El marco conceptual de IRNA parte de una perspectiva crítica de los paradigmas centrales del manejo de recursos naturales



**Figura 3** Curso de capacitación y adiestramiento de brigadas comunitarias de protección contra incendios forestales y manejo del fuego en la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán.



**Figura 4** Estudiantes de ingeniería en recursos naturales y agropecuarios durante una práctica de campo sobre inventarios forestales.

(rendimiento sostenible, manejo para uso múltiple, conservación mediante el aprovechamiento sustentable de los recursos), incorporando en la formación de los estudiantes nuevos enfoques, como el manejo adaptativo de ecosistemas, y conceptos como sustentabilidad y resiliencia ecológica y social (Jardel 2000). A la fecha la mayoría de los 576 egresados de IRNA trabaja en su campo profesional en dependencias de los tres órdenes de gobierno, empresas de consultoría y servicios técnicos, proyectos comunitarios e instituciones académicas. El IRNA ha sido la base para nuevos programas de maestría y doctorado en ecología y manejo de recursos naturales en el Cucsur. Una fortaleza de estos programas educativos es la vinculación de profesores y estudiantes en los procesos regionales dirigidos a la sustentabilidad de la producción forestal y agrícola, y la conservación del patrimonio natural.

**RECUADRO 10.7** ESTACIONES DE CAMPO PARA LA CONSERVACIÓN: CHAJUL Y TZENDALES

Javier de la Maza • Julia Carabias

Las estaciones de campo Chajul y Tzendales, espacios de interés público sin fines de lucro, han sido durante su operación ininterrumpida (25 años la primera y 11 la segunda) sitios estratégicos para la protección de la biodiversidad que se encuentra en la Reserva de la Biosfera Montes Azules y han tenido un papel muy importante en la creación de capacidades institucionales y en la formación de cuadros profesionales.

La Reserva de la Biosfera Montes Azules conserva cerca de la mitad de las selvas tropicales más húmedas en México, donde se encuentra la mayor parte de la diversidad de especies del país. Estas selvas contribuyen, además, a la regulación del ciclo hidrológico, controlan inundaciones, aportan agua dulce, producen suelos ricos en nutrientes, capturan carbono, mitigan el cambio climático, entre muchas otras funciones esenciales que benefician a las sociedades.

Cuando se decretó la Reserva de la Biosfera Montes Azules en 1978, la Sociedad Mexicana de Lepidopterología organizó una visita de campo a la parte sur de la reserva y en ella se comprobó la enorme biodiversidad de este grupo en la región. Éste fue el inicio de los estudios científicos, a los que posteriormente se sumaron otros investigadores de la UNAM y de diversas instituciones.

En esa época se colonizó la región de Marqués de Comillas, ubicada frente a la Reserva, en la margen derecha del río Lacantún. Los pobladores utilizaban ambas márgenes del río para cultivar maíz, aunque una de ellas pertenecía a la reserva y los dueños son los lacandones. Ante la amenaza de deforestación en Montes Azules se promovió un acuerdo entre la entonces Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología y la comunidad lacandona para la construcción de una estación de campo como base operativa para las investigaciones y el control de las invasiones. Así nació la Estación Chajul, aunque no llegó a operar en ese momento. El gobierno no mantuvo la estación porque no le interesaban las áreas naturales protegidas y la sociedad ocupó el vacío institucional para detener la destrucción de la biodiversidad.

En 1989, con el apoyo financiero de diversas fundaciones y el refrendo del acuerdo con los lacandones, se rehabilitaron las instalaciones. Se acordó con los ejidos colindantes la desocupación de las tierras dentro de la reserva que no les pertenecían, lo que se ha cumplido cabalmente desde entonces. El éxito de la Estación Chajul para evitar las invasiones en la parte sur de la reserva es rotundo. Las imágenes de satélite dan fe del estado de conservación de la reserva a lo largo de su colindancia con el río Lacantún, en contraste con la acelerada deforestación

que ocurre en otras colindancias, como es el caso de las cañadas (Fig. 1). Para reforzar estos logros, en 2003 se construyó otra estación río abajo, en la desembocadura del río Tzendales: la Estación Tzendales.

