CONABIO,
25 años de evolución

COMISIÓN NACIONAL PARA EL CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD

CONABIO,
25 años de evolución

CONABIO,
25 años de evolución

CONABIO
COMISIÓN NACIONAL PARA EL
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD

Producción editorial
Rosa María Seco
Antonio Bolívar

Diseño
Rosalba Becerra

Impresión
Offset Rebosán, SA de CV

Primera edición, octubre de 2017

DR © Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad
Liga Periférico-Insurgentes Sur 4903, Parques del Pedregal,
Tlalpan, 14010 Ciudad de México
www.conabio.gob.mx • ww.biodiversidad.gob.mx

Editado e impreso en México / *Printed in Mexico*

Forma sugerida de citar: Conabio. 2017. *Conabio, 25 años de evolución.*
Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.

PRESENTACIÓN

Hace 25 años, durante la reunión de jefes de Estado para la celebración del Convenio sobre la Diversidad Biológica en Río de Janeiro, México tomó una decisión de gran visión: instaurar un organismo compilador de la información existente acerca del conocimiento de la biodiversidad de nuestro país.

Este organismo sería a su vez promotor de la adquisición de nuevo conocimiento y generador de la ciencia de mayor calidad y pertinencia para conocer y entender cómo conservar y manejar sustentablemente el capital natural del país para beneficio de toda su sociedad, presente y futura.

Así nació la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad como una Comisión Intersecretarial con carácter permanente, encabezada por el Presidente de la República e integrada por diez secretarías de Estado a las que ha servido en diversas formas cuando se ha tratado de asuntos relacionados con nuestros recursos naturales y el uso de ellos por la sociedad.

Con un modelo innovador, y la participación entusiasta de los académicos de las instituciones de investigación más importantes del país, la Conabio ha ido desarrollando un cuerpo de conocimiento acerca de la diversidad biológica mexicana, desde el nivel genético de los organismos que viven en nuestro territorio hasta la gran variedad de ecosistemas que lo cubren.

Sin duda, desde que se creó la Conabio, la Administración más comprometida con detonar un crecimiento sostenible e incluyente, orientado hacia la preservación de nuestro patrimonio natural y el mejoramiento de la calidad de vida de la población mexicana es la del presidente Enrique Peña Nieto.

En reconocimiento a ello, en 2014 el mundo entero otorgó a nuestro país la sede de la Decimotercera Conferencia de las Naciones Unidas sobre Biodiversidad (CoP 13). Así, en 2016, más de 140 países suscribieron la Declaración de Cancún, con el propósito de incorporar el cuidado y la protección de la biodiversidad en los sectores agrícola, forestal, pesquero y turístico.

En la CoP 13 México tuvo la oportunidad de compartir con la comunidad internacional tanto los retos como los avances que ha tenido en materia de conservación de su capital natural y en ello la Conabio tuvo un papel primordial.

A sus 25 años, nuestro país celebra con gran orgullo la existencia de esta noble Comisión, y reconoce la labor que al frente de ella ha tenido su coordinador nacional, José Sarukhán, quien con su liderazgo y profundo conocimiento de los valores ambientales que poseemos ha consolidado una institución científica honesta y confiable que orienta con su trabajo el desarrollo equitativo y sustentable de nuestro país.

Rafael Pacchiano Alamán
Secretario de Medio Ambiente y Recursos Naturales

ÍNDICE

Prefacio, 13

Introducción, 15

Primera parte. **ESBOZO HISTÓRICO**

1. Antecedentes, 19

2. Construcción de la institución, 26
Obtención de datos e integración de información, 31
Aspectos internacionales, 40
Integración de bases de datos con información satelital, 43

3. Conocimiento de la biodiversidad, 46
Interconexión de bases internacionales de datos científicos, 49
El comienzo del análisis y uso de los datos primarios, 50
Sobre la gestión institucional, 55
Aspectos de legislación, 56
Acerca del uso de la biodiversidad, 57

4. Hacia la etapa de inteligencia, 59
La CONABIO, fuente de información confiable para la toma de decisiones, 59
Avances con nueva tecnología satelital, 61
Comunicación con la sociedad, 65
Nuevos derroteros, 67

Segunda parte. **LA CONABIO EN 2017**

5. El Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad, 69
Sobre el SNIB, 70
Usos del SNIB, 71
Registros de ejemplares y observaciones, 72
Sensores remotos, 73
Catálogos de Autoridades Taxonómicas, 73
Catálogo de Colecciones Científicas y Portal de Colecciones Biológicas Científicas de México, 77
Cartografía digital, 77
Georreferenciación de las localidades de colecciones biológicas, 78
Minería de textos, 79

6. Análisis y conocimiento de especies y de genes, 80
Diversidad de especies, 80
Diversidad genética, 85

7. Análisis y conocimiento de los ecosistemas mexicanos, 87
Impactos en la biodiversidad, 87
Prioridades para la conservación y la restauración, 88
Sistemas de monitoreo de la biodiversidad, 90
Perfiles y cartografía de suelo, 100

8. Gestión territorial de recursos biológicos, 106
El Corredor Biológico Mesoamericano, 107
Cooperación para la gestión de corredores, 110
Proyecto Sistemas Productivos Sostenibles y Biodiversidad, 110
Recursos biológicos comunitarios, 112

9. Cooperación, estrategias y políticas públicas, 113
Cooperación internacional, 113
Convenio sobre la Diversidad Biológica, 114
Colaboración científica y técnica con otros países, 115
Estrategias, 119
Políticas públicas, 121

10. Divulgación, 122
Comunicación de la ciencia, 122
Ciencia ciudadana, 130

11. Administración, 133
Presupuesto y mecanismo financiero, 133
Capital humano, 134

Tercera parte. **NUEVOS RETOS**

12. Consolidar el Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad, 137
El SNIB sin fronteras, 138
Nuevos campos de conocimiento en el SNIB, 138
Análisis y modelado ("ciencia de datos"), 139
Nueva arquitectura del SNIB, 140

13. Sistemas operacionales, 141

14. Información sobre la biodiversidad de México al alcance de todos, 143

Anexos

1. Programa de la reunión convocada por la Presidencia para anunciar la creación de la CONABIO y lista de asistentes, 145
2. Personas que han colaborado en la CONABIO, 148
3. Personas que colaboran actualmente en la CONABIO, 154

La Misión, Hidalgo.

JAPS

PREFACIO

En el presente año de 2017 celebramos los cinco lustros del nacimiento de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Este cuarto de siglo ha sido un largo camino de aprendizaje en un área sin muchos antecedentes, desde luego en nuestro país, en el que un pequeño grupo de personas diseñaron las características y el curso inicial de la Comisión y casi novecientas más colaboraron, a lo largo de 25 años, a desarrollar y a modificar, según las circunstancias, dicho curso hasta el presente.

Este libro consta básicamente de tres partes: una propiamente histórica, que narra las circunstancias muy especiales en que nació y lentamente se desarrolló la Comisión; esas circunstancias, fortuitas podría decir alguien, ameritan ser descritas para quienes estén interesadas en conocer los sucesos y las personas que hicieron posible la existencia de la Conabio. Esta sección se ha conformado con los relatos del primer puñado de actores, hombres y mujeres a quienes tocó en suerte nutrir y ayudar a crecer a la naciente institución e ir desbrozando el camino que ha recorrido por dos décadas y media.

La segunda parte es una descripción de lo que podríamos llamar "el estado del arte", a diciembre de 2016, de los logros y las metodologías utilizadas por las diferentes áreas que componen la Comisión y describen los retos por resolver. La tercera parte contiene la visión de la misma y las contribuciones que esperaríamos haga a nuestro país durante los siguientes 10 o 15 años.

Hay que agradecer, en adición a los cientos de colaboradores de la Conabio, a México, a sus ciudadanos, cuyos impuestos han sostenido en una importante parte el trabajo de la Comisión, y a los diferentes gobiernos federales en ese periodo, que México haya podido construir este organismo ejemplar —reconocido internacionalmente—, que ha estado dedicado a tratar de mejorar el bienestar de la sociedad mexicana por medio del conocimiento, el cuidado y el uso sustentable de nuestra privilegiada Naturaleza, patrimonio de las generaciones pasadas, presentes y futuras de mexicanos.

Finalmente es un placer agradecer el excelente trabajo de recopilación de información para este libro que, al igual que en nuestro reporte de celebración de 20 años, hizo Rosa María Seco y la revisión del texto final junto con Antonio Bolívar, quien, como es costumbre en todas las publicaciones importantes de la Conabio, custodió de forma profesional y excelente la edición de este libro; el diseño gráfico estuvo a cargo de Rosalba Becerra.

José Sarukhán
Coordinador Nacional
Verano de 2017

DMTB

INTRODUCCIÓN

La Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad cumple este año, 2017, un cuarto de siglo de vida. Para conmemorar tal suceso y dejar registro de lo acontecido se ha preparado el presente documento que da cuenta tanto de la forma en que se originó y se fue desarrollando, como de lo que hoy es esta institución.

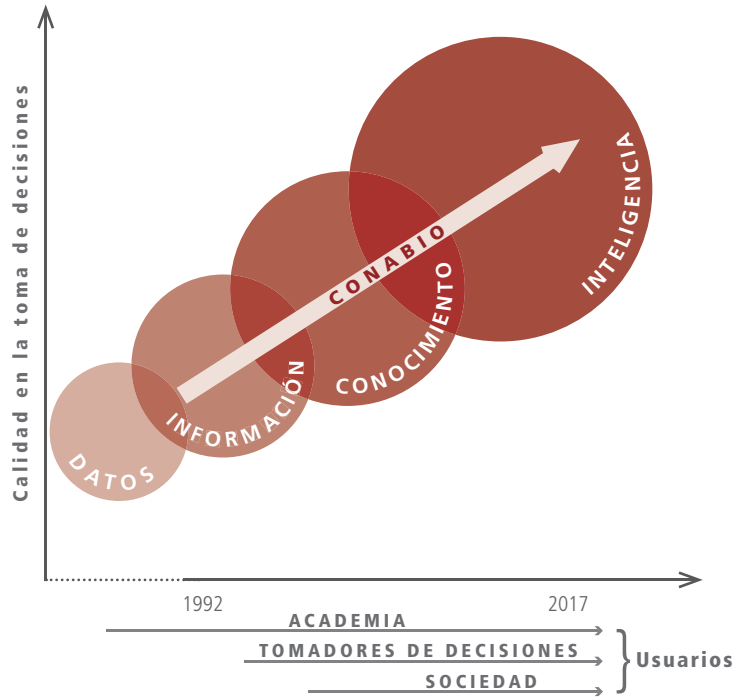
El propósito y la mira de este organismo de investigación, enseñanza y difusión de la biodiversidad mexicana y de su uso sustentable, han sido, desde su creación, aportar a la nación —a sus órganos de decisión gubernamental, a la academia y a la sociedad en general— información científica pertinente, certera y oportuna que permita el ejercicio de la indispensable rectoría del Estado en la conservación y el uso sustentable del capital natural de todos los mexicanos. Vale en esta ocasión repetir lo que se dijo hace cinco años en el documento: *Conabio: dos décadas de historia 1992-2012:*

> La Conabio asumió plenamente la responsabilidad de hacer accesible a la sociedad el producto de su trabajo […] Dos principios fundamentan esta función: primero, casi toda la información que la Conabio maneja […] se ha obtenido con fondo públicos y, por tanto, ésta debe ser accesible para todos; segundo […], sólo con una sociedad bien informada y educada será posible desarrollar y fortalecer una cultura de aprecio y valoración del ca-

Prismas basálticos, Santa María Regla, Hidalgo.

pital natural del país. Es un objetivo implícito de la Conabio hacer de la sociedad un socio copartícipe informado y convencido que, a la vez que cuide el patrimonio natural del país, exija a las autoridades la elaboración y aplicación de políticas públicas y programas sectoriales para conservar y usar de manera sustentable la diversidad biológica de México.

En ese mismo documento se hizo explícito el hecho de que la Conabio, a lo largo del tiempo y con la experiencia adquirida, había transitado por dos fases de desarrollo principales: *compilación de información* y *análisis y creación de conocimiento*. Esto ha significado para la Comisión hacerse de datos relativos a las especies y los ecosistemas de nuestro país, depurarlos, construir un sistema de información confiable y, a partir de éste, establecer una sólida infraestructura para seguir avanzando en la construcción del conocimiento sobre la riqueza natural de México, su cuidado y su uso racional. Hoy día, la visión moderna de la Conabio la ha llevado a una nueva etapa, producto de las anteriores: la etapa de *generación de inteligencia y comunicación* —colectiva e individual— para la toma de decisiones sobre la conservación y el uso sustentable del capital natural de México.[1]



Evolución de la Conabio, 1992-2017.

El presente escrito habrá de dar cuenta de lo anterior y, para ello, será necesario describir las vertientes más importantes del quehacer de esta Comisión. Así, la vida de la Conabio puede ser vista a partir del alcance y la trascendencia de lo realizado en un cuarto de siglo o desde la óptica de su vocación como recolectora, sistematizadora y depuradora de información, y como institución visionaria en el uso de metodologías y tecnologías de avanzada para el conocimiento de los ecosistemas. En otra dimensión, la Comisión puede ser apreciada mediante el trabajo que realiza con comunidades para restablecer y utilizar adecuadamente aquellas áreas que conectan dos o más regiones —corredores de biodiversidad— para mantener la continuidad de los procesos biológicos y así evitar la pérdida de especies en zonas cada vez más aisladas. También se hablará en este escrito de la Comisión en función de su labor previsora del riesgo de incendios forestales, de destrucción del fondo marino y de extinción de especies vegetales y animales, y de la Conabio que asesora sobre el uso y cuidado de especies, que elabora y lleva a la práctica convenios de colaboración y cooperación en esta materia, de la institución que estimula en todo el país el desarrollo de conocimiento propio de su capital natural, mediante la participación de la sociedad y de la academia locales, y del gobierno estatal; de la que influye en la toma de decisiones sobre la biodiversidad mundial y sobre políticas públicas en México en los ámbitos nacional, estatal y comunitario, sin dejar de lado a la que capacita a miembros de la población, desde niños y jóvenes hasta adultos, como "naturalistas", y comunica y tiene presencia y ascendencia en redes sociales, creando conciencia sobre la importancia vital del capital natural de nuestra nación.

Este documento pretende, guiado por las consideraciones anteriores, proporcionar al lector un imagen del estado de avance de lo que hace hoy la Conabio, al mismo tiempo que dejar constancia de lo hecho mediante la huella que ha impreso en estos veinticinco años de vida, con la participación de cientos de jóvenes creativos y entusiastas que han trabajado en el aporte de la comunidad científica del país dedicada a estudios desde todas las facetas posibles de la diversidad biológica de México. Para lograr este propósito se ha recurrido, en la medida de lo posible, a la figura de un documento narrativo más que a la de un informe técnico de trabajo. Y más allá del detalle que será descrito en los apar-

[1] J. Sarukhán y R. Jiménez, Generating intelligence for decision making and sustainable use of natural capital in Mexico, *Current Opinion in Environmental Sustainability*, vol. 19, 2016, pp. 153-159, disponible en <*http://dx.doi.org/10.1016/j.cosust. 2016.02.002*> o bien en <*http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S18 77343516300069*>.

tados específicos, interesa recalcar que la Conabio ha logrado cristalizar, con sus cerca de 300 investigadores y técnicos multidisciplinarios,[2] cientos de estudios dirigidos tanto a investigadores como, cada vez más, al público en general; hoy la Conabio son sus confiables bases de datos —revisadas y vueltas a verificar por expertos—, sus sistemas y estrategias para convocar, informar y asesorar en la toma de decisiones sobre la biodiversidad en México y en el mundo.

La Conabio es un referente en reuniones y en organizaciones mundiales dedicadas al tema de la biodiversidad; es también asesora e inspiradora de organismos nacionales e internacionales y un medio de comunicación entre investigadores, recolectores de información, tomadores de decisiones, elaboradores de políticas públicas, ambientalistas y público en general. También es formadora y capacitadora de gente con conciencia del valor fundamental del capital natural del país: investigadores, políticos, funcionarios, autoridades, estudiantes, agricultores, comunidades campesinas, pescadores, artesanos, a los que se les ayuda y enseña a proteger y usar de manera sustentable su entorno natural.

[2] Véanse los anexos 2 y 3.

Primera parte
ESBOZO HISTÓRICO

1. Antecedentes

En septiembre de 1991, el sonar del teléfono rojo, instalado en un privado de su oficina, sorprendió a José Sarukhán —en ese entonces rector de la Universidad Nacional Autónoma de México—, que recibía una inusual llamada del Presidente de la República, Carlos Salinas de Gortari. El motivo de la comunicación presidencial obedecía al interés del mandatario en escuchar del rector —dado que su campo de interés profesional eran la biología y la ecología— algunas sugerencias sobre cuál podría ser una contribución importante de México en relación con el conocimiento y cuidado de la biodiversidad del país, para ser presentada en la "Cumbre de la Tierra" que tendría lugar en junio del año siguiente, en Río de Janeiro. El propósito del Presidente se centraba en trasmitir al mundo el interés y el compromiso del gobierno en el cuidado de la diversidad biológica nacional.

A Sarukhán no sólo le pareció una excelente idea que México participara en esa reunión mundial, sino que además lo hiciera con una propuesta realmente significativa, al más alto nivel de gobierno. Tuvo, en ese momento, la peculiar sensación de "ver los planetas alineados" aunque, a su decir, casi no podía creer lo que había escuchado. Era una oportunidad única para proponer una acción extraordinaria y permanente que dotara al país de la capacidad para reunir y sistematizar toda la información exis-

tente en herbarios y museos de distintas instituciones académicas nacionales, además —y de manera especial— de promover de manera programada y sistematizada nuevos estudios sobre la flora y la fauna mexicanas, organizando esa información de manera que fuera accesible para la sociedad.

Para José Sarukhán, quien había tenido durante seis años a su cargo el Instituto de Biología de la UNAM —que albergaba la mayoría de las colecciones taxonómicas más importantes del país— y que, por tanto, poseía una idea clara del camino a seguir para recopilar, organizar y hacer accesible a los interesados la información de la biodiversidad de México, la petición presidencial fue, como se dice coloquialmente, "música para sus oídos".

Dadas las experiencias anteriores en el desarrollo de sistemas informáticos en el Instituto de Biología —por parte de Arturo Gómez Pompa, para la flora de Veracruz, y del propio Sarukhán para la digitalización del Herbario Nacional—, al biólogo, investigador y rector de la UNAM no le quedaban dudas de por dónde debería ir el esfuerzo de desarrollo de una gran base de información de la biota mexicana. Sabía que se tenía que crear una institución directamente dedicada a —y responsabilizada de— conjuntar, organizar y hacer accesible el conocimiento de la biodiversidad del país (que estaba disperso en muchas instituciones nacionales y extranjeras) estimulando además su crecimiento de diversas formas. El concepto —ya establecido desde hacía tiempo— de que México era uno de los países llamados "megadiversos", con muy importantes tasas de endemismo, hacía aún más atractiva la idea de poder contar con la institución imaginada.

En el siguiente par de días después de la llamada presidencial, Sarukhán estuvo dándole vueltas a la idea, analizando sus posibilidades, aunque también sus diversas aristas. Pensaba que la propuesta debería materializarse en un organismo nacional, apoyado con recursos federales, basado en sistemas computacionales —de manera que toda la información fuera digital y accesible automáticamente para quien estuviera interesado— y que, desde luego, sirviera a las diferentes instancias gubernamentales, responsables de la toma de decisiones, para elaborar propuestas y acciones racionales respecto al uso y conservación de los recursos naturales de la nación. Por otro lado, le parecía difícil lograr que tal organismo fuera independiente y no repitiera las experiencias negativas que en el pasado habían experimentado otros organismos gubernamentales con responsabilidades de investigación. De cualquier manera, había que hacer el intento.

Cuando hubo llegado a una idea general de lo que le parecía un buen primer esquema, la compartió con Rodolfo Dirzo y Daniel Piñero, sus primeros estudiantes, quienes desde hacía algunos años habían regresado después de

realizar sendos doctorados en el extranjero. Ambos coincidieron básicamente con la idea expuesta por su mentor, que se fue enriqueciendo en el transcurso de las pláticas que sostuvieron entre ellos. Llegaron a la conclusión de que dicha organización debería atesorar como misión central la generación de información científica confiable y oportuna sobre la diversidad biológica de México, desde la diversidad genética de las especies hasta la de los ecosistemas. Por otro lado, ese organismo no debería tener ninguna función que pudiera entrar en conflicto con intereses políticos o económicos (como la expedición de permisos y normas, o la fiscalización del cumplimiento de leyes y ordenamientos), que pusiera en riesgo su objetivo medular de proveer la mejor información científica posible sobre los recursos naturales renovables del país.

Con el esquema general de la propuesta elaborada por Dirzo, Piñero y Sarukhán, este último se la presentó, unos días más tarde, al Presidente. Para ello, consideró que era importante explicarle al primer mandatario de la nación elementos fundamentales de contexto: 1] que México era no solamente un país con muchas especies, sino que grandes proporciones de ellas, en diferentes grupos de organismos, eran exclusivas del país, y que un número no pequeño de especies eran ya consideradas, por índices internacionales, en algún grado de riesgo de extinción; 2] que México, además de ser un país megadiverso, era centro de origen de muchos grupos importantes de organismos, como las cactáceas y las agaváceas; que teníamos el mayor número de pinos y de encinos del mundo, a pesar de que no eran originarios de México, lo cual resultaba de la accidentada orografía y los muchos microclimas creados por la diversidad topográfica y climática del país; 3] de la mayor importancia, que esa gran diversidad biológica tenía como consecuencia la gran diversidad cultural del país, la cual había dado origen a un gran número de plantas cultivadas, lo que hacía de México un centro mundial de origen de cultivos y de la agricultura misma en el continente americano, y que la farmacopea botánica mexicana era superada solamente por las de China e India; 4] que desde los siglos XVIII y, especialmente, XIX, en México se habían realizado muchos estudios formales de su flora y fauna y que esto había dado origen a herbarios y museos que en su mayoría estaban a cargo de instituciones académicas sostenidas con recursos públicos, pero que esa información no era accesible a la sociedad mexicana sino solamente a unos cuantos especialistas; una inversión adicional de recursos públicos haría que esa información se volviera realmente un bien público, accesible para todos los interesados, y 5] que esos recursos se podrían aplicar también a impulsar el incremento del conocimiento de la biodiversidad del país, dada su enorme riqueza y el relativamente limitado conocimiento de la misma.

Al terminar de presentar esos argumentos, el Presidente, visiblemente interesado, le hizo un par de preguntas:

—¿Y usted, señor rector —dijo—, va a querer que lo que me propone sea un instituto de investigación de la Universidad?

La respuesta fue clara e inequívoca: sería un error que ese organismo no fuera parte del gobierno federal, de manera que estuviera en posibilidad de incidir en las políticas públicas relativas al cuidado, el uso racional y la conservación de la biodiversidad para beneficio de la sociedad mexicana.

La segunda pregunta, hecha con cierta malicia, fue si el propio Sarukhán iba a querer estar a cargo de esa institución. Tampoco aquí el Presidente recibió una contestación afirmativa, pero sí el ofrecimiento de sugerirle a la persona idónea, con la capacidad y seriedad para dirigir ese organismo. En ese momento, el mandatario se incorporó de su asiento para concluir:

—Excelente. Le pido que usted diseñe esa institución y recomiende lo que se requiera para que funcione adecuadamente en la estructura de gobierno. ¡Ah!, además, ¿qué le parece si convocamos a una reunión con los principales expertos mundiales sobre el tema para que analicen la institución que me propone?

Al término del encuentro, Sarukhán no sabía qué era mayor: si su perplejidad y gozo por la forma en que su interlocutor había aceptado la idea que le proponía o la preocupación de cómo diseñar adecuadamente ese organismo, puesto que su conocimiento de la administración pública era limitado.

De inmediato se reunió con Dirzo y Piñero para relatarles su charla con el Presidente y describirles las tareas que tenían por delante, entre ellas la de armar una reunión —a muy corto plazo— con los mejores expertos en el campo de la biodiversidad, a la mayoría de los cuales, por fortuna, los tres conocían personalmente. Así, una vez convencido el Presidente de crear un organismo estratégico que diera cuenta a los mexicanos de la biodiversidad del país, este pequeño grupo se dio a la tarea de transformar una buena idea en una mejor realidad.

Solicitaron el apoyo de personas con experiencia en administración pública; fueron de gran ayuda las ideas que Mario Melgar y (posteriormente) Carlos Mainero proporcionaron para definir, finalmente, la forma administrativa más apropiada: 1] constituir una comisión intersecretarial, encabezada por el Presidente de la República, y 2] que además funcionara, en su parte financiera, como un fideicomiso privado, lo que permitiría una gran fluidez en el uso de los recursos, así como la posibilidad de apoyar proyectos multianuales, conservando disponibles los fondos otorgados cada año por el gobierno federal. Ambas características han sido cruciales para el uso eficiente de los casi siempre limitados recursos económicos con que ha contado la Conabio, a lo largo de un cuarto de siglo de vida.

Así, Dirzo y Sarukhán diseñaron una reunión internacional que ocurriría en México, con la concurrencia de una larga lista de los más reconocidos expertos en el tema, extranjeros y mexicanos, quienes además de plantear un panorama general del estado del arte en el conocimiento de la diversidad biológica a escala global y los problemas que la afectaban, podrían analizar y enriquecer la propuesta hecha al Presidente. Sólo había un problema: lograr, con sólo dos meses de aviso, pues no había más tiempo si esto debería tener resultados antes de la reunión de Río de Janeiro, que estos personajes pudieran asistir, pues la mayoría tenía, por su reputación académica, compromisos de docencia o de giras de conferencias programadas con muchos meses de anticipación.

Apenas se definió con detalle el esquema organizativo del organismo, así como la propuesta de la reunión internacional con la lista de las personas que asistirían, Sarukhán volvió a solicitar audiencia con el presidente Salinas. El mandatario aceptó de inmediato la propuesta de estructura, sin cambio alguno, y ofreció que él personalmente haría las invitaciones a los asistentes a la reunión. Esto último fue un respiro para todos, ya que una carta del Presidente de la República allanaría en mucho los problemas de una invitación hecha con tan poca anticipación. Y así fue.

La reunión fue convocada para el mes de febrero de 1992, con cuatro días de duración, del 13 al 16. Asistieron 34 expertos académicos nacionales y extranjeros, así como los titulares de las principales organizaciones no gubernamentales y fundaciones internacionales y nacionales dedicadas al tema de la conservación de la naturaleza. El programa de la reunión y los nombres de los asistentes se encuentran en el anexo 1.

El acto inaugural de la reunión, que llevó por nombre "Problemática del conocimiento y conservación de la biodiversidad", tuvo lugar en el monumental patio central del Museo Nacional de Antropología, con la presencia del Presidente, acompañado de casi la totalidad de su gabinete. En ella tomaron la palabra José Sarukhán, Otto Solbrig, de la Universidad Harvard, Andrés Marcelo Sada, presidente de Pronatura, A.C., y el propio presidente Salinas.

El segundo día de la reunión, 14 de febrero, el Presidente invitó a todos los participantes a la residencia oficial de Los Pinos a una recepción para tener la oportunidad de charlar con ellos y hacerles preguntas sobre el tema de la diversidad biológica y su importancia para el bienestar del país. Los participantes quedaron impresionados por el interés del Presidente sobre estos temas, así como por el generoso tiempo que dedicó a platicar con cada uno de ellos.

Por sugerencia del propio Presidente, la clausura formal de la reunión tuvo lugar en la explanada del sitio arqueológico de Yaxchilán, en Chiapas,

El presidente Carlos Salinas de Gortari anuncia la decisión de crear la CONABIO. Yaxchilán, Chiapas, 14 de febrero de 1992.

donde se instaló una gran carpa en un espacio apropiado; tomaron la palabra: José Sarukhán, para hacer una breve relatoría de la reunión, y Peter Raven, director del Jardín Botánico de Misuri, quien presentó las conclusiones acordadas por los asistentes a la reunión, entre las cuales se encontraba el apoyo a la idea de que México creara un organismo que estimulase el conocimiento, la conservación, así como el uso sustentable de la biodiversidad de México. El Presidente cerró las participaciones con un discurso en el que recogía la recomendación de los asistentes a la reunión internacional. Un mes después, en marzo de 1992, se publicó el acuerdo presidencial de creación de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad[1] como una Comisión Intersecretarial permanente, que depende directamente del Ejecutivo Federal, con las funciones de fomentar y coordinar las acciones y estudios relacionados con el conocimiento, el uso racional y la conservación de las especies biológicas y ecosistemas de México. El financiamiento de la Comisión estaría a cargo del gobierno federal, con la posibilidad de obtener fondos de organismos de financiación nacionales e internacionales, como el Global Environment Facility (GEF), el Banco Mundial (BM), los programas de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y para el Medio Ambiente (PNUMA), y fundaciones nacionales e internacionales.

El nombre de la Comisión, que añadía a la palabra conocimiento el vocablo "uso", produjo en un inicio cierto escepticismo de parte de una buena cantidad de biólogos y taxónomos dedicados a la conservación. Hubo que explicar repetidamente que era imposible, en un país como México, donde más de

[1] <*http://www.conabio.gob.mx/web/conocenos/acuerdo_presidencial.html*>.

dos terceras partes de los ecosistemas naturales eran propiedad comunal y ejidal, ignorar que, así como era importante conocer nuestra biodiversidad, también era indispensable generar conocimiento para utilizar esos recursos —base patrimonial de millones de mexicanos— de manera sustentable y que ofrecieran al mismo tiempo algún tipo de beneficio económico a sus dueños.

