

Segunda parte

El conocimiento acerca de las especies

7 Desarrollo y situación del conocimiento de las especies

AUTORES RESPONSABLES: Jorge Llorente-Bousquets • Layla Michán Aguirre
COAUTORES: Jorge González González • Victoria Sosa Ortega
REVISORES: David Espinosa Organista • Ana Hoffman[†] • José Ramírez Pulido

CONTENIDO

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

Llorente-Bousquets, J., L. Michán *et al.* 2008. Desarrollo y situación del conocimiento de las especies, en *Capital natural de México*, vol. I: *Conocimiento actual de la biodiversidad*. CONABIO, México, pp. 193-214.

Resumen

Se describe de manera sucinta el desarrollo histórico del conocimiento de la diversidad de especies en México —principalmente de la sistemática— enfocado a la institucionalización, entendida esta como la creación de organizaciones o instancias donde se practica, promueve, fomenta y difunde el conocimiento científico.

Se abordan los antecedentes sobre los estudios de descripción, clasificación y nomenclatura de las especies en la época prehispánica; se relatan los eventos, personajes, enfoques, instituciones, expediciones y trabajos más importantes relacionados con la taxonomía durante la Colonia y el México independiente que propiciaron el inicio de la profesionalización de esa ciencia.

Se analiza el estado del conocimiento sobre la sistemática en México desde principios del siglo xx y se detallan las tres etapas en que se ha dividido: 1] de 1900 a 1930; 2] de 1930 a 1980, y 3] de 1980 a la actualidad. Para estos periodos se presentan análisis cuantitativos, cualitativos y se discute sobre: 1] la fundación de instituciones de investigación y enseñanza y las sociedades científicas; 2] los especialistas y los estudiantes; 3] la formación de colecciones bióticas de naturaleza científica, y 4] la publicación de revistas y libros especializados.

Con base en los resultados se expresan los principales problemas y retos de la práctica taxonómica en México y se sugieren algunas perspectivas para el futuro.

7.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo se describe de manera sucinta el desarrollo histórico del conocimiento de la diversidad de especies en México, enfocado a la institucionalización, entendida esta como la creación de organizaciones o instancias donde se practica, promueve, fomenta y difunde el conocimiento científico, se analiza el estado del conocimiento sobre taxonomía en México en la actualidad y se expresan algunas perspectivas para el futuro.

7.1.1 La época prehispánica

La curiosidad natural del ser humano que habitó en las diferentes regiones del planeta dio lugar a distintas cosmovisiones y formas de conocimiento empírico. La necesidad de intercambiar conocimientos por medio del lenguaje propició la denominación, la descripción y la clasificación de los organismos; éstas fueron algunas de las primeras prácticas que el hombre realizó para comunicar ideas acerca del mundo vivo (De Gortari 1980; Flores 1982). Los conocimientos de los pueblos prehispánicos sobre los seres vivos fueron el resultado de innumerables observaciones acuciosas y pruebas empíricas que se registraban y transmitían de generación en generación. Aprovecharon las especies útiles y segregaron las nocivas, desarrollaron la agricultura y la domesticación. Nombraron, clasificaron e ilustraron numerosas plantas y animales desconocidos para otras culturas. En general, sus conocimientos botánicos superaban a los zoológicos (Berlin *et al.* 1974; Berlin 1992; Gómez-Pompa 1993).

Los conocimientos indígenas permanecen en el material lingüístico, etnográfico, folclórico y en las tradiciones de las distintas etnias; se registran las producciones artísticas, en los escasos códices, epistolarios, historias, relaciones y libros rescatados. Sin embargo, estas fuentes han sido insuficientemente abordadas con un enfoque biológico (Barrera 1979, 1994; Barrera y Hoffman 1981; Hoffmann *et al.* 1993).

El reconocimiento de la biodiversidad del territorio mexicano por los conquistadores comenzó en 1517, con las primeras exploraciones geográficas en las que se establecieron límites y se describieron *grosso modo* el contorno, la hidrografía, la orografía, las islas y las distancias entre las poblaciones novohispanas; se construyeron los puertos principales, se hicieron las primeras cartas geográficas y varias divisiones territoriales; vale la pena remarcar que el conocimiento indígena adquirido previamente fue fundamental para ello. A estas exploraciones seguirían otras con propósitos similares; entre las principales destaca la primera expedición a la Nueva España, realizada entre 1570 y 1577 por mandato de Felipe II y dirigida por Francisco Hernández (1517-1587), durante la cual se recolectaron plantas y animales aborígenes que dieron lugar a la descripción de cerca de 1 200 especies (Somolinos 1971; Trabulse 1983).

España dirigió, difundió e impuso los paradigmas científicos en su colonia durante los siglos xvi y xvii, pero con una contribución escasa al conocimiento de las ciencias naturales europeas. No faltaron hombres cultos en la Nueva España, sobre todo aquellos vinculados con la enseñanza, que se mantuvieron informados del desarro-

llo de la historia natural europea e hicieron contribuciones importantes sobre la región, como los trabajos de Joseph de Acosta (1540-1600) y de Carlos de Sigüenza y Góngora (1645-1700). También se fundaron varios colegios y la Real y Pontificia Universidad en la Nueva España (1551), pero no parece que en ellos se haya enseñado o realizado trabajos de historia natural, y la docencia seguía apegada a las concepciones aristotélicas y galénicas. Después de estos trabajos no se ha encontrado algo significativo sobre el estudio de la historia natural en México, dado que hasta principios del siglo XVIII hubo un largo periodo de estancamiento (Beltrán 1951a, 1977; Ortega *et al.* 1996).

7.1.2 Los siglos XVIII y XIX

No fue sino hasta el siglo XVIII cuando en las colonias españolas surgieron brotes de creación científica propia (Hoffmann *et al.* 1993; Aréchiga y Beyer 1999; Papavero y Llorente 2005). Cronistas, viajeros y religiosos habían llevado productos naturales y sus descripciones a Europa durante más de 250 años. La necesidad de intercambio y comercio obligó a un mayor y mejor conocimiento de las producciones novohispanas.

La influencia de la Ilustración en América aumentó el ritmo y la cantidad de estudios científicos y constituyó el comienzo de una nueva era en la organización social, política y económica, caracterizada por el auge de las inquietudes culturales y científicas (De Gortari 1980; Trabulse 1989). Se produjo un cambio notable en el modo de considerar las costumbres y los usos de los indígenas, se integraron los conocimientos prehispánicos y españoles mediante el intercambio cultural y se aplicaron principalmente al estudio de las plantas con una finalidad económica y terapéutica.

Los europeos se dieron a la tarea de describir los seres vivos de México, en comparación con las especies conocidas en Europa; para esto básicamente utilizaron las obras de Plinio y Dioscórides, quienes agrupaban a los organismos esencialmente por su morfología externa y utilidad. En este periodo resaltaron las contribuciones de Francisco Javier Clavijero (1731-1787) y José Antonio Alzate y Ramírez (1733-1799), entre otros. Poco después vino la disputa entre la adopción de los dos sistemas de clasificación biológica dominantes en Europa, encabezados por el francés Tournefort y el sueco Linneo (Moreno 1989a; Saladino 1990, 1998).

Durante la segunda mitad del siglo XVIII tuvieron lugar las tres expediciones botánicas que la metrópoli es-

pañola envió a sus colonias americanas: la de Perú en 1778 (Ruiz y Pavón), la de Nueva Granada (Colombia) en 1783 (Mutis) y la de Nueva España en 1787 (Sessé y Mociño) (Beltrán 1967; Papavero y Llorente 2005).

Cabe resaltar la Real Expedición a la Nueva España, la última que se realizó y que tuvo como finalidad conocer el territorio y sus riquezas naturales y humanas; fue dirigida por el español Martín de Sessé y Lacasta (1751-1808) y el novohispano José Mariano Mociño (1757-1820); participaron en ella el naturalista José Longinos Martínez (?-1803), el boticario Juan del Castillo (1744-1793), Vicente Cervantes (1755-1829) y dos pintores notables: Atanasio Echeverría (1766-1811) y Juan Cerdá (Lozoya 1984; Moreno 1988).

En 1788, también por orden del rey Carlos III, se instauró en la Real y Pontificia Universidad de México la Primera Cátedra de Botánica, desde donde se difundieron las ideas de Linneo y Buffon (Moreno 1988) y se iniciaron los estudios formales de clasificación botánica en nuestro país. Además, se proyectó un Gabinete de Historia Natural a cargo de José Longinos Martínez, quien introdujo la taxonomía de Tournefort en la Nueva España y la enseñó a la par del sistema linneano (Aceves 1985; Moreno 1989b). En el Jardín Botánico establecido en el palacio virreinal se trabajó activamente; Vicente Cervantes (?-1829) impartió ahí la cátedra de botánica, y en varias ocasiones lo suplió su hijo Julián, el autor de las *Tablas Botánicas* (1825), considerado el primer texto mexicano sobre la materia (Beltrán 1951a; Moreno 1986).

En la sociedad novohispana de finales del siglo XVIII, el desarrollo de la ciencia (incluida la biología) se logró gracias al impulso de la minería, las obras públicas, la salud, la cultura y la educación. Se promovió el conocimiento del territorio, de las riquezas naturales y de los habitantes, se renovaron los planes de estudio superiores, y se fundaron la Real Escuela de Cirugía (1768), la Academia de las Nobles Artes de San Carlos (1785), los ya mencionados Jardín y Cátedra de Botánica (1788) y el Real Seminario de Minería (1792) (De Gortari 1980; Moreno 1988), lo que condujo a un auge cultural novohispano sin paralelo en todo el continente americano (Trabulse 1999; Aceves 1993).

La base importante del trabajo científico durante la Colonia se desarrolló en disciplinas como la botánica, la zoología y la mineralogía; se efectuaron trabajos cartográficos, observaciones astronómicas y expediciones de reconocimiento; se reunieron colecciones botánicas, zoológicas y mineralógicas; se realizaron clasificaciones, descripciones e ilustraciones de flora y fauna, así como estu-

dios médicos (Beltrán 1967). Esto conformó lo que serían los primeros acercamientos a la historia natural con una visión propia (De Gortari 1980; Gómez-Pompa *et al.* 1991; Saldaña 1992).

En esta época terminó la primera fase de autoformación de la ciencia mexicana, que se caracterizó porque algunos individuos practicaron y difundieron el conocimiento científico y se ocuparon de problemas internos como las plagas y las enfermedades. Entonces comenzó una nueva forma de hacer ciencia en nuestro país, con el surgimiento de las instituciones científicas fundadas a finales del siglo XVIII (universidades y colegios), el establecimiento de bibliotecas privadas, la importación de libros y periódicos científicos, la organización de tertulias y sociedades de amigos —en las que influyeron los paradigmas de la ciencia moderna— y la existencia de numerosos instrumentos, publicaciones, investigaciones polémicas e iniciativas científicas locales (Saldaña 1992). Este periodo de apogeo científico en la Nueva España fue reconocido como el más importante en toda América (Humboldt 1822) y duró hasta el inicio de la guerra de Independencia (Trabulse 1985a, 1999; Aceves 1993).

Durante la primera mitad del siglo XIX hubo gran cantidad de proyectos extranjeros (particulares e institucionales) y nacionales, que organizaron expediciones o exploraciones en México con el propósito de reconocer y recolectar organismos y hacer estudios de historia natural. En muchos casos la finalidad de estos viajes era también estratégica, política y sobre todo económica, pues iba dirigida a la explotación de recursos naturales. Los especímenes recolectados se dispersaron en distintas colecciones y las publicaciones realizadas sobre ellos por franceses, ingleses, alemanes y, finalmente, norteamericanos, se difundieron con amplitud (Beltrán 1951a; Barrera 1974).

El caso más destacado fue el viaje que hicieron entre 1803 y 1804 Alexander von Humboldt (1769-1859) y Aimé Bonpland (1773-1858), quienes realizaron exploraciones, recolectaron gran cantidad de especímenes y sistematizaron la información existente para producir importantes contribuciones astronómicas, geográficas, ecológicas, biogeográficas, estadísticas, demográficas, económicas y sociales sobre la Nueva España (Humboldt 1804, 1805; Trabulse 1999).

Tras la consumación de la Independencia en 1821, y hasta 1868, después de diez años de guerra, la cultura permaneció aislada de la influencia intelectual extranjera; la nación padecía un bloqueo económico y una situación anárquica creada por la explotación desmedida de

campesinos, artesanos y trabajadores, lo cual generó un clima de desorganización y decadencia (Moreno 1994; Saladino 1996). La situación era tan contradictoria y confusa que se puede hablar de un periodo durante el cual las ciencias naturales no pudieron desarrollarse en México al ritmo que debían de haber tenido (De Gortari 1980).

Con la instauración de la República, las actividades de toda índole, incluso las intelectuales, resurgieron aunque con pobres recursos (Barrera 1955) y carentes de programas de desarrollo cultural, científico o tecnológico; no hubo una política decidida y visionaria de enviar investigadores a prepararse en los centros científicos europeos, como hacían otros países que aspiraban a industrializarse, como Estados Unidos y Japón. En el México independiente la base económica continuó siendo fundamentalmente la agricultura tradicional, mientras que los principios exaltados por la Revolución Industrial se manifestaron de forma tardía.