La función de las estaciones consiste en facilitar el trabajo cotidiano del personal de la Profepa y la Conanp para la vigilancia en el sitio, así como prevenir y atender el problema de las invasiones, la cacería, la tala y pesca ilegales, y el combate a los incendios forestales. Además, son centros de capacitación de centenas de ejidatarios, comuneros y profesionistas, dedicados a la conservación, el manejo y la restauración de los ecosistemas naturales. También son espacios de deliberación abierta entre autoridades de los distintos órdenes de gobierno y legisladores, y los habitantes de las comunidades vecinas y dueños de la tierra, para resolver sus conflictos y mejorar sus condiciones de vida. Finalmente, son promotoras de proyectos productivos exitosos para el desarrollo sustentable en la región que, al tiempo que crean empleos y fuentes de ingresos, logren la conservación de las selvas remanentes en sus predios.

Las estaciones han sido un laboratorio natural para decenas de científicos y estudiantes que pueden realizar investigaciones y estudios a largo plazo que permiten entender el funcionamiento de los complejos y frágiles ecosistemas tropicales mexicanos, y de la flora y fauna que los componen. Asimismo, se monitorean poblaciones de especies en peligro de extinción, como el tapir (*Tapirus bairdii*), el jabalí de labios blancos (*Tayassu pecari*), el jaguar (*Panthera onca*), el venado temazate (*Mazama temama* y *M. pandora*), el mono araña (*Ateles geoffroyi*), el mono saraguato (*Alouatta pigra*), la guacamaya roja (*Ara macao*), el cocodrilo de pantano (*Crocodylus moreletii*), la tortuga blanca (*Dermatemys mawii*), entre otros, y se contribuye a su recuperación (Bolaños Citalán y Naranjo 2001; Ceballos *et al.* 2007; Naranjo y Bodmerb 2007; García Alaniz *et al.* 2010; De la Maza 2010). También se promueven acciones de restauración de zonas deterioradas y se prueban distintas tecnologías para su recuperación. Por ejemplo, se han realizado evaluaciones experimentales de especies leñosas nativas útiles para la restauración activa y pasiva de ecosistemas ribereños, se han desarrollado propuestas de restauración de claros antropogénicos considerando variables ambientales, sociales y económicas, y se han determinado los requerimientos de especies vegetales clave para la restauración en la zona (Aguilar Fernández 2013; López 2014; Meli 2014).





**Figura 1** Imagen de satélite de la Reserva de la Biosfera Montes Azules y localización de las estaciones Chajul y Tzendales, que muestran el estado de conservación de la vegetación dentro y fuera de la reserva.

Fuente: Carabias et al. 2015.

En los últimos cinco años, las estaciones han sido centros educativos muy activos. Decenas de estudiantes de distintas disciplinas, como biología, economía, arquitectura y sociología, entre otras, han llevado a cabo en este espacio (Figs. 2 y 3) sus trabajos de servicio social y tesis de licenciatura y maestría, y se han insertado en el mercado de trabajo para desarrollar proyectos productivos sustentables con las comunidades campesinas. Esta formación, complementaria a los estudios escolarizados, ha creado una masa crítica de algunas decenas de profesionistas con la preparación necesaria para insertarse en la difícil tarea de la conservación, manejo y restauración de la biodiversidad, y con la capacidad de trabajar directamente con las comunidades campesinas.

Las estaciones son un espacio ideal para las actividades de educación ambiental y la extensión de la escuela para centenares de niños y jóvenes que las visitan cada año. Estas acciones han provocado un cambio de actitud entre los habitantes

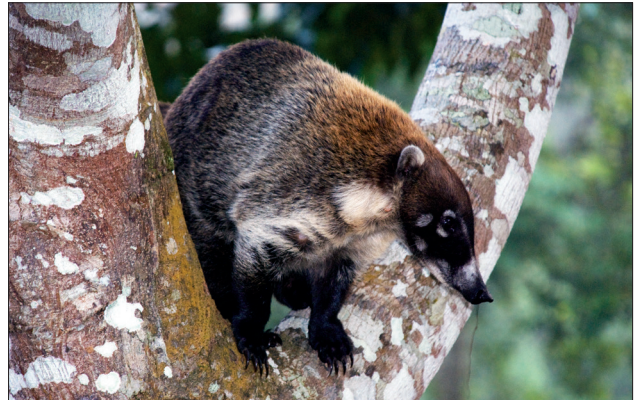
locales e incluso entre muchos sectores del país sobre la importancia de la conservación del capital natural nacional.