Los trabajos presentados por los asistentes a la reunión fueron publicados en una edición bilingüe.[2] Las secretarías que formaban parte de la Comisión Intersecretarial eran: Relaciones Exteriores; Hacienda y Crédito Público; Energía, Minas e Industria Paraestatal; Comercio y Fomento Industrial; Agricultura y Recursos Hidráulicos; Desarrollo Urbano y Ecología; Educación Pública; Salud, y Pesca.[3]

La Conabio quedó, así, constituida como un organismo dedicado a la investigación aplicada, tanto en áreas seleccionadas por la misma Comisión y consideradas importantes para el futuro del país, como a solicitud de alguna de las secretarías que conformaban la Comisión Intersecretarial, para resolver problemas de su área. Entre sus funciones estaba la de ofrecer apoyos financieros a universidades y otras instituciones académicas para realizar investigación básica que proveyera datos primarios a la Comisión, así como a organizaciones no gubernamentales

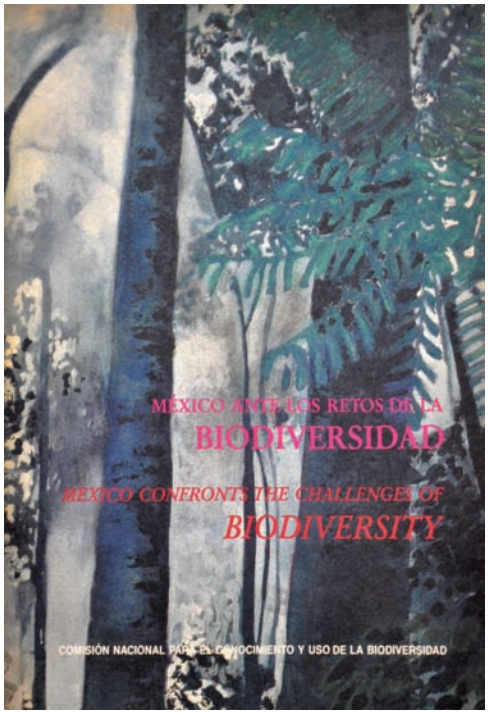
[2] J. Sarukhán y R. Dirzo (comps.), *México ante los retos de la biodiversidad*, Conabio, México, 1992.

[3] Debido a cambios de nombre o reagrupamientos de funciones, hoy la Comisión Intersecretarial está integrada por las siguientes secretarías: Medio Ambiente y Recursos Naturales (cuyo titular es el secretario técnico de la Comisión); Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación; Desarrollo Social; Economía; Educación Pública; Energía; Hacienda y Crédito Público; Relaciones Exteriores; Salud, y Turismo.

dedicadas al tema de la biodiversidad. Lo anterior explica por qué el personal de la Conabio no necesita salir al campo a recolectar especímenes u obtener datos básicos, taxonómicos, ecológicos o de otra naturaleza. Lo siguiente dará al lector una idea rápida de las bases sobre las cuales se diseñó de la institución:

- De investigación aplicada y promotora de investigación básica especializada en el área de informática de la biodiversidad.
- Sin responsabilidades regulatorias o normativas, dedicada exclusivamente a la generación de inteligencia para la toma de decisiones.
- Con un mandato legal: organizar y mantener el Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad.
- Fuente pública de información y conocimiento para toda la sociedad, esto es, de acceso abierto.
- Que actúe como un puente entre la academia y los sectores gubernamental y social.

En la práctica, el hecho de que toda la información provenga de la comunidad académica mexicana e internacional, y que los resultados de estudios, programas y estrategias nacionales sean consultados y consensuados con expertos —mexicanos y algunos extranjeros— antes de ser publicados, da a la información que la Conabio ofrece a la sociedad mexicana, tanto en su página electrónica como en las publicaciones que edita, un alto grado de confiabilidad y credibilidad. Por otro lado, el que los datos provengan de la comunidad académica da a los propios académicos el sentido de coparticipación y copropiedad de la información de la Conabio.



2. Construcción de la institución

El paso siguiente fue la propuesta, por parte de Sarukhán, de la persona que se haría cargo de la conducción cotidiana de la Conabio al comienzo de su vida; decidió invitar a Jorge Soberón, quien también había regresado recientemente de realizar su doctorado en Gran Bretaña. Él aceptó con gusto ser secretario ejecutivo de la Comisión —propuesta que el Presidente respaldó sin discutirla pero solicitando al rector Sarukhán que se quedara "cuidando a la Conabio" con el cargo *pro bono* de coordinador nacional—. A Jorge Soberón la

UNAM le otorgó una licencia sin goce de sueldo para trabajar en la recién creada Comisión.

La CONABIO había ya logrado su existencia jurídica, pero también tenía que existir presupuestal y administrativamente. La preparación de un presupuesto y de un reglamento interno se realizaron gracias al apoyo de un equipo de trabajo conformado por funcionarios del gobierno federal y de la UNAM. Esos documentos fueron diseñados con gran cuidado, pensando en la operatividad y la sostenibilidad en el largo plazo de la institución. La CONABIO había sido constituida con carácter permanente, pero su composición tenía un carácter básicamente formal e incluso simbólico. El primer reglamento interior creó la figura del secretario ejecutivo de la CONABIO, y el acuerdo de creación establece que la Coordinación Nacional sería el brazo operativo de la misma institución. Posteriormente se propuso un primer presupuesto.

Aunque sea anecdótico, es interesante mencionar que el personal original estaba compuesto por Soberón, Jorge Llorente y Alejandro Peláez, y la primera "oficina" de la CONABIO fue el automóvil particular del primero. Poco después, por indicaciones de su rector, la UNAM facilitó unas modestas instalaciones físicas de su propiedad, así como algunas computadoras, para que comenzara el trabajo.

Durante los meses siguientes, la interacción con el gobierno federal fue por medio del secretario de Desarrollo Urbano y Ecología, Luis Donaldo Colosio, quien siempre se mostró entusiasmado por el proyecto. Con él y con sus subalternos se trató el tema del presupuesto. En ese momento, el personal de la CONABIO ya había crecido; contaba con una plantilla de ocho personas: Gloria Espinosa, la primera secretaria; Ana Luisa Guzmán, encargada de la parte administrativa; Alejandro Peláez, en desarrollo de bases de datos; Jorge Llorente y Hesiquio Benítez, en sistemática; Jorge Larson, en recursos biológicos; Reyes Zúñiga, en intendencia, y Jorge Soberón, como ya se dijo, secretario ejecutivo.

Del presupuesto solicitado sólo se aprobó inicialmente una muy pequeña parte, lo que obligaba a realizar el trabajo en instalaciones y con equipos prestados. Tampoco hubo la oportunidad de que algún miembro de la CONABIO asistiera a la Cumbre de Río, donde el gobierno de México anunció la existencia de la Comisión como muestra del compromiso mexicano con la protección de la biodiversidad.

Así las cosas, y parafraseando a un político inglés del siglo XIX, "como no había dinero, no había otra cosa que hacer más que pensar". Y ese pensar incluyó de manera importante dos actividades: escuchar la opinión de los investigadores de los institutos mexicanos de ciencia orientados a la biodiversidad y examinar las experiencias internacionales al respecto. La opinión de la ma-

yoría de los investigadores de México fue, con importantísimas excepciones, escéptica y, a veces, francamente negativa sobre las posibilidades de éxito de la Comisión.

Por el contrario, el contacto con otros grupos en el mundo que llevaban la delantera a la Conabio fue alentador, de gran importancia para el futuro de la Comisión y muy valioso en términos de orientación. Instituciones como el inbio, de Costa Rica, líder en la materia en Latinoamérica, famoso ya en aquella época, fue de gran utilidad. El inbio estaba no sólo realizando recolectas con la ayuda de "parataxónomos", sino que había concretado un muy publicitado contrato con los laboratorios Merck, para realizar bioprospección con fines biotecnológicos. Pero, sobre todo, estaba iniciando un programa de bioinformática, que en ese momento era cabeza en América Latina.

Y sucedió algo que resultó vital para el desarrollo de la Conabio: el asesor principal del inbio, Daniel Janzen, un visionario de la conservación y la biodiversidad, anunció que había organizado para el inbio un viaje de estudio a Australia con objeto de visitar la Environmental Resources Information Network (erin), la oficina del gobierno australiano encargada de gestionar información sobre su biodiversidad. Janzen amablemente comunicó a la Conabio que un representante mexicano sería bienvenido al viaje, siempre y cuando se pagara sus gastos.

A pesar de los escasísimos recursos presupuestales con que contaba la Comisión, se tomó la decisión de que dos de sus miembros acompañaran a los costarricenses a la visita de trabajo a la erin. Y esa visita fue fundamental para imaginar un posible futuro para la Conabio.

En ese momento Australia ya era líder mundial en manejo de información sobre biodiversidad. Contaba con bases de datos, sistemas para su manejo y métodos y algoritmos para su análisis. El personal de la erin fue extremadamente generoso con sus visitantes: compartió todo lo que se hacía y la manera como se hacía; explicó sus comienzos, sus líneas de acción y su visión de futuro; describió y mostró sus bases de datos y su manejo, los sistemas de información geográfica que se habían desarrollado y los modelos de distribución de especies con que se contaba (que en aquella época eran pioneros, aunque cabe mencionar que México tenía experiencias piloto, como ya se mencionó, primero en el Instituto de Biología de la unam y luego en el Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos [Inireb], de Xalapa, cuando fue dirigido por Arturo Gómez Pompa).

Al regresar al país, la experiencia de Australia dio pie para visualizar un modelo de futuro posible y deseable que diera respuesta a dos tipos de usuarios, gubernamentales y científicos, y a dos amplias preguntas: ¿dónde hay algo? (por

ejemplo, una especie amenazada) y ¿qué hay aquí? (por ejemplo, la lista de especies protegidas en un sitio destinado a una obra de infraestructura), a partir de tres premisas principales:

1. La estructura de los sistemas de información sobre la biodiversidad de México debería estar basada en los *datos primarios desagregados*, es decir, el eje organizador no debería ser la información elaborada —las publicaciones o los mapas en formato de imagen, o los datos existentes en la literatura especializada— sino datos crudos, que hubieran tenido una mínima interpretación y que deberían ser presentados en formatos *operables* por computadora.
2. Los sistemas de información tendrían que ser *electrónicos hasta donde fuera posible*, lo cual implicaba desarrollar capacidad informática para elaborar bases de datos muy grandes, sistemas de información geográfica para el despliegue y la visualización cartográfica, así como teoría, métodos y *software* para el análisis y la modelación.
3. Los datos deberían ser de acceso público, en línea, de manera abierta. En aquella época ya se vislumbraba el poder que iba a tener internet. Hacer los datos crudos accesibles a todo mundo por internet era un importante punto de principio y sobre el cual, para decirlo eufemísticamente, no había acuerdo (muchos de los "dueños" de los datos no estaban en el ánimo de compartir la información, y menos por internet).

Por otra parte, la experiencia de Costa Rica incluía la bioinformática, pero hacía hincapié en la búsqueda de sustancias de interés industrial o médico en las plantas y animales del país (la bioprospección). En cambio, la experiencia de Australia se orientaba mucho más a la bioinformática, usándola para ofrecer servicios a dependencias del gobierno relacionadas con la biodiversidad (agricultura, salud, bosques, pesquerías, medio ambiente). Además, los australianos tenían una estructura ya instrumentada, en operación y en uso por dependencias de su gobierno y por sus científicos. Este último modelo parecía ser el más adecuado para México. Otra importante diferencia con el INBio era que por razones estratégicas, este Instituto decidió iniciar un gran esfuerzo de recolección de especímenes, por así decirlo, "desde cero". Esto significó una enorme inversión de tiempo y dinero, pero resultó en el adiestramiento de un buen número de expertos de campo, luego llamados "parataxónomos".

Las visitas a Costa Rica y Australia, en 1992 y 1993, permitieron definir a grandes rasgos el modelo que se deseaba para la Conabio, y el trabajo tanto

Col J Hendrichs S
Col J Hendrichs S
Col J Hendrichs S
Col J Hendrichs S
Nara, Japan
2-August 1980
MASM

de Jorge Llorente (especialista en sistemática y biogeografía) como de Alejandro Peláez (especialista en informática de la biodiversidad, uno de los muy pocos en México en esa época) se orientó a encaminar a la Comisión en la dirección marcada por la ERIN.

Obtención de datos e integración de información

El modelo que se decidió desarrollar necesitaba contar con bases electrónicas de *datos primarios sobre biodiversidad*. Esto significaba recurrir, dentro del país, a las colecciones científicas existentes (una de ellas, la del Instituto de Biología de la UNAM [IBUNAM]) en cerca de una docena de instituciones, principalmente la UNAM, el Instituto Politécnico Nacional, algunas universidades estatales como las de Nuevo León y Guadalajara, e institutos de investigación y museos mexicanos; y en el ámbito internacional, a colecciones del extranjero, si es que se quería contar con los bancos de datos y sistemas de información más completos. Por supuesto, el primer contacto que se realizó fue con las instituciones mexicanas. Con notables y agradables excepciones, la respuesta fue fría. Pocas instituciones o individuos estaban dispuestos a compartir datos, y menos en formatos electrónicos, pues ninguno, con excepción de algunas colecciones en el IBUNAM y el Inireb, contaban con ellos en ese formato.

Después de una intensa labor de convencimiento, se convocó, en los primeros días de noviembre de 1993, a una reunión en Oaxaca, de un par de días, en la que se explicó a los representantes de las instituciones poseedoras de datos primarios las ventajas de una colaboración cuyo fin último sería el beneficio del propio país, haciendo énfasis en que los datos no "pertenecían" estrictamente a una sola persona o grupo, ya que en su inmensa mayoría habían sido obtenidos por instituciones públicas, usando fondos públicos y que, para utilizarlos cabalmente, deberían estar disponibles para todos los interesados.

Durante la reunión, Jorge Soberón expresó que era imperioso crear una red mexicana de información sobre biodiversidad que interconectara los bancos de datos de colecciones científicas del país, puesto que ello constituiría una poderosa herramienta para la investigación científica, en general para la Biología, y especialmente para estudios biogeográficos y taxonómicos cuyos resultados serían de gran valor para la conservación y la planeación del uso sustentable de los recursos y su monitoreo. Esto sentaría las bases de un sistema de asesoría de alta calidad y eficiencia dirigido a las dependencias gubernamentales del área ambiental.

Colección Nacional de Insectos, Instituto de Biología, UNAM.

Al final de lo que fue una tensa reunión, surgió un documento llamado "Declaración de Oaxaca",[4] en el que se asentaba que los datos de las colecciones en los museos y en los herbarios de México se compartirían, conforme fuesen siendo digitalizados, de manera pública. Aparentemente se había logrado un acuerdo, a pesar de lo polémico del tema y la resistencia de algunos grupos de taxónomos. Sin embargo, llevar este acuerdo a la práctica significó, en varios casos, lustros y hasta décadas (los datos de la principal colección mexicana de plantas, el Herbario Nacional del Instituto de Biología de la UNAM, tardaron un par de décadas en estar disponibles; sin embargo, gracias al liderazgo de la actual dirección del Instituto, se lleva a cabo la digitalización integral de la mayoría de las colecciones, con un considerable grado de avance). Por fortuna, no siempre fue esa la situación y se pudieron compartir muchos datos de manera casi inmediata; éste fue el caso de Jerzy Rzedowski, quien inició la computarización del Herbario del Bajío, en el entendido de que la base de datos se compartiría por internet. Otros ejemplos fueron los de los lepidopterólogos de la Facultad de Ciencias de la UNAM, dirigidos por Jorge Llorente, y los del Instituto de Biología, coordinados por Manuel Balcázar. De particular importancia fue la base de datos del *Atlas de las aves de México*, coordinado por Andrew Townsend Peterson, ornitólogo de la Universidad de Kansas, en colaboración con Adolfo Navarro, de la Facultad de Ciencias de la UNAM, apoyado por Hesiquio Benítez. Esta base de datos contenía, en aquella época, información de unos 150 000 ejemplares de aves mexicanas depositados en los principales museos de Estados Unidos y Europa. En contraste, también hubo algunos curadores que literalmente indicaron que "sobre su cadáver" otorgarían acceso público a los datos.

Colección Nacional de Insectos, Instituto de Biología, UNAM.

En el extranjero también hubo otros intentos pioneros para obtener datos de México, por ejemplo, con la base de datos de las asteráceas de México, compartida por José Panero, de la Universidad de Texas. Este acervo contenía datos de alrededor de 200 000 ejemplares de plantas de la familia de las margaritas recolectadas en México a lo largo de mucho tiempo y que fue puesto a la disposición de la CONABIO en cuanto se solicitó.

[4] *<http://www.conabio.gob.mx/remib/doctos/declaracion.html>*.

Estos apoyos tuvieron el efecto de sensibilizar a otros "poseedores" de colecciones que se acercaron a colaborar con la Conabio. Para ese entonces (1994), la Comisión ya contaba con un presupuesto significativo, por lo que era posible contribuir financieramente con las participaciones institucionales en la forma de proyectos. Así, la Conabio empezó a financiar o cofinanciar proyectos de computarización de colecciones mexicanas, y los apoyos, negociados con los encargados de las colecciones, incluían, por supuesto, computadoras y *software*, pero también otros requerimientos para ampliar, mantener y estudiar las colecciones científicas.

Vale la pena mencionar que el principal argumento en contra de compartir los datos (en aquellas fechas todavía se dudaba incluso de la factibilidad técnica de hacerlo) se basaba en la idea de la "biopiratería": ¿compartir los datos iba a facilitar la tarea de traficantes y bioprospectores extranjeros o simplemente ilegales? La Conabio discutió el tema extensamente, analizando experiencias en otras partes del mundo y llegó a concluir que la mayor parte de los datos se pondrían a la disposición del público y sólo los casos obvios de riesgo (especies con valor comercial y de distribución restringida) serían tratados de forma reservada. De igual manera, los datos de grupos que eran objeto de estudio monográfico en curso por parte de los especialistas taxónomos se mantendrían reservados hasta que el autor hubiese publicado su monografía. No se puede afirmar que se llegó a un verdadero consenso, pero lo cierto es que la opinión que prevaleció fue la de establecer un modelo de datos abiertos.

Las experiencias de Australia y Costa Rica ilustraban con claridad la necesidad no sólo de contar con los datos sino de poder *visualizarlos*, aunque para hacerlo se requería personal altamente calificado y contar con un sistema de información geográfica (sig) que permitiera realizar análisis cartográficos. Este tipo de *software* y *hardware* era carísimo, y sólo grandes empresas como Pemex, la Comisión Federal de Electricidad o los gobiernos de las grandes ciudades podían darse el lujo de adquirirlos. Ese "lujo" en algún caso se prestó a excesos en ciertas áreas deseosas de contar injustificadamente con esas nuevas tecnologías.

Con esos argumentos (el costo y el reducido personal de la Conabio), la Secretaría de Hacienda y Crédito Público frenó por un tiempo a la Comisión en su intento por hacerse de un sistema de esa naturaleza (y tampoco hubiera permitido pagar salarios competitivos al personal que la tarea requería). Esos lineamientos del gobierno estaban basados en principios generales de administración pública, que precedían a la aparición de las nuevas tecnologías de la información; aceptarlos hubiera implicado que la Conabio no avanzara. De hecho, haberlos aceptado hubiera puesto en entredicho la propia existencia de organismos como la Conabio, creados para satisfacer necesidades críticas pero impedi-

dos para alcanzar sus objetivos. Resultaba obvio para los miembros de la Conabio que las estructuras administrativas permitidas para la institución por las normas de la administración pública en México eran inadecuadas para su operación. En esa ocasión, sin entrar en detalles de los "estira y afloja" administrativos, finalmente la Conabio adquirió las computadoras necesarias, en número y características, para poder iniciar un sistema de información geográfico serio.

Sin embargo, se realizaron consultas con expertos en administración pública, quienes sugirieron a la Conabio adoptar ya la figura de fideicomiso privado que se había planteado inicialmente y que proporcionaba la transparencia y flexibilidad necesarias que le daban posibilidades de crecer y desarrollarse rápidamente. La constitución de un fideicomiso privado en una instancia de gobierno no fue tarea sencilla, ya que se trataba de una decisión con consecuencias políticas. Para lograr lo anterior se requirió el apoyo decidido del Coordinador Nacional de la Comisión, que había presentado la idea al presidente Salinas de Gortari, quien instruyó al respecto al secretario Colosio. El oficial mayor de la entonces Sedesol, Liébano Sáenz, se encargó de la ejecución.

Ya con la capacidad de operar ágilmente los recursos se iniciaron las convocatorias para proyectos que combinaban la computarización de colecciones con otras actividades relacionadas, como la obtención de datos sobre diferentes grupos de organismos en áreas que eran de particular importancia e interés. En general, las instituciones se comprometían a poner los datos a disposición del público, en principio por medio del sistema de información de la Conabio, pero esto no era una condición *sine qua non*. La intención era que todos los datos estuvieran digitalizados y disponibles vía internet, porque era claro que el futuro de la información sería por esa vía (la primera página web del mundo se lanzó en 1991, un año antes de la creación de la Conabio). En resumen, lo que se proponía era algo que hoy día se conoce como "proyecto *ganar/ganar*".

El Fideicomiso en Nacional Financiera

El Fideicomiso funciona con un Comité Técnico (conformado por una representación del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, un representante de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, un representante de la UNAM y una representación de organizaciones de la sociedad civil); cuenta con una infraestructura transparente y está apegado a las leyes correspondientes. El Comité tiene la responsabilidad de conocer y aprobar los presupuestos de la Conabio, así como vigilar su aplicación, en periodos trimestrales. Tiene la característica de ser un mecanismo muy ágil de uso de los recursos, lo que le ha permitido realizar adquisiciones de equipo, especialmente de cómputo, y contrataciones de personal de forma expedita. La existencia sostenida de esta figura administrativa ha resultado ser crucial para que la Comisión haya alcanzado los objetivos que el acuerdo de creación estableció y para apoyar con información confiable, creciente y basada en el trabajo de multitud de expertos nacionales y extranjeros, a importantes sectores del Ejecutivo Federal.

No obstante, la aceptación de las propuestas de la Conabio para digitalizar datos y ponerlos a disposición del público no fue (ni es en la actualidad) universal. Existían, como ya se dijo, y aún existen, investigadores o autoridades que se niegan a participar en estas iniciativas de acceso a la información, pero puede decirse que en la actualidad constituyen una pequeña minoría. La batalla a escala global por digitalizar y publicar los datos primarios sobre biodiversidad se dio en la década de los noventa, y está esencialmente ganada, como lo demuestra la operación de la gbif (Global Biodiversity Information Facility o Infraestructura Mundial de Información en Biodiversidad), que compila y pone a disposición del público más de 788 millones de registros de especies provenientes de los principales museos y redes de observadores de la naturaleza, de todo el mundo.

Muchas colecciones nacionales comenzaron a participar, pero pronto se hizo evidente que se tendría también que recurrir a las colecciones en el extranjero. La experiencia de Australia sugería, por dos razones principales, que no bastaba con tener los datos de las instituciones locales. En primer lugar, la cobertura de datos por instituciones nacionales, con excepción de los herbarios, era mucho menos completa que la contenida en muchas colecciones extranjeras. En segundo lugar, los datos más allá de las fronteras de México también eran indispensables para poder conocer mejor la biodiversidad nacional y, sobre todo, para modelar más adecuadamente las áreas de distribución de las especies. Hay que recordar que se estaban dando pasos de acuerdo con la premisa de que los datos primarios sobre biodiversidad iban a servir de la misma manera que les habían servido sus datos primarios a los australianos: esencialmente construyendo modelos estadísticos. Si bien existía una corriente de opinión que difería y que pensaba que era mucho más fácil y menos costoso en tiempo y recursos hacer uso de la literatura (o sea, no de datos primarios, sino elaborados), la postura que prevaleció en la Conabio fue la basada en la experiencia de los australianos, quienes a partir de datos primarios y bioinformática prestaban multitud de servicios, a diferencia por ejemplo de India, que había trabajado con datos bibliográficos que hacían casi imposible extraer información útil en plazos cortos.

Se empezó entonces a trabajar con instituciones extranjeras y, otra vez, la Conabio se enfrentó en algunas circunstancias a rechazos o renuencias, aunque en otras recibió los apoyos con gran generosidad. También hay que mencionar que en algunos casos se necesitó recurrir a fuentes publicadas. Un ejemplo de lo anterior fue el *Index Kewensis*. El Jardín Botánico de Kew, uno de los dos más importantes del mundo, publicaba en aquel entonces un cd con información taxonómica de especies de plantas. Cuando la Conabio se acercó a ellos para

solicitar acceso a sus bases de datos, las autoridades del Jardín sugirieron que se utilizara el CD, mismo que permitiría tener acceso a la información dato por dato (no en bloque). Así se hizo y, en cuestión de una mañana, los expertos informáticos habían abierto toda la información, lográndose analizar la base de datos en su integridad. Como era de esperarse, los datos contenían errores: nombres de especies escritos de varias maneras, familias de especies que no existían o taxonomías muy antiguas; la ortografía del mismo nombre con variaciones, o nombres de especies en dos o tres familias al mismo tiempo. Esa situación era la regla en todas las bases de datos taxonómicas del mundo.

Un caso paralelo fue el de la otra autoridad mundial en botánica, el Jardín Botánico de Misuri. Esta institución siempre ha ayudado a la CONABIO. Se decidió solicitar acceso a su gigantesca base de datos: Tropicos. La solicitud que se hizo al director, Peter Raven, fue atendida con gran generosidad, pues ofreció compartir todos los datos de México que ellos tenían. La oferta se agradeció cumplidamente, pero se le hizo saber que no era suficiente. Cuando se le dijo que la CONABIO quería tener acceso a todos los datos de la base Tropicos del Jardín Botánico de Misuri (los datos de todo el mundo), el doctor Raven se sorprendió, lo pensó unos momentos y concedió su aprobación (fue el turno de los mexicanos de sorprenderse). Pero incluso eso no era suficiente. El representante de la CONABIO se atrevió a solicitar acceso en línea a las bases de datos (estrictamente hablando, establecer un "espejo" de los datos, con los campos de interés de la CONABIO), para contar con información actualizada, día a día. Nuevamente, Raven —aunque otra vez sorprendido— aceptó apoyar nuestra solicitud, no sin advertir que eso sería técnicamente muy difícil de lograr. Sin embargo, los técnicos informáticos de la CONABIO ya estaban listos para realizar la aplicación necesaria.

Se instaló en las computadoras del Jardín Botánico de Misuri un *software* desarrollado por Raúl Jiménez, y la CONABIO empezó a recibir información de sus bases de datos. El primer análisis de los datos de Misuri (casi 450 000 ejemplares) motivó, después de meses de trabajo, la elaboración de un informe de inconsistencias en los datos, que básicamente eran problemas de ortografía y de taxonomías incon-

Ejemplar de herbario de *Chaptalia madrensis*. Royal Botanical Gardens, Kew, en colaboración con la Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

TS

sistentes. En una reunión posterior con los encargados de la colección, el informe fue muy agradecido.

Estos dos ejemplos, basados en la información provista por las dos principales autoridades botánicas del mundo, mostraron la urgente y crítica necesidad de desarrollar herramientas bioinformáticas para detectar inconsistencias y errores y, en consecuencia, solicitar a los expertos su corrección.

Era evidente que la informática era la clave para llevar a la práctica los propósitos de la Conabio, y que habría que desarrollar la infraestructura propia, en un universo en el que los pocos países interesados realizaban sus aplicaciones independientemente de los demás. En el Reino Unido se utilizaba un sistema llamado Brahms; en Australia usaban su propio sistema; en el inbio el suyo, atta; Misuri tenía Tropicos, y la Conabio desarrolló el sistema Biótica.

Por otra parte, el trabajo sobre el *modelo de datos* taxonómico y el desarrollo de herramientas para detectar inconsistencias en los datos estaba ya en marcha. El problema, sin embargo, era verdaderamente complejo cuando se trataba de datos de los diferentes reinos, a la escala de un país megadiverso. A pesar de ello, el área de sistemas de la Conabio se dio a la tarea de ir resolviendo dichos problemas, y empezó usando en plan piloto la base de datos de México y América Central compartida por el Jardín Botánico de Misuri. El primer informe de errores e inconsistencias fue presentado a Misuri y aceptado por ellos, resultando de gran importancia para el Jardín Botánico y para la Conabio.

Otra anécdota que ilustra la complejidad de compartir datos es la relativa a la base de datos del *Atlas de las aves de México*, coordinada por los doctores Peterson, de la Universidad de Kansas, y Navarro, de la Facultad de Ciencias de la unam. Esta base estaba siendo compilada visitando todos los museos del mundo que tenían ejemplares de aves recolectados en México. Una muy completa colección de aves estaba en el Museo Nacional de Historia Natural de la Institución Smithsoniana de Estados Unidos y era prioritario contar con su colaboración. La Conabio envió a su secretario ejecutivo a dar una conferencia en la Smithsonian para hablar de los beneficios de una política de datos abiertos. Al final de la conferencia se hicieron algunos comentarios que cuestionaban la ventaja de compartir los datos primarios y se mencionaron los altos costos de la digitalización. En preparación de lo que probablemente iba a pasar, Jorge Soberón llevaba un "disquete" que contenía los datos de ejemplares de aves mexicanas depositados en las colecciones de la Smithsonian, producto del segundo proyecto financiado por la Conabio y realizado por Adolfo Navarro Sigüenza.[5]

[5] <*http://www.conabio.gob.mx/institucion/cgi-bin/datos2.cgi?Letras=A&Numero=2*>.

El encargado de asuntos internacionales del Museo (doctor Len Hirsch, quien ya falleció), inmediatamente los aceptó y ofreció compartir todos los datos del Museo, oferta que se ha mantenido a partir de ese momento.

El procedimiento para obtener datos primarios estaba ya constituido. La Conabio, como ya se dijo, comenzó a patrocinar proyectos de otras instituciones y personas tanto para computarizar colecciones como para realizar recolectas *de novo*. Se emitían concursos mediante una convocatoria pública y las evaluaciones eran realizadas por comités externos de pares; los resultados de las evaluaciones eran transparentes y los apoyos resultaban expeditos. Durante los primeros 15 años, alrededor de 60% del presupuesto de la Comisión se destinaba al apoyo a proyectos. La Conabio otorgaba al Instituto de Biología de la unam y a organismos similares mayores recursos que el propio organismo de apoyo científico, el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt). A algunos influyentes investigadores mexicanos no les parecía bien este modelo porque argumentaban que los proyectos de computarización no eran de ciencia *sensu stricto*. En contraposición, se puede decir hoy que, a la larga, esta infraestructura de datos ha permitido desarrollar un sinnúmero de investigaciones originales y una cantidad sustancial —y creciente— de publicaciones científicas.

Ya desde esa época se puede afirmar que la Conabio ha estado a la vanguardia mundial en computarización de datos, sólo después de los australianos. Sin duda, va a la cabeza de todos los países latinoamericanos, aunque Brasil está avanzando notablemente. Estados Unidos trató, hace cerca de 20 años, de crear su propia agencia nacional de biodiversidad, pero fue un proyecto fallido; los australianos siguen siendo los líderes, ya que además de que cuentan con gran tradición, con tecnología de punta especializada y una extensa base de científicos capacitados de primer nivel, tienen una cultura de estrecha colaboración con empresas privadas.