En esta época hubo estudios importantes realizados por extranjeros en el territorio mexicano. De 1820 a 1850 diversas dependencias y organizaciones inglesas de carácter científico y técnico auspiciaron expediciones a México para recolectar plantas y animales que enriquecieron notablemente las colecciones europeas, en especial las de los Jardines de Kew y el Museo Británico. Además, se puede mencionar a exploradores como Karwinski, Berlandier y los integrantes de la Comisión Científica Francesa que estuvo en nuestro país entre 1855 y 1856 (Beltrán 1977). Un estudio clásico, aunque breve, de la situación en esta época es el de Sartorius (1990).

Como resultado de las recolectas durante el siglo XIX se reunió un gran acervo sobre diversidad de taxones de México en distintas obras y colecciones dispersas en museos europeos; aún hay mucho por sistematizar y analizar desde el punto de vista histórico y científico (Iturriaga 1988-1992; Poblett y Delgado 1992; Iturriaga y García 1999; Papavero e Ibáñez 2001, 2003; Papavero y Llorente 2004, 2005).

Las escasas contribuciones mexicanas a las ciencias naturales de este periodo fueron el producto de un puñado de individuos talentosos, que por lo general trabajaron de forma relativamente aislada y que estuvieron dotados de una decidida voluntad que les permitió superar los obstáculos planteados por la inestabilidad de la época, los escasos instrumentos, la falta de una tradición y la discontinuidad que se produjo. Tales fueron los casos de Lucas Alamán, Mariano Bárcena, Julián Bonavit, Alfredo y Eugenio Dugès, Pablo de la Llave, Juan José Mar-

tínez de Lejarza, Nicolás León, Manuel Martínez Solórzano y Melchor Ocampo (Beltrán 1943b). Varios de estos nombres están unidos a la historia política y social de México.

Esta “ciencia nacional” naciente se dedicaba a problemas muy particulares; los naturalistas mexicanos se dedicaron sobre todo a describir los rasgos de su entorno y se limitaron a tratar solo algunos temas de interés local; simultáneamente, los naturalistas europeos producían grandes generalizaciones biológicas (teorías y métodos), además de inventarios muy completos. Esto ocasionó que la ciencia natural mexicana a menudo fuera desdeñada e ignorada en el extranjero, y desde ese entonces aumentó el rezago en el desarrollo científico que aún no se logra superar (Aréchiga 1993, 1994).

Este atraso científico durante el México independiente se acentuó al debilitarse el vínculo con España, y trató de contrarrestarse con la influencia francesa, que en esa época emergía como un modelo vanguardista de la ciencia europea. El espíritu científico de México se había formado lentamente con las lecturas de obras de los enciclopedistas franceses, lo cual se truncó durante el México independiente (Trabulse 1985b; Zamudio 1992).

Con la reestructuración de la República, en 1867, se desarrollaron procesos innovadores, se fortalecieron los organismos sociales y políticos, se promovieron las manifestaciones culturales y se inició la institucionalización científica nacional, es decir, se promovió la creación de organismos, organizaciones o instancias donde se practicaba el conocimiento biológico, como centros de investigación, sociedades, publicaciones y centros de colecciones. Tales fueron los casos de la Sociedad Mexicana de Historia Natural, la revista *La Naturaleza*, la Academia de Ciencias y Literatura y la Sección de Medicina de la Comisión Científica, que con el tiempo se transformaría en la Academia Nacional de Medicina, organismo que editó la *Gaceta Médica de México* y tuvo gran influencia en el desarrollo de las ciencias médicas y naturales. Además, se establecieron el Museo Nacional, la Escuela de Agricultura y la Escuela Nacional Preparatoria (1869). También se instaló el Instituto Médico Nacional (1888), se inauguró el Museo Anatómico-Patológico (1895), el Instituto Bacteriológico y el Instituto de Higiene (De Gortari 1980; Trabulse 1984; Hoffmann *et al.* 1993; Pérez 2005).

En esta misma época el gobierno mexicano fomentó la realización de estudios y publicaciones científicas; varias instituciones de historia natural estuvieron apoyadas económicamente por dependencias como el Ministerio del

Interior, la Secretaría de Relaciones Exteriores, la Secretaría de Guerra y la Secretaría de Fomento. Esta última destacó porque patrocinó gran cantidad de proyectos, entre los que estuvieron el Instituto Médico Nacional y la formación de comisiones (véase adelante); además organizó estudios e inventarios entre los que están los de Olaguíbel (1889), Sánchez (1893), Sessé y Mociño (1893, 1894) y León (1895), y apoyó la edición de revistas y libros. Este periodo también se caracterizó por el desarrollo de actividades científicas en varios estados de la República (Ledesma-Mateos 1990; Sánchez y Nomelí 1996). También promovió la realización y difusión de actividades científicas; en el campo de la historia natural destacó la formación de comisiones exploradoras y de reconocimiento, como la que funcionó entre 1827 y 1850, la Comisión Científica del Valle de México (1856), la Comisión del Istmo de Tehuantepec (1879), la Comisión Mexicana de Límites con Guatemala (1877), la Comisión Geográfica Exploradora (1879), la Comisión Científica Mexicana (1883) y la Comisión Exploradora de la Flora y Fauna Nacionales (1907), que tenían como finalidad resolver problemas técnicos y científicos del país, como el establecimiento de límites, la construcción de canales y la realización de inventarios, exploración y explotación de recursos naturales; esta última tarea fue de gran importancia para el desarrollo de los estudios de historia natural, pues constituyó el primer intento del México republicano por cuantificar y describir su diversidad biológica de forma sistematizada. Aunque su interés principalmente fue aplicado (económico), su repercusión en la investigación sobre biodiversidad fue importante porque promovieron la formación de instituciones técnicas y de investigación, colecciones científicas, sociedades y publicaciones *ad hoc* como el Museo Nacional, el Museo de Tacubaya, la Sociedad Mexicana de Historia Natural y la revista *La Naturaleza*, por mencionar algunas (Smith 1942; Saldaña y Cuevas 1999). También se crearon plazas de trabajo para naturalistas y se fomentó la interacción con naturalistas extranjeros (Hoffmann *et al.* 1993; Gío-Argáez y Rivas 1993; Cuevas 2006).

En esta época se redescubrió la rica tradición prehispánica (Del Paso y Troncoso 1988) y renació el interés por estudiar la botánica y la zoología en diferentes regiones del país (Beltrán 1982), enfocadas principalmente en las propiedades farmacológicas de los productos naturales (Berlin *et al.* 1974; Barrera *et al.* 1977; Gómez-Pompa 1979, 1982).

Aunque estos fueron los primeros intentos de profesionalización de la historia natural (biología actual) en

México, porque se establecieron las estructuras básicas y el gobierno apoyó y fomentó su práctica, las características propias de nuestro proceso histórico, como han sido la falta de continuidad en los proyectos políticos, lo efímero de estas instituciones y los problemas políticos y económicos que trajo consigo la Revolución, eliminaron a la mayoría de ellas y produjeron una discontinuidad casi completa que solo se restauraría formalmente después del primer tercio del siglo xx (Azuela y Guevara 1998a, 1998b; Cuevas 2002, 2006; Guevara 2002; Michán y Llorente 2003).

Debemos destacar que entre 1879 y 1915 se publicó la obra de conjunto más importante hasta la fecha sobre diversidad de especies de México, resultado de la exploración biológica del territorio nacional y países centroamericanos, denominada *Biología Centrali-Americana* y subtitulada *Contributions to the knowledge of the fauna and flora of Mexico and Central America*. Fue editada por Frederick DuCane Godman (1834-1919) y Osbert Salvin (1835-1898), y en ella participaron muchos de los autores más destacados del mundo en esa época. Ambos investigadores recolectaron flora y fauna del país y de América Central (Salvin 2000), con el objeto de conocer las especies existentes desde México hasta Panamá. Con base en sus registros e impresiones redactaron varios trabajos y coordinaron la edición de esta obra monumental de 63 volúmenes con más de 25 000 páginas y 1 677 láminas, de las que unas 900 son a color; incluye la descripción de cerca de 39 000 especies, la mitad de las cuales eran desconocidas para la ciencia y en su mayoría están ilustradas (Llorente *et al.* 1996), de manera que resulta una obra de consulta obligada para cualquier investigador que aborde el estudio natural de nuestra región; incluso, hasta la década de 1970, este trabajo siguió siendo una de las fuentes de información más importantes para investigar muchos grupos de organismos mexicanos, especialmente artrópodos, anfibios, reptiles, aves y mamíferos (Flores y Nieto 1994; León 1994; Navarro 1994; Llorente *et al.* 1996). Actualmente se puede consultar en su totalidad en línea en <http://www.sil.si.edu/digitalcollections/bca/explore.cfm>.

7.2 LA ÉPOCA ACTUAL

Con base en el análisis de la producción y el proceso de institucionalización de la sistemática mexicana, se pueden reconocer tres etapas en la historia de los estudios de la diversidad de especies en México: 1] de 1900 a 1930;

2] de 1930 a 1980, y 3] de 1980 a la actualidad, caracterizadas por el grado de desarrollo de las instituciones de investigación, fomento y enseñanza, los especialistas, las sociedades y las publicaciones científicas (Michán y Llorente 1999, 2002, 2003; Llorente y Michán 2000; Michán y Morrone 2002; Michán *et al.* 2005) (Fig. 7.1).

7.2.1 Primer periodo, de 1900 a 1930: declive y transición

Con el proceso revolucionario se produjo la declinación de las actividades científicas en México, se dispersaron los grupos de intelectuales, desaparecieron varias instituciones y fallecieron muchos de los hombres de la generación del xix. El triunfo de la Revolución y de sus principios ideológicos tuvo como consecuencia el establecimiento de una nueva estructura social, política y económica, que con la inestabilidad de varios años daría lugar, a partir de la década de 1920, a la integración de un país con problemas, intereses y planes propios. No obstante, hubo un impulso a la ciencia, sobre todo por la gran influencia que tuvo el positivismo en México (Parra 1903; Herrera 1921; De Gortari 1957). En la figura 7.1 se aprecia qué instituciones y revistas del primer periodo del siglo xx no continuaron en la etapa posrevolucionaria, es decir, después de 1930.

Desde la perspectiva histórica e institucional, las tareas que realizaban los historiadores naturales, hasta finales del siglo xix y principios del xx, no tuvieron relación con la practicada a partir de 1930 (Michán y Llorente 2003). La Revolución produjo una acusada discontinuidad (Guevara 2002; Pérez 2005), no perduraron los investigadores ni las instituciones ni las publicaciones (Beltrán 1952, 1953, 1969); aunque en algunos casos, incluso por cierta nostalgia, se repitieron algunos nombres de las viejas instituciones, esto no se reflejó en los formatos, tendencias o finalidades.

La influencia teórica durante la primera época se debió principalmente a Europa, en especial a países como Francia, Inglaterra y Alemania; de ahí procedían las ideas, el marco teórico, los libros y los exploradores principales, mientras que durante el siglo xx paulatinamente se expresó la influencia de Estados Unidos y se estableció nuestra dependencia intelectual y científica de ese país (Barrera 1964; Beltrán 1965).

Esta fase de discontinuidad institucional en México produjo una cantidad mínima de trabajos taxonómicos (cerca de 200) que seguían la tradición naturalista del siglo anterior; la mayoría de las contribuciones fueron

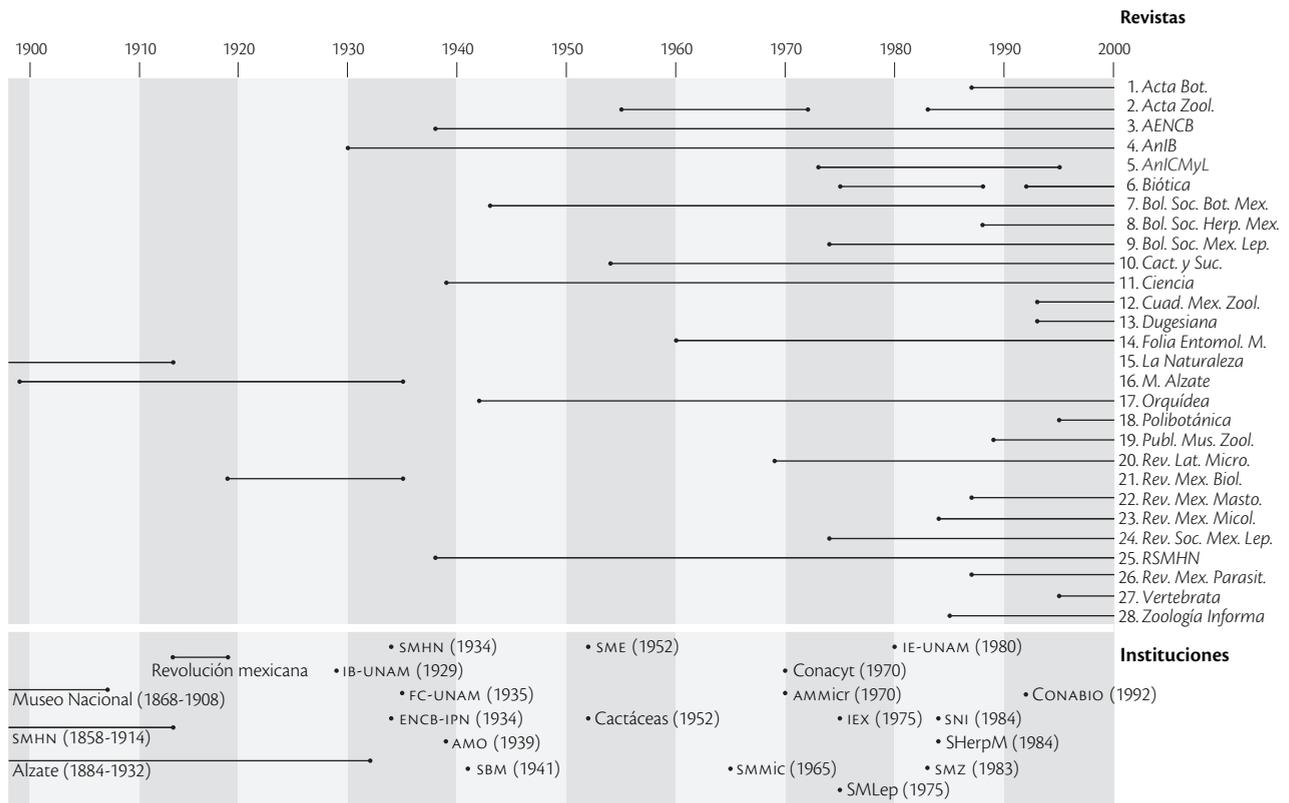


Figura 7.1 Cronología de instituciones, sociedades y revistas de importancia taxonómica en México durante el siglo xx.