Adicionalmente, han funcionado como un laboratorio para el fortalecimiento de la gestión de las áreas naturales protegidas en el país. La experiencia de la Estación Chajul ha permitido, por ejemplo, adquirir una mejor comprensión del manejo integral de las áreas naturales protegidas y sentó la base para establecer, en 1996, el primer Programa Nacional de Áreas Naturales Protegidas, en el que se señala la necesidad de dotar a las ANP de infraestructura operativa y personal de base profesional.

Las estaciones Chajul y Tzendales han desarrollado capacidades humanas e institucionales para la conservación del patrimonio natural más importante del país. Sus logros se deben a la perseverancia y a la cooperación de actores clave de gobierno, de la sociedad civil organizada, de organizaciones de productores, de empresas y de medios de comunicación pero, sobre todo, a la dedicación y convicción de todos los que en ellas trabajan.



RECUADRO 10.7 [concluye]



**Figura 2** Izquierda, vista aérea de la Estación Chajul (foto: Javier de la Maza); derecha arriba, coatí de nariz blanca (*Nasua narica*) (foto: Tania Urquiza-Haas); derecha abajo, grupo de estudiantes en la Estación (foto: Javier de la Maza).



**Figura 3** Vista de las instalaciones de la Estación Chajul (foto: Javier de la Maza).

---

**NOTAS**

- 1 En 2010, en el marco del centenario de la Universidad Nacional Autónoma de México, las autoridades universitarias, en coordinación con Siglo XXI Editores, la Secretaría de Educación Pública y el gobierno del Estado de México, publicaron una edición monumental de la obra de Mociño, esencialmente la científica y en particular la que produjo a raíz de su participación en la referida expedición botánica.
- 2 Creado en el periodo del presidente Miguel Alemán Valdés (1946-1952).
- 3 En 1974 se crea la Universidad Autónoma Metropolitana, la cual fomentó los estudios de posgrado con apoyo y colaboración institucional, otorgando prioridad al desarrollo de la investigación científica.
- 4 Comprende los niveles educativos posteriores al bachillerato, conducentes a grados universitarios o superiores: licenciatura, especialidad, maestría y doctorado, y también estudios no equivalentes a los universitarios pero que crean capacidades específicas, como la de técnico superior universitario.
- 5 El gasto público en educación total (porcentaje del PIB) comprende el gasto corriente y de capital en educación e incluye el gasto del gobierno en instituciones educativas (tanto públicas como privadas), administración educativa y subsidios para entidades privadas —estudiantes/hogares y otras entidades privadas— (Banco Mundial 2012).