Una circunstancia particularmente afortunada al término del gobierno del presidente Salinas fue la instauración en la siguiente administración de la Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (Semarnap) que tuvo a su cargo Julia Carabias Lillo. El hecho no sólo fue muy afortunado para la Conabio sino para todo el país. La gestión de Julia Carabias marcó un parteaguas en lo que se refiere a la legislación: la

Ejemplar de carpintero imperial (*Campephilus imperialis*). <*www.biospherapicture.com.mx*>

LDV-R

inclusión y el posicionamiento del tema ambiental en la agenda política de México.

A mediados de los noventa la Conabio ya estaba invirtiendo considerables recursos en construir un sistema de información sobre la biodiversidad del país. El Sistema ha requerido casi 20 años para operar adecuadamente, porque tanto el diseño como la construcción y la operación eran retos tremendamente complicados, y en un principio no se aquilató correctamente el grado de complejidad técnica del tema.

El grupo internacional Taxonomic Databases Working Group, TDWG (hoy Biodiversity Information Standards), realizaba reuniones a las que funcionarios de la Conabio asistían justamente para discutir detalles sobre el diseño e instrumentación de sistemas computacionales para datos de biodiversidad, sobre su actualización y sobre la definición de los retos todavía no resueltos. Aun así, México tuvo que resolver por sí mismo innumerables problemas tecnológicos para llegar al punto donde está ahora, en el que contamos con uno de los sistemas de obtención, manejo, visualización y análisis de datos primarios sobre biodiversidad más avanzados en el mundo. Sin embargo, es necesario estar conscientes de que falta mucho por lograr.

Para 1996 ya se contaba con el sistema de información llamado Biótica, con algunas bases de datos, con una incipiente experiencia en modelación y con la capacidad de realizar estudios de orientación geográfica, usando el Sistema de Información Geográfica; la Conabio contaba también con cierta capacidad para manejar información satelital.

En esos tiempos, y con el fin de dar a conocer su trabajo y temas sobre biodiversidad en general, la Conabio empezó a publicar el boletín de divulgación *Biodiversitas*, que aparece mensualmente desde entonces. También se comenzaba a elaborar el primer "Estudio de país", panorámica del país basada en la literatura, ya que aún las bases de datos y los sistemas de información estaban en desarrollo. Este estudio, publicado en 1998, consistió en una revisión bibliográfica del tema y unos mapas, por cierto hechos a mano (todavía no había la capacidad cartográfica que se tiene ahora) que derivó en la Estrategia Nacional de Biodiversidad publicada en el año 2000.

Finalmente, la Conabio apoyaba un considerable número de proyectos en las instituciones interesadas en la biodiversidad nacional aunque, en realidad, todavía no prestaba verdaderos servicios al gobierno federal. En muchos sentidos el propósito del acuerdo de creación de la Conabio ya se había instrumentado, pero su verdadero momento aún no había llegado.

Aspectos internacionales

A partir de los años noventa, el país comenzó a participar en reuniones internacionales relativas al tema del medio ambiente, y resultaba natural que si se tenía una recién creada dependencia para atender los asuntos relacionados con la biodiversidad, sus representantes formaran parte de las delegaciones mexicanas que asistían a esos foros. Es entonces cuando la Conabio empieza a desempeñar un papel crecientemente importante en el ámbito internacional; su participación implicaba emitir opiniones expertas acerca de temas diversos relacionados con la biodiversidad, lo cual dejó clara la necesidad de realizar un análisis más profundo de los datos primarios y de contar con la opinión de expertos nacionales e internacionales.

Cuando se creó la Conabio, México era ya país miembro de varios convenios multilaterales sobre el medio ambiente y además participaba regularmente en la Reunión Anual del Comité Trilateral México-Canadá-Estados Unidos para la Conservación y el Manejo de la Vida Silvestre y los Ecosistemas, organizada desde hacía muchos años para discutir temas comunes en el grupo compuesto por las tres dependencias encargadas de la vida silvestre en dichos países. La Trilateral se reunía —y sigue haciéndolo— una vez al año. A raíz de la firma del Tratado de Libre Comercio de América del Norte se creó otro organismo internacional más: la Comisión de Cooperación Ambiental (cca), con sede en Montreal. Todas estas dependencias estaban relacionadas con la biodiversidad, ya sea por su interés en la vida silvestre y su comercio o en temas de diversidad biológica en general.

El gobierno mexicano acostumbraba enviar a esas reuniones a funcionarios de la Secretaría de Relaciones Exteriores y autoridades ambientales, a embajadores especializados y, posteriormente, también a directivos del Instituto de Ecología dependiente de la Secretaría de Medio Ambiente. Una vez creada la Conabio se decide que sería esta nueva Comisión la que llevaría la Agenda de la Biodiversidad del país. Es difícil saber cuál fue el propósito de esa acción en aquel entonces, pero el hecho es que la Conabio recibió —de entrada y al poco tiempo de haber sido creada— un enorme, complejo y delicado trabajo internacional para atender, compilar, sistematizar y llevar los temas a buen puerto. Las agendas de convenios como la cites (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Flora y Fauna Silvestres) o el cdb (Convenio sobre la Diversidad Biológica) eran muy complicadas técnica y procedimentalmente, al tratarse de convenios diplomáticos sujetos a los modos y reglas de una negociación entre países. Así, el secretario ejecutivo de la Conabio empezó a asistir a esos foros internacionales, a veces solo y otras acompañando a Juan

Antonio Mateos, embajador de carrera del Servicio Diplomático Mexicano, muy reconocido y acreditado en las negociaciones diplomáticas sobre aspectos ambientales. Se trataba de reuniones de corte político-diplomático (no tenían nada que ver con una reunión académica), y al principio el secretario ejecutivo de la Conabio desempeñaba un papel de asesor técnico, que era para el que estaba formado como biólogo. El embajador Mateos compartió, generosamente, su larga experiencia como diplomático, ilustrando sobre técnicas de procedimiento durante las negociaciones, sobre quiénes eran y cómo se manejaban los aliados históricos del país (lo cual en cierta medida dependía de los temas), cuáles eran, y con quién, los conflictos añejos, cuáles las posiciones históricas de México ante temas como la no intervención, la autodeterminación, la cooperación tecnológica y muchos otros. Este adiestramiento práctico resultó invaluable para la Comisión, dada la gran complejidad de una negociación internacional.

En esa época México formaba parte todavía del grupo de naciones conocido como el G77 más China —el grupo de los países en desarrollo—, pero muy pronto se dio el cambio al grupo de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (ocde). Esa transición significó una profunda transformación en lo que respecta a la profesionalización de la Conabio en el ámbito internacional. El *modus operandi* de los dos grupos era muy diferente, y no es indiscreto decir que en el foro de la ocde el nivel de profesionalismo diplomático era más alto. Así, las delegaciones de la Conabio tuvieron que desarrollar, muy rápidamente, un estándar diplomático al que no estaban acostumbradas. La profesionalización de la Conabio en el ámbito de negociaciones internacionales era una gran preocupación para la Comisión. A comienzos de siglo xxi, con el cambio de la administración en el gobierno de México, el embajador Mateos dejó de asistir a las reuniones y sin su valioso apoyo los representantes de la Conabio tuvieron que pedir ayuda a países con más experiencia, como Canadá y Australia, o como Brasil, en la parte latinoamericana. Por su parte, la Secretaría de Relaciones Exteriores apoyó a la Conabio mediante asesoría y guía regular, por parte de sus funcionarios (como Dámaso Luna), y con cursos de técnica diplomática que resultaron muy útiles. Tanto la sre como las delegaciones de los países mencionados fueron extremadamente generosas en la labor de instruir a los miembros de la Conabio. En el caso de las delegaciones de Canadá y Australia, la ayuda llegó al punto de explicar el funcionamiento y desarrollo de los *brief binders*, o sea, las carpetas en las que las delegaciones de esos países detallaban, para cada punto de la Agenda de la reunión, los antecedentes, las opiniones de las diferentes dependencias nacionales (y de la sociedad civil), y los lineamientos generales de las decisiones. A veces, hasta la instruc-

ción específica de sus gobiernos sobre la manera de votar. Todo lo que se iba a tratar y todo lo que ya se había tratado sobre un tema estaba en el *brief*, documento que hasta ese momento los representantes de la Conabio no usaban (con excepción de Brasil, las naciones del G77 más China, tampoco usaban *briefs*), pero, esencialmente, todas las delegaciones del grupo de la OCDE llegaban a las reuniones perfectamente preparadas, habiendo leído y estudiado todos los documentos y sabiendo las posiciones de cada uno de los encargados, en sus países, de manejar los diversos temas.

A partir de ahí, el área internacional de la Conabio, dirigida por Hesiquio Benítez, inició la costumbre de solicitar reuniones de consulta con las dependencias del Ejecutivo Federal involucradas en los diferentes puntos de la agenda de cada reunión de la CITES y del CDB (así como con ONG interesadas) y de compilar *briefs* de México de manera electrónica. Esto permite hoy a la Conabio tener información de cada una de las reuniones internacionales a las que ha asistido desde 1994, con todas las negociaciones ambientales, las opiniones, las preguntas y los resultados de las mismas. La elaboración del *brief* mexicano, que incluye la consulta no sólo a funcionarios sino a un buen número de organizaciones de la sociedad civil, erradicó la improvisación en la participación de México e inició una nueva era en este aspecto. Sin embargo, el aprendizaje hacia la profesionalización de la participación en reuniones internacionales no se dio en poco tiempo; fue un proceso de años que quizá aún no termina. Lo que sí se puede afirmar es que México —y por supuesto la Conabio—, debido a ese proceso, maneja sus negociaciones internacionales en materia de biodiversidad con un estándar profesional a la altura de los mejores del mundo.

Otra costumbre que inició la Conabio fue la de apoyarse directamente en expertos nacionales de nuestras universidades. En materia de la CITES y del CDB, la Conabio promovió la participación regular de investigadores mexicanos como asesores y expertos en muchos temas del CDB (Amanda Gálvez, Facultad de Química de la UNAM) y de la CITES (Rodrigo Medellín, del Instituto de Ecología, y Patricia Dávila, botánica, hoy directora de la Facultad de Estudios Superiores de Iztacala, de la UNAM), quienes asisten o asistieron regularmente a las reuniones y se han convertido, a lo largo del tiempo, en expertos negociadores para lograr acuerdos. Resulta interesante que sobre la base de estas experiencias se han dado cursos en diversas universidades para preparar a la gente en estos menesteres, a veces muy técnicos: cuál es la estructura de un convenio multilateral, cómo se negocia, bajo qué reglas; cómo se lee el sistema de documentos de la ONU, cómo se lee el complejo lenguaje diplomático, cómo se organiza el

brief, cómo se preside una reunión, cómo comunicarse ágilmente con los aliados o cómo se realizan negociaciones tras bambalinas.

Con el tiempo se logró conformar en la Conabio un equipo de personal calificado y adiestrado en el área internacional que, además de hacer bien su trabajo, lo disfrutaba. Algunos de los nombres pioneros son: Mariana Bellot, Humberto Berlanga, Jorge Larson, Hesiquio Benítez y Jorge Soberón.

Para 1997-1998 ya la sre no enviaba un embajador a cada reunión; para la CoP de Bratislava en 1998 nombraron a Jorge Soberón jefe de la Delegación; es decir, cada vez había más confianza en los buenos oficios de la gente de la Conabio. En particular, esa reunión en la capital de Eslovaquia fue especialmente tensa y en ella se requirió un apoyo intensivo y a larga distancia de funcionarios de la sre (nuevamente Dámaso Luna) para discutir la propiedad intelectual del conocimiento de los pueblos indígenas, tema que tenía muchas aristas complicadas.

En las reuniones de la cites pasaba algo semejante: había ya mucha más confianza en la Conabio y se pudo mostrar el acertado quehacer de la delegación mexicana, en buena parte gracias al sistema muy ágil y novedoso de *briefs* electrónicos, y al uso pionero de tecnología de redes sociales para estar conectada en tiempo real con los asesores científicos. Ello llevó a que el Estado mexicano nombrase a la Conabio autoridad científica para los casos de competencia de la cites.

Integración de bases de datos con información satelital

Hacia fines de los noventa, el trabajo de obtener e integrar las bases de datos estaba avanzando rápidamente. Se tenían proyectos con el Instituto de Biología y la Facultad de Ciencias de la unam, con la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del ipn, con el Instituto de Ecología, A.C. de Xalapa, y con varios otros institutos de investigación estatales. Ahora bien, los datos que se conseguían y recibían de herbarios y museos constituían una especie de base estática, histórico-geográfica, pero no permitían saber lo que pasaba en el momento. Era claro que se necesitaba, además de la información de base, un monitoreo en tiempo real y, por tanto, una antena de datos satelitales que permitiera a la Conabio recibir e interpretar imágenes del país de manera regular. Esta necesidad se manifestó de manera crítica en 1998.

Ese año, como efecto del fenómeno climático de El Niño, se sucedieron una serie de incendios mayúsculos en todo el mundo —especialmente en Brasil, Indonesia y Estados Unidos—. En México los incendios adquirieron di-

mensiones enormes, no vistas en más de un siglo. Estos incendios no los podía monitorear la Conabio directamente, al no contar con antenas receptoras propias, así que se aprovecharon los contactos con agencias de Estados Unidos que lo hacían. Los estadounidenses le proporcionaron a la Conabio las imágenes provenientes de un satélite militar, que ellos mismos estaban utilizando para estudiar la dinámica de sus incendios. Las imágenes llegaban a la Conabio sin procesar y con un día de atraso (en Estados Unidos se tenía que revisar el material antes de enviarlo, por cuestiones de política interna de seguridad). Además, la información llegaba con la advertencia de que seguramente no se iba a poder usar porque no tenía un formato estándar o comercial. Otra vez, la Dirección de Bioinformática se dio de inmediato a la tarea de analizar las imágenes, realizar las transformaciones matemáticas necesarias para convertirlas a un formato plano, georreferenciarlas (a mano, al principio) y luego buscar los "puntos de calor". Este trabajo extraordinariamente difícil le llevó al grupo de bioinformáticos dos o tres semanas (desde luego, robándole horas al sueño); así, en alrededor de 20 días, la Conabio ya pudo, con un día de diferencia, decir con precisión en dónde y de qué magnitud eran los incendios que estaban asolando el país. Más aún, la Conabio empezó a imprimir esa información en mapas para trabajar conjuntamente con la titular de la Semarnap, Julia Carabias, y su equipo de apoyo. Lo anterior ejemplifica la importancia que la Conabio empezó a adquirir para la toma de decisiones en relación con la biodiversidad, sobre todo en situaciones de contingencia nacional.

Instalación de la antena MODIS en el edificio de la Conabio.

La Agencia Alemana de Cooperación le había ofrecido a la Conabio ser parte de su proyecto "expertos integrados", que consistía en apoyar a investigadores alemanes para hacer estancias en organismos de investigación en el mundo, por lo menos durante dos años. Al aceptar la Conabio su participación (a todas luces beneficiosa para ambas partes) solicitó que el perfil de los investigadores incluyera su experiencia en el tema de satélites. Estos expertos fueron, entre otros, Michael Schmidt y Rainer Ressl, colaboradores, desde entonces, de la Conabio.

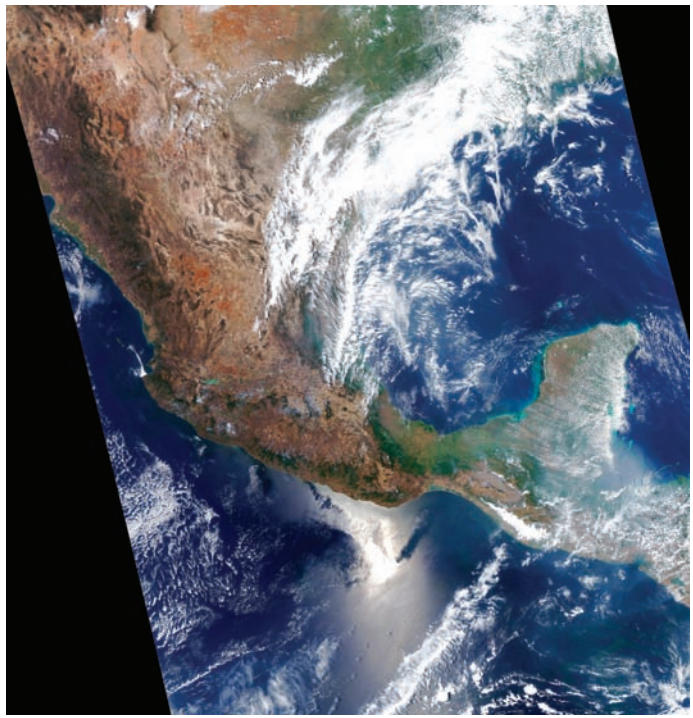
Un poco después sucedió algo que dio como resultado un importante avance para

el país en el tema de la biodiversidad: el Centro de Prevención de Desastres se dio cuenta del poder de información científica alcanzado por la Conabio y del alto nivel de los recursos humanos con que contaba, y propuso a la Comisión comprarle una antena satelital capaz de recibir las señales del sensor MODIS, mejor que el AVHRR que la Conabio usaba, con mayores posibilidades y capacidad. Ressl y Schmidt fueron quienes asesoraron en 2001 a la Comisión en la compra de la antena que se necesitaba, la antena satelital MODIS; la pusieron en operación y capacitaron a personal de la Conabio en la parte técnica. La influencia de estos expertos también tuvo un efecto en cuanto al profesionalismo y responsabilidad que imprimieron a su quehacer.

Cuando montaron la antena hubo unos días de gran desconcierto porque los expertos alemanes le comunicaron a Jorge Soberón que la antena MODIS, que había costado una cantidad considerable de dólares, no funcionaba bien porque el *software* estaba calibrado para regiones pequeñas, y cuando se manejaba el país completo la curvatura de la Tierra afectaba, y esa parte no estaba considerada en el producto vendido. Ellos mismos hablaron con la compañía estadounidense que vendió la antena, y tal debe haber sido su protesta que se consiguió que al día siguiente la empresa vendedora estuviera en México, arreglando el desaguisado. Ressl y Schmidt atrajeron a otros europeos y enviaron a mexicanos a Alemania; se puede afirmar que la participación extranjera en la Conabio ha dado excelentes frutos.

Una vez dominada la percepción de incendios, se decidió que había que automatizarla. Silke Kerkhoff, una de las expertas alemanas que llegaron posteriormente, se dedicó a programar lo que el grupo de bioinformática había hecho a mano al principio, utilizando ahora los datos de la antena MODIS, que recibía una cantidad impresionante de información diariamente. Kerkhoff programó para que se georreferenciaran y se detectaran los puntos de incendio y para que, hecho esto, se enviara automáticamente por correo electrónico la información de su entidad a todos los responsables en los estados a quienes correspondía la atención de los incendios. Ese *software* ha funcionado tan bien que es usado ahora en la Agencia Espacial Alemana y en varios países europeos.

Imagen del satélite MODIS del 16 de abril de 2013.



Es interesante mencionar que el problema de si los datos que poseía la Conabio debían ser públicos o no se volvió a manifestar respecto a la información de los incendios. Se tenía el dilema, entre algunas autoridades gubernamentales y la Conabio, acerca de si la información sobre los incendios debería ser pública, como opinaba la Comisión, o no. Después de varios debates, la secretaria Carabias zanjó la discusión: la información se hizo del dominio público y desde entonces está en la página web de la Conabio y cualquier persona interesada puede consultarla; las presiones de la prensa amarillista desaparecieron.

Con sus imágenes y sistemas, la Conabio obtiene también información de los incendios del sur de Estados Unidos y de toda Centroamérica. Con el reporte de los incendios en Centroamérica la sre procedió a consultar a los países de la región respecto a su posición sobre hacer pública la información. Guatemala fue el primer país centroamericano en responder, no sólo estando de acuerdo en que se exhibiera, sino que solicitaron ayuda para capacitar a sus técnicos y para utilizar el *software.* Ahora esta información se envía diariamente a todos los países centroamericanos.

3. Conocimiento de la biodiversidad

¿Dónde se encontraba la Conabio a principios del nuevo milenio? En aquel entonces se puede decir que estaba en plena adolescencia. Ya se recibían diferentes tipos de datos regularmente y se ofrecía apoyo económico a múltiples instituciones y a personas para recabarlos y analizarlos y, como resultado de ello, había ya un claro aprecio por el trabajo desarrollado. Como resultado de haber logrado en Oaxaca el acuerdo para compartir datos, ya nadie se molestaba porque esos datos estuvieran en la red. De manera regular y profesional se generaba una diversidad de mapas y había varios proyectos que apoyaban a comunidades rurales sobre el uso sustentable de la biodiversidad, que posteriormente se cristalizaron en el proyecto Recursos Biológicos Colectivos, liderado por Jorge Larson y financiado por la Fundación Ford. El objetivo principal era reconocer productos cuyo aprovechamiento fuera amigable con la biodiversidad y diseñar estrategias para incrementar su valor en el mercado, por ejemplo mediante marcas colectivas y registro de denominaciones de origen. Algunos ejemplos fueron: mezcales, langostas, aguas de manantial, mieles y pita de la selva (fibra vegetal utilizada para ciertas artesanías).

Para esas fechas se trabajaba armoniosa y fructíferamente con la Semarnat y se empezaba a colaborar con otras secretarías de Estado; la de Agricultura, por

ejemplo, tenía una petición para importar abejorros de Israel para polinizar jitomate mexicano. Esa Secretaría hizo la consulta a la Conabio, y como ya para entonces la Comisión tenía capacidad de modelación, se pudo advertir que dichos abejorros eran altamente invasores, así que lo más probable era que compitieran con alrededor de 30 especies mexicanas. Por las razones anteriores se sugirió que no se diera el permiso de importación y se propusiera al importador la cría de abejorros del país.

Se recibía al menos una solicitud de éstas al día y cada una de ellas implicaba el trabajo de por lo menos 10 personas para recabar los datos, hacer los mapas y modelos y generar el reporte. Además, estaban las solicitudes de información que llegaban por internet: cuando en 1995 se elaboró la página de la Conabio, una de las primeras que tuvo el gobierno federal, se recibían más visitas que las que recibía en su página la Cámara de Diputados.

El siguiente paso que la Conabio se planteó en su desarrollo consistió en lograr que los datos estuvieran accesibles "en red". La Comisión de Cooperación Ambiental —Estados Unidos, Canadá y México—, producto del Tratado de Libre Comercio, se había propuesto investigar si se podían compartir datos ambientales vía internet, y decidió hacer una prueba con los que se tenían sobre biodiversidad. En 1997, los tres países querían desarrollar los instrumentos para que diferentes dependencias pudieran, de manera ágil y expedita, compartir los mencionados datos. El reto técnico era difícil porque los datos estaban almacenados en formatos diferentes; sin embargo, la cca decidió enfrentarlo y le dio a la Conabio, a la Universidad de Kansas y a Environment Canada la encomienda de hacerlo. Se creó para ello el proyecto North American Biodiversity Information Network (nabin), en 1999, mediante el cual fueron ideados dos sistemas para que cualquier persona pudiera tener acceso mediante internet a las bases de datos de biodiversidad que tenían museos y colecciones de todos los países, de manera directa, sin centralizar los datos. El sistema de la Conabio se llamó *Remib*, Red Mundial de Información sobre Biodiversidad.[6] El que se construyó en la Universidad de Kansas, *Species Analyst*, fue elaborado con una tecnología completamente diferente y dejó de funcionar hace unos 10 años.

Anecdóticamente se puede añadir que, a pesar de lo expresado, el sistema de la Universidad de Kansas era conocido y citado regularmente en los foros internacionales sobre bioinformática de la biodiversidad y no así el mexicano Remib (la explicación de por qué el sistema mexicano parecía no existir, cuando los dos funcionaban y fueron creados al mismo tiempo, es tema para los sociólogos de la ciencia). Sin embargo, ocurrió algo que hizo cambiar esa situación: se llevó a cabo una reunión en Washington, convocada por la Organización de los Estados Americanos, para elaborar una red de información sobre biodiversidad de todo el hemisferio occidental. Ante la asistencia de representantes de todos los países que conformaban esa Organización se le solicitó al representante de la Universidad de Kansas una demostración del funcionamiento del sistema Species Analyst y, para su mala suerte, el sistema falló. Entonces alguien se acordó de que la Conabio también había desarrollado un sistema para tal propósito y así, sin previo aviso, se le pidió al secretario ejecutivo, representante de la Conabio en la reunión, que hiciera una demostración de Remib. La demostración fue exitosa, se consultaron en línea, frente al público y en tiempo real, las colecciones de docenas de instituciones y, a partir de ahí, Remib se convirtió en un ejemplo sobre la po-

[6] <*http://www.conabio.gob.mx/remib/doctos/remib_esp.html*>.
[7] <*http://www.gbif.org/*>.

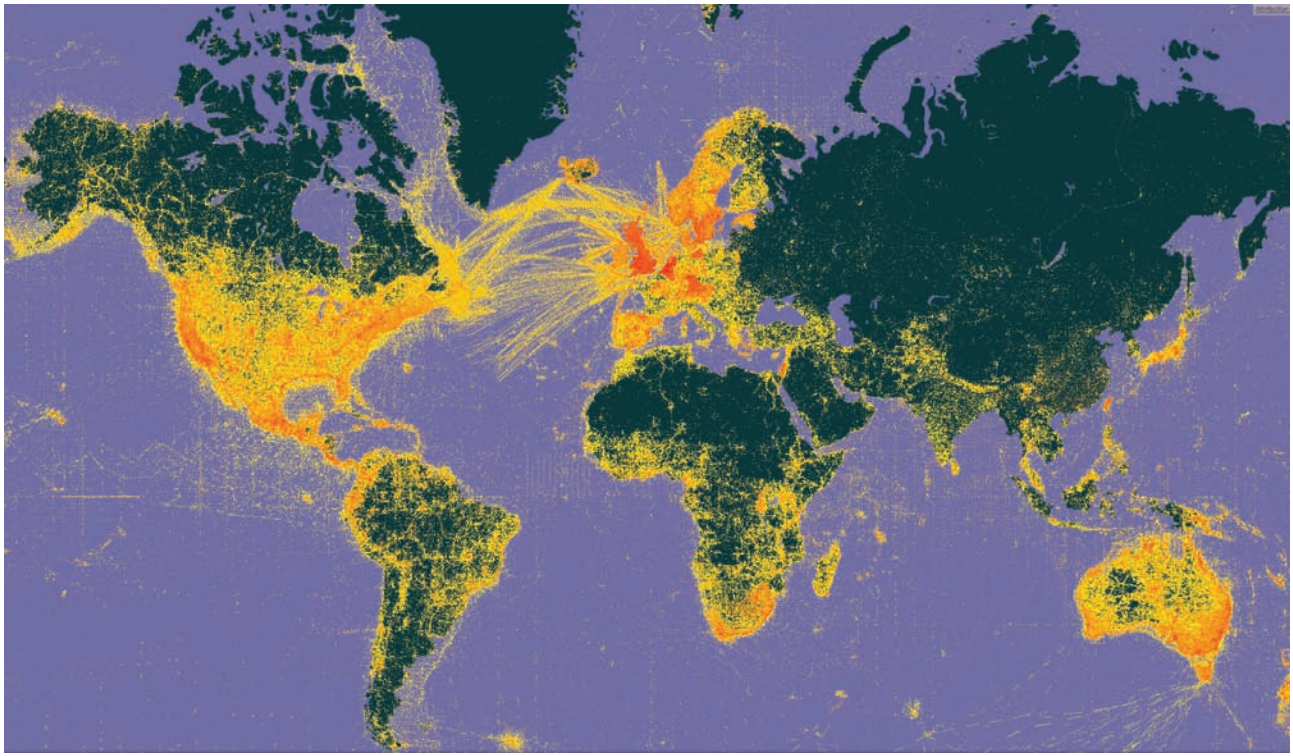
sibilidad real de consultar y compartir de manera interoperativa los datos sobre biodiversidad. NABIN fue la prueba conceptual del sistema de la Global Biodiversity Information Facility (GBIF),[7] un sistema impulsado y sostenido por la OCDE.

Interconexión de bases internacionales de datos científicos

Desde 1994, México formaba parte de la OCDE, que organizaba el Foro de Megaciencia, en el que se discutían temas que implicaban recursos para megaproyectos que utilizaban, entre otros, aparatos como grandes aceleradores de partículas o telescopios espaciales. En uno de esos foros para discutir el tema de la bioinformática en Ecología, hubo una voz muy coordinada entre los representantes de México (en particular de la CONABIO) y los australianos, lo que dio origen a una serie de reuniones a las que se invitó a participar a México, y a las que asistía la CONABIO como representante del Conacyt.

Como producto de estas pláticas, surgió en 1999 una iniciativa mundial, la Global Biodiversity Information Facility, para interconectar bases de datos

Imagen de registros accesibles por medio del GBIF (casi 800 millones), julio de 2017.



científicos sobre biodiversidad de todo el mundo, accesibles por internet de manera libre y gratuita, coincidiendo con el principio fundamental de la visión de la Conabio desde su creación, y cuya factibilidad ya había sido demostrada en los proyectos de nabin, a fines de los noventa (ya se había construido la Remib entre Estados Unidos, Canadá y México). Las negociaciones para la construcción de la gbif duraron varios años en los que México y Australia fueron, por su experiencia, los pilares del portal gbif. Esta entidad internacional es la proveedora, por mucho, del mayor número de datos sobre biodiversidad. Tiene del orden de 788 millones de registros de todo el mundo y sigue creciendo. Estados Unidos contribuye con alrededor de 200 millones de datos, Canadá, con 20 millones, y México con alrededor de 7 millones de datos. Nuestro país está entre los que más datos aportan (más que muchos de los europeos). También está México entre los primeros lugares en las estadísticas de uso de la gbif. El país que más utiliza la gbif es Estados Unidos para aplicaciones en salud, agricultura, investigación científica y ecológica, pero inmediatamente en esa lista de uso están países como México, Brasil e India, lo que demuestra la gran utilidad de poner datos sobre biodiversidad al alcance de todos los interesados.

El comienzo del análisis y uso de los datos primarios

Para fines de los noventa, en Australia se trabajaba en los "huecos" de información que había en las colecciones y para ello se estaban desarrollando metodologías para extrapolar estadísticamente el conocimiento de las bases de datos a regiones inexploradas (y de las cuales no se tenía información) del país. Por ejemplo, si una especie era conocida de cinco lugares diferentes, con esa información los modelos computacionales que habían desarrollado proporcionaban una hipótesis sobre el área completa de distribución de esa especie, con base en sus características bioclimáticas. Ese trabajo, para la época, era no sólo novedoso sino práctico, porque los australianos contaban con pruebas de la capacidad predictiva de dichos métodos.