meramente descriptivas (Fig. 7.1). Hubo una decena de autores enciclopédicos, herederos de la estructura institucional del siglo anterior, que abordaron varios grupos taxonómicos; su trabajo generalmente lo hacían de forma individual y publicaban casi todo en tres revistas: *La Naturaleza* (Beltrán 1948), *Memorias de la Sociedad Científica Antonio Alzate* (Aguilar y Santillán y Mendiábal 1934; Aragón 1936) y la *Revista Mexicana de Biología* (Beltrán 1951b), las cuales dejaron de editarse en ese mismo periodo. La contribución durante esa época a la taxonomía mexicana, por autores mexicanos, fue proporcionalmente reducida (Michán y Llorente 2003) y marginal.

7.2.2 Segundo periodo, de 1930 a 1980: fundación

En la década de 1930 comenzó la institucionalización actual de la biología en México (Ledezma-Mateos y Barahona 2003; Michán y Llorente 2003; Barahona *et al.* 2003, 2005; Barahona y Ayala 2005), sin la participación de la vieja estructura, ya que después de la Revolución no

perduraron los elementos institucionales anteriores (Beltrán 1961). En este periodo se fundaron las instancias más influyentes en los estudios sistemáticos, como el Instituto de Biología de la UNAM (1929), la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del IPN (1934), la Facultad de Ciencias de la UNAM 1935 —aprobada por el Congreso de la Universidad en 1938—, el Colegio de Posgraduados de Chapingo (1959) y la Universidad Autónoma Metropolitana (1974); las dos primeras editaron revistas que fueron de gran importancia desde la década de 1930, y que incluyeron trabajos que abordaron la diversidad de especies. También influyeron la Universidad de Guadalajara (desde 1826); la de Guanajuato (desde 1827) y la Autónoma de Nuevo León (1933), aunque no tuvieron un impacto significativo en la producción sobre sistemática (Michán y Llorente 2003). Los detalles sobre las publicaciones se exponen adelante.

Durante este periodo se fundaron las primeras sociedades de diversas especialidades biológicas, en particular la botánica y la zoología; se inició tímidamente la investigación científica fuera de la capital de la República, con la fundación de las universidades estatales, y el gobierno

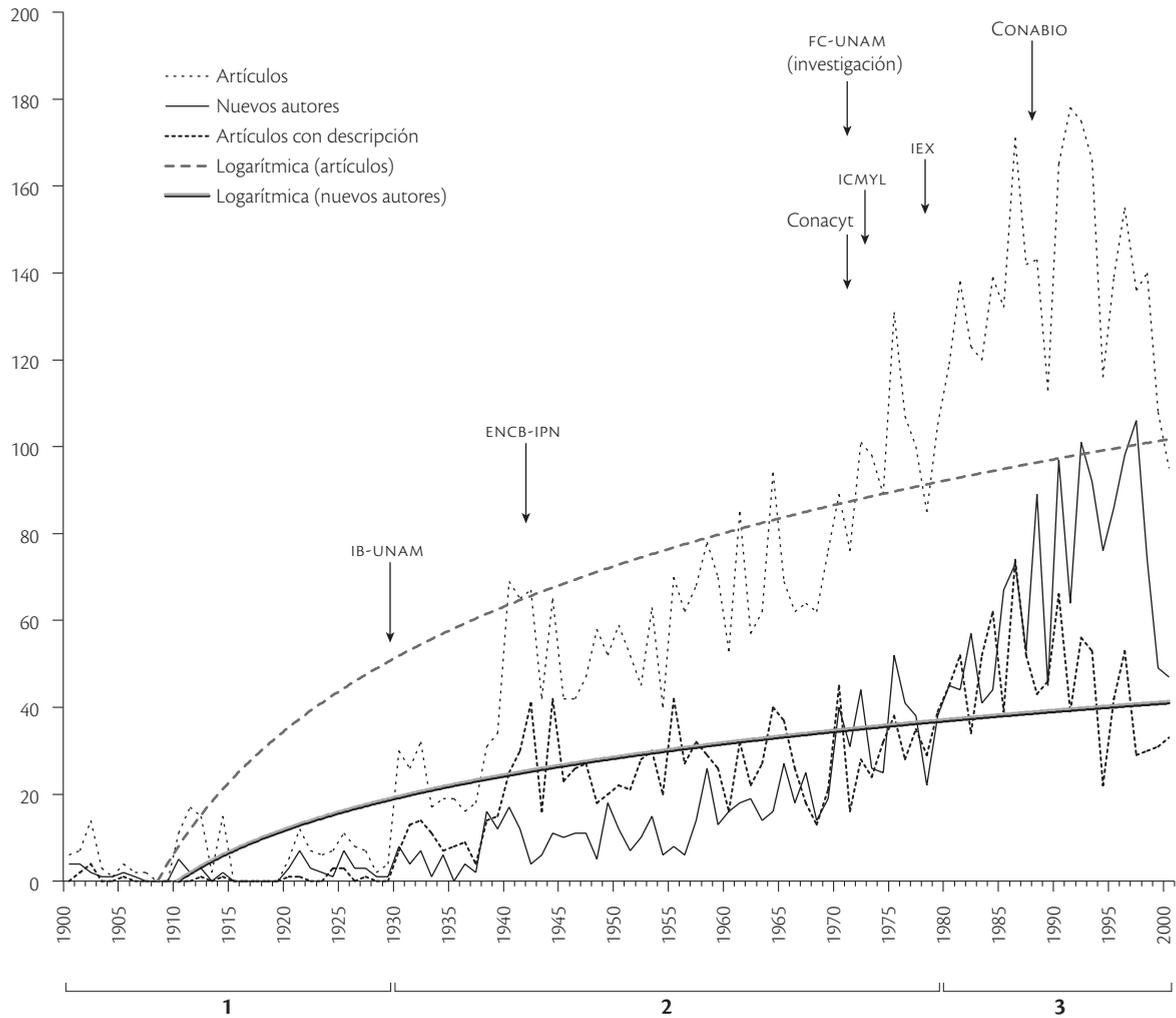


Figura 7.2 Tres etapas del siglo xx en la institucionalización de los estudios sobre diversidad de especies en México.

creó programas nacionales de apoyo a la investigación y de becas para estudiantes mediante el Instituto Nacional de la Investigación Científica (1950) y el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) (1970) (Figs. 7.1 y 7.2). Este último se convertiría, junto con la UNAM y el IPN, en la principal institución nacional impulsora de la investigación en biodiversidad, el posgrado y la descentralización, mediante los programas de becas y la fundación de centros de investigación en diversos estados de la República. Asimismo se crearon en la UNAM y en el IPN las plazas de tiempo completo o integral y varios programas de apoyo a la investigación que repercutieron en el desarrollo de agrupaciones científicas nacionales y de la taxonomía (Michán y Llorente 2003).

En esta etapa la biología mexicana, en particular el estudio taxonómico de especies y taxones superiores, se

vio incrementada y enriquecida con la llegada, a partir de 1939, de destacados naturalistas españoles que encontraron asilo en nuestro país al final de la guerra civil (Sánchez y García de León 2001), como Faustino Miranda (1905-1964), Cándido Bolívar Pieltaín (1897-1976) y Federico Bonet Marco (1906-1980). Ellos fundaron y colaboraron en publicaciones como *Ciencia* y los *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas*, sin duda las principales revistas en ciencias naturales, además de que influyeron en el panorama científico o en la formación de investigadores como Alfredo Barrera[†], Anita Hoffmann[†], Arturo Gómez Pompa, Gonzalo Halffter y Jerzy Rzedowski, entre otros. También formaron colecciones, bibliotecas y participaron en la vida científica institucional de México (Sánchez y García León 2001).

7.2.3 Tercer periodo, de 1980 a 2007: consolidación y desarrollo

Durante esta etapa se dieron cambios significativos, se formaron nuevas organizaciones de investigación como los centros SEP-Conacyt (Martínez 1994) y se incrementó la investigación sobre sistemática en las universidades de provincia. Además, varias instancias realizaron tareas de fomento y promoción con apoyo de infraestructura, proyectos y becas; las más importantes para impulsar los estudios sobre biología de especies fueron: el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), la Universidad Nacional Autónoma de México, y algunas dependencias de la Secretaría de Educación Pública. Durante este periodo se mantuvieron activas las colaboraciones con programas e instituciones de Estados Unidos, y disminuyeron notablemente las exploraciones europeas, junto con el incremento de las norteamericanas.

Todo esto originó una época de auge caracterizada por el aumento significativo de los autores nacionales (150 en promedio), las sociedades (se fundaron más de una decena), de las colecciones (alcanzando 180), de la publicación de revistas sobre el tema (24 en total) y de los artículos (sumaron más de 5 000). También se produjo el incremento de la colaboración, la publicación en el extranjero y los trabajos multi e interdisciplinarios, así como una preocupación mayor en cuanto a los aportes teóricos y prácticos de la sistemática y la biogeografía. Fue en esta etapa cuando se introdujeron y aplicaron las técnicas de microscopía, citogenética y biología molecular, así como la metodología fenética y cladista en la taxonomía mexicana, aunque su uso fue muy limitado y predominó la taxonomía descriptiva, sin lugar a dudas. Sin embargo, en varias disciplinas los aportes fueron numerosos y a veces importantes, en especial en micología, cactología, orquideología, helmintología y entomología. Además, se inició la adopción de los nuevos paradigmas taxonómicos en México, proceso incipiente en vías de consolidación (Llorente y Luna 1994; Michán y Llorente 2003).

A pesar de lo anterior, el conocimiento de la biota mexicana se desarrolló mayormente en universidades, museos e instituciones científicas de Estados Unidos, aunque también en algunos países europeos que poseían ejemplares de nuestro país en sus colecciones.

Si se considera que la institucionalización de los estudios sobre diversidad de especies en México se refiere a la fundación de instituciones de investigación, enseñan-

za y sociedades científicas; la profesionalización de la disciplina; la formación de colecciones bióticas de naturaleza científica, y la publicación de revistas y libros especializados, se puede seguir este mismo orden para presentar información detallada sobre cada uno de ellos.

7.2.4 Las instituciones

En la actualidad se calcula que en México existen cerca de 160 instituciones de investigación, enseñanza y difusión de temas sobre diversidad de especies o relacionados. Esta cifra es insuficiente en cantidad y muy variable en calidad; hay carencia de ellas en muchas regiones geográficas y la mayoría son recientes y no cuentan con personal formado y experimentado, ni instalaciones adecuadas para la investigación taxonómica; algunas pueden considerarse meras improvisaciones dispuestas al pionerismo con un interés local o regional.

La mayoría de las instituciones y las más importantes están en la ciudad de México, en particular en la UNAM, el IPN y la UAM; de ahí la importancia de impulsar los estudios regionales sobre el tema en los estados de la República. La práctica taxonómica se centra en la actualidad en cuatro instituciones de investigación: el Instituto de Biología, la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, la Facultad de Ciencias y el Instituto de Ecología, A.C. No obstante, hay un proceso de descentralización en marcha pues existen instituciones regionales de cuño reciente que han cobrado gran importancia, por ejemplo, El Colegio de la Frontera Sur, el Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste y algunas universidades con tradición que han reimpulsado la sistemática, como la Universidad Autónoma de Nuevo León y la Universidad de Guadalajara, entre otras, que realizan investigación y forman estudiantes de posgrado. A ello han ayudado el Conacyt, la SEP y la CONABIO, además de los gobiernos estatales.

La formación de especialistas en estudios sobre la diversidad de especies en México comienza en la licenciatura pero se realiza en los niveles de maestría y doctorado. El total de la matrícula de biología para todos los niveles en el año 2004 fue de 18 212 alumnos, cerca de 1% de la población total del país en estudios superiores; sin embargo, muy pocos llegan a formarse y dedicarse a la taxonomía en el posgrado, pues la biología orgánica ha perdido adeptos.