---

**REFERENCIAS**

- Aguilar Fernández, R. 2013. *Análisis de los componentes socioambientales para la restauración de claros antropogénicos en la selva tropical húmeda, Marqués de Comillas, Chiapas*. Tesis de maestría. Instituto de Ecología, UNAM. México.
- Aguirre-Muñoz, A., A. Samaniego-Herrera, L. Luna-Mendoza, A. Ortiz-Alcaraz, M. Rodríguez-Malagón *et al.* 2010a. Eradications of invasive mammals on islands in Mexico: The roles of history and the collaboration between government agencies, local communities and a non-government organization, en C.R. Veitch, M.N. Clout y D.R. Towns (eds.), *Island invasives: Eradication and management. Proceedings of the International Conference on Island Invasives*. UICN, pp. 386-394. Gland y Auckland.
- Aguirre-Muñoz, A., A. Samaniego-Herrera, L. Luna-Mendoza, A. Ortiz-Alcaraz, M. Rodríguez-Malagón *et al.* 2010b. Island restoration in Mexico: Ecological outcomes after a decade of eradications of invasive mammals, en C.R. Veitch, M.N. Clout y D.R. Towns (eds.), *Island invasives: Eradication and management. Proceedings of the International Conference on Island Invasives*. UICN, Gland y Auckland, pp. 250-258.
- Andrew, G. 2005. *Alfonso Luis Herrera, muestra palpable del carácter, la determinación y pasión del mexicano*, en <<http://revistahypatia.org/>> (consultado en junio de 2012).
- ANUIES. 2013. *Información estadística de educación superior. Anuarios estadísticos 2005-2012*, en <<http://revistahypatia.org/>> (consultado en abril de 2013).
- Arredondo Galván, V.M., G. Pérez Riviera y P. Morán Oviedo. 2006. Políticas del posgrado en México. *Reencuentro*, núm. 45, mayo.
- Ayala, M.L. 2005. La historia natural en el siglo XVI: Oviedo, Acosta y Hernández. *Estudios del Hombre* 20: 19-37.
- Bolaños Citalán, J.E., y E.J. Naranjo. 2001. Abundancia, densidad y distribución de las poblaciones de ungulados en la cuenca del río Lacantún, Chiapas, México. *Revista Mexicana de Mastozoología* 5: 45-57.
- Bueno-Zirión, G., y G. Halffter. 1976. *Centros de investigación promovidos por el Conacyt*. Serie Documentos 18. Conacyt, México.
- Cambrezy, L., y B. Lascuráin. 1992. *Crónicas de un territorio fraccionado; desde la hacienda al ejido (Centro de Veracruz)*. México, CEMCA-Larousse-ORSTOM.
- Canales-Sánchez, A. 2007. *La política científica y tecnológica en México: el impulso contingente en el periodo 1982-2006*. Tesis de doctorado, Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales, México.
- Carabias, J., J. de la Maza, y R. Cadena (coords.). 2015. *Conservación y desarrollo sustentable de la Selva Lacandona. 25 años de actividades y experiencias*. Natura y Ecosistemas Mexicanos, México.
- Castillo, A., y V.M. Toledo. 2000. Applying ecology in the third world: The case of Mexico. *Bio Science* 50: 66-76.
- Ceballos, G., C. Chávez, R. List y H. Zarza (eds.). 2007. *Conservación y manejo del jaguar en México: estudios de caso y perspectivas*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad—Alianza WWF/Telcel—Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Comité Asesor Nacional sobre el Territorio Insular Mexicano. 2012. *Estrategia nacional para la conservación y el desarrollo sustentable del territorio insular mexicano*. INE—Conanp—Secretaría de Gobernación—Semar—Grupo de Ecología y Conservación de Islas, A.C., Ensenada.
- CONABIO. 2006. *Capital natural y bienestar social*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- CONABIO. 2012. *Dos décadas de historia, 1992-2012*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- Conacyt. 1976. *Los programas indicativos: evolución y perspectivas*. Serie Documentos 23. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México.