En México se habían hecho intentos similares, por los años setenta, encabezados por Arturo Gómez Pompa en el Inireb, pero con tecnología de aquella época. Se necesitaba ahora, para entrar a un proyecto de esa naturaleza, tener digitalizados los datos de las colecciones y contar con cartografía de variables climáticas y topográficas en formato electrónico. Aunque hacia el final de la década de los noventa la Conabio ocupaba un lugar de avanzada en relación

con los datos digitalizados, todavía no se tenía en el país la cartografía en forma electrónica, ni siquiera en el INEGI.

La CONABIO propuso entonces al Instituto de Geografía de la UNAM un proyecto con ese propósito: realizar la cartografía electrónica de los climas y la topografía del país. La titular del proyecto, Enriqueta García, con su grupo, trabajó espléndidamente, y en poco tiempo se tuvieron los mapas climáticos electrónicos para empezar a desarrollar los modelos de distribución de especies.[8]

El asunto era de tal manera vanguardista que sólo en algunas partes del mundo se sabía cómo hacer modelos con esa metodología. La CONABIO utilizó el programa GARP (de origen australiano) que residía en el Centro de Supercómputo de San Diego, y que utilizaba un algoritmo de inteligencia artificial alimentado con los datos de las colecciones y los datos climáticos en formato electrónico, para calcular el área de distribución teórica. Lo anterior pudo hacerse, por fortuna, mediante internet y, además, con el apoyo del grupo australiano que había desarrollado el programa GARP y que, tiempo después, cedió su *software* a la Comisión, aunque con la advertencia de su complejidad. Este "regalo" permitió que Raúl Jiménez y su grupo reescribieran el código del programa para que, en unos cuantos meses, la CONABIO tuviera su propio GARP "corriendo" en sus computadoras, sin tener que depender del Centro de San Diego. El GARP en la CONABIO funcionó muy bien y los resultados de las predicciones han tenido gran valor práctico en muchos casos.

Se hicieron, de entrada, una serie de pruebas "rápidas" con tesistas que hacían predicciones, básicamente para aves, en lugares que nunca habían sido visitados. En trabajo de campo, ellos corroboraban la existencia de tal o cual especie predicha por los modelos.

Así, la capacidad de hacer predicciones abría para la CONABIO una puerta insospechada de aplicaciones que produjo mucho entusiasmo, a pesar de que había algunas trabas, en particular la relacionada con los huecos de información de las colecciones del extranjero, que estaban en constante actualización.

Lo indicado para solucionar ese problema era tratar de conectar todas las bases de datos de colecciones existentes, problema que muchos expertos consideraban imposible de resolver. Sin embargo, para esa fecha la factibilidad ya se había demostrado con el proyecto de la NABIN, inspirador de la GBIF. Se comentó en líneas anteriores que la Comisión para la Cooperación Ambiental apoyó dos proyectos para ese propósito: Species Analyst (de la Universidad de Kansas), basado en un protocolo de bibliotecas, y la Remib, con la propuesta elaborada

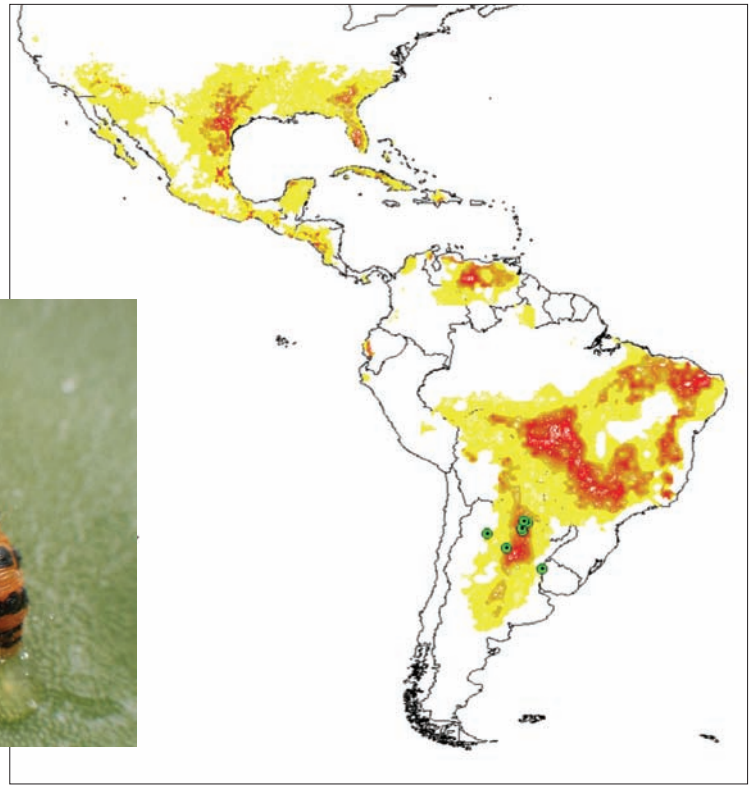
[8] <*http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/?vns=gis_root/clima/climas/clima1 mgw*>.

por la Conabio, que iba mucho más a fondo, al utilizar el protocolo básico de internet, tcp/ip.[9] Así, Raúl Jiménez diseñó unas pequeñas aplicaciones que se instalaban en las computadoras, logrando que se pudieran ver y consultar los datos de los tres países.

La Remib permitió, por su solidez y confiabilidad, que la Comisión estuviera en posibilidad de apoyar al gobierno de México —que enfrentaba serios problemas, por ejemplo, con especies invasoras—, con información oportuna y con capacidad de cómputo para la toma de decisiones sobre aspectos de la biodiversidad de la nación.

De la mayor importancia fue el hecho de que el trabajo de modelación de especies realizado en la Conabio permitió caer en la cuenta de que el algoritmo

[9] tcp/ip es un conjunto de protocolos que permiten la comunicación entre las computadoras pertenecientes a una red. La sigla significa protocolo de control de transmisión/protocolo de internet.



Distribución conocida de *Cactoblastis cactorum* (puntos verdes), y zonas de similitud climática (en rojo, zonas con mayor probabilidad de invasión). Abajo a la izquierda, larvas de la palomilla.

GARP, más que modelar la distribución de una especie, predecía áreas de distribución potencial; es decir, predecía aquellas áreas en donde la especie invasora podría adaptarse si llegara a ese lugar. El primer ejemplo de aplicación de este caso fue el mapa de las áreas en riesgo de ser invadidas por la palomilla del nopal (*Cactoblastis cactorum*), que condujo a la toma de decisiones al respecto por parte de la Secretaría de Agricultura.

Esta conclusión, además de que no era trivial y de que tomó tiempo entenderla a cabalidad, por lo complejo de los sistemas y algoritmos utilizados, representaba un potencial enorme para el tratamiento de las especies invasoras, ya que hasta entonces se sabía por dónde ingresaba una especie al país pero no hacia qué áreas se iba a expandir; prever su expansión era, en sí, un asunto estratégico. Ya se mencionó aquí un buen ejemplo de especie muy invasora sobre la cual la Sagarpa solicitó, en su momento, una opinión a la CONABIO para su importación y comercialización en el país: el abejorro polinizador del jitomate. En otros casos, las evaluaciones de impacto ambiental que realizaban compañías consultoras privadas eran verificadas, como segunda opinión, por la CONABIO. Así, primero para una segunda opinión, y después de manera rutinaria, la Semarnat empezó a pedir ese tipo de evaluaciones a la CONABIO. Lo mismo sucedió con los permisos de aves canoras y de ornato y los permisos para la creación de unidades de manejo de vida silvestre, entre otras.

La palomilla del nopal es un buen caso para ejemplificar. Esa especie, originaria de Sudamérica, del noroeste de Argentina, estaba haciendo destrozos en el estado de Florida en Estados Unidos, acabando con los nopales de la región. En la CONABIO se hicieron los modelos de invasión de la palomilla en territorio mexicano, además de los que mostraban su internación en el sur del país vecino del norte. Se vio que, una vez que pasara por la cuenca del Misisipi, emigraría hacia el suroeste de ese país, donde hay decenas de especies de nopales que estarían en peligro de desaparecer. Además de tomar las medidas precautorias y de control por parte del gobierno mexicano y la emisión de una alerta de sanidad vegetal, pues se encontraron palomillas en Isla Mujeres, frente a la costa de Quintana Roo, el Departamento de Agricultura de Estados Unidos exhibió, durante un buen tiempo en su página web, la información generada por la CONABIO, que se muestra en la figura.

La CONABIO ha sido útil no sólo para los investigadores o instituciones a los que ha apoyado en sus proyectos, sino que también ha cosechado resultados entre los tomadores de decisiones. Y si los primeros años de la CONABIO fueron para preparar el terreno —es decir, conseguir los datos, construir las bases y sistemas de información, tener la capacidad técnica y de cómputo, intercam-

biar datos y hacer modelaje y consolidar capital intelectual—, posteriormente ya se podían contestar preguntas provenientes de instancias gubernamentales y ser de gran utilidad para tomar buenas decisiones, basadas en información confiable. Con el tiempo también quedó claro que la Conabio tenía entre sus funciones la de actuar como puente entre los tomadores de decisiones en las diferentes instancias gubernamentales y los científicos, dos ámbitos que antes no tenían comunicación directa ni fácil ni ágil.

Aunque todavía había muchas consultas que no se podían resolver por falta de información, siempre se podía solicitar a un grupo científico que hiciera un estudio sobre el tema en cuestión, aportando así alternativas de solución. En la cites, por ejemplo, debido a presiones comerciales de los productores de piel de cocodrilo de Estados Unidos, el cocodrilo mexicano (*Crocodylus moreletii*) había sido colocado en el Apéndice 1, que enlista las especies con las cuales está prohibido realizar comercio internacional. Sin embargo, en México había un número significativo de granjas de cocodrilos, sustento de muchas familias. Cuando el cocodrilo mexicano entró al Apéndice 1 de la cites se produjo un gran desconcierto y descontento entre los dueños de las granjas y se le solicitó a la Conabio su asesoría y opinión. En ese caso no fue suficiente la consulta a bases de datos y se hizo necesario realizar estudios de campo en varios estados para evaluar los tamaños de las poblaciones de cocodrilo, tema que llevó tiempo e implicó recursos importantes. Así, la Comisión apoyó a una serie de investigadores para que determinaran si la especie estaba o no amenazada y, finalmente, después de varios años, con los resultados de campo incontrovertibles, se logró levantar la prohibición impuesta por la cites, al presentar el gobierno de México el "Certificado de No Detrimento", realizado por expertos mexicanos, en la Conferencia de las Partes de la cites.

Cría de *Crocodylus moreletii*, Palizada, Campeche.

Otra situación similar ocurrió con el guayacán (*Guaiacum sanctum*), un árbol tropical de México que también estaba en los apéndices de la cites que impedían que se utilizara para su comercialización (el guayacán es un árbol con un alto valor comercial para la industria farmacéutica). Al requerírsele su opinión, la Comisión consideró necesario llevar a cabo estudios, realizados por los especialistas en ecología de poblaciones de árboles tropicales, sobre la distribución actual y la demografía del guayacán en México y así determinar tasas

sustentables de aprovechamiento. El resultado del trabajo fue que el árbol en cuestión tenía múltiples poblaciones sanas, y se pudo calcular una tasa de aprovechamiento sustentable que no pusiera a la especie en riesgo de extinguirse. Sobre esta base se solicitó a la CITES su exclusión del Apéndice 1, abriéndose incluso mercados para su comercialización.

Sobre la gestión institucional

A pesar del trabajo realizado desde su inicio, la CONABIO enfrentaba cada año, durante los tres primeros lustros de su vida, un doble problema: por un lado la imposibilidad de un aumento del presupuesto federal, que se mantuvo igual al otorgado en 1993, lo que significó una reducción permanente en términos reales año con año, y, por otro, el riesgo de sufrir recortes aún mayores, debido a que la partida presupuestal de la que provenían los recursos ("donativos y apoyos especiales") para su operación era una que todos los años sufría reducciones por parte de la Secretaría de Hacienda. El desgaste constante para obtener recursos y la viscosidad burocrática relacionada con este esfuerzo fueron factores que llevaron a Jorge Soberón —hasta el año 2005 secretario ejecutivo de la Comisión— a decidir su regreso a la labor académica, lo que ocurrió cuando aceptó una invitación de la Universidad de Kansas para un puesto como profesor/investigador en el área de bioinformática, de la cual esa Universidad es uno de los líderes en el mundo.

A la salida de Jorge Soberón hubo que pensar en sustituirlo. Aunque se planteó la posibilidad de que José Sarukhán tomara el cargo en ese entonces, ello no fue posible debido a sus compromisos académicos. Se tomó por tanto la decisión de encomendar la conducción de la Comisión a la física Ana Luisa Guzmán, quien se había incorporado a la institución casi desde el principio de las actividades de la misma. En el año 2010, José Sarukhán asumió la posición de Coordinador Nacional de la Comisión, nombrado por el Presidente de la República, pero ya no en las condiciones honorarias que había tenido hasta ese momento.

En el periodo entre 2005 y 2010 tuvieron lugar varios sucesos de importancia en las áreas administrativa y económica de la CONABIO. El primero de ellos fue que, debido a la ya mencionada impredecibilidad presupuestal de los limitados recursos asignados a la CONABIO por el gobierno federal, se llegó a la conclusión de que sería necesario explorar otras formas de operación y gobernanza que permitieran resolver esos problemas financieros. Ana Luisa Guzmán, tomó directamente a su cargo la tarea de explorar mecanismos para solventar la situación descrita.

Ése fue un largo y complicado proceso, lleno de vericuetos legales y administrativos que consumió varios años de trabajo y de ires y venires, pues cada una de las secretarías de Estado que conformaban la Comisión Intersecretarial tenían que avalar el cambio, además de que la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, y varias otras instancias, tenían que aprobar los impactos financiero, regulatorio, administrativo y operacional, entre otros.

Cuando, después de varios años la propuesta estuvo lista, fue presentada al Presidente para su aprobación y firma. El Presidente de la República, en ese entonces Felipe Calderón, sostuvo con José Sarukhán varias pláticas sobre el complejo asunto y, como resultado de ellas, el presidente Calderón, dado el desempeño impecable de la Comisión durante casi dos décadas, llegó a la conclusión de que no era conveniente un cambio en su estatus organizativo y operativo y decidió mantener su diseño original. Finalmente, y para alivio de todos, ésa resultó ser la mejor solución ya que, por otro lado, el asunto central que promovía el interés en la Conabio para ese cambio había sido resuelto un par de años antes por una generosa decisión del presidente Calderón, quien ante gestiones de Sarukhán, había aprobado un aumento sustancial al presupuesto de la Conabio, prácticamente triplicándolo y, además, de manera importante, volviéndolo regularizable.

Aspectos de legislación

En lo que se refiere a la interacción de Conabio con las esferas legislativas, la Comisión participaba intensamente en asuntos de legislación en las cámaras de Diputados y Senadores, actividad que se consideraba prioritaria y a la que se le asignó la más alta jerarquía y atención. Por esa época se discutían varias leyes relativas al acceso a los recursos genéticos, a la bioseguridad y a la vida silvestre, esta última muy relacionada con la libre movilidad de los científicos mexicanos para salir al campo a realizar sus investigaciones. La opinión de la Comisión en esos temas era fundamental para que en las leyes quedara plasmado —fuera de burocracias administrativas— el papel y quehacer del investigador y de las instituciones dedicadas al estudio de la naturaleza. Resultaba claro que la Comisión tenía que prepararse y llevar un registro minucioso de las sesiones camarales relacionadas con el manejo y la utilización de los recursos naturales renovables del país. para apoyar los puntos que eran de vital importancia para el trabajo de investigación y el desarrollo del estudio de la biodiversidad de México. La Conabio desempeñó un papel crucial en esos años,

en cuanto a las leyes que se emitieron sobre la diversidad biológica nacional y su manejo.

De igual manera, la información (satelital y biológica) ofrecida por la Conabio permitió a la Suprema Corte de Justicia de la Nación (SCJ) resolver demandas de particulares y del municipio de Tulum contra la Semarnat, que exigían la remoción del decreto de instalación del Área Natural Protegida de Tulum, en la península de Yucatán.[10] La decisión de la SCJ fue de gran importancia pues sentó precedentes de jurisprudencia para la protección de los decretos de instauración de la Áreas Naturales Protegidas del país.

Acerca del uso de la biodiversidad

Debido al consistente trabajo de la Conabio, su visión, claridad de metas, tradición y memoria de largo plazo, la Semarnat le solicitó, a fines de 2000, hacerse cargo de un programa transexenal que hasta ese momento había manejado la propia Secretaría: el Corredor Biológico Mesoamericano. Este programa representó un enorme reto para la Conabio, tanto por sus características de trabajo de campo con comunidades locales como por su grado de dificultad; esto llevó a un debate interno profundo sobre la experiencia de la Comisión, más orientada a la asesoría y la generación de información científica que a la operación en el campo. Al final, pesó más en la discusión la importancia del proyecto y el camino ya andado por la entonces Semarnap —que no era recomendable desechar— así como probar una nueva área que se abría a la Conabio, para aplicar los conocimientos adquiridos sobre el país en beneficio de las comunidades que vivían de los ecosistemas, lo que ayudaría a echar a andar a cabalidad el tema del "uso" de la biodiversidad, como parte integral de su quehacer.

El proyecto contaba con un apoyo económico del Global Environment Facility (GEF) ejercido por el Banco Mundial como la agencia implementadora. Independientemente de las auditorías, visitas e informes constantes que había que entregar, requeridas como parte de los numerosos procedimientos establecidos por la agencia implementadora, los logros del programa se alcanzaron gracias a la política seguida por la Conabio de establecer agendas conjuntas de trabajo entre la Comisión y los campesinos, sin tratar de imponer formas que

[10] Veredicto de la SCJN contra los demandantes, que sentó precedente para la protección de todas las ANP del país, disponible en <*www2.scjn.gob.mx/juridica/engroses/cerrados/425/08000720.009.doc*>.

alteraran sus procedimientos de trabajo y sus tiempos. Ello implicó, por más dos años, asistir a muchas asambleas de discusión para tratar de llegar a puntos y estrategias comunes y, por otro lado, condujo a ser cautos con los recursos del GEF mientras no se alcanzaran acuerdos con las comunidades. Para dar una idea de la problemática, baste decir que algunas de las reuniones se llevaban a cabo en lengua maya lacandón (la CONABIO contaba con personal que la hablaba), y en alguna ocasión los observadores del Banco Mundial —que no conocían la lengua— consideraron estas reuniones como poco útiles, pero para el director del programa (Gustavo Ramírez), que contaba con un doctorado en biología y cuya lengua materna era el zapoteco, y su personal hablante de maya lacandón, habían sido un éxito.

Lo que se discutía en estas reuniones tenía que ver con el aprovechamiento sustentable de la selva como recurso. La misión de la CONABIO consistía en encontrar, conjuntamente con las comunidades, formas no destructivas de actividad económica, como plantaciones de café de sombra, de cacao, realización de silvicultura diversificada, turismo ecológico, etcétera.

Cosecha de café, Motozintla, Chiapas.

Después de dos años y medio de dura labor y confrontados por las presiones de operación del Banco, tomó la estafeta del programa Pedro Álvarez Icaza, quien logró renovar el convenio con el Banco Mundial y consiguió otros apoyos importantes, federales y estatales, para su desarrollo en los siguientes años, mostrando un modelo innovador de horizontalización de políticas públicas para la protección de la diversidad biológica del sureste mexicano.

De igual manera, se trató de aprovechar el proyecto del Corredor Biológico Mesoamericano para probar *in situ* algunas de las enseñanzas que el trabajo de las diferentes áreas de la Comisión había ido acumulando hasta entonces.

También con apoyo del Banco Mundial se diseñó el proyecto Sistemas Productivos Sostenibles —y actualmente se desarrolla—, una secuencia natural del proyecto cuyo objetivo es incrementar el valor económico de un número selecto de productos obtenidos por los miembros de las comunidades dueñas de los ecosistemas (*v.g.* café orgánico, miel, etc.) de manera amigable con la biodiversidad, mejorando los ingresos económicos de las comunidades y estimulando con ello la conservación de los ecosistemas.

4. Hacia la etapa de inteligencia

Sin duda una de las características que distinguen la información que la Conabio ha compilado en este cuarto de siglo es que los datos básicos que se han utilizado para la construcción del snib así como para la producción de reportes específicos, como por ejemplo los monitoreos quinquenales de manglares mexicanos[11] o las evaluaciones sobre riesgos y amenazas de especies, son producto del trabajo de investigación de los expertos en cada campo que laboran en las instituciones académicas y de investigación en el país. Como resultado, la información producida por la Comisión tiene la mayor solidez académica posible y por lo tanto concita una alta credibilidad en los medios social y gubernamental.

Adicionalmente, esta forma de operar produce en los académicos participantes un sentimiento de apropiación de los resultados y reafirma el papel de puente ejercido por la Conabio entre la academia, las instancias gubernamentales y la sociedad.

La Conabio, fuente de información confiable para la toma de decisiones

En el año 2005 la Comisión contaba con bases de datos de tamaño muy significativo en términos nacionales, mayores que las de Estados Unidos (que contaba con muchos más datos pero dispersos en las numerosas instituciones de manera no coordinada.)[12] Se tenía, además, una creciente capacidad de análisis informático, con tradición y experiencia, con modelos de datos en operación, con la posibilidad de consultar datos interoperativamente,[13] y con capacidad para el análisis de información geográfica seria, equivalente a la que realizaba el inegi. Se tenían antenas satelitales y el sistema de detección diaria de incendios en tiempo casi real —proporcionando gratuitamente la información a todos los países de Centroamérica— y que operaba también en la zona sureste de Estados Unidos. En fin, la Conabio, para entonces, con las serias e importantes capacidades desarrolladas en esos años, era fuente de información confiable a la que se dirigían académicos, organizaciones de la sociedad civil y el gobierno. En particular, la Semarnat hacía

[11] <*http://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/manglares2013/manglares.html*>.
[12] Esta situación ha comenzado a cambiar con la creación de iDigBio (Integrated Digitized Biocollections), con apoyo del gobierno de Estados Unidos.
[13] La Remib, de la que ya se hablado aquí.

consultas diarias sobre impacto ambiental, manejo de vida silvestre y diseño y localización de áreas naturales protegidas, que se respondían con ayuda de las bases de datos y los sistemas de información con que contaba la Comisión.

Se continuaba también con el apoyo financiero a proyectos de interés para la Comisión de investigadores y universidades, en números un poco más limitados que al inicio, pero que permitían seguir creciendo continuamente en términos de datos. Un esfuerzo importante fue el programa de digitalización de las colecciones científicas que aún no habían pasado por este proceso: se reunieron recursos suficientes para financiar a varias de las instituciones que tenían las colecciones más importantes como el Herbario Nacional y las colecciones zoológicas del Instituto de Biología, los Herbarios del Instituto de Ecología de Xalapa (Inecol) y de El Colegio de la Frontera Sur (Ecosur).

Debido a la amenaza a escala global que significan las especies invasoras para la biodiversidad mundial, se decidió que era importante que la Conabio integrara la información sobre este tema de gran importancia, lo que la convirtió en el Punto Focal[14] para especies invasoras, y posteriormente elaboró, con la participación de expertos en el tema, la Estrategia Nacional sobre Especies Invasoras en México.[15]

Una importante decisión consistió en realizar el segundo "Estudio de país", como un compromiso adquirido por las naciones signatarias del cdb. Para 2005 el volumen de información biológica, las capacidades cartográficas en el snib y el tamaño de la comunidad científica dedicada a temas de biodiversidad habían crecido considerablemente, lo cual permitió, inspirados en el *Millennium Ecosystem Assessment*, emprender un segundo estudio, llamado *Capital natural de México*. Éste concitó la participación de unos 750 especialistas, entre autores de capítulos y revisores de los mismos, coordinados por la Conabio. Los tres primeros volúmenes se publicaron en 2008-2009, y el cuarto en 2016.[16]

Antes de realizar este esfuerzo, en la Conabio ya se tenía clara la necesidad de contar con información más fina para la toma de decisiones, por lo que derivado del primer Estudio de país (1998) y la Estrategia Nacional de Biodiversidad (2000), realizados ambos por la Conabio, desde 2004 se había comenzado un trabajo al nivel estatal para compilar información de "grano más fino" involucrando a los sectores gubernamental, social y académico de las en-

[14] En este contexto, Punto Focal es la dependencia de gobierno que tiene a su cargo, como contraparte nacional, los asuntos relativos a algún convenio o tratado firmado por México.
[15] <*www.biodiversidad.gob.mx/invasoras*>.
[16] <*http://www.biodiversidad.gob.mx/pais/capitalNatMex.html*>.

tidades. El resultado fue un diagnóstico de la biodiversidad de cada estado y una estrategia estatal para el manejo y conservación de su biodiversidad local. Actualmente se trabaja con 23 de las 32 entidades de la República.[17] Cabe mencionar que, adicionalmente, en 2016 se publicó la nueva Estrategia Nacional sobre Biodiversidad de México, que fue presentada exitosamente en una sesión especial durante la CoP de Biodiversidad en Cancún, a fines de 2016.

Avances con nueva tecnología satelital

En 2007 la Agencia Espacial Alemana (DLR) tenía instalada en África una antena Landsat que operaba en condiciones subóptimas. Se consultó entonces a la Conabio sobre la factibilidad de mover la antena a México. Para dar una idea de la magnitud de esta iniciativa, baste decir que un receptor del sensor AVHRR puede construirse caseramente; lo correspondiente para MODIS implica adquirir equipo comercial con un costo del orden de 200 o 250 000 dólares, y la antena Landsat es un equipo con un costo de decenas de millones de dólares.

Finalmente, después de un minucioso análisis, un grupo interinstitucional aprobó importar la antena —propiedad de Alemania— a México para ser instalada en Chetumal (Estación para la Recepción de Información Satelital, ERIS); durante una época México fue el único país de América Latina con una antena de este tipo. Además de la Conabio, la antena es utilizada por varias instituciones, entre ellas el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) y otros institutos de investigación. La ERIS recibe una enorme cantidad de señales diferentes, tiene capacidad para "bajar" información de satélites americanos, europeos, de India, brasileños, etc. y es considerada tecnología espacial mayor. La negociación para la importación de la antena se hizo básicamente entre el INEGI, el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, la Secretaría de Hacienda y Crédito Público y, desde luego, la Conabio. El Colegio de la Frontera Sur hospedó la antena en sus instalaciones en Chetumal.

La acumulación de datos en la base del SNIB y la creciente mejoría de imágenes satelitales permitieron hacer una primera evaluación de la forma en que las áreas naturales protegidas cumplían con su cometido de conservar y proteger la biodiversidad mexicana; un primer estudio,[18] realizado en 2007, utilizó polígonos de 250 km^2 y definió que sólo alrededor de un 25% de los

[17] <*www.biodiversidad.gob.mx/region/EEB/estudios.html*>.
[18] <*www.biodiversidad.gob.mx/pais/vaciosyom.html*>.

elementos prioritarios para ser conservados (zonas de alta diversidad o que contienen altos niveles de endemismos o de especies en riesgo de extinción, etc.) estaban representados en las áreas naturales protegidas (ANP). Ésta era la primera, pero aún burda, aproximación al análisis de la eficacia de las ANP. En los dos últimos años, con mayor número de datos y mucha mejor cartografía, la CONABIO ha producido un nuevo análisis de "vacíos y omisiones" pero ahora a una escala de 1 km^2 que permite una mucho mejor aproximación para estimar la eficiencia de las ANP, especialmente para definir de manera más precisa las áreas prioritarias para conservación en el país.

Conforme se ganó experiencia en el monitoreo permanente de los manglares mexicanos, la CONABIO exploró las formas de extender ese esfuerzo al resto de los ecosistemas mexicanos, al menos de los más relevantes. Para definir los cambios de contraste en la cobertura de la vegetación a una escala apropiada para la extensión territorial, seleccionar los puntos más relevantes de cambio en

la cobertura de vegetación (para enfocar en ellos imágenes de mucha más alta resolución) y lograr un análisis de mayor detalle, se optó por utilizar una metodología automatizada, sin necesidad de intervención humana, ya que resultaba claro que era imposible usar la misma metodología aplicada para el monitoreo de manglares (dada la gran extensión y la complejidad del territorio mexicano).

De manera casi paralela, y especialmente por el trabajo realizado en los manglares, se despertó el interés por extender el esfuerzo de monitoreo al sistema oceánico de México y la opción natural fue elegir el Sistema Arrecifal Mesoamericano que en una gran porción se encuentra frente a las costas de la Península de Yucatán extendiéndose más allá del límite con Belice. Este estudio ha comprendido no solamente los aspectos de batimetría y cartografía del sistema y la zona cercana de la costa, sino el monitoreo de los procesos de blanqueo de los sistemas coralinos.

Casi simultáneamente la Conabio ha puesto a la disposición de la comunidad académica y de los interesados en el tema, el monitoreo diario de todo el sistema marino del país, basado en imágenes satelitales modis.

Aunque desde fines de la década pasada la Conabio había financiado proyectos de investigación relacionados con los parientes silvestres de cultivos nativos de México, dos derivaciones particularmente importantes se desprendieron en los últimos siete u ocho años. La primera consistió en un magno proyecto, resultante de la necesidad de conocer, de manera precisa, el o los centros de origen de maíz en nuestro país así como el número de cultivares sembrados en la actualidad. Con ese conocimiento se podrá implementar cabalmente la Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticos Modificados (que claramente establece que no está permitida la siembra comercial en México de variedades transgénicas de cultivos cuyo origen es el territorio mexicano) y resolver los numerosos conflictos generados por los intentos de sembrar comercialmente líneas transgénicas de maíz. El estudio, requerido a la Conabio por las secretarías de Agricultura y de Medio Ambiente y Recursos Naturales, fue realizado por decenas de especialistas que trabajan en instituciones gubernamentales y académicas,[19] y coordinado por la Comisión.