En cuanto al posgrado, hasta principios de 2006 se registraron 91 programas, 51 de maestría y 40 de doctorado, en todo el país. En la gran mayoría de estos progra-

mas la instrucción y formación de taxónomos es bastante marginal.

En muy pocos casos se imparte la licenciatura en biología con orientación profunda en taxonomía como ocurre en la Facultad de Ciencias de la UNAM y en la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del IPN. Respecto a maestría y doctorado en sistemática, se ofrecen en la Universidad Nacional Autónoma de México (Instituto de Biología, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología y Facultad de Ciencias), el Instituto de Ecología, A.C., la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, El Colegio de la Frontera Sur, la Universidad de Nuevo León y la Universidad de Guadalajara, pero solo en las dos primeras son posgrados especializados en taxonomía, con un grupo nutrido de expertos con reconocimiento internacional, además de que cuentan con instalaciones y bibliotecas *ad hoc*. En los últimos 30 años se han graduado más maestros y doctores orientados a la taxonomía que todos los que existieron anteriormente.

Las asociaciones científicas en el área de biología se constituyeron con la participación de taxónomos (botánicos y zoólogos principalmente); durante el siglo xx estas agrupaciones fomentaron tres actividades prioritarias: 1] dar a conocer los resultados de investigación de sus miembros, con la publicación de revistas y boletines; 2] organizar reuniones científicas de análisis y discusión, como congresos, coloquios, seminarios, simposios y talleres temáticos, y 3] promover y reconocer la actividad de sus afiliados mediante la entrega de premios (Halffter 1997). En nuestro país no existe una sociedad exclusivamente taxonómica, pero hay varias que entre sus miembros cuentan con taxónomos; destacó a mediados del siglo xx la Sociedad Mexicana de Historia Natural (SMHN) (Beltrán 1943a, 1953, 1956, 1968, 1971), y las de Entomología (SME), Cactáceas y Suculentas (Cactáceas), Orquideología (AMO), Botánica (SBM), Micología (SMMic) y Lepidopterología (SMLep) en las últimas décadas (Carp 1986, Chiang *et al.* 1994; Herrera 1994; Ortega *et al.* 1996; Halffter 1996; Michán *et al.* 2005).

7.2.5 Los especialistas

A partir de la base de datos TaXMeXX, el análisis de la producción especializada en sistemática del siglo xx en las revistas de México revela que al menos 2 331 autores publicaron un artículo sobre algún tema taxonómico (Michán 2003; Michán y Llorente 2003); en el año 2000 hubo alrededor de 170 taxónomos especialistas activos en el país (doctorados y dedicados de tiempo completo al

estudio de un taxón superior) (cuadro 7.1). En lo que respecta al personal que trabajó en los museos biológicos de México, en 1999 hubo registradas 977 personas colaborando en las colecciones, de las cuales 371 (32%) fueron contratadas como investigadores o profesores con actividad taxonómica profesional y el resto fueron estudiantes, técnicos y capturistas (Llorente *et al.* 1999).

Respecto a los especialistas en flora mexicana que trabajan en instituciones nacionales, de acuerdo con los registros del *Index Herbariorum* hay casi 370 investigadores y técnicos que laboran directamente con las colecciones botánicas. Este número se podría incrementar a 450 si se toma en cuenta a otros investigadores no relacionados directamente con las colecciones pero sí dedicados a trabajos florísticos o taxonómicos (nótese que las cifras difieren porque las fuentes, conjuntos de especialidad y fechas son distintas). Para una flora tan diversa como la de México este número podría considerarse insuficiente; más aún, la mayoría de los especialistas lo son en plantas con flores, musgos, helechos y gimnospermas. Grupos como hongos y líquenes son estudiados por un número menor de investigadores y si, como se ha sugerido, el grupo de hongos es uno de los más diversos en el país, es evidente que está poco atendido. Lo mismo se puede decir para el vasto grupo de los artrópodos, en especial los ácaros, algunos grupos de crustáceos y miriápodos, y los órdenes hiperdiversos de Insecta (Coleoptera, Hymenoptera, Lepidoptera y Diptera).

Cuadro 7.1 Estimación de la cantidad de taxónomos en México

| Año | Fuente | Taxónomos |
|-------------------|----------------------------------|-----------|
| 1987 ^a | SNI | 65* |
| 1987 | TaXMeXX | 230 |
| 1999 ^b | Colecciones biológicas mexicanas | 119 |
| 1999 | SNI | 125** |
| 1999 | TaXMeXX | 155 |
| 2000 | TaXMeXX | 172 |
| 2006 | SNI | 185** |
| 2007 | Word Taxonomic Database | 133 |

^a López-Ochoterena y Casas-Andreu (1991).

^b Llorente *et al.* (1999), se refieren a las personas que trabajan en una colección y pertenecen al SNI.

* Incluye taxonomía en botánica y zoología.

** Botánicos y zoólogos.

Nota: en 1987 el Instituto de Biología contaba con 81 botánicos y zoólogos y en 2000 tenía 77 (Instituto de Biología 1991; 2001).

En 2006 estuvieron registrados en el SNI 12 048 investigadores, de los cuales 1 294 son especialistas en biología; 296 abordaron temas que involucran a la sistemática; 48 se dedicaron propiamente a la taxonomía, 68 a la botánica, 69 a la zoología (en total 185, cuadro 7.1), 35 a la parasitología, uno a la paleontología y 75 a la biología marina. Adviértase que estos últimos términos de especialidad son aplicados a la biología organísmica más que a la sistemática exclusivamente.

De los 371 investigadores asociados con las colecciones mexicanas en 2000, 119 (12%) pertenecían al SNI (58 botánicos, 56 zoólogos y cinco microbiólogos) (Llorente *et al.* 1999).

De acuerdo con la *Word Taxonomic Database* (ETI BioInformatics 2007), para México hay registrados 133 taxónomos, cifra que equivale a 2.9% del total de 4 486 especialistas.

Todos estos datos nos permiten concluir que durante el siglo xx aumentó significativamente el número de especialistas (Fig. 7.2); para 2007 calculamos que deben ser cerca de 200 los taxónomos especialistas en México (doctorados y contratados de tiempo completo para el estudio de la biología organísmica o la sistemática de un taxón superior), número que puede ser insuficiente, por lo que se necesitarán programas para formar y contratar más investigadores en esta área estratégica de desarrollo para el país. En el capítulo 11 de este volumen pueden consultarse los números de especies descritas y estimadas para México en todos los *phyla* o divisiones. Si consideramos 180 000 especies descritas para México, cada taxónomo debiera atender un promedio de 900 especies. Sin embargo, en general, los vertebrados y las plantas son, por mucho, los grupos más estudiados.

La mayoría de los taxónomos más representativos de la sistemática mexicana del siglo xx pertenecen o pertenecieron al Instituto de Biología, la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, el Instituto de Ecología A.C., y la Facultad de Ciencias de la UNAM. En el Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM y en algunas universidades estatales o centros dependientes del Conacyt, también contamos con expertos nacionales de calidad internacional (véanse detalles en Michán y Llorente 2003).

La UNAM es el principal centro de expertos, colecciones y bibliotecas especializadas en sistemática; el Instituto de Biología es la dependencia con más especialistas en sistemática contratados en la actualidad, pues hay más de 70, y todos ellos estudian algún tema relacionado con diversidad. En la Facultad de Ciencias hay cerca de 40 expertos, además de los técnicos especializados en cada

dependencia de la Universidad. En casi todas las instituciones se promueve simultáneamente el campo de la biogeografía en varias de sus facetas, al grado que México puede considerarse uno de los países fuertes en tal disciplina (véase el capítulo 2 de este volumen).

7.2.6 Las colecciones biológicas

En esta sección se presenta la información relativa a las colecciones biológicas de México desde un punto de vista institucional, ya que el conocimiento sobre la información biológica (ejemplares, especies y taxones) es ampliamente abordado en otros capítulos de este estudio, tanto en aspectos de riqueza, como de diversidad y distribución.

Los museos de historia natural y sus colecciones tienen la función fundamental de documentar sistemáticamente y preservar los registros materiales de la biodiversidad. Las poblaciones de organismos presentan límites geográficos y temporales; gran parte de la aplicación técnica y la utilidad práctica que tienen las colecciones se deriva de las distintas interpretaciones de las interrelaciones geográficas, evolutivas y temporales de los individuos o muestras (de especies y grupos supraespecíficos naturales) que se integran en biotas determinadas históricamente (Llorente y Castro 2002), o bien en ecosistemas. La función de las colecciones cada vez se vuelve más estratégica para el estudio de la biodiversidad, ya que en algunos casos, especies o poblaciones raras o extintas solo se conocen en la actualidad a partir del material biológico recolectado, preparado y preservado en las colecciones y los museos biológicos.

Los primeros museos y colecciones biológicas formales del mundo aparecieron durante los siglos xvii y xviii; algunos de ellos perduran hasta nuestros días, *v. gr.* el Museo Británico, el de París y el de Berlín. Para finales del siglo xx se estimó que las colecciones científicas del orbe albergaban alrededor de 2 500 millones de muestras u organismos (Hawksworth 1995), los cuales representaban cerca de 1.65 millones de especies conocidas (en el año 2007 eran 3 000 millones de muestras, de 1.8 millones de especies). De este total, las colecciones mexicanas albergaban 10 millones de especímenes, aproximadamente, que equivalen solo a 0.07% de la cantidad total del mundo (Llorente *et al.* 1994), cuando en México se tienen cifras promedio de representación de 10% de la diversidad mundial de especies. Aun cuando las razones no son lineales o aritméticas, la representación de muestras en nuestras instituciones biológicas es aún bastante

Cuadro 7.2 Instituciones que albergan en conjunto más de 85% de los ejemplares depositados en colecciones mexicanas (actualizado de Llorente *et al.*, 1999).

| BOTÁNICA | | ZOOLOGÍA | |
|--|-------------------------------|---|-------------------------------|
| Institución | Núm. aproximado de ejemplares | Institución | Núm. aproximado de ejemplares |
| Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México (IB-UNAM) | 1 120 000 | Instituto de Biología, UNAM (IB-UNAM) | 3 479 971 |
| Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional (ENCB-IPN) | 950 000 | Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León (FCB-UANL) | 1 228 278 |
| Instituto de Ecología, A.C., Xalapa (IEX) | 440 000 | Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, IPN (ENCB-IPN) | 1 191 841 |
| Instituto de Botánica, Universidad de Guadalajara (IB-UG) | 170 000 | Facultad de Ciencias, UNAM (FC-UNAM) ^a | 214 800 |
| Colegio de Postgraduados (CP) | 141 000 | Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM (ICML) | 206 866 |
| Instituto de Ecología, A.C., Centro Regional del Bajío (IEB) | 120 000 | Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Sagarpa – Campo Experimental Bajío (Cebaj) | 189 000 |
| Herbario de la Asociación Mexicana de Orquideología (AMO) | 106 250 | El Colegio de la Frontera Sur (Ecosur) ^b | 140 011 |
| Facultad de Ciencias, UNAM (FC-UNAM) | 70 500 | Instituto de Diagnóstico y Referencia Epidemiológicos (INDRE) | 117 000 |
| Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAN) | 62 000 | Facultad de Medicina, Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Yucatán (UADY) | 100 142 |
| Universidad Autónoma de Chapingo (UACH) | 53 812 | Museo de Historia Natural de la Ciudad de México (MHNCM) | 52 000 |
| Centro e Investigación Científica de Yucatán, A.C. (CICY) | 48 379 | Instituto Manantlán de Ecología y Conservación de la Biodiversidad, Universidad de Guadalajara (Imecbio) | 46 017 |
| Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM (FESI) ^c | 42 981 | Instituto de Ecología, AC, Xalapa (IEX) | 44 800 |
| Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa (UAMI) | 40 217 | Universidad Autónoma de Tamaulipas (UAT) | 39 170 |
| Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM) | 35 000 | | |
| Total | 3 400 139 | Total | 7 049 896 |

^a Incluye el Museo de Zoología de la Facultad de Ciencias, con 208 800 ejemplares.

^b Incluye las unidades Chetumal, San Cristóbal de las Casas y Tapachula.

^c Antes Escuela Nacional de Estudios Profesionales-Iztacala, UNAM (ENEPI).

pobre, en especial por el muestreo geográfico escaso a ciertas escalas (J. Soberón, com. pers.) y la ausencia de muestras de muchos taxones. Posiblemente, al ritmo de crecimiento de las colecciones científicas, en 2007 podríamos tener 11.5 millones de ejemplares, pero esta cifra no altera las proporciones ni las conclusiones cualitativas de representación.

De las 193 colecciones registradas en la CONABIO, 76 (39%) fueron de botánica, 110 (57%) de zoología y siete

(4%) de microbiología. Algunas colecciones albergan ejemplares de un taxón restringido, mientras que otras incluyen varios grupos taxonómicos. Veintisiete (39%) instituciones resguardan más de 85% de los ejemplares (cuadro 7.2), de los cuales 73% son animales y 27% plantas (Llorente *et al.* 1999). De las 110 colecciones zoológicas registradas, 53.6% corresponde a uno o varios grupos de vertebrados y el 46.4% restante a invertebrados; de estos, 29.41% fueron artrópodos. No obstante, en estas co-

lecciones hay muchos taxones escasamente muestreados o completamente ausentes.