- Conacyt. 1998. *Historia de las instituciones del sistema SEP-Conacyt*. Conacyt, México.
- Conacyt. 1998-2008. *Anuario de centros públicos de investigación*. Conacyt, México.
- Conacyt. 2002. *Informe general del estado de la ciencia y la tecnología 2002. Capítulo II: recursos humanos en ciencia y tecnología*. Sistema integrado de información sobre investigación científica, desarrollo tecnológico e innovación. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, en <<http://www.siicyt.gob.mx/index.php/transparencia/informes-conacyt/informe-general-del-estado-de-la-ciencia-tecnologia-e-innovacion/informe-general-2002/260-informe-general-2002-integrado/file>>.
- Conacyt. 2010. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, en <[www.conacyt.gob.mx/Acerca/Acerca\\_conacyt.html](http://www.conacyt.gob.mx/Acerca/Acerca_conacyt.html)> (consultado en abril de 2009).
- Conacyt. 2013a. *Informe General del estado de la Ciencia, la tecnología y la innovación, México*, en <<http://www.siicyt.gob.mx/index.php/transparencia/informes-conacyt/informe-general-del-estado-de-la-ciencia-tecnologia-e-innovacion>>.
- Conacyt. 2013b. Programa nacional de los posgrados de calidad (PNPC). Padrón de programas 2013. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, en <<http://www.conacyt.gob.mx/FormacionCapitalHumano/Paginas/PosgradosCalidad.aspx#Resultados>>.
- Conacyt. 2015. Sistema Nacional de Investigadores, Investigadores vigentes, en <<http://www.conacyt.mx/index.php/el-conacyt/sistema-nacional-de-investigadores>>.
- De la Maza, J. 2010. Estaciones para la conservación en Chajul, en J. Carabias *et al.* (coords.), *Patrimonio natural de México. Cien casos de éxito*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- DOF. 1970. Ley que crea el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. *Diario Oficial de la Federación*, 29 de diciembre de 1970.
- Drucker, R., y A. Pino. 2005. Reflexiones sobre el futuro de la ciencia en México. *Revista Este País* **166**: 55-59.
- Execum. 2013. *Estudio comparativo de las universidades mexicanas, explorador de datos*. Dirección General de Evaluación Institucional, UNAM, en <<http://www.execum.unam.mx/>> (consultado en diciembre de 2013).
- Ezcurra, E. 2002. Redescubriendo a Alexander von Humboldt. *Ciencias* **66**: 4-11.
- FCCYT-AMC. 2005. *Una reflexión sobre el Sistema Nacional de Investigadores a 20 años de su creación*. Foro Consultivo Científico y Tecnológico-Academia Mexicana de Ciencias, México.
- Findlen, P. 1996. Courting nature, en N. Jardine, J.A. Secord y E.C. Spary (eds.), *Cultures of Natural History*, Cambridge University Press, pp. 57-75, Cambridge.
- García Alaniz, N., E.J. Naranjo y F.F. Mallory. 2010. Hair-snares: A non-invasive method for monitoring felid populations in the Selva Lacandona, Mexico. *Tropical Conservation Science* **3**: 403-411.
- García-Ruvalcaba, S., E.J. Jardel, S.H. Graf, E. Santana, L.M. Martínez y G. Pérez-Carrillo. 2009. Educación ambiental y manejo de ecosistemas en la región de la Sierra de Manantlán, en A. Castillo y E. González-Gaudio (coords.), *Educación ambiental y manejo de ecosistemas en México*. INE-UNAM, pp. 71-102, México.
- Gómez-Pompa, A. 2010. Comisión para el Estudio Ecológico de Dioscóreas, en J. Carabias *et al.* (coords.), *Patrimonio natural de México. Cien casos de éxito*. México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, pp. 206-207.
- Gómez-Pompa, A., y G. Halffter. 1977. *Programa nacional indicativo de ecología*. Conacyt, México.
- Graf, S., E. Santana, E.J. Jardel, M. Gómez y S. García-Ruvalcaba. 2003. La Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán, México, en J. Carabias, J. de la Maza y R. Cadena (coords.) *Capacidades necesarias para el manejo de áreas protegidas. América Latina y el Caribe*. TNC-WCPA-UICN, pp. 135-153, México.
- Graf, S., E. Santana, L.M. Martínez-Rivera, S. García-Ruvalcaba y J.J. Llamas. 2006. Collaborative governance for sustainable water resources management: The experience of the inter-municipal initiative for the Integrated Management of the Ayuquila River Basin, Mexico. *Environment and Urbanization* **18**: 297-313.
- Gutiérrez-Serrano, N.G. 2004. La vinculación en el ámbito científico-tecnológico de México. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos* **34**: 47-94.
- Halffter, G., y A. Gómez-Pompa. 1976. *Programa Nacional Indicativo de Ecología Tropical*. Conacyt, México.
- Hernández, F. 1959-1984. *Obras completas*. Universidad Nacional Autónoma de México, 7 tomos, México.
- Heyden, D. 2002. Jardines botánicos prehispánicos. *Arqueología Mexicana* **57**: 18-23.
- Huacuz Elías, R. 2003. De la Revolución Verde a la Revolución Azul. Costos ambientales de los bienes públicos, en <<http://documents.mx/documents/de-la-revolucion-verde-a-la-revolucion-azul.html>>.
- Ilsen. 1996. *La ciencia y tecnología: elementos de análisis (marco de referencia)*. Instituto de Investigaciones Legislativas del Senado de la República, México.
- INE. 2000. *Programa de manejo de la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán*. Instituto Nacional de Ecología, México.
- INEGI. 2015a. *Estadística. Ciencia y tecnología, actividades científicas y tecnológicas*, recursos financieros, Investigación y desarrollo experimental-proporción producto interno bruto 1993-2013-comparativo internacional, en <[www3.inegi.org.mx/sistemas/sisept/default.aspx?t=etec40&s=est&c=19176](http://www3.inegi.org.mx/sistemas/sisept/default.aspx?t=etec40&s=est&c=19176)> (consultado en abril de 2015).