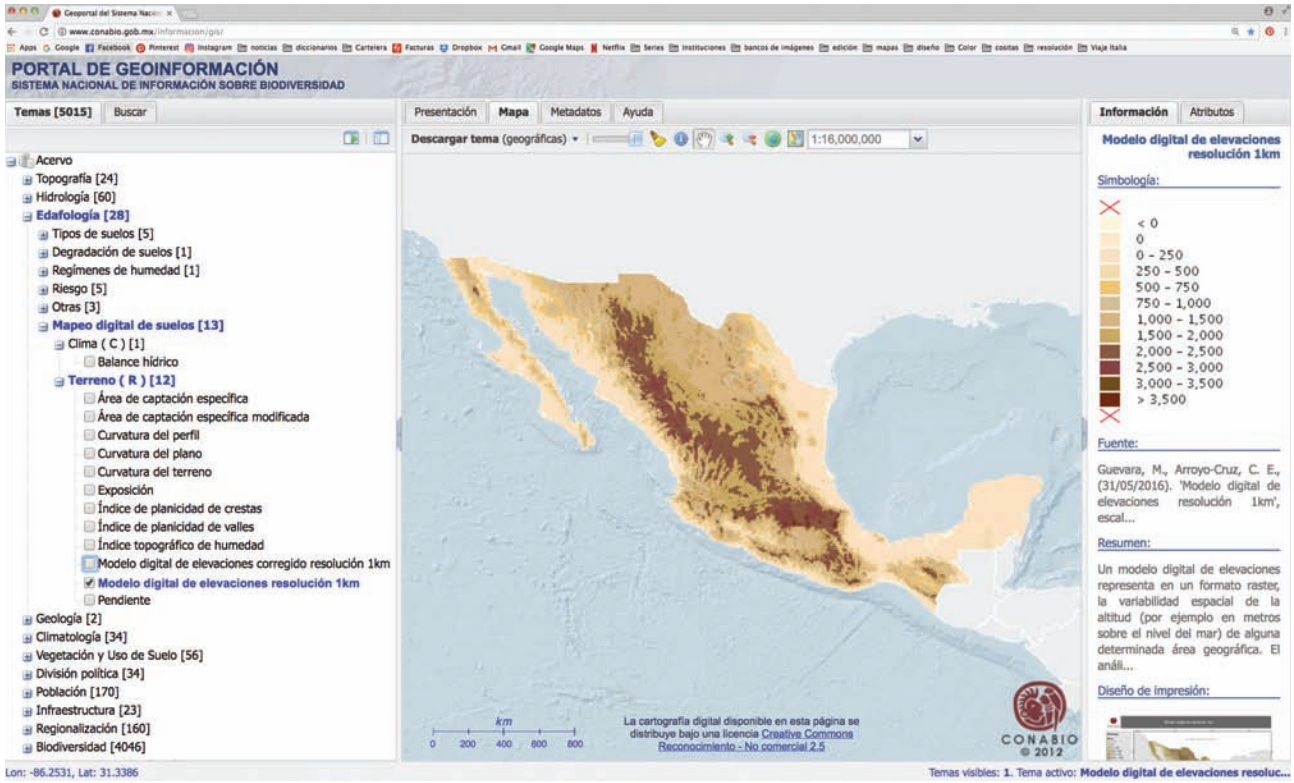
Aparte de producir la información más completa con que México cuenta acerca del maíz (número de variedades nativas, sus áreas de distribución y datos sobre la genética de sus parientes silvestres, los teocintles, entre otros) inspiró la gestación de otro gran proyecto acerca de la diversidad genética de los principales cultivos originados en México y la de sus parientes silvestres, el cual fue

[19] <*www.biodiversidad.gob.mx/genes/proyectoMaices.html*>.

presentado al GEF y está en sus fases finales de aprobación para comenzar a mediados de 2018, con la FAO como instancia gestora del proyecto. Éste será un proyecto que contará con la participación amplia de disciplinas, instituciones mexicanas e investigadores, e incluirá a los campesinos, que han mantenido el proceso de evolución bajo domesticación de todos los cultivos que constituyen el alimento diario de la población mexicana desde hace siglos.

Al inicio de la década de 2010, la Coordinación Nacional de la CONABIO encargó a Jorge Larson iniciar esfuerzos para enriquecer la matriz de conocimiento ambiental del país, con la inclusión en la matriz de suelos de México los componentes de clima, topografía, geología, etc. que integraba el Sistema de Información Geográfica de la CONABIO. Ésta no fue, ni es, una tarea trivial; sin embargo, como se relata con detalle más adelante, en el desarrollo de las actividades de la Comisión se han logrado avances importantes que conducen a contar con una cada vez mejor y más completa matriz ambiental de suelos para el país.[20]

[20] (*<geoportal.conabio.gob.mx>* —en la sección de edafología y mapeo digital de suelos).



En 2011, la Conabio recibió la grata noticia de que el Comité Presidencial de Asesores en Ciencia y Tecnología (pcast en inglés), del presidente de Estados Unidos, había sugerido, en un estudio de las estrategias para conservar el "capital ambiental" de ese país,[21] a la Conabio como modelo a seguir por sus características de operación y por constituir un *broker* honesto e imparcial en la generación de información y recomendaciones al gobierno mexicano. Huelga decir la satisfacción que tal mención constituyó para el personal de la Conabio. Y más tarde, al inicio del gobierno del presidente Enrique Peña Nieto, la Conabio participó en el programa "Cruzada contra el Hambre" de la Secretaría de Desarrollo Social. Tal participación consistió en integrar la información sobre diversidad biológica de los 100 municipios más marginados que constituían el objetivo inicial de la Cruzada. Como resultado, la Conabio produjo, más allá de la información requerida para los 100 municipios, la integración total de absolutamente toda la información, demográfica, social, económica existente en todas las oficinas del gobierno federal para todos los temas en las mencionadas áreas para todos municipios del país (2 446), que puede ser consultado digitalmente[22] y que permite producir documentos municipio por municipio. Ese análisis se lleva a cabo, en la actualidad, a nivel de localidades (más de 100 000). Cabe mencionar también que en 2014 el Secretariado General de la cites, reunida en nuestro país, reconoció a la Conabio por su excelente trabajo como autoridad científica para los fines de ese organismo.

Comunicación con la sociedad

Desde hacía tiempo saltaba a la vista la necesidad de "traducir" a la sociedad, con un lenguaje apropiado para los diferentes niveles de la misma, la información científica que se había ido obteniendo en la Conabio. Se llegó a la conclusión de que esa acción permitiría sensibilizar a la población en relación con la importancia de los temas ambientales, instruyéndola de manera amena y accesible y creando una cultura de defensa del capital natural del país. Un importante paso en esa dirección fue la contratación de Carlos Galindo Leal —doctorado en Biología por la Universidad de Columbia Británica—, al frente de un

[21] pcast 2011, Report to the President "Sustaining Environmental Capital: Protecting Society and the Economy" <*https://obamawhitehouse.archives.gov/sites/default/files/microsites/ostp/pcast_sustaining_environmental_capital_report.pdf*>.
[22] <*www.biodiversidad.gob.mx/atlas/*>.

pequeño pero eficaz grupo de jóvenes dedicado a la divulgación de la información científica generada por la Conabio, para dirigirla tanto al público no especializado como a grupos académicos y de personas responsabilizadas de la toma de decisiones. La conformación del grupo pudo darse gracias a los recursos adicionales obtenidos hacia el final de la primera década del siglo xx. Se visualizó, asimismo, la importancia de hacer partícipe a la sociedad en el proceso de generación de información útil, con el propósito de ampliar el acervo del conocimiento de la naturaleza de nuestro país, por medio de lo que se conoce como "ciencia ciudadana", cuyo efecto quizá más importante es la construcción de una cultura de defensa de la naturaleza.

Respecto a esto último, Humberto Berlanga, por parte de la Conabio, había visitado el laboratorio de Aves de la Universidad de Cornell, en el estado de Nueva York, y conoció el sistema de ciencia ciudadana eBird, desarrollado en esa institución, que integraba la información obtenida por ciudadanos aficionados a la observación de aves a una base de datos. En ese momento, eBird tenía ya cerca de 30 millones de registros. Mediante un acuerdo con la Universidad de Cornell, eBird se tradujo al español y se incorporó a la Conabio, con el nombre de aVerAves. A pesar del escepticismo inicial de algunos académicos que pensaron que este proyecto no tendría repercusión en México, el hecho es que ha crecido de manera exponencial.

Tiempo después se incorporó en la Conabio otro proyecto de ciencia ciudadana, NaturaLista,[23] desarrollado en Berkeley por Scott Laurie y Ken Ichi, en el que se invita al público a participar en la "recolecta" de datos por medio de fotografías georreferenciadas sobre organismos de México. En 2015, para dar la información de manera más atractiva y accesible a la sociedad, se lanzó Enciclovida, nueva enciclopedia en línea que integra información para alrededor de 100 000 especies de plantas y animales de México; las observaciones complementan el Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad, que reúne también registros de colecciones científicas y almacena información de más de 11 millones de registros de especímenes.

Así, la Comisión ha integrado una cantidad importante de datos que no provienen, como en el pasado, únicamente del trabajo de los científicos. Ésta ha sido una apuesta estratégica en la que la sociedad mexicana puede y debe contribuir directamente al conocimiento de la diversidad biológica de su país. Sin dejar de lado el trabajo de los académicos que, por supuesto, tiene un papel privilegiado y fundamental, la aportación ciudadana en estos proyectos

[23] <*www.naturalista.mx*>.

permite cada vez de mejor manera mantener monitoreada la biodiversidad de México.

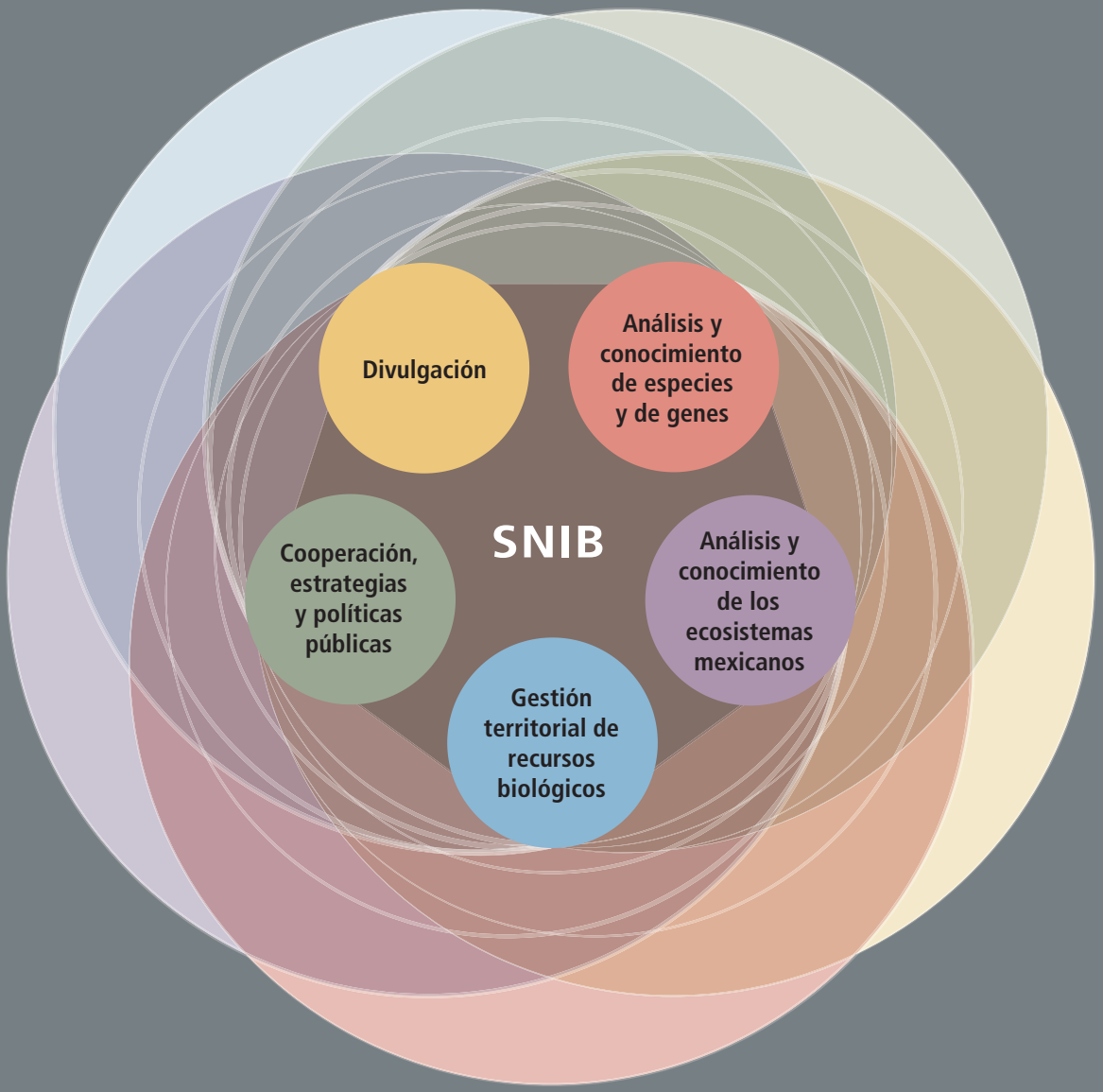
Además, alrededor de esa actividad de aficionados se desarrollan tareas paralelas como la preparación de guías de campo y la organización de excursiones para el púbico con fines didácticos. En la Conabio se han empezado a elaborar guías de campo de los árboles, de los colibríes, de las mariposas, igual que sucede en otros países en los que se cuenta con guías de cada pueblo, cada parque o cada ciudad. Y para el sector educativo, todo lo anterior constituye una herramienta magnífica para ser utilizada por los maestros, dirigida a formar una ciudadanía informada en torno al contexto natural y de la biodiversidad nacional. La participación activa de la ciudadanía y la comunicación, ambas actividades dirigidas por Carlos Galindo, han logrado que la Conabio sea, en la actualidad, una institución más significativa para un mayor número de personas.

Y las últimas noticias: en el marco de la reciente Conferencia de las Naciones Unidas sobre Biodiversidad (CoP 13) de Cancún, concluida en diciembre de 2016 y en la que Conabio tuvo un papel relevante, el Convenio sobre la Diversidad Biológica —principal instrumento internacional para el desarrollo sostenible liderado por la Organización de las Naciones Unidas— realizó la entrega de los premios Oro, Plata y Bronce. México obtuvo el Premio Oro por su portal "Biodiversidad mexicana" como el mejor portal del mundo en su género.[24] El portal actual fue lanzado en 2009 y tiene su sustento en la participación de todos los especialistas de la Conabio y en la invaluable colaboración de instituciones y especialistas externos y, más recientemente de la ciudadanía; todos juntos han brindado tiempo y esfuerzo para que se cumpla la función de la Comisión de promover, coordinar, apoyar y realizar actividades dirigidas al conocimiento de la diversidad biológica del país, para su conservación y uso sustentable.

Nuevos derroteros

En la tercera parte de este documento se abordan los planes de la Conabio para los próximos cinco años. Sin duda, la institución emprenderá un camino interesante y desafiante, lleno de retos intelectuales, tecnológicos, culturales y hasta sociales. La Conabio le da la bienvenida al futuro.

[24] *<www.biodiversidad.gob.mx/>*.


Divulgación
Análisis y conocimiento de especies y de genes
SNIB
Cooperación, estrategias y políticas públicas
Análisis y conocimiento de los ecosistemas mexicanos
Gestión territorial de recursos biológicos

Segunda parte
LA CONABIO EN 2017

5. El Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad

El texto que sigue tiene el propósito de mostrar el estado que guardan los diferentes proyectos que se llevan a cabo en la Conabio. Trata de ofrecer una fotografía actual de la institución, y para ello se ha recurrido a cifras y datos recabados hasta diciembre de 2016. En este intento se ha tenido que echar mano de antecedentes que expliquen determinadas condiciones o de gráficas y estadísticas que den cuenta de la evolución de ciertos proyectos aunque, en la medida de lo posible, se ha procurado evitar darle el tono de informe, a cambio de una descripción del estado actual de la Comisión.

Para preservar, enriquecer y potenciar el capital natural de México, la Conabio desarrolla, en su quehacer cotidiano, una serie de herramientas, procesos y metodologías que permiten a investigadores, a tomadores de decisiones y a la sociedad obtener información confiable para analizar, estudiar, emprender acciones y hacer conciencia sobre la biodiversidad del país.

A la Conabio le interesa extraer la mayor cantidad de información sobre los ecosistemas y la diversidad genética y de especies en México, con el fin de estructurarla y sistematizarla, de tal suerte que sea posible la generación de conocimiento, el análisis masivo y, por ende, su consulta, uso y, finalmente, tomar las mejores decisiones sobre el capital natural de México.

Durante los últimos 25 años la Conabio ha desarrollado mecanismos novedosos tanto para la investigación científica como para el desarrollo for-

mal de la estadística nacional sobre recursos naturales y biodiversidad. Ha buscado en estos años diversificar las formas, los medios e instrumentos en los que la información se expresa, con el propósito específico de facilitar la comprensión, la apropiación y el uso de herramientas de análisis basadas en conceptos científicos, por parte de quienes habitan en los ecosistemas y manejan los recursos naturales.

En la práctica, lo anterior se ha traducido en la construcción del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB) y su continuo mejoramiento, tanto en su materia prima —la información— como en su operación y uso. Sus dos ejes principales de información, el de las especies y el de la geoinformación reportan, a fines de 2016, alrededor de 11.2 millones de registros de ejemplares y observaciones, 95 000 especies válidas y 54 000 sinónimos en catálogos taxonómicos; fichas técnicas de 2 606 especies nativas y 541 exóticas y exóticas invasoras, 7 140 mapas digitales de distintos temas (hidrología, climas, vegetación y uso del suelo, etc.) y 210 139 imágenes de satélite, 331 241 fotos aéreas y 89 600 fotografías e ilustraciones sobre la diversidad mexicana.[25]

La CONABIO integra toda la geoinformación en una base de datos geoespacial que, en el SNIB, ha transitado del concepto de bases de datos centradas en un sistema de información geográfica a uno de bases de datos geoespaciales relacionales, que ha estado operando desde 2009, y está referida a elementos geométricos (puntos, líneas y polígonos) que representan objetos, para describir la tierra y los mares.

Sobre el SNIB

La informática sobre la biodiversidad ha revolucionado el acceso a datos e información que se encontraban dispersos, no digitalizados, inconexos y, con frecuencia, inaccesibles. Resolver esa situación fue el reto que se planteó la CONABIO hace 25 años y que dio como resultado un sistema de información para hacer disponible y accesible, de forma confiable, el conocimiento sobre la diversidad biológica de México a diferentes y múltiples usuarios. La tarea que se impuso fue la de tener un sistema de información, el SNIB, que permitiera al país tomar decisiones informadas respecto a su biodiversidad, y para ello consideró esencial que estuviera constituido por datos e información sustentados en investigaciones (las redes de especialistas han sido esenciales al aportar su conocimiento y transformarlo en información para el sistema), con una rigurosa

[25] <*http://bdi.conabio.gob.mx*>.

metodología de control de calidad, y organizado de tal manera que el usuario pueda tener acceso para realizar sus propios análisis y síntesis.

El SNIB ha tenido en su concepción y diseño seis características principales:

a] *accesibilidad* (los datos están a disposición del público interesado y su manejo es de fácil acceso);
b] *transparencia* (el usuario tiene la posibilidad de consultar las fuentes originales);
c] *interoperabilidad* (los datos se comparten con otros sistemas a partir de estándares internacionales);
d] *relevancia* (los datos integrados al SNIB son producto de los temas de interés expresados por los propios usuarios);
e] *confiabilidad* (los protocolos de control establecidos para el sistema garantizan la calidad de los datos), y
f] *verificabilidad* (sólo los datos comprobables son incorporados al sistema).

En sus diversas etapas de construcción el SNIB ha ido mejorando su arquitectura para dar un servicio más adecuado a sus usuarios; de hecho, tuvieron que pasar algunos años para alcanzar la madurez suficiente y transitar de un sistema desarrollado con concepciones monolíticas, a uno que adoptó la idea de sistemas distribuidos. En este momento se puede decir que el SNIB está en una cuarta fase, orientada a la gestión de datos de grandes volúmenes de información, a la colaboración con iniciativas internacionales y a la promoción de la ciencia ciudadana.

Usos del SNIB

La información del SNIB ha sido fuente de consulta de gobiernos (federal y estatales), académicos, organizaciones no gubernamentales, la sociedad civil y el sector privado. Desde su creación, se ha dado respuesta a decenas de miles de consultas sobre flora y fauna en los ámbitos, local, estatal y nacional, dirigidas a servicios externos de la CONABIO[26] y por medio de sus páginas web,[27] la Global Biodiversity Information Facility (GBIF),[28] la página de datos abiertos del gobierno federal,[29] etcétera.

[26] <*servex@conabio.gob.mx*>.
[27] <*www.conabio.gob.mx*> y <*www.biodiversidad.gob.mx*>.
[28] <*www.gbif.org*>.
[29] <*datos.gob.mx*>.

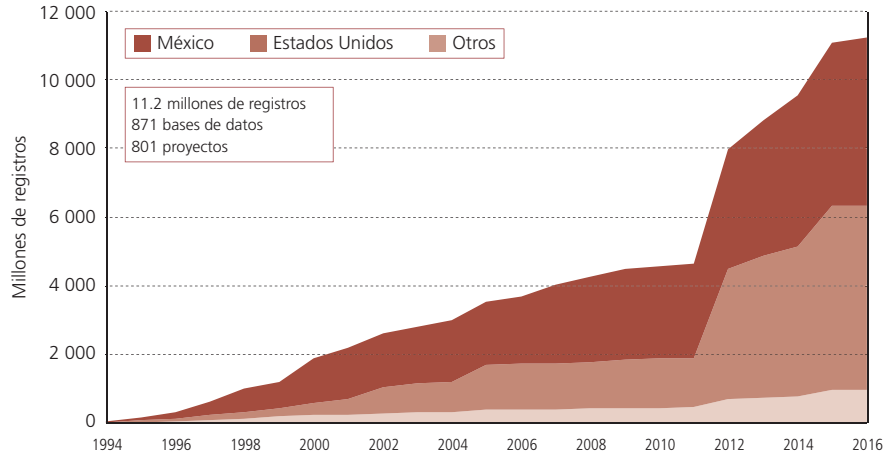
En los años de vida de la Conabio, su efectiva participación en la evaluación de impacto ambiental en zonas del país en donde se proponen diversos desarrollos también ha ido adquiriendo relevancia, tal como lo muestra el número creciente, año tras año, de solicitudes de información: de 2002 a 2016 se ha dado respuesta a 1 855 solicitudes en todo el país, de las cuales 276 se atendieron tan sólo en 2016. Los tipos de proyectos revisados han sido de diferente naturaleza, desde habitacionales o carreteros, hasta hidroeléctricos, portuarios o de acuacultura y pesca.

Hoy sabemos que la mayor parte de las consultas al snib proviene de usuarios nacionales, seguidos por usuarios de Estados Unidos.

El snib presta hoy servicios a miles de usuarios en el país y en el mundo por medio del Global Biodiversity Information Facility, cuya membresía nacional es cubierta por el Conacyt. De acuerdo con el *Science Report* de 2016 de la gbif, nuestro país destaca como el sexto país en el mundo y primero en Latinoamérica en el número de artículos publicados que usa los datos de la gbif.

Registros de ejemplares y observaciones

Debido a la importancia de computarizar los datos de los ejemplares en colecciones científicas, se han integrado al snib, hasta diciembre de 2016, un total de 801 proyectos que han dado origen a 871 bases de datos que, junto con datos de otras fuentes —bases de datos donadas, registros del "Programa de repatriación de información", la Infraestructura Mundial de Información en



Tendencias en el crecimiento de bases de datos del snib (1994-2016).

Biodiversidad (GBIF) y datos de observaciones de la avifauna aVerAves— hacen que el SNIB contenga información de poco más de 11.2 millones de registros.

Adicionalmente, hasta el año 2016 se apoyaron cinco proyectos de computarización de las colecciones más importantes del país, proyectos que enriquecerán la información del SNIB, entre ellas las del IBUNAM, la Facultad de Ciencias de la UNAM, el Ecosur, el Inecol y la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del IPN.[30]

Para documentar la biota de México el SNIB incluye datos e información fundamental de las especies, como su taxonomía actualizada y estandarizada y los registros de su observación en campo o los ejemplares depositados en colecciones científicas.

Sensores remotos

Actualmente existen diversos dispositivos para la observación de la Tierra a distancia; estos dispositivos —identificados como sensores remotos— son de gran utilidad en el conocimiento del territorio y de la biodiversidad. En este aspecto, la CONABIO ha desarrollado procedimientos para la adquisición de los datos de sensores remotos en tiempo real, mismos que son utilizados principalmente para la operación de los sistemas de Alerta Temprana de Incendios Forestales y de Monitoreo Satelital de los Mares Mexicanos.

En paralelo a la recepción de las imágenes satelitales, la CONABIO ha adquirido otros tipos de datos de sensores remotos para el desarrollo y operación de sus sistemas de monitoreo y de alerta temprana, a diferentes escalas espaciales y temporales. Al tiempo de escribir este texto (diciembre de 2016), el acervo cuenta con más de 530 000 datos de sensores remotos.

Catálogos de Autoridades Taxonómicas

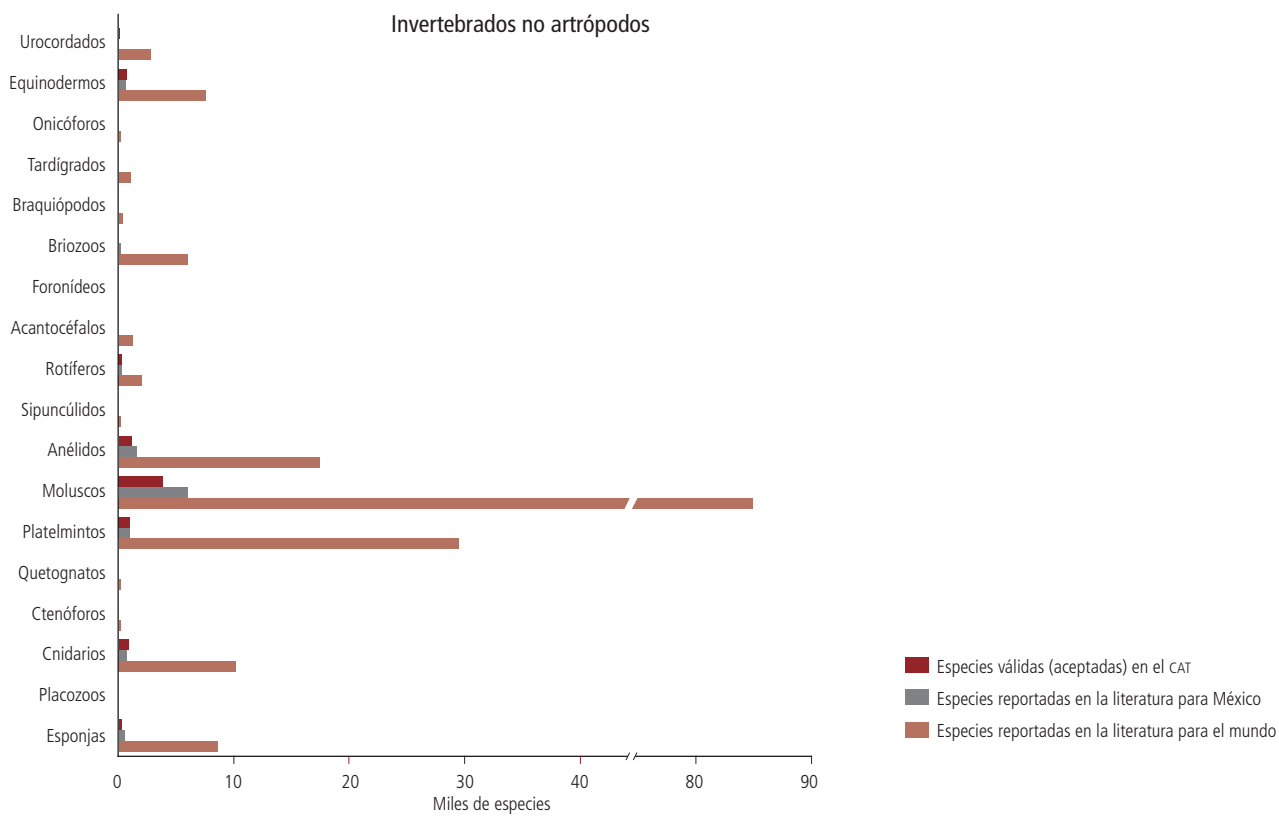
Los Catálogos de Autoridades Taxonómicas (CAT) son bases de datos en las que se integran los nombres científicos de las especies de diferentes grupos taxonómicos con presencia en México. La información está sistematizada y basada en estándares internacionales y sistemas de clasificación reconocidos por la comunidad científica internacional especializada en los diferentes grupos de organismos. La importan-

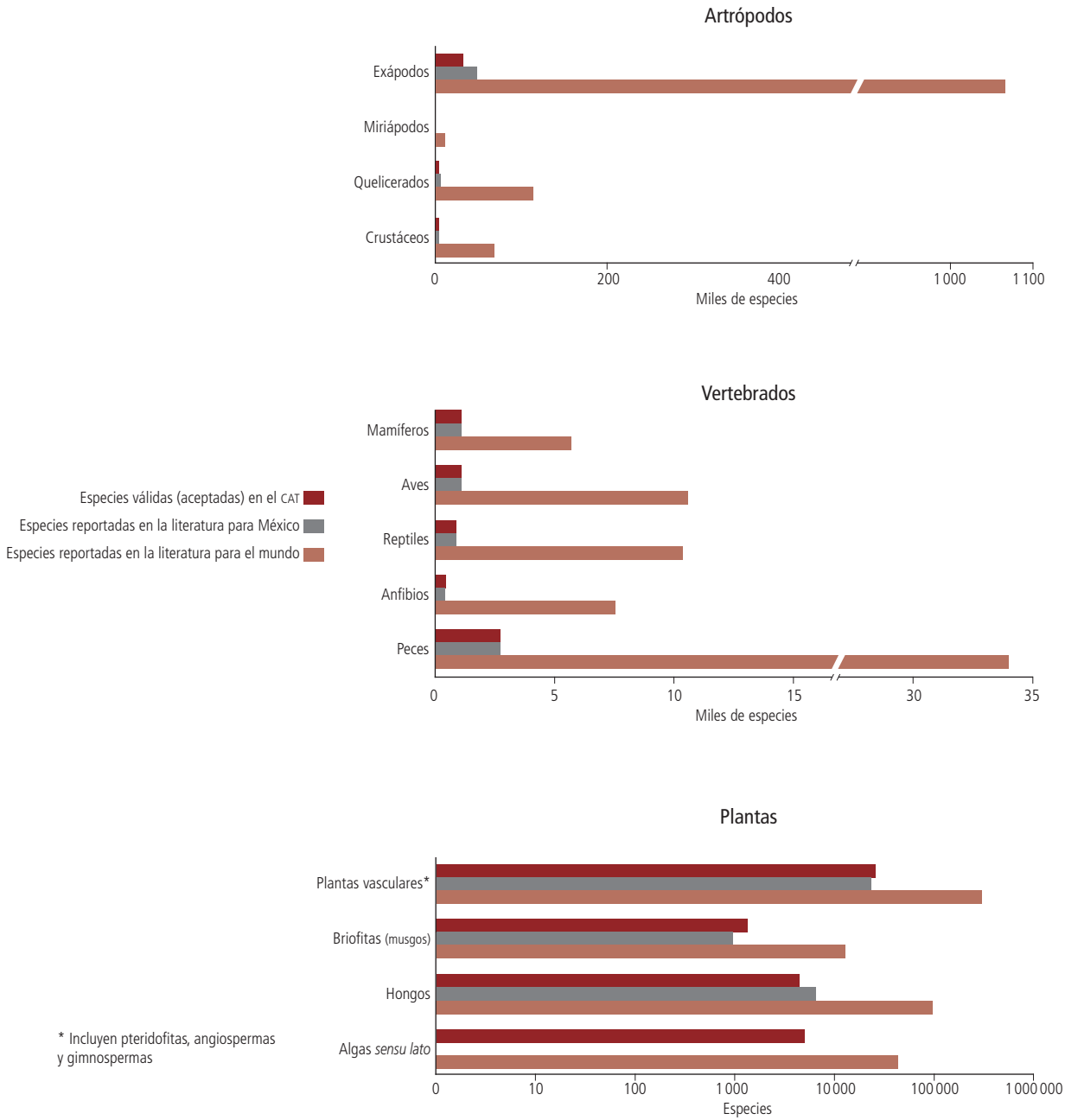
[30] <*http://www.conabio.gob.mx/web/proyectos/proyectos_financiados.html*>.