El análisis de las fechas de fundación de las colecciones mexicanas muestra que a partir de 1970 se dio un aumento considerable, llegó a su máximo en la década de los ochenta y en los noventa disminuyó a un número comparable al de los setenta; tal vez la reducción fue de aquellas colecciones que no pudieron sostenerse institucionalmente por carencia de recursos, o por la fusión de algunas colecciones. En estas tres décadas se instalaron 81% de las colecciones que perduraron hasta finales del siglo xx; este aumento fue resultado del establecimiento de gran cantidad de instituciones de enseñanza, investigación y fomento de la taxonomía (*v. gr.* Ecosur, Cibnor, CONABIO y Conacyt) (Fig. 7.1). Una proporción importante de la información de las colecciones mexicanas se puede consultar en línea en los portales de la CONABIO por medio de la Red Mundial de Información sobre Biodiversidad (Remib), que es la red más importante en Latinoamérica, y muy recientemente del Instituto de Biología de la UNAM a través de la Unidad Informática para la Biodiversidad (Unibio).

En cuanto a las colecciones florísticas en México, el índice internacional de herbarios, conocido como *Index Herbariorum* (Holmgren y Holmgren 1998), registra 61 instituciones que cuentan con colecciones de herbario en el país. El crecimiento de ejemplares en colecciones de 1974 a 1993 fue notable: aumentaron de 566 780 ejemplares a casi 2 300 000, es decir, 400% (cuadro 7.3). Este incremento se debió a los apoyos del Conacyt y de la UNAM (Instituto de Biología) en la década de 1980, y de la CONABIO de 1992 a la fecha. La reducción del número de herbarios en los últimos años se debió, quizá, a que es costoso mantenerlos, las instituciones pequeñas los cerraron y la mayoría de ellas donaron sus colecciones a los herbarios grandes.

De las 61 instituciones mexicanas que poseen colecciones botánicas, siete preservan más de 100 000 ejemplares cada una (cuadro 7.2), y se consideran de importancia internacional. El número de colecciones del resto

de las instituciones es muy variable: algunas albergan menos de 10 000 ejemplares o muestras. Todos los centros Conacyt, uno de cuyos objetivos es estudiar la biodiversidad del país, cuentan con colecciones botánicas; por ejemplo, el Colegio de la Frontera Sur, el Centro de Investigación Científica de Yucatán, el Instituto de Ecología, A.C. y el Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, que alcanzan en algunos casos más de 100 000 ejemplares, aunque la mayoría de estas colecciones son relativamente recientes y regionales y no rebasan los 30 000 ejemplares.

En contraste, la mayoría de las universidades estatales cuentan con colecciones de menos de 50 000 ejemplares. El herbario más grande de México es el Nacional, resguardado por el Instituto de Biología de la UNAM, seguido por el de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del IPN (cuadro 7.2). Hay estados que carecen de herbarios, mientras que el mayor número de estos se registra en la ciudad de México. En Oaxaca y Chiapas, que albergan la mayor riqueza taxonómica del país, sus herbarios cuentan con apenas unas cuantas decenas de millares de *exsicatta*.

Actualmente las colecciones botánicas albergadas en México superan por casi millón y medio los especímenes de este país presentes en los herbarios del extranjero. El número de recolecciones botánicas por kilómetro cuadrado es de aproximadamente 1.72. Sin embargo, el análisis de la distribución de las colecciones, con base en el mapa de recolectas registrado por la CONABIO, demuestra que aún quedan zonas de México que carecen totalmente de recolectas, la mayoría en el norte del país, aunque existen algunos vacíos en complejas áreas fisiográficas de Oaxaca y Chiapas.

7.2.7 La producción científica

El conocimiento científico sobre la diversidad de especies se ha difundido principalmente por medio de las publicaciones periódicas y seriadas especializadas, aunque en ocasiones en libros y monografías. Durante el siglo xx

Cuadro 7.3 Número de ejemplares o muestras y herbarios en México (con base en *Index Herbariorum*, Holmgren y Holmgren 1998)

| | 1974 | 1981 | 1990 | 1993 | 2005 |
|------------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Ejemplares | 566 780 | 1 021 713 | 2 107 543 | 2 284 693 | 3 962 355 |
| Herbarios | 18 | 30 | 41 (70)* | 71 | 60 (1)* |

* Los números entre paréntesis son herbarios no registrados en este índice y citados en el libro de Carnevali *et al.* 2004.

se editaron en México cerca de 150 publicaciones periódicas con temas sobre diversidad de especies; de ellas, tan solo 28 revistas publicaron cerca de 95% de los artículos sobre el tema: las dos revistas biológicas que incluyeron una gran proporción de temas taxonómicos fueron editadas por las instituciones de investigación taxonómica más prestigiadas del país: los *Anales del Instituto de Biología*, los *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas*, *Acta Botánica Mexicana*, *Acta Zoológica Mexicana*, *Folia Entomológica Mexicana* y el *Boletín de la Sociedad Botánica de México* (Michán y Llorente 2003).

El desarrollo de bases de datos es uno de los avances más notables para poner a disposición de investigadores, de quienes toman las decisiones y del público en general información sobre la diversidad de especies del país. Los precursores de las bases de datos biológicos en México fueron el Instituto de Biología, el Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos, la UAM-Iztapalapa y la Facultad de Ciencias de la UNAM. No obstante, la institución que desde 1992 ha catalizado y mantenido esta colosal tarea para el país en su conjunto es la CONABIO.

Los estudios sobre diversidad de especies de hongos, plantas y animales en México se han centrado en organismos con importancia científica, económica y cultural. Las investigaciones se enfocaron principalmente en trabajos descriptivos de caracteres y rasgos. En cuanto al análisis de lo publicado sobre diversidad de especies de cada uno de los estados del país, los mejor representados, en general, son los que tienen mayor biodiversidad (*v. gr.* Veracruz, Chiapas, Guerrero y Oaxaca), están cerca del Distrito Federal o cuentan con instituciones académicas de investigación en biología de organismos, o son de fácil acceso. Un análisis más detallado sobre el tema se puede consultar en la monografía de Michán y Llorente (2003).

El conocimiento florístico de los diversos estados y regiones de México es desigual. En el caso del Valle de México y Baja California se ha concluido el estudio de su flora. Varios proyectos florísticos que estudian estados o regiones del país se encuentran en desarrollo; algunos llevan un grado importante de avance como Veracruz, Guerrero, región del Bajío y Península de Yucatán (cuadro 7.4). En otros casos, al menos se sabe cuál es la composición de especies vegetales de la región. Es notable que para varios estados del norte del país no se conoce la composición de especies ni se está estudiando su flora, especialmente en estados de la vertiente pacífica norte, como

Cuadro 7.4 Proyectos florísticos en México (se consideró en proceso si al menos se ha publicado algún tratamiento florístico)

| Floras concluidas | Número de especies | Referencia |
|-----------------------------|--------------------|------------------------------------|
| Baja California | 2 705 | Wiggins 1980 |
| Desierto Sonorense | 2 634 | Wiggins 1964 |
| Valle de México | 2 071 | Rzedowski y Rzedowski 2001 |
| Floras en proceso | Número de especies | Referencia |
| Novogaliciana | 5 500 | Rzedowski y McVaugh 1966 |
| Veracruz | 6 000 | Sosa y Gómez-Pompa 1994 |
| Tehuacán-Cuicatlán | 3 000 | Dávila Aranda <i>et al.</i> 1993 |
| Bajío y regiones adyacentes | 6 000 | Rzedowski y Rzedowski, 1991- |
| Flora mesoamericana | 17 000 | Davidse, Sousa <i>et al.</i> 1994- |
| Etnoflora yucatanense | 1 936 | Sosa <i>et al.</i> 1985 |
| Guerrero | 6 500 | Diego-Pérez y Fonseca 1994-2007 |
| Chiapas | 8 000 | Breedlove 1986 |

Sinaloa, Durango, Nayarit y del centro, como Zacatecas. El estudio florístico por entidades fisiográficas mayores o provincias bióticas o biogeográficas (regiones naturales), en contraposición con estudios estatales o regiones delimitadas artificialmente por conveniencia, parece ser una tradición que en México no se ha practicado por nuestros botánicos, salvo excepciones. Los grupos menos conocidos en México son los hongos, algas y líquenes.

Flora Mesoamericana es un proyecto internacional (México, Estados Unidos e Inglaterra) que comprende el mayor número de especies registradas (cuadro 7.4) para México, posiblemente más de 20 000.

En zoología el conocimiento es muy variado y desigual. En general las especies de vertebrados son bien conocidas, aunque faltan estudios sobre anfibios, reptiles y algunos géneros de ratones. En aves y mamíferos la aplicación de conceptos filogenéticos y de técnicas moleculares promete desenmascarar complejos de especies crípticas. Considérese que plantas y vertebrados solo constituyen 15% de la diversidad de especies (véase el capítulo 11). En especies de invertebrados es difícil o aventurado establecer generalizaciones sobre su conocimiento; desde luego es el grupo más rico en especies, menos conocido y con menor número de taxónomos en proporción a la riqueza

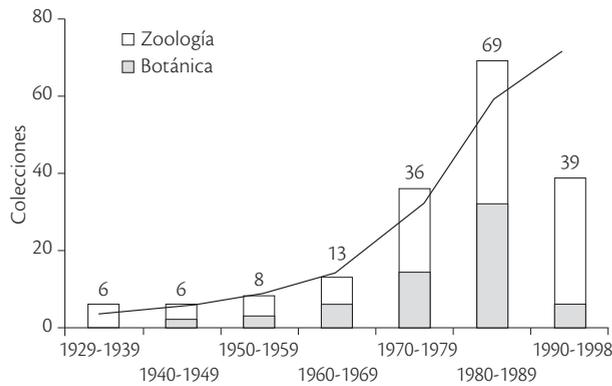


Figura 7.3 Fundación de las principales colecciones mexicanas del siglo xx (Llorente *et al.*, 1999).

de especies. De muchos grupos de insectos, nemátodos e invertebrados marinos no hay expertos en instituciones mexicanas.

Para vertebrados tomemos el ejemplo de los mamíferos, que es el taxón mejor documentado para América del Norte y México, ya que de aves, reptiles, anfibios y peces la representación proporcional en México respecto a Estados Unidos es menor, y apenas en vías de documentación y análisis equivalente. Lorenzo *et al.* (2006) compendiaron y analizaron la situación de las colecciones científicas mastozoológicas de México; López-Wilchis (2006) estudió la representatividad de las muestras, taxonómica y geográficamente, en las colecciones en Estados Unidos y Canadá; Espinoza *et al.* (2006) integraron el conocimiento de tales colecciones en México. Las cifras muestran que ha habido un proceso de descentralización de las colecciones y los centros de investigación en la República mexicana. De las 28 colecciones que existen, 21 están fuera de la capital; no obstante, la UNAM, el IPN y la UAM continúan siendo los centros más importantes en cuanto a acervos e investigadores en mastozología.

En Estados Unidos y Canadá hay cerca de 242 500 ejemplares de México en las 57 colecciones documentadas por López-Wilchis; esto representa 5.8% de los acervos totales en esas colecciones, que custodian casi 4.2 millones de ejemplares. Aun así, todas las colecciones mastozoológicas de nuestro país juntas (28), que reúnen 162 228 ejemplares, solo representan 67% de los ejemplares mexicanos que albergan las colecciones de Estados Unidos y Canadá.

La representatividad geográfica y taxonómica en colecciones norteamericanas es también mayor que en las

mexicanas en cuanto a material tipo, número de localidades, tipos de muestras y especies; por ejemplo, los estados de Sonora, Jalisco, Veracruz, Oaxaca y Chiapas tienen, cada uno, entre 13 290 y 16 132 ejemplares en esas colecciones del extranjero; no hay equivalente en colecciones mexicanas. Mientras que hay varios cientos de ejemplares tipo en colecciones extranjeras, en México se registran menos de 50.

En cuanto a publicaciones, hay cerca de 42 000 citas de por lo menos una especie de mamíferos mexicanos. De ellas solo 10% son publicaciones propiamente científicas, con una proporción de tres elaboradas por extranjeros y una por nacionales (J. Ramírez Pulido, com. pers.). Por lo que se puede ver, los mastozoólogos norteamericanos son quienes más han estudiado la fauna mexicana.

Aun cuando las bases de datos disponibles en internet que comprenden información de ejemplares de mamíferos mexicanos comenzaron hace más de 10 años, el proceso ha sido lento y hasta ahora comprenden menos de 50% de todos los ejemplares custodiados en colecciones, según se deduce de las cifras presentadas por López-Wilchis (2006). Además de la aportación menor en muestras, especies y localidades geográficas del acervo nacional, respecto a mamíferos, en nuestras colecciones no hay ejemplares de poblaciones aborígenes de seis especies consideradas extintas en México: *Peromyscus pembertonii*, *Enhydra lutris*, *Monachus tropicalis*, *Ursus arctos*, *Bison bison* y *Cervus elaphus*.