- INEGI. 2015b. Estadística. Ciencia y tecnología. Actividades científicas y tecnológicas. Recursos financieros. Doctorado. Graduados por área de la ciencia nacional 1990-2013, en <[www3.inegi.org.mx](http://www3.inegi.org.mx)>.
- INEGI. 2015c. Estadística. Ciencia y Tecnología. Actividades científicas y tecnológicas, recursos humanos. Doctorado-Maestría-Especialidad-egresos-área de la ciencia 1990-2013 nacional, en <[www3.inegi.org.mx/sistemas/temas/default.aspx?s=est&c=19007](http://www3.inegi.org.mx/sistemas/temas/default.aspx?s=est&c=19007)> (consultado en abril de 2015).
- INIC. 1970. *Política nacional y programas en ciencia y tecnología*. Instituto Nacional de la Investigación Científica, México.
- Jacobson, S.K. 1995. Introduction: Wildlife conservation through education, en S.K. Jacobson (ed.), *Conserving wildlife. International education and communication approaches*. Columbia University Press, Nueva York, pp. 23-31.
- Jardel, E.J. 2000. *Sociedad, ecología, recursos naturales y sustentabilidad. Ensayo sobre el marco conceptual de la carrera de ingeniería en recursos naturales y agropecuarios*. CUCSUR-Universidad de Guadalajara, México.
- Jardel, E.J., E. Santana, R. Gutiérrez-Nájera, R. Cuevas-Guzmán, B.F. Benz et al. 1992. *Estrategia para la conservación de la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán*. Universidad de Guadalajara.
- Jardel, E.J., S.H. Graf, E. Santana y M. Gómez. 2004. Managing core zones in mountain protected areas in México: The Sierra de Manantlán Biosphere Reserve, en L. Hamilton, G. Worboys y D. Harmon (eds.), *Mountain protected areas: Challenges and responses for the 21st century*. Andromeda Editrice, Teramo, pp. 211-224.
- Jardel, E.J., E. Santana y S.H. Graf. 2006. Investigación científica y manejo de la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán, en K. Oyama y A. Castillo (coords.), *Manejo, conservación y restauración de recursos naturales en México*. UNAM-Siglo XXI Editores, México, pp. 127-153.
- Koleff, P., y R. Jiménez, 2010. Sistema nacional de información sobre biodiversidad, en J. Carabias et al. (coords.), *Patrimonio natural de México. Cien casos de éxito*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, pp. 190-191, México.
- Labastida, J. 2004. Humboldt en la Nueva España, en R. Erickson, M.A. Font y B. Schwartz (eds.), *Alexander von Humboldt: From the Americas to the cosmos*. Bildner Center for Western Hemisphere Studies-The Graduate Center, The City University of New York, pp. 25-40.
- Labastida, J. 2010. Ilustración e independencia: José Mariano Mociño y la ciencia moderna, en J. Labastida, E. Morales, J.L. Godínez, M.H. Flores, F. Chiang et al. (coords.), *José Mariano Mociño y Martín de Sessé: la Real Expedición Botánica a Nueva España*. UNAM-Siglo XXI Editores, México, pp. 31-49.
- Labastida, J., E. Morales, J.L. Godínez, M.H. Flores, F. Chiang et al. (coords.). 2010. *José Mariano Mociño y Martín de Sessé: la Real Expedición Botánica a Nueva España*. UNAM-Siglo XXI Editores, México.
- Latofski, M. 2012. *Restoration priorities for the Mexican islands*. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de San Luis Potosí-Cologne University of Applied Sciences, México-Alemania.
- Ledesma, M.I. 2002. La introducción de los paradigmas de la biología en México y la obra de Alfonso L. Herrera. *Historia Mexicana* 52: 201-240.
- Ledesma-Mateos, I., y A. Barahona Echeverría. 1999. Alfonso Luis Herrera e Isaac Ochoterena: la institucionalización de la biología en México. *Historia Mexicana* 48: 635-674.
- Leopold, A. 1947. The ecological conscience, en S.L. Flader y J.B. Callicott (eds.), *The River of the Mother of God and other essays by Aldo Leopold*. The University of Wisconsin Press, pp. 338-346, Madison.
- Lezama, J.L. 2010. Sociedad, medio ambiente y política ambiental, 1970-2000, en M. Ordorica y J.F. Prud'homme (coords.), *Los grandes problemas de México*, vol. I. *Población*. El Colegio de México, México, pp. 223-226.
- López, V.A. 2014. *Recuperación de especies vegetales clave para la restauración en la selva tropical húmeda de la Unidad de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre del Ejido Playón de La Gloria, Marqués de Comillas, Chiapas*. Tesis de maestría. Instituto de Ecología, UNAM, México.
- Lozoya, X. 1984. José Mariano Mociño: un naturalista mexicano que recorre Nutka, Canadá, en el siglo XVIII. *Historia Mexicana* 34: 114-134.
- Luchilo, L. (coord.). 2008. *Evaluación de impacto del Programa de formación de científicos y tecnólogos del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México (1997-2006)*. Conacyt, México.
- Luchilo, L. 2009. Los impactos del programa de becas del Conacyt mexicano: un análisis sobre la trayectoria ocupacional de los ex becarios (1997-2006). *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad* 5: 175-205.
- Luengo, E. 2003. *Tendencias de la educación superior en México: una lectura desde la perspectiva de la complejidad*, en Seminario sobre reformas de la educación superior en América Latina y el Caribe, Bogotá, Colombia.
- Malo, S., y L. Rojas. 1996. Estímulos para la productividad científica y las actividades docentes y artísticas en México. El Sistema Nacional de Investigadores. *Inter ciencia* 21: 71-79.
- Mariaca Méndez, R. 2003. El futuro de la investigación científica en México *Ecofronteras* 19: 32-36.
- Marielle, C. 2001. Semillas transgénicas en la comida y en la agricultura campesina. *Rostros y Voces del Sur*, núm. 22, Nueva Época, México.
- Martínez-Ramos, M. 1994. Estudios y perspectivas sobre ecología vegetal en México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 55: 75-91.