Portal de Datos Abiertos UNAM.

cia de su uso radica en mantener actualizados los nombres científicos para facilitar la captura de información taxonómica en proyectos financiados por la Conabio, en mantener la calidad de los datos de taxonomía y nomenclatura del snib y en facilitar el intercambio de información con otras bases de datos regionales y globales. Los cat son el referente taxonómico de las especies registradas en el país.

La creación y actualización de los cat comenzó en 1996. Hasta diciembre de 2016 los cat reunieron información de cerca de 100 000 nombres válidos de especies y alrededor de 55 000 nombres sinónimos, lo cual corresponde aproximadamente a 50% de la estimación de las especies descritas con presencia en México; los nombres faltantes en los cat corresponden principalmente a insectos, invertebrados y microorganismos, de los cuales el snib carece de información; aún no se ha realizado una búsqueda exhaustiva en diferentes listados y fuentes especializadas, pues hacen falta especialistas en estos grupos, ya que son escasos o no existen; las siguientes gráficas muestran el estado actual del conocimiento




Artrópodos
Exápodos
Miriápodos
Quelicerados
Crustáceos
0
200
400
1 000
1 100
Miles de especies
Vertebrados
Mamíferos
Aves
Reptiles
Anfibios
Peces
0
5
10
15
30
35
Miles de especies
Especies válidas (aceptadas) en el CAT
Especies reportadas en la literatura para México
Especies reportadas en la literatura para el mundo
Plantas
Plantas vasculares*
Briofitas (musgos)
Hongos
Algas *sensu lato*
0
10
100
1 000
10 000
100 000
1 000 000
Especies
* Incluyen pteridofitas, angiospermas y gimnospermas

en algunos de los grupos, comparándolos con los datos en la literatura para el mundo y para México.

De manera paralela, se ha integrado información de nombres comunes, distribución estatal y regional (reportada en literatura), tipo de ambiente, categorías de riesgo y conservación, todo respaldado con más de 12 000 referencias especializadas.

Los CAT han permitido la validación y estandarización taxonómica de 82% de los nombres científicos de los ejemplares registrados en el SNIB, que corresponde a 91% de los 11.2 millones de ejemplares.

Catálogo de Colecciones Científicas y Portal de Colecciones Biológicas Científicas de México

El catálogo electrónico de acrónimos de colecciones científicas cuenta, en 2016, con 769 colecciones bajo custodia de 264 instituciones del país, y 1 374 colecciones de 613 instituciones de otros países. Este catálogo ha permitido validar 1 586 colecciones asociadas a 10 414 293 ejemplares registrados en el SNIB.

Con el propósito de que cada curador pueda capturar o actualizar la información de las colecciones a su cargo, en 2016 se puso en operación en la página web de la CONABIO el de Colecciones Biológicas Científicas de México,[31] que permite monitorear y proyectar el crecimiento de las colecciones nacionales. El portal presenta estadísticas generales y la información de cada colección (ficha técnica), basada en el estándar de datos internacional: Natural Collections Description (NCD).

Cartografía digital

La CONABIO ha tenido la misión de conformar un Sistema de Información Geográfica (SIG) que sea el marco de referencia espacial del SNIB. Para ello, desde el inicio de las actividades de la CONABIO se ha integrado un acervo de información cartográfica digital de diferentes temáticas. Esa cartografía proviene de los propios proyectos internos o está generada mediante proyectos que la CONABIO financia, o bien a partir de insumos que recibe de otras dependencias.

[31] <*http://www.biodiversidad.gob.mx/especies/colecciones/*>.

En la Conabio la geomática se enfoca a proporcionar información geoespacial pertinente para la biodiversidad y, para ello, se aplican las tecnologías de percepción remota en el monitoreo ambiental y en los sistemas de información geográfica para la captura, el análisis, el almacenamiento y la difusión de la información geoespacial. La cartografía de los proyectos internos de la Conabio, al igual que los productos satelitales y la información que se recopila de proyectos financiados por la Conabio y por otras fuentes, se divulga mediante el portal de geoinformación, denominado Geoportal, el cual actualmente es uno de los más importantes del país, único en su tipo y cantidad de información, y permite a los usuarios no sólo la visualización de las imágenes sino también la obtención de los datos primarios.

La Conabio desarrolló y publicó en 2016 una nueva versión del Geoportal,[32] que permite la consulta y el acceso al contenido principal del snib: los más de 9 millones de registros biológicos del país con referencia geográfica validada.

Todos y cada uno de los productos cartográficos digitales que se integran al acervo cumplen las especificaciones de lineamientos cartográficos y metadatos determinados por la Conabio, y la información está disponible en diversos formatos con el fin de que resulten útiles para los diferentes usuarios. Hasta ahora, el acervo cartográfico generado es de 7 135 mapas, de los cuales 5 010 son de acceso libre para los usuarios del Geoportal y 2 125 son para uso interno en la Conabio. El 82% de los mapas corresponde a la sección de biodiversidad: monitoreo de manglares, distribución potencial de especies, especies en riesgo y prioritarias y recursos biológicos colectivos. Los mapas están organizados en temas del medio físico, biológico y social.

Georreferenciación de las localidades de colecciones biológicas

La georreferenciación de localidades consiste en la asignación de coordenadas geográficas a la descripción textual de un sitio de recolecta biológica que no cuenta con ellas. Esta actividad es necesaria para que dichos sitios puedan ser representados de manera espacial en mapas y utilizados en el análisis de especies biológicas.

En el año 2002 el área de georreferenciación de la Conabio adoptó la metodología establecida por J. Wieczorek en 2001, con el propósito de adecuar los procedimientos y el material cartográfico y nomenclatural a una serie de

[32] <*http://geoportal.conabio.gob.mx/*>.

procesos sistematizados que permitieran establecer la metodología más adecuada. Como resultado de este proceso se tiene hoy una base de datos con más de 244 340 sitios de recolectas georreferenciadas, que pueden representar una o más recolectas de organismos.

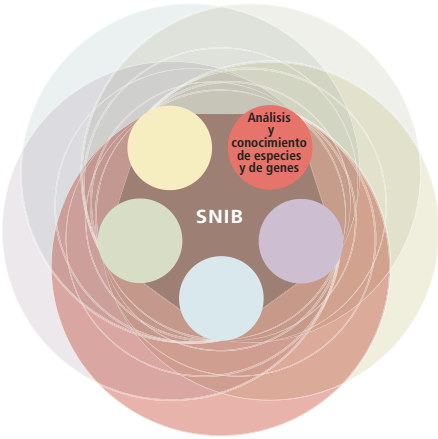
En el año 2012, además de la georreferenciación de sitios de recolecta, se inició la tarea de validar más de 9.2 millones de registros de ejemplares que ya tenían coordenadas asignadas. Hasta fines de 2016 se habían validado 9 221 084 registros de ejemplares que se integran al SNIB y se publican en el Geoportal. Este es un trabajo laborioso y que consume mucho tiempo, pero que es crucial para la confiabilidad de la base de datos.

Minería de textos

Uno de los objetivos principales de la CONABIO es la integración de conocimiento sobre la biodiversidad de México, lo que implica la sistematización del que ya existe sobre el tema, tanto en el país como en el mundo. Así, haciendo uso de la técnica de "minería de textos", la CONABIO se ha propuesto extraer y guardar en forma automática y estructurada todos los artículos y textos libres en general, en los que se aborde el tema de la biodiversidad. Con la técnica de minería de textos es posible, además de reunir información y guardarla de forma ordenada —lo que facilita su síntesis y la búsqueda de información puntual— la aplicación de técnicas de análisis novedosas. Sin embargo, para alcanzar este objetivo hay que enfrentar varios retos: por un lado, no hay métodos disponibles para aplicarse a las preguntas específicas que la CONABIO quiere responder sobre la biodiversidad en México y, por otro, los desarrollos en minería de textos han sido diseñados, en su mayoría, para textos en inglés, mientras que para la biodiversidad de México la mayor cantidad de información está en español.

Lo anterior ha llevado a la CONABIO a la necesidad de desarrollar sus propias herramientas de minería de textos para la obtención de conocimiento sobre la biodiversidad en México. Para ello, el primer paso fue integrar un conjunto de mecanismos para procesar y extraer textos y, posteriormente, desarrollar un sistema que estructura la información sobre el proceso en una base datos con el fin de que los resultados del proceso sean reutilizables. Aunado a esto, se ha desarrollado una aplicación web que permite anotar manualmente los fragmentos extraídos por el módulo anterior, de tal forma que estas anotaciones manuales sirvan para generar modelos automáticos con mejor desempeño en la identificación de fragmentos de texto relevantes.

En resumen, hoy día el SNIB es un sistema de información versátil y flexible, en constante actualización, que acepta y adopta nuevas tecnologías y metodologías que le permiten enriquecerse día a día para mejorar los datos que contiene y las formas de manejarlos.



6. Análisis y conocimiento de especies y de genes

Cuando fue creada la Conabio, en 1992, en México existían cerca de 200 colecciones biológicas entre herbarios y museos. Se estimaba que esas colecciones albergaban alrededor de 10 millones de especímenes de la biota mexicana, de manera que se contaba con una buena base para comenzar la construcción del sistema de información sobre biodiversidad. La Conabio decidió entonces fortalecer las colecciones existentes tanto en recolecta, identificación y resguardo como en la construcción de bases de datos y en el manejo automatizado de las mismas. Hoy día, el SNIB contiene datos de alrededor de 11.2 millones de registros de los ejemplares depositados en las colecciones mexicanas y de observaciones, además de albergar numerosos datos de colecciones del extranjero con información de las especies mexicanas o de interés para México. Es éste un primer eje de información del SNIB, correspondiente al conocimiento de la diversidad genética y de especies.

Diversidad de especies

Especies en riesgo de extinción y prioritarias para la conservación

Se requiere contar con información especializada que sea útil para el manejo y la conservación de especies en riesgo de extinción y prioritarias para la conservación; por ello, desde 2001 se ha recopilado información sobre más de 2 000 especies que permite determinar su estado de conservación y sus principales amenazas, y en algunos casos contar con información poblacional. Hasta el año 2016 se han publicado 2 306 fichas de información.

Conocer las especies que enfrentan mayores amenazas es indispensable para tomar decisiones informadas sobre su uso y conservación. La Conabio recopila, genera, sistematiza y analiza información sobre las especies nativas prioritarias y en riesgo de extinción que se distribuyen en México, y lleva a cabo evaluaciones de riesgo de extinción con el fin de comunicar esta información a los tomadores de decisiones.

Se ha compilado información para las especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, y a la fecha se han elaborado 2 228 perfiles, de un total de 2 606 especies enlistadas. Además, se ha iniciado la elaboración de perfiles para las especies consideradas prioritarias para la conservación (*DOF*, 2014) que no están incluidas en dicha norma.[33]

La Conabio ha liderado diversas evaluaciones sobre el riesgo de extinción de especies mexicanas, con el fin de contar con información sólida en la cual se basen los instrumentos de política pública (véase el recuadro).

Especies exóticas invasoras

Una de las mayores amenazas para la biodiversidad de México —y del mundo— son las invasiones biológicas de especies exóticas o no nativas. Estas especies degradan los servicios ambientales, pueden tener efectos negativos en la salud humana, vegetal y animal, y afectan diversas actividades productivas.

El Sistema de Información de Especies Invasoras (siei) de la Conabio cuenta con una lista de 1 386 especies exóticas para el país, además de documentar 405 especies nativas que han sido traslocadas fuera de su distribución natural y tienen potencial invasivo. Hasta 2016 se han generado 160 fichas de especies exóticas con información sobre la biología de la especie, su origen, rutas de introducción y sus impactos, con el fin de brindar información relevante para su identificación, control y manejo. Se

[33] *<http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5334865&fecha=05/03/2014>*.

Acciones en torno a especies en peligro

- Apoyo a 43 evaluaciones utilizando el MER,* presentadas para la actualización del Anexo III de la NOM-059-SEMARNAT-2010 en enero de 2014.
- Evaluaciones de pastos marinos mexicanos de acuerdo con el MER.
- Evaluaciones de las palmas y los anfibios mexicanos, utilizando la metodología de la UICN.
- Evaluaciones de especies maderables del género *Dalbergia*.

Además, ha apoyado proyectos que se consideran innovadores y clave para evaluar el estado de conservación de especies, como: a] análisis de la estructura y diversidad genética de manglares representativos de México; b] evaluación de poblaciones de las especies de anfibios con datos insuficientes y en peligro crítico según la UICN; c] diagnóstico de la efectividad de la biología floral y polinización de *Dalbergia granadillo* y *D. stevensonii*, y d] Estudios del "síndrome de nariz blanca", una zoonosis emergente entre los quirópteros de México, para evaluar el riesgo de extinción de cuatro especies continentales del género *Myotis*.

* Método de evaluación del riesgo de extinción de especies silvestres en México.

Tortuga carey (*Eretmochelys imbricata*), Cozumel, Quintana Roo.

cuenta con 378 mapas y más de 4 600 referencias bibliográficas. Durante los últimos cuatro años se incorporaron 197 785 registros de especies exóticas y se elaboraron 23 fichas para su registro en el Inventario Nacional Forestal y de Suelos.

En respuesta al aumento de las invasiones biológicas en México se consideró fundamental planear acciones enfocadas a incrementar y difundir el conocimiento sobre la situación de las especies exóticas e invasoras en el país, así como fomentar la implementación de la Estrategia Nacional sobre Especies Invasoras (publicada en 2010). Con ese fin, se desarrolló el Método de Evaluación Rápida de Invasividad (MERI), con el que es posible identificar las especies exóticas presentes en México que representan un riesgo potencial para el país.

Hasta diciembre de 2016 se han evaluado 492 con el MERI, para conocer el grado de riesgo que representan. Se realiza actualmente el análisis de rutas de introducción de las especies de mayor riesgo, el desarrollo de herramientas de análisis de riesgo extenso para diferentes grupos taxonómicos, y diversos estudios de costo-beneficio sobre especies invasoras de alto riesgo.

Pez león (*Pterois volitans*), Yucatán.

También se ha promovido la capacitación en el uso del código de barras para la identificación de organismos acuáticos y se ha divulgado esta información mediante diversas publicaciones, entre las que destaca *Especies acuáticas invasoras en México* (2014).[34]

La información del SIEI se ha utilizado para responder más de 640 consultas de información por parte del público y emitir diversas opiniones técnicas sobre aspectos relacionados con importaciones, análisis de riesgo, métodos de control y erradicación, entre otros.

Implementación de la Estrategia Nacional sobre Especies Invasoras

En 2010 la CONABIO publicó el documento que contiene la Estrategia Nacional sobre Especies Invasoras (ENEI), en el que participaron más de 50 especialistas de la academia, el gobierno y la sociedad civil. Este documento es una guía para las acciones transversales y objetivos estratégicos para atender las invasiones biológicas en el territorio nacional.[35]

[34] *<http://www.biodiversidad.gob.mx/especies/Invasoras/pdf/acuaticas_invasoras_Part1.pdf>.*
[35] *<www.biodiversidad.gob.mx/especies/Invasoras/estrategia.html>.*

Hasta fines de 2016 se cuenta con avances significativos tanto en el ámbito nacional como al nivel de sitios piloto. Entre los logros más destacados se debe mencionar la publicación del "Acuerdo por el que se aprueba una primera lista de especies exóticas invasoras (EEI) en México" (*Diario Oficial de la Federación*, 7 de diciembre de 2016),[36] de un estudio proponiendo mejoras legales necesarias a fin de fortalecer la atención de las EEI en México y de una propuesta de instrumentos económicos a aplicar en el país para reducir el riesgo de introducciones intencionales de las mismas. También se ha capacitado a personal de la Profepa y de otras instituciones en el reconocimiento de especies invasoras en los productos forestales.

Modelos de distribución potencial de especies

Los modelos de distribución potencial (MDP) permiten estimar el área donde se distribuyen las especies. Son instrumentos útiles para brindar opiniones técnicas y llevar a cabo diversos análisis que apoyan la gestión del capital natural del país, como los análisis de riesgo de introducción de organismos genéticamente modificados y de especies invasoras, los de patrones espaciales de diversidad, los de prioridades en conservación, el diseño de corredores biológicos, la evaluación del impacto futuro del cambio climático en la distribución de las especies, la definición de áreas de recolecta de especies de interés, la definición de áreas de distribución de especies, áreas de especies endémicas, áreas de especies en riesgo de extinción o amenazadas por el comercio ilegal, entre otras aplicaciones.

A mediados de 2012 se iniciaron 44 proyectos financiados por la Conabio para desarrollar más de 7 647 MDP de especies de plantas, vertebrados e invertebrados, con las cuales se contará con 1 012 mapas de distribución de especies listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.[37]

Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves

La red de Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICAS) es impulsada en el mundo por la organización *BirdLife International* desde mediados de los años noventa. En México se publicó la primera lista en el año 2000 y, desde entonces, la red de AICAS se encuentra en el sitio web de la Conabio.[38] En el periodo de 2012 a 2014, en colaboración con Pronatura, la Conabio

[36] <*http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5464456&fecha=07/ 12/2016*>.
[37] <*http://geoportal.conabio.gob.mx/*>.
[38] <*aves.mx.conabio.gob.mx/AICA.html*>.

realizó un proceso de consulta y actualización de las bases de datos, los polígonos y nuevas propuestas de sitios para la red de AICAS. Los resultados de este proceso se publicaron en el portal <*Avesmx.net*> de la CONABIO.

Programa de cultivares mexicanos y sus parientes silvestres

La CONABIO ha apoyado varios proyectos que buscan obtener conocimiento en torno a los recursos genéticos de México, así como a compilar información que permite proponer estrategias de conservación de especies cuyo centro de origen y diversidad está en México, y que son de gran importancia agronómica y económica, a fin de asegurar que la diversidad genética existente se conserve para las necesidades actuales y futuras del país. Pero, podría preguntarse, ¿por qué es tan valiosa la diversidad genética? Por un lado está su indiscutible valor como producto de millones de años de evolución natural y, por otro, porque a mayor diversidad, las especies tienen mayor probabilidad de subsistir a cambios en el ambiente. Baste un ejemplo para ilustrar lo anterior: en el siglo XIX, los habitantes de Irlanda dependían de unas cuantas variedades de papa para alimentarse. Por desgracia, ninguna de ellas tenía resistencia al tizón tardío, enfermedad producida por un hongo (*Phytophthora infestans*) que destruyó por completo la cosecha de 1845-1846 y provocó una hambruna tan severa que causó la muerte de más de un millón de personas solamente en Irlanda y el éxodo de otro millón a Estados Unidos. Después de intensas búsquedas de especies resistentes al tizón tardío, se encontró en nuestro país una especie silvestre de papa (*Solanum demissum*), nativa de Metepec, en el Estado de México, que resiste dicha enfermedad, lo que permitió restaurar la plantaciones de papa en gran parte de Europa; claramente es invaluable y muy importante conocer la diversidad genética de los familiares silvestres de plantas cultivadas.

Maíz (*Zea mays*). Tlaltenango, Zacatecas.

Esto motivó que la CONABIO diseñara, coordinara y apoyara el Proyecto Global de Maíces Nativos de México.[39] El propósito del proyecto es actualizar la información de maíces y sus parientes silvestres en México para la determinación de centros de origen y de diversidad genética del maíz (véanse los artículos 86, 87 y 88 de la Ley de Bioseguridad de Organismos Genética-

[39] <*http://www.biodiversidad.gob.mx/genes/vargenomica.html*>.

mente Modificados, publicada en el *Diario Oficial de la Federación*, el 18 de marzo de 2005). El proyecto es liderado por la Conabio y fue coordinado con el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (inifap) y el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (inecc). Incluye tres líneas de acción: a] generación de un documento sobre centros de origen y de diversidad genética del maíz; b] computarización de colecciones científicas de maíz nativo, teocintle y *Tripsacum*, que reunió 24 057 registros, y c] conocimiento de la diversidad y distribución actual del maíz nativo y sus parientes silvestres mediante proyectos de recolecta.

En el proyecto han participado 206 investigadores de 65 instituciones académicas y de investigación en actividades de exploración y recolecta, caracterización de muestras, recopilación, sistematización y captura de información.

Como seguimiento al Proyecto Global de Maíces Nativos se obtuvieron datos genómicos (36 931 polimorfismos de un solo nucleótido; un polimorfismo es una variación en la secuencia de un lugar determinado del adn entre los individuos de una población) de 46 razas de maíz nativas de México representadas por 161 accesiones, así como en los teocintles (*Zea maiz* ssp. *parviglumis* y *Zea maiz* ssp. *mexicana*).[40]

Diversidad genética

Análisis de riesgo por la introducción de organismos genéticamente modificados

Los análisis de riesgo de organismos genéticamente modificados (ogm) se llevan a cabo con una metodología *ad hoc* desarrollada por la Conabio; está principalmente enfocada a evitar el flujo génico entre el ogm en cuestión y los parientes silvestres de las especies cultivadas y de las razas tradicionales existentes en el territorio mexicano. Los análisis están dirigidos a identificar riesgos potenciales a la biota nativa y a proponer acciones encaminadas a prevenirlos. Estos análisis se llevan a cabo para contribuir con elementos imprescindibles para la toma de decisiones del gobierno federal.

Las principales actividades en este aspecto se han enfocado a la generación de análisis de riesgo por la liberación al ambiente de ogm (se han emitido más de 4 500 recomendaciones, caso por caso, de solicitudes de liberación de ogm y se han atendido 480 solicitudes de opinión respecto a si

[40] <*http://www.biodiversidad.gob.mx/genes/proyectoMaices.html*>.

se cumplen o no los supuestos de las fracciones I y II del artículo 87 de la Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados) y a ser línea base de los centros de origen y diversidad genética, a partir del apoyo a proyectos de investigación para producir información básica sobre especies de cultivos originarios y sus parientes silvestres como amaranto, chile, calabaza y chayote, algodón, xoconostles, aguacate, tomate verde, cempasúchil, vainilla, papaya y frijol. En este contexto destacan el Proyecto Global de Maíces Nativos y el Proyecto de Monitoreo y Conservación de Teocintles,[41] ya mencionados.

Parientes silvestres

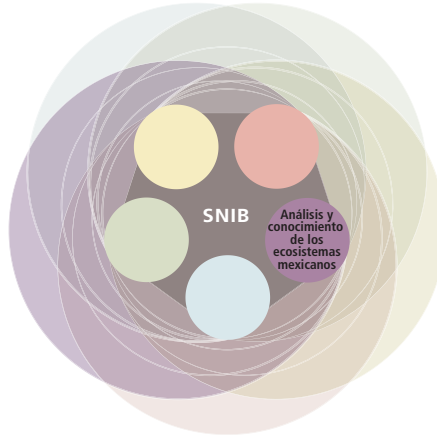
Por razones naturales la información sobre la diversidad biológica de México —y, para el caso, de cualquier otro país— se restringió originalmente a las especies silvestres, es decir, las que no necesariamente estaban emparentadas con plantas o animales que han sido objeto de domesticación. Desde hace una decena de años la Conabio inició esfuerzos crecientes para incorporar conocimiento sobre los parientes silvestres de plantas cultivadas, así como de los cultivares mismos.

Aguacate (*Persea americana*).

Si bien inicialmente el tema de agrobiodiversidad fue abordado desde la perspectiva de la bioseguridad, su importancia para la seguridad alimentaria global y los retos que amenazan su conservación han llevado a reorientar el enfoque, contemplando ahora la agrobiodiversidad como tema mundial medular. Este enfoque integra, de manera formal, componentes igualmente relevantes, como son: centros de origen y diversidad genética, conocimiento, uso y manejo (basado tanto en conocimiento científico como tradicional) y valoración y genómica, entre otros. A futuro, además de incorporar las especies agrícolas, se incorporarán también especies silvícolas, pecuarias, microbiota y aquellas incluidas en lo que podríamos denominar biodiversidad de los agrosilvoecosistemas. En concreto, se está iniciando un programa sobre diversidad genética de cultivares mexicanos y sus parientes silvestres.

[41] *<http://www.biodiversidad.gob.mx/genes/vargenomica>* y *<http://www.biodiversidad.gob.mx/genes/pdf/proyecto/Anexo8_ResultadosProyectos/FZ002/Informe%20final/Teocintle/Informe-Fina%20Teocintle_FZ002.pdf>*.

7. Análisis y conocimiento de los ecosistemas mexicanos



El segundo eje de construcción del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad, correspondiente a los sistemas de información geográfica (representados por cartografía digital de variables climáticas, topográficas, socioeconómicas, de vegetación, entre otras) y a la percepción remota —que nos permite observar y obtener información de nuestro planeta desde el espacio— agregaron al SNIB la dimensión geográfica espacial y aumentaron así la capacidad de realizar nuevos y más complejos análisis.

Impactos en la biodiversidad

Sistema de Información Espacial de Soporte de Decisiones sobre Impactos en la Biodiversidad

El SIESDIB se ha enfocado en la implementación de un mecanismo de diagnóstico y evaluación de los impactos de la actividad humana en la biodiversidad de México; se ha desarrollado con base en una serie de técnicas de exploración y análisis espacial, cuyas principales fuentes de información son el SNIB, el Inventario Nacional Forestal y de Suelos de la Conafor, así como imágenes satelitales.

El sistema consiste en la caracterización del estado actual de la biodiversidad en el país y de las actividades humanas predominantes, e incluye 35 capas de información espacial. Esta información permite conocer la distribución actual y riqueza de las especies de vertebrados y plantas, considerando la pérdida de hábitat dado el cambio de uso de suelo, así como medidas de la diversidad de especies y aspectos estructurales de los árboles en bosques y selvas del país, las capas que caracterizan los establecimientos humanos, la densidad poblacional y la accesibilidad por caminos.

El sistema está basado en la identificación de receptores de los impactos humanos y considera la integridad ecológica (IE) como el principal receptor de estos impactos. La IE ha sido definida como la capacidad de un ecosistema para mantener una composición de especies, estructura y organización funcional comparable a los hábitats naturales, sin o con muy poca influencia de la actividad humana. Para evaluar la IE se ha establecido una serie de indicadores que nos permiten caracterizar el estatus de un sito o región de interés.

Para el cálculo de los indicadores se considera un escenario sin impacto humano (condición de referencia) y uno de pérdida de hábitat (condición ac-

tual). La pérdida de hábitat para estas especies se ha cuantificado mediante modelos geográficos de distribución y de los requerimientos espaciales de hábitat que permiten la viabilidad de las poblaciones de los mamíferos en los parches remanentes de vegetación.

A partir de la información obtenida para el diagnóstico y evaluación de los impactos humanos en la biodiversidad se han preparado cuatro manuscritos para su publicación (métodos para la evaluación de la pérdida de hábitat, gradiente de perturbación, complejidad trófica e integridad ecológica). La documentación de los métodos empleados para el análisis de la integridad ecológica se ha formalizado en una publicación científica (Franz Mora, "Un enfoque de modelización de ecuaciones estructurales para formalizar y evaluar la integridad ecológica en ecosistemas terrestres", *Informática Ecológica*).[42]

Modelo de impactos en la biodiversidad

Desde 2008 se desarrolla en la Conabio un modelo de impactos en la biodiversidad (Mexbio), con base en el modelo mundial Globio.

Mexbio —con resolución de 1 km^2— incluye datos para México sobre el impacto causado en la biodiversidad por la degradación de la vegetación natural y los diversos cambios de uso del suelo, la infraestructura de carreteras y la fragmentación; representa el primer indicador operativo y dinámico en el ámbito nacional sobre la intensidad de los impactos, que permite apoyar la planeación y el manejo adaptativo para la conservación de la biodiversidad en México.[43]

Prioridades para la conservación y la restauración

Vacíos y omisiones en conservación

La identificación de áreas prioritarias para la conservación de la biodiversidad es un requisito indispensable para guiar de manera eficiente los esfuerzos de conservación *in situ*. En el marco del "Programa de trabajo sobre áreas protegidas" se han realizado diversos análisis para identificar, diagnosticar y evaluar áreas de importancia para la conservación de la biodiversidad de los ambientes marinos, terrestres y acuáticos epicontinentales, con base en conceptos y herramientas de

[42] Disponible en <*https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2017.05.002*>.
[43] M. Kolb. 2016. Indicadores de impacto humano, herramienta para evaluar el estado de conservación de la biodiversidad, en *Capital natural de México*, vol. IV, *Capacidades humanas e institucionales*, México, Conabio, pp. 337-340.