Ramírez-Pulido y González-Ruiz (2006) enlistaron a los 22 mastozoólogos que sobresalieron en la descripción y denominación de 872 especies y subespecies de mamíferos de México: entre ellos no hay un solo mexicano. Destacan especialmente autores norteamericanos, como Merriam, Allen, Nelson, Goldman, Hall y otros.

Este ejemplo sobre mamíferos es un resultado histórico, pues actualmente y en las últimas dos décadas, las contribuciones de biólogos orgánicos aumentó de manera sensible y hoy tenemos un número importante de expertos trabajando en varias especialidades y distintas partes de la República, con apoyos de la CONABIO, el Conacyt y universidades públicas, entre las que siguen destacando la UNAM, el IPN y la UAM, pero también se suman la UANL, la UADY y otras más.

Hace más de 25 años en los círculos zoológicos y taxonómicos comenzó la preocupación por la alta tasa de transformación de los ecosistemas naturales que no permitían siquiera mínimas recolectas para documentar lo que se estaba perdiendo en fauna, en especial de invertebrados, pues no había suficientes zoólogos de campo

o gabinete y técnicos coadyuvantes (parataxónomos). Por otra parte, las desigualdades entre botánicos y zoólogos de vertebrados e invertebrados han aumentado durante las tres últimas décadas, y necesitarán equipararse para un desarrollo equilibrado de la biología orgánica del país.

A pesar de esto, debemos reconocer el esfuerzo realizado por diversas instituciones en algunas universidades públicas y centros SEP-Conacyt, que han iniciado acervos y grupos de investigación dedicados a la investigación de invertebrados, pero esto aún es insuficiente y, en general, el apoyo que han recibido ha sido menor que el dedicado a la botánica y a los vertebrados.

En otras instituciones o museos del extranjero las proporciones entre ejemplares botánicos y zoológicos guardan una relación de 1 a 10, y algunas veces de 1 a 20. En México es de poco más de dos a uno. Con ello puede reafirmarse el notable desarrollo de los acervos de herbario y, a la vez, el tímido crecimiento de la zoología, en especial de invertebrados (en el capítulo 11 de este volumen se muestran grupos de los que se conoce muy poco en México).

Los estudios científicos, y en particular los biológicos, se reanudaron en México hacia 1930, cuando la taxonomía llevaba más de 150 años de desarrollo. Su evolución y fomento, como el de toda la ciencia, ha sido escaso y desbalanceado, y cuya descentralización se dio apenas hace poco tiempo. Una de las instituciones que se ocupan de la biodiversidad, con recursos relativamente exigüos, no ha podido sostener el apoyo de tareas básicas fundamentales, por ejemplo, Soberón y Llorente (1993b) propusieron fortalecer en la CONABIO la infraestructura de equipo y mobiliario, la elaboración de monografías, de floras y faunas, etc.; sin embargo, los proyectos hasta ahora apoyados han sido efímeros; poco se ha podido hacer sobre monografías y revisiones o estudios que requieren financiamientos de mediano y largo plazos.

7.3 A MODO DE REFLEXIÓN

Durante las últimas décadas no se crearon instituciones de alcance nacional, más bien se fomentó la creación de pequeños grupos en diferentes lugares del país. Esto tuvo la innegable ventaja de establecer polos de desarrollo académico en distintos sitios, pero el costo de dividir el esfuerzo y la consecuente producción científica realizada por conjuntos variados y heterogéneos, provocó que México no destacara en ninguna de las áreas de las cien-

cias naturales. Además, los recursos no fueron suficientes, la estrategia de los planes del desarrollo nacional no fueron óptimos y el gobierno federal no realizó programas de largo alcance para fomentar las ciencias naturales (Aréchiga y Beyer 1999). Lo anterior desde luego afectó a la taxonomía.

En general, la mayoría de los análisis sobre producción científica se realizaron a partir de los artículos publicados en revistas internacionales incluidas en el *Science Citation Index (SCI-Journal Citation Reports)*; estos resultados son útiles pero no objetivos, sobre todo en las áreas taxonómicas, porque buena parte de la producción mexicana está contenida en publicaciones no indizadas en el *SCI* (Krell 2002). Este es un fenómeno mundial que parecía recibir atención en México para la valoración de nuevas políticas científicas (Aréchiga y Beyer 1999). Sin embargo no ha sido así y la falta de reconocimiento social a los actores taxonómicos puede acentuar los rezagos (Flowers 2007).

El escaso desarrollo científico del país se reflejó de forma importante en la taxonomía, y los problemas no son exclusivos de esta disciplina, pues la falta de especialistas, instalaciones, publicaciones y recursos son comunes en la mayoría de las áreas del conocimiento; para la taxonomía estos factores fueron contrarrestados, hasta cierto punto, por la fundación de instituciones y sociedades que dieron gran impulso a la publicación de trabajos. De tal forma que aunque es evidente el crecimiento cuantitativo y cualitativo de la taxonomía mexicana desde el punto de vista institucional, no fue suficiente; es evidente el rezago y la urgencia de remediarlo. Lamothe (1994) escribió al respecto: "considero que en algunos aspectos taxonómicos estamos atrasados entre 100 y 150 años en relación con otros países"; desde luego, es uno de nuestros principales atrasos y tal vez de los más importantes en el estudio de la diversidad de especies, como también lo han señalado otros autores (Llorente 1990; Llorente y Luna 1994; Llorente y Soberón 1994; Papavero y Llorente 1995). Lo anterior no solo en los aspectos de taxonomía alfa (inventarios locales y regionales) y del estudio de las relaciones filogenéticas o de clasificación, sino también en la optimización y rigor de los trabajos de campo (Soberón y Llorente 1993a), o bien de síntesis y análisis (Soberón *et al.* 1996; Peterson y Sánchez-Cordero 1994; Llorente *et al.* 1997), que son fundamentales para el conocimiento de la biodiversidad.

Durante las últimas dos décadas del siglo xx las ciencias naturales (incluida la taxonomía) ocuparon un lugar importante en la producción científica nacional. No obs-

tante, valorada a escala internacional, nuestra producción en taxonomía fue modesta, pues aunque existieron personas o grupos con trascendencia y reconocimiento internacionales, fueron escasos. En general, el desarrollo significativo que tuvieron las ciencias naturales en el mundo hizo más evidente el rezago de la investigación mexicana (Aréchiga 1994).

Además, las tendencias internacionales influyeron en el desarrollo en México de varias disciplinas científicas, como la taxonomía, en la que se redujo proporcionalmente el número de proyectos y de investigadores a escala mundial y nacional (Gaston y May 1992; Krell 2002) respecto a otras disciplinas relacionadas con la biodiversidad, fenómeno que afectó el estado de la taxonomía mexicana de finales del siglo xx. La diversificación de las vocaciones en campos que han tenido un auge académico (*v. gr.* ecología y biología celular-molecular), repercutieron en el reclutamiento de jóvenes interesados en la sistemática o en la biología organísmica.

Llorente y Soberón (1994) abordaron y propusieron de forma directa un debate sobre el estado de la taxonomía en México a finales del siglo xx, exploraron las tareas científicas de la taxonomía biológica y reconocieron entre otras cosas: 1] la importancia estratégica de inventariar los recursos de México (taxonomía alfa); 2] la necesidad de apoyar y fortalecer a las instituciones y a los taxónomos que producen los métodos y los conocimientos taxonómicos necesarios para realizar dicho inventario; 3] la trascendencia de formar nuevos taxónomos adiestrados en metodologías, conceptos y teorías taxonómicas contemporáneas, y 4] la pertinencia de iniciar una transformación profunda del quehacer taxonómico en nuestro país, adoptando prácticas formales y modernas, probando, adaptando y creando los métodos o técnicas en sistemática biológica que permitan avanzar significativamente en la realidad de un inventario biológico nacional y que repercutan en el manejo y la conservación de la biodiversidad de la región. Ellos mismos publicaron un trabajo que ha tenido influencia nacional e internacional en metodología faunística (Soberón y Llorente 1993a).

A la convocatoria de Llorente y Soberón (1994) respondieron desde diversas perspectivas Cordero (1994), Dirzo y Raven (1994), Llorente *et al.* (1994), Peterson y Sánchez-Cordero (1994) y Pérez-Ponce de León (1997). A partir de la información y de los análisis y las propuestas de estos textos, se puede concluir que las características y problemas de la práctica taxonómica en México a finales del siglo xx fueron: 1] el retraso general de las actividades científicas en el país; 2] la promoción de ac-

tividades científicas aplicadas o novedosas y el desdén por las básicas e integradoras como la taxonomía; 3] la deficiencia en la formación de nuevos taxónomos; 4] la insuficiencia de taxónomos profesionales y la escasez de líderes con visión amplia e integradora; 5] el predominio de la práctica de la taxonomía alfa de viejo cuño; 6] los reducidos aportes teóricos y metodológicos; 7] el conservadurismo en la práctica taxonómica y la escasa aplicación de ideas y técnicas modernas en los análisis taxonómicos, *v. gr.* microscopía electrónica, citogenética y biología molecular; 8] la preponderancia del trabajo individual sobre la formación de equipos interdisciplinarios; 9] la dependencia teórica, metodológica y conceptual de otros países y de instituciones extranjeras; 10] la escasez de recursos, espacios e instalaciones para la práctica taxonómica; 11] la insuficiencia y deficiencia de las colecciones biológicas y la carencia de un museo nacional y de redes regionales; 12] la escasa bibliografía taxonómica especializada accesible para consulta; 13] la sistemática de los taxones mexicanos que ha sido hecha en su gran mayoría por extranjeros, al menos para la mayor parte de los grupos de organismos.

Al considerar el problema por el que atraviesa la biodiversidad, cada vez se requieren más biólogos que hagan biología organísmica y taxonomía (Evenhuis 2007; Flowers 2007), en especial que se ocupen de conocer, describir y clasificar las especies de animales característicos del país, practicando teorías, técnicas y métodos actualizados. Una forma de subsanar estos problemas es a partir de la formación de una nueva cultura taxonómica, que incluya entre otros aspectos mejoramiento en la formación de taxónomos y su actualización, condiciones institucionales y de infraestructura óptimas, la fundación de una institución-museo nacional, el fortalecimiento de las colecciones con la conformación de redes regionales, la asignación de mayor presupuesto operativo, la consolidación de los programas de investigación, el aumento en la interacción de los distintos especialistas que fomente la realización de proyectos interdisciplinarios en biología comparada (taxonomía, biogeografía y ecología), y el incremento en la colaboración entre investigadores regionales, nacionales y extranjeros. Al mismo tiempo, es indispensable revalorar el reconocimiento y recompensas al trabajo taxonómico, para incentivar la taxonomía alfa, la elaboración de descripciones de nuevos taxones y la producción de revisiones y monografías, en especial de taxones diversificados en México.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecemos a Jimena Castro, a Patricia Dávila Aranda de la FES-Iztacala, UNAM, a Nora E. Galindo Miranda de la Facultad de Ciencias de la UNAM y a Pablo Carrillo-Reyes del Instituto de Ecología, A.C.; a Judith Aguirre por sus observaciones al texto. Asimismo, al programa Profip-DGAPA, UNAM y PAPIIT 212006.