- Martínez, M.L., R.H. Manson, P. Balvanera, R. Dirzo, J. Soberón *et al.* 2006. The evolution of ecology in Mexico: Facing challenges and preparing for the future. *Frontiers in Ecology and the Environment* **4**: 259-267.
- Medellín, Z.A. 1960. *Cerámica del Totonacapan*. Universidad Veracruzana, Xalapa.
- Meli, P. 2014. *Restauración de la biodiversidad y los servicios de los ecosistemas ribereños y otros humedales. Meta-análisis global y evaluación de especies útiles en el trópico húmedo mexicano*. Tesis de doctorado. Universidad de Alcalá de Henares, Madrid.
- Méndez-Sánchez, F.A. 2012. *Co-management and small-scale fisheries in Mexico: The case of a fishers' cooperative in Cedros and San Benito Islands*. The University of Auckland, Nueva Zelanda.
- Mendieta, Z.H. 1999. Salud, ciencia y sociedad: un ejemplo de tenacidad. *Estampas de la ciencia* III, núm. 175, Fondo de Cultura Económica, México.
- Morales Folguera, J.M. 2004. Jardines prehispánicos de México en las Crónicas de las Indias. *AEA*, **77** (308): 351-373.
- Naranjo, E.J., y R.E. Bodmerb. 2007. Source-sink systems and conservation of hunted ungulates in the Lacandon Forest, Mexico. *Biological Conservation* **138**: 412-420.
- Nieto, C.L., y M.P. Medellín. 2007. Medio ambiente y educación superior: implicaciones en las políticas públicas. *Revista de la Educación Superior* **142**: 31-42.
- OCDE. 2009. *Main Science and Technology Indicators (MSTI) 2009/2. Organization for Economic Co-Operation and Development*, en <[www.oecd.org/sti/msti](http://www.oecd.org/sti/msti)> (consultado en abril de 2009).
- OCDE. 2012. *Education at a Glance 2012: OECD indicators*. OECD Publishing.
- Ólvarez, B.S., y M.E. Pérez-Correa. 2005. El posgrado nacional, las becas y el Conacyt. *Ciencia y Desarrollo* **187**: 32-37.
- Ortega, S., E. Blum y G. Valenti. 2001. *Invertir en el conocimiento. Programa de Becas-crédito del Conacyt*. SEP-Conacyt-Plaza y Valdés, México.
- Ortiz-Espejel, B., y H. Hernández-Trejo. 2006. La historia socioambiental, en P. Moreno-Casasola (ed.). *Entornos veracruzanos: la costa de La Mancha*. Instituto de Ecología, A.C., pp. 25-34, Xalapa.
- Pardo, T.J. 2004. Francisco Hernández (1515?-1587). Medicina e historia natural en el Nuevo Mundo, en *Los orígenes de la ciencia moderna*. Seminario Orotava de Historia de la Ciencia, año XI y XII. Fundación Canaria Orotava de Historia de la Ciencia, España, pp. 215-244.
- Pérez-Tamayo, R. 2005. *Historia general de la ciencia en México en el siglo XXI*. Fondo de Cultura Económica, México.
- Pérez-Tamayo, R. 2010. El estado y la ciencia en México: pasado, presente y futuro, en H. Fix-Zamudio y D. Valadés (coords.), *Formación y perspectivas del Estado en México*. UNAM-El Colegio Nacional, pp. 319-349, México.