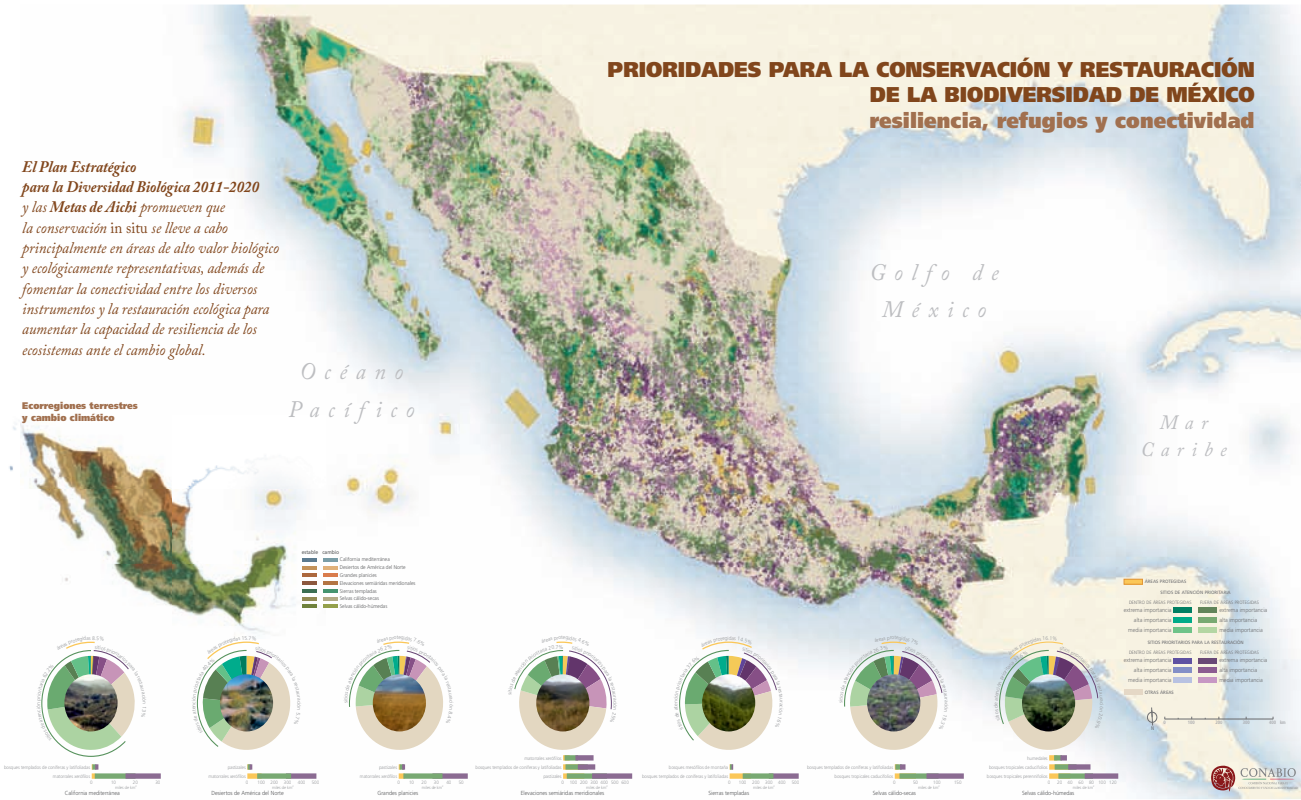
planeación sistemática que han permitido integrar datos de biodiversidad, así como información sobre los principales factores de presión y amenaza.

El proceso, coordinado por la Conanp y la Conabio, ha contado con la colaboración de más de 260 especialistas de diferentes instituciones y organizaciones académicas, gubernamentales y conservacionistas nacionales e internacionales. Los resultados de dichos análisis se han publicado en libros, artículos científicos y de difusión, capítulos en libros y carteles.[44]

Sitios de atención prioritaria

Como una propuesta de integración de los resultados de los análisis de vacíos y omisiones, y con el fin de guiar los esfuerzos de conservación en el marco de una estrategia de desarrollo territorial sustentable, se identificaron los sitios de atención prioritaria (SAP) para la conservación de la biodiversidad. Se usaron

[44] *<http://www.biodiversidad.gob.mx/pais/vaciosyom.html>*.



técnicas de análisis multicriterio que permiten integrar, sistematizar y estructurar, de manera jerárquica, las variables resultado de los análisis de priorización para los diferentes ambientes y del análisis ecorregional, así como otras variables relacionadas con el estado de conservación (Mexbio) y de vulnerabilidad.

Los sitios se categorizaron en tres niveles de importancia, que representen al menos 10, 20 y 30% de la superficie del país, considerando las capacidades y limitaciones para atender e implementar las diversas modalidades de conservación y manejo.

En 2014 se inició el proceso para identificar los sitios prioritarios para la restauración (SPR) de los ecosistemas de México. En mayo de ese año se realizó un taller con especialistas, con los cuales se ha seguido colaborando para la recopilación y estandarización de la información, así como en la definición de los criterios de priorización. Los sitios prioritarios para la restauración fueron diseñados para identificar áreas de alto valor biológico que requieren acciones de restauración para asegurar, en el largo plazo, la persistencia de su biodiversidad, su función ecológica y los servicios ecosistémicos que proporcionan, además de incrementar la conectividad de ecosistemas. Este mapeo sirve como guía espacial explícita que identifica 15% del territorio nacional como prioritario para acciones de restauración, conforme a la meta 15 de Aichi, del Plan Estratégico para la Diversidad Biológica 2011-2020 del CDB.

En 2016, durante el Tercer Foro de Ciencias en el marco de la CoP 13, se presentó el cartel "Prioridades para la conservación y restauración de la biodiversidad de México: resiliencia, refugios y conectividad" que muestra los resultados de la identificación de SAP y SPR, así como un análisis para determinar la vulnerabilidad de los ecosistemas dentro de esos sitios y las áreas protegidas ante el cambio climático.[45]

Sistemas de monitoreo de la biodiversidad

Sistema MAD-Mex (Monitoring Activity Data-Mexico)

Desde el año 2011, en colaboración con el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) y la Comisión Nacional Forestal (Conafor), la CONABIO ha desarrollado y operado el Sistema MAD-Mex para el procesamiento rápido de imágenes de satélites ópticos con el fin de agilizar la producción de mapas de cambio de cobertura de suelo.

[45] *<http://www.biodiversidad.gob.mx/pais/pdf/prioridades_conservacion_restauracion.pdf>*.

En 2014 se generaron los datos de cobertura y cambio de cobertura de suelo de los años 1993, 1995, 1998, 2000, 2003, 2005, 2008 y 2010, que se utilizan para establecer la línea base de la deforestación nacional y de emisiones de carbono. A partir de 2015, estos datos son los insumos para reportar las emisiones nacionales de carbono. Esta información es necesaria para el diseño de sistemas productivos forestales, pecuarios y agrícolas, base de la alimentación y determinante en la relación de las personas con la conservación de su entorno natural.[46]

Sistema Nacional de Monitoreo de la Biodiversidad

Desde 2012, la Conabio, la Conafor y la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (Conanp) coordinan un esfuerzo sin precedentes en el país para generar y mejorar la información relativa al estado de la biodiversidad, para actualizarla y para hacerla accesible a la ciudadanía. Este trabajo se ha materializado en el Sistema Nacional de Monitoreo de la Biodiversidad (snmb) al que han apoyado el Fondo para la Conservación de la Naturaleza y la Fundación Gordon y Betty Moore. El sistema permite, por primera vez, generar datos con los cuales se pueden revisar y cuantificar cambios en la biodiversidad y, así, regular su función para el bienestar de los ecosistemas. Este sistema permitirá también, en el mediano plazo, verificar el grado en que se preserva la integridad ecosistémica, comparada con la referencia de las condiciones de funcionamiento en escenarios de poca o nula perturbación humana. En última instancia, permitirá evaluar en forma exhaustiva la eficiencia y eficacia de los instrumentos de conservación que se pongan en práctica.

El sistema genera estadísticas anuales en términos de recursos biológicos y provisión de servicios de ecosistemas del país, necesarias para la gestión sustentable.

La Conafor y la Conanp aportan al snmb los datos del Inventario Nacional Forestal y de Suelos (infs), ampliado con recolectas biológicas adicionales

Principios en los que se basa el snmb

- **Relevancia:** información suficiente y confiable sobre la degradación ecosistémica y sus consecuencias para la sociedad.
- **Logística:** recolectas intensivas y en procesos de análisis automatizado.
- **Representatividad:** sitios de muestreo seleccionados meticulosamente mediante criterios ecológicos y estadísticos que representan de manera adecuada los ecosistemas de México.
- **Costo-eficiencia:** colaboración entre instituciones.

En el año 2014 se implementó el sistema en su fase piloto, y en 2015 empezó un primer ciclo de cinco años en los que la información obtenida en más de 8 000 sitios del territorio mexicano servirá como insumo esencial para dirigir las políticas de apoyo a los usuarios o dueños de la tierra de una manera más eficiente, al tomar en cuenta la evaluación del impacto sobre la salud del ecosistema. Adicionalmente el sistema constituirá la base para la formación de científicos mexicanos en técnicas y tecnologías de punta para el manejo sustentable de los recursos naturales del país.*

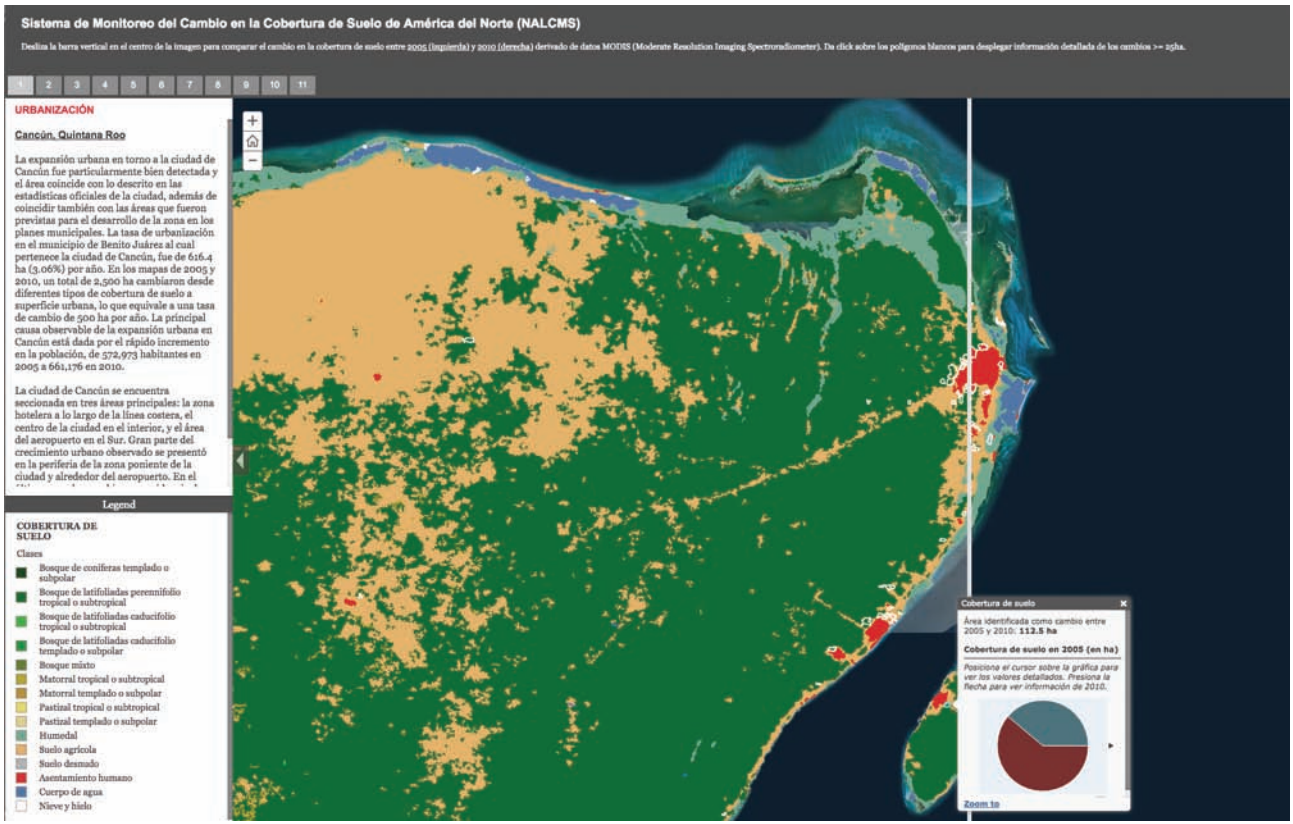
* *<http://www.biodiversidad.gob.mx/sistema_monitoreo/>*.

[46] *<madmex.conabio.gob.mx>*.

y colocación *in situ* de instrumentos de medición (cámaras, micrófonos). En esta colaboración tripartita, la CONABIO genera el sistema de almacenamiento y procesamiento de datos y, junto con investigadores y expertos nacionales e internacionales apoyados con imágenes satelitales y mapas de cambio de uso de suelo (MAD-MEX), efectúa el análisis de esa información.

Monitoreo de cobertura del suelo

El Sistema de Monitoreo del Cambio en la Cobertura de Suelo de América del Norte (NALCMS) es una iniciativa conjunta entre Canadá, Estados Unidos y México para monitorear la cobertura del suelo, considerada como la cubierta física de la superficie terrestre observada desde el espacio, y sus cambios en el transcurso del tiempo. Derivados de imágenes satelitales, los productos del NALCMS aportan información sobre la cobertura del suelo y sus cambios de modo integrado, concordante y automatizado para toda América del Norte, a intervalos regulares. El NALCMS tiene por objeto ser un sistema dinámico para



monitorear tales cambios, así como fuente fundamental de información a largo plazo para los usuarios de productos relacionados con los cambios en la cobertura del suelo en toda la región.

Se ha logrado producir dos mapas de la cobertura del suelo en los años 2005 y 2010, a partir de compuestos mensuales de imágenes con 250 m de resolución espacial del espectrorradiómetro de imágenes de media resolución (MODIS). Los mapas son usados en el servicio meteorológico de Canadá, el atlas climático digital de México y, más recientemente, en el reporte regional de Norteamérica del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). Además existen mapas anuales de cobertura de suelo para México, de 2005 a 2011.

En 2016 se elaboró el mapa de cobertura de suelo para el año 2010, a 30 m de resolución espacial, mediante imágenes Landsat, mismo que se encuentra en proceso de validación, para ser integrado a los mapas de Canadá y Estados Unidos.[47]

Sistema de Monitoreo de los Manglares de México

Los manglares representan ecosistemas altamente productivos: secuestran hasta cinco veces más carbono que los bosques terrestres, son ricos desde el punto de vista biológico y de gran importancia económica y ecológica. Este tipo de hábitat se encuentra presente en los 17 estados costeros de la República mexicana.

Desde 2005 la CONABIO ha trabajado con técnicas de percepción remota y de campo para determinar las condiciones de la vegetación y los principales agentes de transformación de este ecosistema, generando cartografía sobre la extensión y distribución de los manglares a escala 1:50 000.

El SMMM cuenta con cuatro fechas de monitoreo en 1970-1980, 2005, 2010 y 2015, y su análisis permite identificar los estados de la República con mayores tasas de transformación, como Jalisco y Guerrero, así como los de mayor pérdida de superficie, como Campeche y Nayarit.

Un hallazgo paralelo al análisis de cambio es la identificación de las zonas de mayor dinámica en la línea de costa (pérdidas y ganancias de territorio), en áreas asociadas al manglar.

En 2016 los resultados de la última observación (2015) fueron publicados en el folleto *Manglares de México: extensión, distribución y monitoreo (1970/1980-2015)*, y fueron también puestos a disposición del público 14 nuevos mapas en el portal de geoinformación de la CONABIO (del total de 71 mapas disponibles).[48]

[47] <*speck.conabio.gob.mx/NALCMS/2005_2010/es/index.html*>.
[48] <*http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/?vns=gis_root/biodiv/monmang/manglegw*>.

PRB

En 2014 se concluyeron dos proyectos sobre el análisis de la política pública al respecto en cuatro sitios, localizados en los estados de Chiapas, Jalisco, Tabasco y Quintana Roo; los resultados permiten contar con métodos para su aplicación en otros sitios y fortalecer la toma de decisiones en la conservación de los manglares.

En 2016 se concluyó un análisis experimental para la identificación de comunidades de manglar con diferentes especies, utilizando imágenes satelitales de alta resolución espacial. Este trabajo demostró que bajo ciertas condiciones es posible diferenciar las comunidades del manglar.

Monitoreo Comunitario de Aves

La Red de Monitoreo Comunitario de Aves de la Conabio[49] tiene como propósito evaluar el impacto de las actividades antropogénicas sobre la biodiversidad, mediante el monitoreo y seguimiento de especies de aves indicadoras (por ejemplo, especies características de ciertos ecosistemas, especies comunes, especies raras, etc.). Esta información servirá para mejorar y hacer más sustentables las prácticas productivas y para tomar mejores decisiones de política pública para la conservación del capital natural de México. El programa se inició en 2009 en colaboración con la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas con el proyecto "Manejo integrado de ecosistemas" (mie) y, desde 2010, se incorporó a las actividades y proyectos del Corredor Biológico Mesoamericano en su parte mexicana (cbm-México), en áreas de gran riqueza biológica y alta marginación social, principalmente en la región sureste del país.

La Conabio coordina la Red en colaboración con diversos actores (ejidatarios, comuneros, organizaciones de la sociedad civil, consultores, empresas, grupos académicos, la Conanp y con gobiernos estatales y municipales).

La Red está diseñada para la recolección de datos en proyectos de ciencia ciudadana, mediante el uso de la plataforma aVerAves, para lo cual la Conabio cuenta con materiales de capacitación y protocolos de muestreo con los que se ha capacitado a 460 monitores comunitarios de 14 entidades: Campeche, Chiapas, Ciudad de México, Estado de México, Guerrero, Michoacán, Nayarit, Oaxaca, Quintana Roo, San Luis Potosí, Tabasco, Tamaulipas, Veracruz y Yucatán. La información generada por los monitores comunitarios es capturada en aVerAves[50] lo que facilita su manejo, ya que cuenta con herramientas de visualización fáciles de usar para cualquier público.

[49] <*https://www.facebook.com/RedMonitoreoComunitarioAvesCONABIO/*>.
[50] <*http://ebird.org/content/averaves/*>.

Manglar en Laguna de Chacahua, Oaxaca.

A la fecha se han acumulado más de 8 500 listas de especies de aves, con aproximadamente 200 000 registros. Este año se iniciará la capacitación para la aplicación de un método de monitoreo sistemático, que potenciará el valor científico de cada registro y permitirá realizar análisis más detallados o responder preguntas sobre especies y hábitats a diferentes escalas. Muchos miembros de la red se han beneficiado de la capacitación recibida y los más experimentados trabajan hoy en otros proyectos de monitoreo de aves o se han convertido en guías profesionales para observadores de aves.

Sistema de Alerta Temprana de Incendios Forestales

Los incendios forestales son un fenómeno global y un elemento de disturbio en la naturaleza. En el caso de México, la presencia de incendios es recurrente cada año y afecta la biodiversidad en diversas partes del territorio, desde los ecosistemas de selvas húmedas hasta los de zonas áridas.

En este tema la Conabio desarrolló y opera un sistema de alerta temprana de incendios forestales, mediante información satelital y geográfica. El sistema fue instalado como respuesta a la severidad de los incendios de 1998, y desde 1999 proporciona información diaria automatizada sobre la ubicación de incendios forestales detectados con imágenes de satélite.

Observación de aves en el volcán Tacaná, Chiapas.

ROA

La información llega vía electrónica a los responsables de combatir incendios forestales en cada estado del país, aproximadamente 20 minutos después de recibir la imagen satelital correspondiente. Esta misma información se ofrece gratuitamente a todos los países centroamericanos.

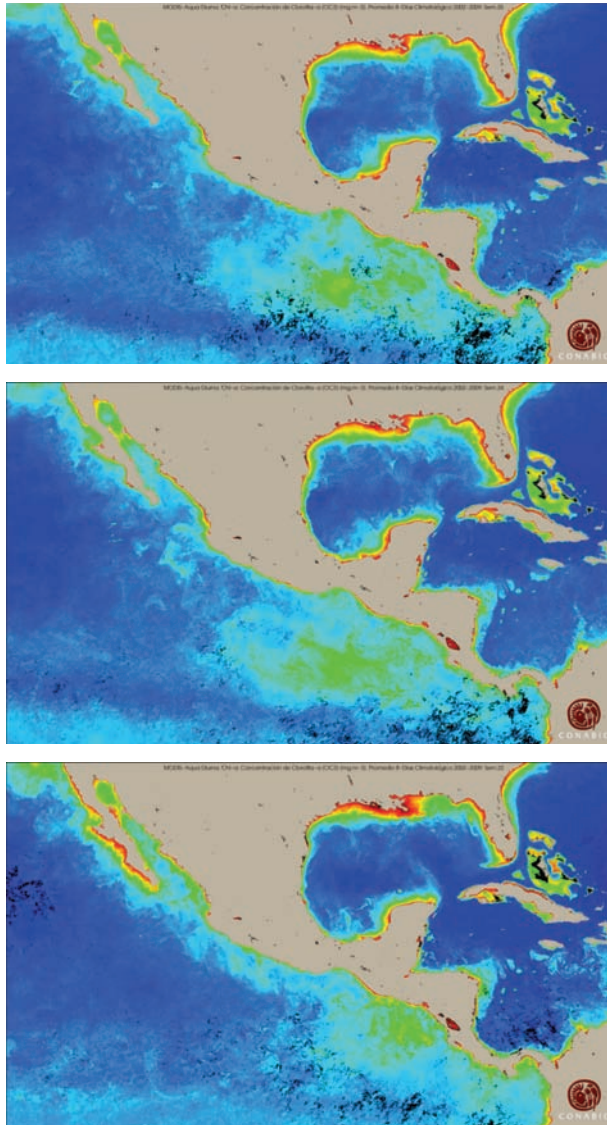
Junto con esta información se generan dos productos adicionales: el primero es un índice de anomalía de la vegetación que mide la diferencia entre el verdor actual de la vegetación y un verdor estimado, basado en datos de vegetación de los últimos 10 años. El segundo corresponde a un modelo que estima el porcentaje de humedad en la vegetación depositada en el suelo, en función de las variables de duración de la precipitación, la humedad relativa y la temperatura, obtenidas a partir de datos satelitales.

En los años 2012 a 2014 la Conabio implementó la cuarta versión de la página web del Sistema,[51] que permite el despliegue de la información en forma espacial, facilitando la consulta y el análisis por parte de los usuarios.

[51] *<http://incendios1.conabio.gob.mx/>*.

A partir de enero de 2014 se incluyó la detección de incendios forestales mediante un nuevo sensor (VII RS), que corresponde a la siguiente generación de imágenes para la observación de la Tierra. En enero de 2016 se mejoró el sistema al implementar la detección de incendios forestales con imágenes de 375 m de resolución del sensor VII RS. Además, se actualizó el uso de nuevos productos satelitales para conocer el porcentaje de humedad en la vegetación.

Página del Satmo. Imágenes de concentración de clorofila.



Sistema Satelital de Monitoreo Oceánico

Desde 2009 la CONABIO mantiene en operación el Sistema Satelital de Monitoreo Oceánico (Satmo), que proporciona automáticamente información en tiempo "casi-real" sobre la temperatura superficial del mar, así como parámetros del color del mar, la concentración de clorofila A (como una medida indirecta de la biomasa del fitoplancton), el coeficiente de atenuación difusa y el material total en suspensión, entre otros. Este desarrollo se realiza con las imágenes de satélite recibidas en la estación de recepción satelital de la CONABIO.

El sistema proporciona automáticamente imágenes compuestas para varios productos oceánicos diarios, semanales y mensuales, así como compuestos específicos de anomalías semanales y mensuales. La información se encuentra disponible en la página web de la CONABIO.[52]

Desde 2016 se inició el desarrollo de una nueva versión del Satmo que deberá concluirse en 2018, y que dará paso a la obtención de nuevos productos oceánicos satelitales con la posibilidad de integrarse, junto con otros ya desarrollados, a los siguientes sistemas operacionales para la toma de decisiones: de alerta de blanqueamiento de corales, de eventos de florecimientos algales, de presencia de sargazo y de la condición del ecosistema arrecifal coralino del Caribe mexicano. Los sistemas operacionales actualmente en desarrollo se trabajan en alianzas con instituciones académicas del gobierno y de la sociedad civil.

[52] *<http://www.biodiversidad.gob.mx/pais/mares/satmo/index.html>*.

Sistema Satelital de Alerta Temprana de Eventos de Blanqueamiento de Corales

Este sistema está basado en la sensibilidad de los corales a los cambios de temperatura del mar. Desde 2012, la Conabio ha trabajado en el desarrollo del Satcoral, en el que se integran datos de la temperatura superficial del mar, derivados del Satmo, con datos *in situ* de la temperatura del agua cercana a los corales del Arrecife Mesoamericano mexicano.

Un elemento fundamental para el sistema es la cantidad y calidad de datos satelitales históricos que sirven como base para detectar cuándo la temperatura del agua es mayor que el promedio histórico, así como el acceso a datos *in situ* de temperatura del agua.

Para ello se realizan nuevas alianzas institucionales (con la Conanp, los institutos de Ciencias del Mar y Limnología, y de Ingeniería de la unam, el Cinvestav-Mérida, la Healthy Reef Initiative [hri], Comunidad y Biodiversidad [Cobi] y Amigos de Sian Ka'an, entre otros) para derivar datos de temperatura con sensores *in situ,* y se desarrollan nuevas versiones del Satmo para contar con un mayor número de pasos satelitales que deriven en una mayor cobertura espacial y temporal de la temperatura superficial. Ello permitirá el desarrollo de nuevos algoritmos para la detección temprana de blanqueamiento de corales.[53]

Sistema Satelital de Alerta Temprana de Florecimientos Algales

En 2016 se continuaron los trabajos iniciados en 2011 para derivar datos e información que contribuyan a la implementación, en 2018, de un sistema satelital de alerta temprana de florecimientos algales nocivos, mediante la integración de datos *in situ* y satelitales, derivados de nuevas fuentes, con el propósito de optimizar el monitoreo de estos eventos e identificar las especies de fitoplancton responsables de los florecimientos algales nocivos.[54]

Como parte de este estudio, y a pesar de varios reveses como los vandalismos sufridos en nuestra boya que recolecta información de parámetros biofísicos del mar, se derivaron datos a partir de mediciones continuas de diversos parámetros meteorológicos, oceanográficos y de calidad de las aguas, recabados de sensores colocados en una boya oceánica al norte de la isla Holbox, sobre la Plataforma de Yucatán. Lo anterior se complementa con investigaciones *in situ* sobre las propiedades bioópticas en florecimientos fitoplanctónicos, apoyados con los productos derivados del Sistema Satelital de Monitoreo Oceánico. Adicionalmente se diseñó un programa piloto de monitoreo ciuda-

[53] <*http://www.biodiversidad.gob.mx/pais/mares/satcoral/index.html*>.
[54] <*http://www.biodiversidad.gob.mx/pais/mares/marea_roja/index.html*>.

dano de parámetros fisicoquímicos y de muestras de agua con voluntarios de la zona de la isla Holbox, cuya implementación se espera consolidar durante el año 2017.

Estos estudios han sido desarrollados en colaboración con el Cinvestav-Mérida, la Universidad Autónoma de Baja California, la Universidad del Sur de la Florida y el Instituto de Geografía de la UNAM.

Monitoreo de hábitats bentónicos en aguas someras del Caribe mexicano

Los hábitats bentónicos son componentes vitales de los ecosistemas marinos integrados por el sustrato del fondo marino y la comunidad de organismos identificados como bentos. Las aguas del Caribe mexicano albergan una gran parte del mayor arrecife coralino del hemisferio occidental y segundo más grande del mundo: el arrecife mesoamericano, refugio de numerosas especies en peligro de extinción o protegidas, amenazadas por procesos naturales o antrópicos.

Desde el año 2010 la CONABIO inició un proyecto para conocer la distribución y estimación actual de la superficie de los arrecifes coralinos someros y otros hábitats bentónicos en la parte mexicana del arrecife mesoamericano, a partir de la generación de mapas de cobertura béntica, morfológicos (sólo en función del relieve) y batimétricos (hasta aproximadamente 19 m de profundidad), a partir del procesamiento de imágenes satelitales y validado con datos recabados en campo. En 2012 se elaboró el primer mapa con la distribución y estimación de la superficie de los arrecifes coralinos someros y otros hábitats bentónicos del área del Parque Nacional Arrecife de Puerto Morelos, en Quintana Roo. Entre 2013 y 2016 se ampliaron los resultados a otras regiones adyacentes. Para febrero de 2017 se planea obtener la versión final de dichos mapas para las aguas someras del Caribe mexicano.

Los trabajos se han desarrollado con la colaboración de instituciones como la Conanp, el Cinvestav-Mérida, los institutos de Ciencias del

Bispira brunnea. Arrecife coralino, Quintan Roo.

Mar y Limnología, y de Geografía de la UNAM, y con el apoyo de la empresa EOMAP GmbH & Co. KG, de Amigos de Sian Ka'an, A.C., del Centro Ecológico de Akumal, y de algunas comunidades pesqueras y operadores turísticos de Quintana Roo.[55]

Monitoreo de humedales

Las turberas, los manglares y los arrecifes de coral son algunos de los ecosistemas de humedales más vulnerables y amenazados por la pérdida y la degradación del hábitat. Con la experiencia generada en el estudio de los manglares, y como una necesidad de ampliar el enfoque de monitoreo ecosistémico a otros humedales costeros y no costeros, se inició a finales de 2013 la exploración y el desarrollo de métodos consistentes que permitan establecer, principalmente por técnicas de percepción remota, una línea base para un futuro monitoreo de los humedales.

Desde 2014 se trabaja en cuatro sitios piloto: Puerto Morelos, Quintana Roo, Cuatrociénegas, Coahuila, Marismas Nacionales, Nayarit y Laguna de Términos/Pantanos de Centla, Campeche/Tabasco. Para estos sitios se elaboran mapas detallados de vegetación y uso del suelo a partir de imágenes de alta resolución, así como la determinación de la dinámica de los espejos de agua, con imágenes de satélite de mediana resolución.

Actualmente se cuenta con los primeros resultados sobre las variaciones de la humedad y cuerpos de agua en estos ecosistemas, a partir del análisis de índices espectrales, como base para la propuesta del monitoreo de los humedales.