REFERENCIAS

- Aceves, P. 1985. La difusión de la ciencia en la Nueva España en el siglo XVIII: la polémica en torno a la nomenclatura de Linneo y Lavoisier. *Quipu* 4: 357-385.
- Aceves, P. 1993. *Química, botánica y farmacia en la Nueva España a finales del siglo XVIII*. UAM, México.
- Aguilar y Santillán, R., y C. Mendizábal. 1934. *Índice general por autores y materias de los tomos 1-52 (1887-1931) de las Memorias y de la Revista de la Sociedad Científica Antonio Alzate*. Academia Nacional de Ciencias Antonio Alzate, México.
- Aragón, A. 1936. Influencia de las publicaciones de la Academia de Ciencias Antonio Alzate en la cultura mexicana. *Mem. Acad. Antonio Alzate* 55: 3-8.
- Aréchiga, H. 1993. Evaluating the status of science in developing countries: The situation in Mexico, en J.L. Boldú y J.R. de la Fuente (comps.), *Science policy in developing countries: The case of Mexico*. Fondo de Cultura Económica, México.
- Aréchiga, H. 1994. La ciencia mexicana en el contexto global, en *México, ciencia y tecnología en el umbral del siglo xx*. Conacyt-Porrúa, México, pp. 17-42.
- Aréchiga, H., y C. Beyer. 1999. Introducción, en H. Aréchiga y C. Beyer (coords.), *Las ciencias naturales en México*. Fondo de Cultura Económica, México, pp. 15-33.
- Azuela, L.F., y R. Guevara. 1998a. Las relaciones entre la comunidad científica y el poder político en México en el siglo XIX, a través del estudio de los farmacéuticos, en P. Aceves (coord.), *Construyendo las ciencias químicas y biológicas*. UAM-Xochimilco, México, pp. 239-258.
- Azuela, L.F., y R. Guevara. 1998b. La ciencia en México en el siglo XIX. Una aproximación historiográfica. *Asclepio* 2: 5-33.
- Barahona, A., S. Pinar y F.J. Ayala. 2003. *La genética en México: institucionalización de una disciplina*. Estudios sobre la ciencia, Coordinación de Humanidades, UNAM, México.
- Barahona, A., y F.J. Ayala. 2005. The emergence and development of genetics in Mexico. *Nature (reviews)* 6: 860-866.
- Barahona, A., S. Pinar y F.J. Ayala. 2005. Introduction and institutionalization of genetics in Mexico. *Jour. Hist. Biol.* 38: 273-299.
- Barrera, A. 1955. Ensayo sobre el desarrollo histórico de la entomología en México. *Rev. Soc. Mex. Ent.* 1: 23-38.
- Barrera, A. 1964. Reflexiones sobre la formación de los trabajadores científicos para el México moderno. *Rev. Soc. Mex. Hist. Nat.* 25: 5-11.
- Barrera, A. 1974. Las colecciones científicas y su problemática en un país subdesarrollado: México. *Biología* 4: 12-19.
- Barrera, A. 1979. La etnobotánica: tres puntos de vista y una perspectiva. *Cuadernos de Divulgación del INIREB* 5: 19-24.
- Barrera, A. 1994. La taxonomía botánica maya, en J. Llorente e I. Luna (comps.), *Taxonomía biológica*. Fondo de Cultura Económica, México.
- Barrera, A., A. Gómez-Pompa y C. Vázquez-Yanes. 1977. El manejo de las selvas por los mayas: sus implicaciones silvícolas y agrícolas. *Biótica* 2: 47-60.
- Barrera, A., y A. Hoffmann. 1981. Notas sobre la interpretación de los artrópodos en el *Tratado Cuarto, Historia de los insectos de Nueva España*, de Francisco Hernández. *Folia Entomol. Mex.* 49: 27-34.
- Beltrán, E. 1943a. Datos y documentos para la historia de las ciencias naturales de México. Los estatutos primitivos de Historia Natural. *Rev. Soc. Mex. Hist. Nat.* 4: 115-121.
- Beltrán, E. 1943b. Setenta y cinco años de ciencias naturales en México. *Rev. Soc. Mex. Hist. Nat.* 4: 245-264.
- Beltrán, E. 1948. *La Naturaleza*, periódico científico de la Sociedad Mexicana de Historia Natural, 1869-1914. *Rev. Soc. Mex. Hist. Nat.* 9: 145-174.
- Beltrán, E. 1951a. El panorama de la biología mexicana. *Rev. Soc. Mex. Hist. Nat.* 12: 69-99.
- Beltrán, E. 1951b. La *Revista Mexicana de Biología* (1920-1935). Nota bibliográfica e índice de sus diecisiete tomos. *Rev. Soc. Mex. Hist. Nat.* 12: 375-392.
- Beltrán, E. 1952. *Medio siglo de ciencia mexicana, 1900-1950*. Secretaría de Educación Pública, México.
- Beltrán, E. 1953. Hechos sobresalientes de la biología mexicana en el siglo xx. *Mem. Congr. Cient. Mex.* 7: 453-482.
- Beltrán, E. 1956. Veinte años de vida de la Sociedad Mexicana de Historia Natural. *Rev. Soc. Mex. Hist. Nat.* 17: 17-36.
- Beltrán, E. 1961. Un cuarto de siglo de zoología mexicana: 1936-1961. *Rev. Soc. Mex. Hist. Nat.* 22: 113-152.
- Beltrán, E. 1965. *La biología del siglo xx*. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia.
- Beltrán, E. 1967. Las reales expediciones botánicas del siglo XVIII a Hispano América. *Rev. Soc. Mex. Hist. Nat.* 28: 179-249. (También en *Ciencia* 26: 89-106, 131-146, 1968).
- Beltrán, E. 1968. El primer centenario de la Sociedad Mexicana de Historia Natural. *Rev. Soc. Mex. Hist. Nat.* 29: 111-169.
- Beltrán, E. 1969. La Dirección de Estudios Biológicos de la Secretaría de Fomento y el Instituto de Biología de la UNAM. *An. Soc. Mex. Hist. Cienc. y Tec.* 1: 105-141.
- Beltrán, E. 1971. Los museos de historia natural en México y la Sociedad Mexicana de Historia Natural. *Acta Zool. Mex.* 10: 1-9.

- Beltrán, E. 1977. *Medio siglo de recuerdos de un biólogo mexicano*. Sociedad Mexicana de Historia Natural, México.
- Beltrán, E. 1982. *Contribución de México a la biología*. CECSA, México.
- Berlin, B. 1992. *Ethnobotanical classification: principles of categorization of plants and animals in traditional societies*. Princeton University Press, Princeton.
- Berlin, B., D.E. Breedlove y P.H. Raven. 1974. *Principles of tzeltal plant classification*. Academic Press, Nueva York.
- Breedlove, D.E. 1986. *Listados florísticos de México IV. Flora de Chiapas*. Instituto de Biología, UNAM, México.
- Carnevali Fernández-Concha, G., V. Sosa, J. León de la Luz y J.L. León Cortez (eds.). 2004. *Colecciones biológicas de los centros de investigación Conacyt*. Conacyt, México.
- Carpy, P. 1986. *La Sociedad de Historia Natural y su influencia en el siglo XIX*. Tesis de licenciatura, Facultad de Filosofía y Letras, UNAM, México.
- Chiang, F., P. Dávila y J.L. Villaseñor. 1994. Panorama actual de la taxonomía vegetal en México. *Bol. Soc. Bot. Mex.* 55: 17-20.
- Cordero, C. 1994. Comentarios de un ecólogo. *Rev. AIC* 21: 10-13.
- Cuevas, M.C. 2002. *Un científico mexicano y su sociedad en el siglo XIX: Manuel María Villada, su obra y los grupos de los que formó parte*. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Pachuca.
- Cuevas, M.C. 2006. *La investigación biológica y sus instituciones en México entre 1868 y 1929*. Tesis de doctorado, UNAM, México.
- Davidse, G., M. Sousa S., A.O. Chater y S. Knapp (eds.). 1994-1995. *Flora Mesoamericana*, vols. 6 y 1, Instituto de Biología, UNAM-Missouri Botanical Garden-The Natural History Museum (Londres), México.
- Dávila-Aranda, P., J.L. Villaseñor, R. Medina, A. Ramírez, A. Salinas, J. Sánchez-Ken y P. Tenorio. 1993. *Listados florísticos de México X. Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán*. Instituto de Biología, UNAM, México.
- De Gortari, E. 1957. *La ciencia en la reforma*. UNAM, México.
- De Gortari, E. 1980. *La ciencia en la historia de México*. Grijalbo, México.
- Del Paso y Troncoso, F. 1988. *La botánica entre los nahuas y otros estudios*. Introducción, selección y notas de Pilar Márquez. Secretaría de Educación Pública, México.
- Diego-Pérez, N., y R.M. Fonseca. 1994-2007. *Estudios florísticos de Guerrero*. Facultad de Ciencias, UNAM, México.
- Dirzo, R., y P. Raven. 1994. Un inventario biológico para México. *Bol. Soc. Bot.* 55: 29-34.
- Espinoza, E., C. Lorenzo y M. Briones-Salas. 2006. Integración del conocimiento de las colecciones mastozoológicas mexicanas, en *Colecciones mastozoológicas mexicanas*. Instituto de Biología, UNAM-AMMAC, México, pp. 537-548.
- ETI BioInformatics. 2007. World Taxonomist Database [en línea], en <<http://www.eti.uva.nl/tools/wtd/found.php>> (consultada en abril de 2007).
- Evenhuis, N.L. 2007. Helping solve the 'other' taxonomic impediment: Completing the eight steps to total Enlightenment and taxonomic Nirvana. *Zootaxa* 1407: 3-12.
- Flores, F. 1982. *Historia de la medicina en México desde la época de los indios hasta el presente*, vols. I y II. Instituto Mexicano del Seguro Social, México.
- Flores, O., y A. Nieto. 1994. La taxonomía herpetológica en México: un análisis breve, en J. Llorente e I. Luna (comps.). 1994. *Taxonomía biológica*. Fondo de Cultura Económica, México, pp. 427-444.
- Flowers, R.W. 2007. Comments on "Helping solve the 'other' taxonomic impediment: Completing the eight steps to total Enlightenment and taxonomic Nirvana" by Evenhuis (2007). *Zootaxa* 1494: 67-68.
- Gaston, K.J., y R.M. May. 1992. Taxonomy of taxonomists. *Nature* 356: 26.
- Gío-Argáez, R., y G. Rivas. 1993. Contribución de la Sociedad Mexicana de Historia Natural al estudio de la biodiversidad en México. *Rev. Soc. Mex. Hist. Nat.* 44: 19-49.
- Gómez-Pompa, A. 1979. Antecedentes de las investigaciones botánico-ecológicas en la región del río Uxpanapa, Veracruz, México. *Biótica* 4: 127-133.
- Gómez-Pompa, A. 1982. La etnobotánica en México. *Biótica* 7: 151-161.
- Gómez-Pompa, A. 1993. Las raíces de la etnobotánica mexicana, en S. Guevara, P. Moreno-Casasola y J. Rzedowski (comps.), *Logros y perspectivas del conocimiento de los recursos vegetales en México, en vísperas del siglo XXI*. Instituto de Ecología, A.C.-Sociedad Botánica de México, pp. 26-37.
- Gómez-Pompa, A., J.S. Flores y M.A. Fernández. 1991. The sacred groves of the Maya. *Lat. Am. Antiquity* 1: 247-257.
- Guevara, R.F. 2002. *Los últimos años de la historia natural y los primeros días de la biología en México*. Cuadernos 35, Instituto de Biología, UNAM, México.
- Halffter, G. 1996. Una visión de la Sociedad Mexicana de Entomología en su XLIV aniversario. *Folia Entomol. Mex.* 96: 1-13.
- Halffter, G. 1997. La Sociedad Mexicana de Entomología a 44 años de su fundación, en C. Deloya, *La Sociedad Mexicana de Entomología: pasado, presente y futuro*. Sociedad Mexicana de Entomología, México, pp. 69-76.
- Hawksworth, D.L. 1995. The resource base for biodiversity assessments, en V.H. Heywood y R.T. Hawks Watson (eds.), *Global Biodiversity Assessment*. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 548-605.
- Herrera, A.L. 1921. La biología en México durante un siglo, en A.L. Herrera (comp.), *Biología y plasmogenia*. Secretaría de Fomento, México, pp. 488-504.
- Herrera, T. 1994. Perspectivas de la investigación en micología. *Bol. Soc. Bot. Mex.* 55: 39-44.