- Poder Ejecutivo Federal. 1994. *Indicadores de actividades científicas y tecnológicas, 1993*. Sexto Informe de Gobierno 1994, México.
- Puerto Sarmiento, J. 2007. Casimiro Gómez Ortega y las expediciones botánicas ilustradas, en *La ciencia europea desde 1650 hasta 1800. Actas años XIII y XIV*. Imprenta Reyes, Canarias, pp. 1-9.
- Retana, O.G. 2009. La institucionalización de la investigación científica en México, breve cronología. *Ciencias* **94**: 46-51.
- Rodríguez, M.A., y L.G. Herrera. 2012. Isotopic niche mirrors trophic niche in a vertebrate island invader. *Oecologia* **171**: 537-544.
- Rojas Garcidueñas, M.R. 2006. Las ciencias biológicas en los inicios de la vida independiente de México (1820-1850). *Ciencia-UANL* **9**: 8-9.
- Rosas-Vargas, R. 2007. Exclusión, marginación y desarrollo de los pueblos indígenas. *Ra Ximhai* en línea. Disponible en <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46130304>>.
- Rudomín, P. 1994. *Algunas reflexiones sobre el Sistema Nacional de Investigadores en México. Ciencia y tecnología en el umbral del siglo XXI*. Conacyt, México.
- Santana, E., E.J. Jardel, F. Hernández-Vázquez, R. Cuevas-Guzmán, D. Partida-Lara *et al.* 2004. Investigación y educación en un área protegida, en R. Cuevas-Guzmán y E.J. Jardel (eds.), *Flora y vegetación de la Estación Científica Las Joyas*. Universidad de Guadalajara, pp. 7-47, Guadalajara.
- Samaniego-Herrera, A., A. Aguirre-Muñoz, M. Rodríguez-Malagón, R. González-Gómez, F. Torres-García *et al.* 2010. Rodent eradications on Mexican islands: Advances and challenges, en C.R. Veitch, M.N. Clout y D.R. Towns (eds.), *Island Invasives: Eradication and management. Proceedings of the International Conference on Island Invasives*. Gland y Auckland, IUCN, pp. 350-355.
- Sarukhán, J. 2011. La Revolución Verde. *El Universal*, 2 de septiembre de 2011.
- Simonian, L. 1999. *La defensa de la tierra del jaguar. Una historia de la conservación en México*. Semarnap-CONABIO-Imernar, pp. 251-258, en <[http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/consultaPublicacion.html?id\\_pub=118](http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/consultaPublicacion.html?id_pub=118)>.
- Soberón, J. 1999. Epílogo, en L. Simonian. *La defensa de la tierra del jaguar. Una historia de la conservación en México*. Semarnap-CONABIO-Imernar, pp. 251-258.
- UNAM. 2012a. *Informes de actividades, Instituto de Biología, UNAM*, en <[http://www.ibiologia.unam.mx/informes\\_anuales.html](http://www.ibiologia.unam.mx/informes_anuales.html)>.
- UNAM. 2012b. *Tesis concluidas, Estación de Biología Chamela, IBUNAM*, en <<http://www.ibiologia.unam.mx/ebchamela/www/tesisfin.html>>.