- Hoffmann, A., J.L. Cifuentes y J. Llorente. 1993. *Historia del Departamento de Biología de la Facultad de Ciencias de la UNAM*. Prensas de Ciencias, UNAM, México.
- Holmgren, P.K., y N.H. Holmgren. 1998 en adelante (actualizado de manera continua). *Index Herbariorum*. New York Botanical Garden, en línea: <<http://sciweb.nybg.org/science2/IndexHerbariorum.asp>>.
- Humboldt, A. von. 1804. *Tablas geográficas políticas del reino de Nueva España, que manifiestan la superficie, población, agricultura, fábricas, comercio, minas, rentas y fuerza militar* (enero de 1804), en E. Florescano e I. Gil (comps.), *Descripciones económicas generales de Nueva España, 1784-1817*. INAH, col. Fuentes para la Historia Económica de México, México, 1973, I, pp. 132-171.
- Humboldt, A. von. 1805. *Essai sur la géographie des plantes; accompagné d'un tableau physique des régions équinoxiales*. Casa F. Schoell, París.
- Humboldt, A. von. 1822. *Ensayo político sobre el Reino de la Nueva España*, vol. 4, casa Rosa, París.
- Instituto de Biología. 1991. Informe de actividades 1987-1991. Instituto de Biología, UNAM, México.
- Instituto de Biología. 2001. Informe de actividades 1999-2001. Instituto de Biología, UNAM, México.
- Iturriaga, J.F. 1988-1992. *Anecdotario de viajeros extranjeros en México, siglos XVI-XX*, 4 vols. Fondo de Cultura Económica, México.
- Iturriaga, J.F., y M. García. 1999. *Viajeros extranjeros en el Estado de México*. Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca.
- Krell, F.T. 2002. Why impact factors don't work for taxonomy. *Nature* **415**:957.
- Lamothe, R. 1994. El estado de la taxonomía zoológica en México, en J. Llorente e I. Luna (comps.), *Taxonomía biológica*. Fondo de Cultura Económica, México, pp. 345-363.
- Ledesma-Mateos, I. 1990. Esbozo del desarrollo histórico de la biología en Puebla. *Quiipu* **1**:93-125.
- Ledesma-Mateos, I., y A. Barahona. 2003. The institutionalization of biology in Mexico in the early 20th century. The conflict between Alfonso Luis Herrera (1868-1942) and Isaac Ochoterena (1885-1950). *Jour. Hist. Biol.* **36**: 285-307.
- León, L. 1994. Algunos aspectos de la taxonomía mastozoológica en México: historia, problemática y alternativas, en J. Llorente e I. Luna (comps.), *Taxonomía biológica*. Fondo de Cultura Económica-UNAM, México, pp. 485-504.
- León, N. 1895. *Biblioteca botánico-mexicana. Catálogo bibliográfico y crítico de autores y escritos referentes a vegetales de México*. Secretaría de Fomento, México.
- Llorente, J. 1990. *La búsqueda del método natural*. Fondo de Cultura Económica, La ciencia desde México, 95, México.
- Llorente, J., y J. Soberón. 1994. Hacia un debate de la taxonomía contemporánea en México. *Boletín de la Academia de la Investigación Científica* **17**:37-42.
- Llorente, J., e I. Luna (comps.). 1994. *Taxonomía biológica*. Fondo de Cultura Económica-UNAM, México.
- Llorente, J., I. Luna, J. Soberón y L. Bojórquez. 1994. Biodiversidad, su inventario y conservación: teoría y práctica en la taxonomía alfa contemporánea, en J. Llorente e I. Luna (comps.), *Taxonomía biológica*. Fondo de Cultura Económica-UNAM, México, pp. 507-520.
- Llorente, J., E. González, A.N. García y C. Cordero. 1996. Breve panorama de la taxonomía de artrópodos en México, en J. Llorente, A.N. García y E. González (eds.), *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento*. Instituto de Biología-Facultad de Ciencias, UNAM-CONABIO, México, pp. 3-14. Disponible en <http://www.mariposasmexicanas.com/docs/Artrópodos_en_Mexico.pdf>.
- Llorente, J., L. Oñate, A. Luis e I. Vargas. 1997. *Papilionidae y Pieridae de México: distribución geográfica e ilustración*. UNAM, México.
- Llorente, J.B., P. Koleff, H. Benítez y L. Lara, 1999. *Síntesis del estado de las colecciones biológicas mexicanas. Resultados de la encuesta: "Inventario y diagnóstico de la actividad taxonómica en México 1996-1998"*. CONABIO, México.
- Llorente, J., y L. Michán. 2000. El concepto de especie e implicaciones para el desarrollo de inventarios y estimaciones en biodiversidad. Memorias, RIBES, en F. Martín-Piera, J.J. Morrone y A. Melic (eds.), *Hacia un proyecto CYTED para el inventario y estimación de la diversidad entomológica en Iberoamérica: Pribes-2000*. Monografías Tercer Milenio, vol. 1, Zaragoza, pp. 87-96.
- Llorente, J., y J. Castro. 2002. *Colecciones entomológicas en instituciones taxonómicas de Iberoamérica: ¿Hacia estrategias para el inventario de la biodiversidad?* Monografías Tercer Milenio (Sociedad Entomológica Aragonesa-CYTED) **2**:207-318, en <http://www.mariposasmexicanas.com/docs/Llorente_Castro2002.pdf>.
- López-Ochoterena, E., y G. Casas-Andreu. 1991. Los biólogos en el SNI. *Ciencia y Desarrollo*, **16**: 101-114.
- López-Wilchis, R. 2006. Especies y ejemplares de mamíferos mexicanos depositados en colecciones extranjeras, en *Colecciones mastozoológicas mexicanas*. Instituto de Biología, UNAM-AMMAC, México, pp. 111-120.
- Lorenzo, C., E. Espinoza, M. Briones y F.A. Cervantes (eds.). 2006. *Colecciones mastozoológicas mexicanas*. Instituto de Biología, UNAM-AMMAC, México.
- Lozoya, X. 1984. *Plantas y luces en México. La Real Expedición Científica a Nueva España (1787-1803)*. Ediciones del Serbal, Madrid.
- Martínez, M. 1994. El sistema de centros SEP-Conacyt en México, en *Ciencia y tecnología en el umbral del siglo XXI*. Conacyt-Porrúa, México, pp. 17-42.
- Michán, L. 2003. *Base de datos TaXMeXX*.
- Michán, L., y J. Llorente (comps.). 1999. La taxonomía en

- México en la segunda mitad del siglo xx; autores y revistas nacionales. *Publ. Doc. Mus. Zool. UNAM*, 3:1-349.
- Michán, L., y J. Llorente. 2002. Hacia una historia de la entomología en México, en J. Llorente y J.J. Morrone (eds.) *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos en México*, vol. III. Conabio-Ecosur-Las Prensas de Ciencias, Facultad de Ciencias, UNAM-Bayer, México, pp. 3-52.
- Michán, L., y J.J. Morrone. 2002. Historia de la taxonomía de Coleoptera en México: una primera aproximación. *Folia Entomol. Mex.* 41: 67-103.
- Michán, L., y J. Llorente. 2003. La taxonomía en México durante el siglo xx. *Publ. Esp. Mus. Zool. UNAM* 13: 1-250.
- Michán, L., J. Llorente, A. Luis M., y D.J. Castro. 2005. Breve historia de la taxonomía de Lepidoptera en México durante el siglo xx. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias* 29: 101-132, en <http://www.mariposasmexicanas.com/docs/Revista_de_la_Academia_Colombiana.pdf>.
- Moreno, R. 1986. *Ensayos de historia de la ciencia y la tecnología en México*. UNAM, México.
- Moreno, R. 1988. *La primera cátedra de botánica en México, 1788*. Instituto de Investigaciones Históricas, UNAM, México.
- Moreno, R. 1989a. *Linneo en México, 1788-1798*. UNAM, México.
- Moreno, R. 1989b. *La polémica del darwinismo en México en el siglo XIX*. UNAM, México.
- Moreno, R. 1994. *Ciencia y conciencia en el siglo XVIII mexicano*. UNAM, México.
- Navarro, A. 1994. La sistemática ornitológica en México: posibilidades y limitaciones, en J. Llorente e I. Luna. (comps.), *Taxonomía biológica*. Fondo de Cultura Económica, México, pp. 471-483.
- Olaguíbel, M. 1889. *Memorias para una bibliografía científica de México en el siglo XIX*. Secretaría de Fomento, México.
- Ortega, M., J.L. Godínez y G. Vilaclara. 1996. *Relación histórica de los antecedentes y orígenes del Instituto de Biología*. Instituto de Biología, UNAM, México.
- Papavero, N., y J. Llorente (eds.). 1995. *Principia Taxonomica*, vol. 6. *Analogía y conceptos relacionados con el periodo pre-evolutivo*. Facultad de Ciencias, UNAM, México.
- Papavero, N., y S. Ibáñez. 2001. Contributions to a history of Mexican dipterology. Part. I. Entomologists and their works before the *Biología Centrali-Americana*. *Acta Zool. Mex.* (n.s.) 84: 65-173.
- Papavero, N., y S. Ibáñez. 2003. Contributions to a history of Mexican dipterology. Part II. The *Biología Centrali-Americana*. *Acta Zool. Mex.* (n.s.) 88: 143-232.
- Papavero, N., y J. Llorente Bousquets (eds.). 2004. *Historia de la biología comparada, desde el Génesis hasta el Siglo de las Luces*, vol. VII: el *Siglo de las Luces* (parte III). Las Prensas de Ciencias, UNAM, México.
- Papavero, N., y J. Llorente Bousquets (eds.). 2005. *Historia de la biología comparada, desde el Génesis hasta el Siglo de las Luces*, vol. VIII: el *Siglo de las Luces* (parte VI). Las Prensas de Ciencias, UNAM, México.
- Parra, P. 1903. La ciencia en México, en J. Sierra, *México, su evolución social*. Ballescá, México 1: 417-466.
- Pérez, R. 2005. *Historia general de la ciencia en México en el siglo XX. Ciencia y Tecnología*. Fondo de Cultura Económica, México.
- Pérez-Ponce de León, G. 1997. La taxonomía en México: el papel de la sistemática filogenética. *Ciencia* 48: 33-39.
- Peterson, T., y V. Sánchez-Cordero. 1994. Nuevas ideas, nuevas metas y un estudio biológico nacional. *Rev. AIC* 20: 23-26.
- Poblett, M.M., y A.L. Delgado. 1992. *Cien viajeros en Veracruz: crónicas y relatos*, 11 vols., Veracruz en la cultura, encuentros y ritmos. Gobierno del Estado de Veracruz. Eón, México.
- Ramírez-Pulido, J., y N. González-Ruiz. 2006. Las colecciones de mamíferos de México: origen y destino, en *Colecciones mastozoológicas mexicanas*. Instituto de Biología, UNAM-AMMAC, México, pp. 73-110.
- Rzedowski, G.C., y J. Rzedowski (eds.). 2001 *Flora fanerogámica del Valle de México*. Instituto de Ecología, A.C., Centro Regional del Bajío-Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Pátzcuaro.
- Rzedowski, J., y R. McVaugh. 1966. La vegetación de Nueva Galicia. *Contr. Univ. Michigan Herb.* 9: 1-123.
- Rzedowski, J., y G.C. Rzedowski (eds). 1991-2007. *Flora del Bajío y de regiones adyacentes*, fascículos 1 a 146. Instituto de Ecología, A.C., Pátzcuaro.
- Saladino, A. 1990. *Dos científicos de la Ilustración hispanoamericana: J.A. Alzate y F.J. de Caldas*. UNAM-UAEM, México.
- Saladino, A. 1996. *Ciencia y prensa durante la Ilustración latinoamericana*. Facultad de Humanidades, UAEM, México.
- Saladino, A. 1998. *Libros científicos del siglo XVIII latinoamericano*. Facultad de Humanidades, UAEM, México.
- Saldaña, J.J. 1992. Acerca de la historia nacional, en J.J. Saldaña (ed.), *Los orígenes de la ciencia nacional. Cuadernos de Quipu* 4: 9-54.
- Saldaña, J.J., y M.C. Cuevas. 1999. La invención en México de la investigación científica profesional: el Museo Nacional, 1868-1908. *Quipu* 12: 309-332.
- Salvin, C. 2000. *Un paraíso: diarios guatemaltecos, 1873-1874*. Plumsock Mesoamerican Studies, South Woodstock (Vermont).
- Salvin, O., y F.D. Godman (eds.). 1879-1915. *Biología Centrali-Americana. Contributions to the knowledge of the fauna and flora of Mexico and Central America*, Porter and Dulau, Londres, en <<http://www.sil.si.edu/digitalcollections/bca/explore.cfm>>.
- Sánchez, J. 1893. *Datos para la zoología médica mexicana. Arácnidos e insectos*. Secretaría de Fomento, México.

- Sánchez, G., y E. Nomelí. 1996. *Las contribuciones michoacanas a la ciencia mexicana del siglo XIX*. Instituto de Investigaciones Históricas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia.
- Sánchez, G.P., y P. García de León (coords.). 2001. *Los científicos del exilio español en México*. Encuentros 8, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia.
- Sartorius, C.C. 1990. *México hacia 1850*. Estudio preliminar, revisión y notas de Brígida von Mentz. Consejo Nacional para la Cultura y las Artes, México.
- Sessé, M., y J.M. Mociño. 1893. *Plantas de la Nueva España*, Secretaría de Fomento, México.
- Sessé, M., y J. M. Mociño. 1894. *Flora mexicana*, Secretaría de Fomento, México.
- Smith, H.M. 1942. The publication dates of "La Naturaleza". *Lloydia* 5: 95-96.
- Soberón, J., y J. Llorente. 1993a. The use of species accumulation functions for the prediction of species richness. *Cons. Biol.* 7: 480-488.
- Soberón, J., y J. Llorente. 1993b. La Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural* 44: 3-17.
- Soberón, J., J. Llorente y H. Benítez. 1996. An international view of national biological surveys. *Ann. Missouri Bot. Gard.* 83: 562-573.
- Somolinos, G. 1971. *El doctor Francisco Hernández y la primera exploración científica de América*. SEP-Setentas, México.
- Sosa, V., J.S. Flores, V. Rico-Gray, R. Lira y J.J. Ortiz. 1985. *Lista florística y sinónima maya. Etnoflora yucatanense*, vol. 1. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos, Xalapa.
- Sosa, V., y A. Gómez-Pompa (comps.). 1994. *Lista florística. Flora de Veracruz*, Fasc. 82. Instituto de Ecología, A.C.-University of California, Riverside.
- Trabulsee, E. 1983. *Historia de la ciencia en México: estudios y textos, siglo XVI*. Fondo de Cultura Económica, México.
- Trabulsee, E. 1984. *Historia de la ciencia en México: estudios y textos, siglo XVII*. Fondo de Cultura Económica, México.
- Trabulsee, E. 1985a. *Historia de la ciencia en México: estudios y textos, siglo XVIII*. Fondo de Cultura Económica, México.
- Trabulsee, E. 1985b. *Historia de la ciencia en México: estudios y textos, siglo XIX*. Fondo de Cultura Económica, México.
- Trabulsee, E. 1989. *Historia de la ciencia en México: apéndices e índices*. Fondo de Cultura Económica, México.
- Trabulsee, E. 1999. El destino de un manuscrito. Tablas geográficas políticas del Reino de Nueva España de A. Humboldt. UNAM-Archivo General de la Nación-Universidad de Colima (CD).
- Wiggins, I.L. 1964. Flora of the Sonoran desert, en F. Shreve y I.L. Wiggins (eds.), *Vegetation and flora of the Sonoran desert*, vols. 1, 2. Stanford University Press, Stanford.
- Wiggins, I.L. 1980. *Flora of Baja California*. Stanford University Press, Stanford.
- Zamudio, G. 1992. El jardín botánico de la Nueva España y la institucionalización de la botánica en México, en J.J. Saldaña (comp.), *Los orígenes de la ciencia nacional*. Sociedad Latinoamericana de Historia de la Ciencia y la Tecnología-UNAM, México.