El monitoreo mejorará la comprensión espacial de la conectividad entre los humedales estuarinos (manglares, petenes, etc.) y los humedales marinos (arrecifes de coral), lo que nos permitirá tener una visión más integral de estos ecosistemas y contar con mayores elementos de juicio que puedan contribuir a prácticas sustentables y toma de decisiones en temas de conservación y uso de la biodiversidad.

Perfiles y cartografía de suelo

Para contar con una capa más de las que constituyen el Sistema de Información Geográfica de la CONABIO, y adicionalmente para apoyar el trabajo del INEGI sobre perfiles y cartografía de suelo (profundidad, textura [porcentaje de arci-

[55] *<http://www.biodiversidad.gob.mx/pais/mares/arrecifesam/hab_bat.html>*.

llas, limos y arenas], color en húmedo y seco, pH [acidez o basicidad], capacidad de intercambio catiónico y materia orgánica, entre otros), la Comisión ha generado una base de datos de covariables[56] que complementa la información del INEGI con datos sobre clima, tipos de roca, vegetación, relieve y sus atributos primarios y secundarios derivados del modelo digital de elevación.

Como un considerable avance se registra, en 2016, la elaboración del mapa continental de cobertura vegetal de América del Norte a escala 1:100 000, a partir de los que se habían hecho en 2005, 2010 y 2015 a escala 1:1 000 000.

Mosaico satelital de México (visto desde el espacio)

En agosto de 2014 la CONABIO inició el esfuerzo de generar un "mosaico satelital sin nubes" para todo el país con base en imágenes de la constelación satelital RapidEye; una cobertura completa del territorio mexicano requiere más de 4 000 imágenes en una resolución espacial de 5 metros.[57]

La generación del mosaico nacional es sumamente exigente y es un reto computacional, dado el volumen de información almacenada (hasta 2 TB). Además, aparte del proceso automatizado para la generación del mosaico básico de las imágenes georreferenciadas, se requiere un proceso manual minucioso en el ajuste visual de todas las imágenes para minimizar las diferencias espectrales por la diferencia de la fecha de toma de las imágenes.

El prototipo del mosaico se terminó en el año 2015 y ha brindado un nivel de detalle espacial único y servido de referencia para varias aplicaciones geoespaciales. En el año 2016 el esfuerzo se orientó al mejoramiento de la calidad visual y también a fusionar imágenes satelitales de Landsat-8 para la parte marina/costera, complementando el mosaico terrestre.

Además del valor estético, que permite al público general observar el territorio de manera realista, es una fuente adicional importante para el mapeo temático por parte de diferentes instituciones del sector público. El mosaico satelital facilita la generación de la serie de vegetación y uso de suelo del INEGI, apoya la determinación de la frontera agrícola para el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (Semarnat) y la Conagua, y provee información de base, excelente para la determinación de la línea de costa (Semar), por mencionar algunas aplicaciones potenciales. Sin duda, el mosaico es un instrumento útil para la planeación y la gestión de los recursos naturales y para los tomadores de decisiones en diferentes sectores.

[56] <*http://geoportal.conabio.gob.mx/*>, sección de "mapeo digital de suelos".
[57] <*http://ssig.conabio.gob.mx/apollo/*>.

Geovisualización

Dado que muchos de los proyectos de la Conabio se trabajan a una escala que limita la utilidad de la información para un público amplio, se empezaron a explorar formas para representar información sobre la biodiversidad mexicana de manera menos abstracta y más dinámica, mediante visualizaciones bi y tridimensionales.

Como resultado de lo anterior se desarrollan ambientes de realidad virtual que el usuario podrá explorar, ya sea mediante rutas predefinidas (en términos de sobrevuelos) o, por otro lado, de manera independiente, navegando dentro de un espacio virtual de manera interactiva. En este espacio virtual se pretende visualizar también problemas en el nivel de especies particulares, como el blanqueo de coral. En 2014 se empezó este proyecto en el Parque Nacional Arrecife de Puerto Morelos, en Quintana Roo, donde se modelaron no sólo la geomorfología arrecifal, sino también las especies más importantes de este ecosistema y su distribución aproximada a la realidad. La gran diferencia con otros desarrollos de realidad virtual es que, en éste, toda la información visualizada está basada en información de imágenes satelitales y productos derivados (relieve, hábitat bentónico) *in situ* (distribución, composición y presencia de especies). El usuario puede moverse libremente en el espacio virtual y consultar información de fichas técnicas desplegadas en su visor, como si fuera información narrada. El prototipo se presentó durante la reunión de la CoP 13, en Cancún.

Aparte de este desarrollo interactivo, en 2016 se ideó una aplicación para los sistemas Android e iOs, con la que el usuario puede visualizar todas las especies modeladas del arrecife de Puerto Morelos en forma 3D y en 360 grados, como si estuvieran en una galería. El usuario puede rotar los objetos, verlos desde diferentes ángulos y consultar las especies mediante una explicación en forma narrativa.

Con las experiencias adquiridas en un área de estudio relativamente pequeña se quiere después visualizar, de la misma manera, regiones más extensas, incluso a escala nacional. Esas nuevas tecnologías permiten conocer, estudiar y tener acceso a información de especies y ecosistemas en una forma interactiva y visualmente atractiva.

Atlas de naturaleza y sociedad

Una herramienta clásica de la cartografía para visualizar información temática ha sido tradicionalmente el atlas. Cada atlas utiliza ciertas estructuras narrativas, por ejemplo, estructuras temáticas o estructuras cronológicas que facilitan al usuario comparar y sintetizar la información visualizada.

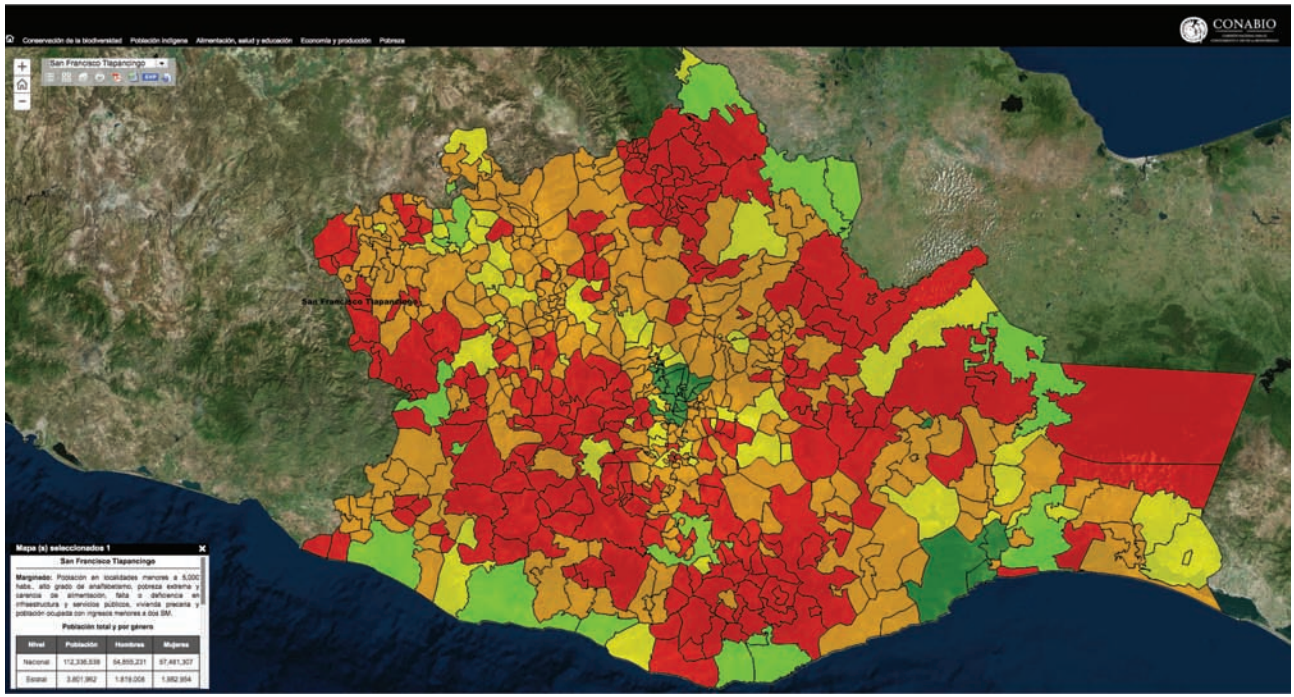
Mosaico satelital sin nubes, y acercamientos.

Desde el año 2013 la Conabio ha adaptado esta idea del atlas tradicional y la ha traducido a un formato digital que permite publicar mapas sobre temas particulares en forma de un atlas en línea. El Atlas de naturaleza y sociedad es una plataforma que proporciona al usuario mapas interactivos con texto narrativo, imágenes y contenido multimedia para visualizar la información y los resultados más importantes de los proyectos que desarrolla la Conabio, de manera fácil de entender e interpretar. Este atlas aprovecha el poder de la geovisualización para exponer los temas en forma atractiva e interactiva. Cada tema del atlas proporciona una pequeña explicación del tema, información asociada a los rasgos geográficos y, en su caso, la posibilidad de descarga o consulta de la información geoespacial.[58]

Los temas que se visualizaron de esta forma corren en paralelo con los proyectos principales del área de Geomática. Así, se han publicado, entre los años 2014 y 2016,

[58] *<http://www.biodiversidad.gob.mx/atlas/>*.

Demografía de municipios de Oaxaca en el Atlas de naturaleza y sociedad.



1] una serie de mapas sobre la distribución de manglares en el contexto del Sistema de Monitoreo de los Manglares de México y sus cambios durante las últimas décadas;
2] una geovisualización de la dimensión social de la biodiversidad mediante *una caracterización* sociodemográfica y socioeconómica de todos los municipios del país (en el marco del programa gubernamental de la Cruzada Nacional contra el Hambre), y
3] dos aplicaciones para el monitoreo de cobertura y cambios de cobertura de suelo.

En 2016 se publicó también el estudio sobre la dinámica de la costa en las zonas de los manglares, visualizando en forma detallada las pérdidas y ganancias de la línea de costa por medio de transectos a cada 50 m. El usuario puede consultar en forma interactiva los cambios lineales entre 1970 y 2010, y áreas asociadas al nivel de polígono. La actualización de los cambios entre 2010 y 2015 será publicada durante el año 2017.

También en 2016 se publicaron los resultados principales de los proyectos del Corredor Biológico Mesoamericano para México como parte del atlas. En total se publicaron 50 proyectos para visualización y consulta interactiva.

Finalmente, en ese mismo año, se publicó una versión del nuevo mosaico satelital "México sin nubes" en resolución espacial reducida (30 m) como parte del atlas.[59] El atlas fue premiado como la mejor aplicación técnica de esa herramienta durante el *Latin American Geospatial Forum* en 2016.

Evaluación de ecosistemas

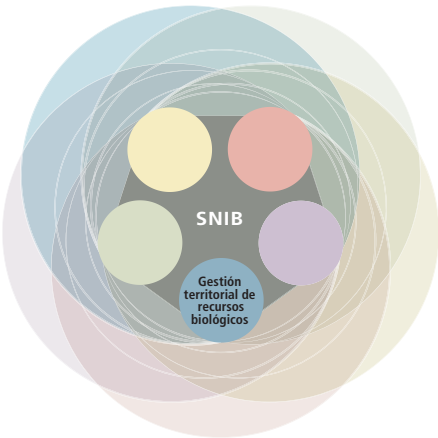
Capital natural de México representa la segunda evaluación de la biodiversidad del país, a 10 años del primer Estudio de país, en 1998. A diferencia de aquel primer estudio, *Capital natural de México* constituye una evaluación de los ecosistemas que destaca su importancia en el suministro de bienes y servicios de los cuales depende la humanidad para subsistir. Entre 2008 y 2009 se publicaron los tres primeros volúmenes y la síntesis de la obra: I: *Conocimiento actual de la biodiversidad;* II: *Estado de conservación y tendencias de cambio;* III: *Políticas públicas y perspectivas de sustentabilidad; Síntesis: Conocimiento actual, evaluación y perspectivas de sustentabilidad*. También en 2009 se publicó el libro *México: capacidades nacionales para la conservación y el uso sustentable de la biodiversidad*, en colaboración con el PNUD, un antecedente relevante para el desarrollo del

[59] <*http://ssig.conabio.gob.mx/apollo/*>.

cuarto volumen de *Capital natural de México*. En 2012 se publicó *Capital natural de México: acciones estratégicas para su valoración, preservación y recuperación*, orientado a destacar las prioridades, retos y acciones hacia una valoración y uso sustentable del patrimonio natural (todos los volúmenes están disponibles en <*http://www.biodiversidad.gob.mx/pais/capitalNatMex.html*>), que sirvió de base para la actualización de la Estrategia Nacional sobre Biodiversidad de México.[60]

Capital natural de México ha sido un sustento importante de información para la elaboración del Cuarto y del Quinto Informe de País ante el Convenio sobre la Diversidad Biológica.

En 2016 se publicó el cuarto volumen de la obra, *Capacidades humanas e institucionales*, que evalúa los avances y las barreras enfrentadas en el manejo del patrimonio natural y en el desarrollo e integración del conocimiento para mejorar la toma de decisiones, a partir del análisis del estado actual de las capacidades humanas e institucionales generadas por los sectores académico, social y gubernamental. Los cerca de 85 autores del volumen, en congruencia con el resto de la obra, hicieron un esfuerzo por ordenar, analizar y sintetizar el conocimiento disponible en materia de capacidades, destacando también las prioridades y los vacíos de información para lograr un manejo adecuado y sostenible del patrimonio natural. En 2015 se publicó un artículo en la prestigiosa revista *BioScience*,[61] con el fin de dar a conocer a la comunidad internacional la relevancia de este esfuerzo de envergadura nacional sin precedentes para impulsar la valoración del capital natural de los mexicanos.



8. Gestión territorial de recursos biológicos

Puesto que las actividades humanas interactúan de manera estrecha, espacial y funcionalmente, con los recursos naturales, planificar la transformación de los recursos naturales de una nación y su conservación es fundamental para diseñar e instrumentar políticas públicas de conservación y uso sustentable.

El Convenio sobre la Diversidad Biológica, de la Organización de las Naciones Unidas, establecido en 1992, afirma que la biodiversidad posee un gran

[60] (ENBM), publicada en enero de 2016. <*http://www.biodiversidad.gob.mx/pais/ENBM.html*>.

[61] J. Sarukhán *et al.* 2015. Strategic Actions to Value, Conserve, and Restore the Natural Capital of Megadiversity Countries: The Case of Mexico, *BioScience* 65:2, pp. 164-173.

valor intrínseco, que es elemento básico para la supervivencia de la humanidad, relevante como objeto de estudio científico y de alta significación social, económica, cultural y educativa.

Para implementar planes y proyectos de conservación y uso racional del capital natural son necesarias la participación de la sociedad y el trabajo científico multi e interdisciplinario, que provea la información científica sólida, de calidad y pertinente para apoyar la toma de decisiones para el diseño de políticas públicas; estas políticas deben tener como objetivo el bienestar social. La estrategia adoptada en México se basa en asumir la planeación ecológica del desarrollo territorial como principio básico en la aplicación de políticas públicas, el fomento económico y el bienestar social.

Los corredores biológicos son territorios conformados por áreas, paisajes y zonas de conectividad, ya sean terrestres, costeras o marinas, con alto valor de provisión de servicios ecosistémicos.[62]

El Corredor Biológico Mesoamericano

El Corredor Biológico Mesoamericano (CBM) fue una iniciativa apoyada por el Banco Mundial para proteger las especies y los ecosistemas naturales compartidos por (o que unen a) México, Belice, Guatemala, Honduras, El Salvador, Nicaragua, Costa Rica, Colombia, Panamá y República Dominicana. Cada uno de los países se hizo cargo de diseñar y gestionar el trabajo del Corredor Mesoamericano en su territorio. La parte correspondiente a México fue encargada a la Conabio y los trabajos de planificación y posterior implementación se iniciaron en 2002 y terminaron una década después.

Existió un Plan Director CBM-2020: gestión territorial sostenible en el Corredor Biológico Mesoamericano, como marco de planificación que fue suscrito por los 10 países. Su objetivo era hacer converger esfuerzos de gestión territorial en estrategias de desarrollo compartidas, logrando sinergias entre instituciones de gobierno de los sectores ambiental, agropecuario, de salud y bienestar social; instituciones académicas y de investigación —públicas o privadas—; organizaciones no gubernamentales y civiles, organizaciones sociales, gremiales y de base; empresas, organismos internacionales e instancias de coordinación, y agencias de cooperación internacional.

[62] *<http://www.proyectomesoamerica.org:8088/emsa/documentos/Proyectos/CBM/Plan%20Director%20CBM-2020%20aprob.pdf>*.

El Corredor Biológico Mesoamericano en México (CBM-M) se inspiró en la convicción de que la conservación de la biodiversidad no podría alcanzarse sin trabajar al mismo tiempo en mejorar las condiciones de vida de las poblaciones ubicadas en las zonas de conectividad. Lo anterior se procuró hacer mediante la estabilización de la cobertura de los ecosistemas existentes, restaurar las áreas críticas deterioradas y reconvertir las prácticas productivas de sus habitantes en prácticas que mejoren el bienestar de las futuras generaciones, al tiempo que se conservan los ecosistemas de que se trate.

Las acciones que se llevaron a cabo ocurrieron en los estados de Campeche, Chiapas, Oaxaca, Quintana Roo, Tabasco y Yucatán, en donde, en alianza con diferentes órdenes de gobierno y organizaciones de la sociedad civil, los corredores biológicos se han aplicado como instrumento de política pública que fomenta la conservación de la biodiversidad y el bienestar, y además se han establecido como una pieza importante en la Estrategia Nacional de Cambio Climático, pues sus acciones abonan tanto a la mitigación de, como a la adaptación a, los efectos del cambio climático global.

El esfuerzo realizado en esos estados ha significado la interacción con 1 230 comunidades. Las acciones desarrolladas han beneficiado anualmente a un promedio de 13 000 personas, de las cuales alrededor de un tercio corresponde a población indígena.

Ante las tendencias sectoriales y homogeneizadoras de la política pública, el CBM-M ha asumido como marco conceptual el "enfoque territorial del desarrollo", que incorpora criterios ambientales y de conservación biológica que enfrenten el deterioro y propongan el bienestar. Entre las acciones desarrolladas, destacan:

1. La innovación de prácticas tecnológicas, generadas a partir del intercambio de conocimientos, reconvirtiendo hábitos productivos que aumentan el deterioro ambiental, fomentando paisajes agroforestales y el impulso al manejo forestal diversificado.
2. La formación de personal técnico y promotores de campo dedicados a incidir y orientar en la elaboración de proyectos integradores, sustentables e impulsores.
3. Convenios interinstitucionales en distintos órdenes de gobierno para la alineación de políticas públicas con base en las capacidades y problemáticas locales; por ejemplo, los desarrollados conjuntamente con la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (Sagarpa), el Instituto Nacional de la Economía Social (Inaes) y la Comisión Nacional Forestal (Conafor).

4. Monitoreo de fauna silvestre, por medio de cámaras-trampa y la observación de aves con la ayuda de monitores comunitarios.

Actualmente, la Conabio se concentra en la tarea de sistematizar experiencias y lecciones aprendidas, con el interés de crear propuestas para una nueva generación de políticas territoriales que facilite su alineación, el intercambio de conocimientos y la toma de decisiones con base en una mejor información.

Una de las áreas neurálgicas ha sido el estado de Chiapas en donde, en el lapso entre 2000 y 2012, ocurrieron cerca de 6% de las pérdidas en cobertura arbórea (142 000 hectáreas) en México, lo que significó la desaparición de al menos 32 millones de toneladas de biomasa. El 86% de esta deforestación en la región tuvo lugar fuera de los límites de áreas naturales protegidas. Las principales causas de esta pérdida han sido la deforestación asociada a factores clave como el crecimiento poblacional, las presiones por demanda de tierra de personas sin acceso a ellas, así como el desarrollo de actividades de producción primaria extensivas e ineficientes. Los dos últimos temas han sido factores asociados a la implementación de políticas de colonización y fomento productivo que no obedecen a criterios ambientales ni sociales y que carecen de planificación.

En la Selva Lacandona el mecanismo para frenar las aceleradas tasas de deforestación en zonas de corredores biológicos ha consistido en implementar actividades de reconversión productiva de tipo agroforestal y silvopastoril, en complemento con otras actividades de conservación, restauración y uso sustentable de los recursos naturales.

Con base en la zonificación microrregional, la participación de instituciones como la Comisión Nacional Forestal, la Comisión para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas (cdi) y la Secretaría de Agricultura (Sagarpa), así como el establecimiento de acuerdos para la conservación en los que también participa el sector académico, los productores y los técnicos, ha sido fundamental.

Es claro que aún hay un largo camino por recorrer en el que las plataformas de innovación y gestión del conocimiento habrán de adquirir un papel relevante,

Cosecha de miel, Quintana Roo.

al igual que los nuevos perfiles de evaluación orientados a procesos, que podrán retroalimentar las acciones derivadas de los acuerdos interinstitucionales.

Cooperación para la gestión de corredores

La cooperación internacional ha aportado al CBM-M recursos con diferentes esquemas y modalidades, gracias a las gestiones de la CONABIO y, más recientemente, de la Comisión en coordinación con la Agencia Mexicana de Cooperación Internacional para el Desarrollo (Amexcid).

Además de los recursos del Fondo para el Medio Ambiente Mundial, bajo la supervisión del Banco Mundial, se han recibido y canalizado fondos de otras fuentes como el CAF-Banco de Desarrollo de América Latina, la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y el Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola (FIDA).

También se ha obtenido apoyo financiero y técnico de agencias bilaterales de Alemania (Ministerio Federal para la Cooperación y el Desarrollo Económico, BMZ, y su Agencia de Cooperación para el Desarrollo, GIZ); España (Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo, AECID); Estados Unidos (Agencia para el Desarrollo Internacional, USAID, y Servicio de Pesca y Vida Silvestre, USFWS); Francia (Agencia Francesa de Desarrollo, AFD) y Japón (Agencia de Cooperación Internacional del Japón, JICA).

Proyecto Sistemas Productivos Sostenibles y Biodiversidad

Conforme se desarrollaron los esfuerzos de protección y manejo sustentable de los ecosistemas en buenas condiciones ubicados entre las áreas naturales protegidas en los estados en los que el CBM funcionó, resultaba más claro el hecho de que si no existía un aliciente económico permanente, además de los subsidios de diferentes tipos, entre ellos los de pago por servicios ambientales, sería difícil sostener el manejo amigable con la biodiversidad que mantuviese lo mejor posible el estado de funcionamiento y salud de los ecosistemas naturales; se requería una forma de manejo que por el valor económico que redituase a sus dueños garantizara el manejo sostenible del capital natural de forma permanente.

Por lo anterior, en 2011 se diseñó un programa cuyo objetivo sería seleccionar algunos productos amigables con la biodiversidad para estimular su valor

económico para las comunidades que los producían. Ese proyecto recibió el nombre de Sistemas Productivos Sostenibles y Biodiversidad, y fue financiado por el GEF/Banco Mundial, dentro del espacio del CBM, con el propósito de fomentar cadenas productivas sostenibles de bienes y servicios basados en la biodiversidad para apuntalar en la región del sureste de México proyectos que se caracterizan por formas de uso del patrimonio natural que no degradan las características funcionales y estructurales de los escosistemas, y ha comprendido siete sistemas productivos (miel, café, cacao, forestal, vida silvestre, ganadería silvo-pastoril y ecoturismo), que buscan fortalecer las capacidades en asociaciones de productores en cuanto a fortalecimiento institucional, diferenciación en el mercado y alianzas de negocios, en asociación con 27 empresas sociales que reúnen a pequeños productores comuneros, ejidatarios y propietarios por igual, que se asocian para producir y comercializar conjuntamente los bienes y servicios que ofrecen.

El énfasis está puesto en las oportunidades de diferenciación y posicionamiento en los mercados, tanto en el nacional como en los internacionales, frente a la disyuntiva entre el consumo presente y el futuro.

Un componente importante del proyecto es el monitoreo enfocado a obtener información sobre cómo la adopción de prácticas productivas amigables con la biodiversidad, definidas para cada sistema productivo, ha fomentado la conservación de la biodiversidad. Lo anterior proveerá información que permita establecer, con base en hechos comprobados, cuáles son las prácticas productivas que propician una mayor conservación de los ecosistemas en los cuales se desarrollan esas actividades productivas. El proyecto ha sido adoptado por unos 6 400 productores en cerca de 40 000 hectáreas.

Al respecto destaca el caso del sistema productivo café, ya que en el "Certamen Taza de Excelencia 2015", cuyo propósito fue promover e incentivar la producción nacional de café de alta calidad, se instauró la categoría Premio Corredores Biológicos Mesoamericanos, con el fin de premiar el mejor café producido en áreas de alta biodiversidad en las que el sistema de producción de sombra ayuda a crear conectividad entre áreas naturales protegidas, en cuya zona de amortiguamiento se cultiva café bajo sombra con buenas prácticas agrícolas y amigables con el medio ambiente. Los ganadores han podido subastar sus productos a un precio signifi-

Café tostado, Campesinos Ecológicos de la Sierra Madre de Chiapas, S.C.

cativamente más alto. Hay un acuerdo firmado entre la empresa Equal Exchange y la asociación de productores CAEO (Comercializadora Agropecuaria del Estado de Oaxaca, S.A. de C.V.) para establecer un sobreprecio al café producido conforme a dichas prácticas, como un primer mecanismo de diferenciación de productos amigables con la biodiversidad en los mercados.

Recursos biológicos comunitarios

Desde hace más de tres lustros la CONABIO ha apoyado a diferentes comunidades que utilizan recursos biológicos que forman parte de los ecosistemas de las zonas donde habitan. Algunos de esos usos se remontan a épocas prehispánicas, como es el caso de la meliponicultura (apicultura con abejas nativas del trópico mexicano como las varias especies de *Melipona*), la extracción de resinas para fines rituales con inciensos y materiales aromáticos, y varios otros de desarrollo más reciente, como los destilados de varias especies de *Agave* para la producción de mezcal, que tienen un importante valor económico y social local, nacional e internacional. El papel de la CONABIO ha sido el de suministrar a los productores información que les puede resultar de utilidad para mejorar su producción, la conservación de los recursos que utilizan y la protección intelectual de sus productos. Otros ejemplos ya mencionados al inicio del documento son copales, aguas de manantial, langosta y pita de la selva.

Cosecha de miel de melipona, Campeche.

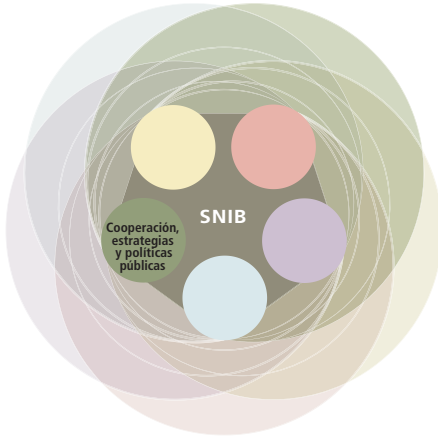
Buena parte de estos esfuerzos están enmarcados en la implementación del Protocolo de Nagoya y el artículo 8 sobre conocimientos, innovaciones y prácticas tradicionales de las comunidades indígenas y locales, así como en conservación y valoración de la agrobiodiversidad.

Algunos ejemplos notables han sido el apoyo a los productores de mezcal en varios estados de la República para el registro de la denominación de origen de sus diferentes tipos de mezcal —lo que protege sus productos de imitación y copias de los nombres—, el apoyo al desarrollo de la producción de miel de melipona, que tiene un alto valor económico, así como el apoyo a la producción de

miel de la abeja europea (*Apis mellifera*) que es un elemento de alta importancia económica para grandes grupos rurales de la península de Yucatán y que hace a México el tercer exportador mundial de miel; en este caso se está dando información a los productores que les ayude a distinguir sus mieles como producto de diferentes floraciones específicas, para obtener mejores precios en el mercado internacional.

Además del potencial económico de la meliponicultura en nuestro país, las abejas nativas ofrecen un servicio ambiental fundamental que es la polinización de muchas especies vegetales silvestres y cultivadas.

9. Cooperación, estrategias y políticas públicas



Cooperación internacional

Sin lugar a dudas, uno de los objetivos principales de la Conabio es influir en el área de toma de decisiones y generación de políticas públicas sobre la biodiversidad de México, mediante argumentos sustentados en su conocimiento. Para llegar a ese punto, la Comisión ha tenido que hacer, desde su creación hasta hoy, acopio de datos para construir información relevante y confiable para el país en el tema de la biodiversidad, con la ayuda de una red de científicos de diversas disciplinas y mediante la cooperación de muchas personas e instituciones nacionales y extranjeras. La palabra clave en la Conabio ha sido *colaboración.*

La etapa en la que se encuentra la Comisión (generación de inteligencia para la toma de decisiones y comunicación a la sociedad) es producto de haber ido creando, durante 25 años, una cultura de la colaboración en la que las premisas han sido cumplir, ser confiables, comprometerse. Para ello se ha tenido que aprender —durante un cuarto de siglo, junto con las comunidades científicas del país e internacionales, los funcionarios de gobierno (en los niveles nacional, estatal y municipal), las instituciones privadas y gubernamentales, estudiantes y campesinos, recolectores y observadores espontáneos— a trabajar en colaboración.

Para influir en la toma de decisiones y en la generación de políticas públicas, la Conabio ha definido estrategias que han propiciado la creación de masas críticas locales (redes de expertos en torno a la biodiversidad) que trascienden a los funcionarios de cada sexenio, creando así verdaderas empresas sustentables a mediano y largo plazos. Asimismo, la Comisión ha gestado cadenas de valor,

emitido recomendaciones sustentadas en la mejor información científica disponible, construido memoria histórica —dentro y fuera de ella, nacional e internacionalmente—, y ha formado cuadros de nuevos profesionales de la biodiversidad, creando así un importante capital humano para la nación.

La continuidad y la estabilidad de la Comisión han permitido también, en el ámbito internacional, desempeñar un rol preponderante en la toma de decisiones. La Conabio tiene un papel central como institución coordinadora, que financia y promueve el desarrollo de contenidos en su Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad. Y sin dejar de realizar su labor central, se ha extendido a nuevas áreas en la búsqueda de dar respuesta a la creciente demanda de información de diversos sectores.

Convenio sobre la Diversidad Biológica

El Convenio sobre la Diversidad Biológica (cdb) es el instrumento global más importante para abordar todos los aspectos de la diversidad biológica, y el primero en reconocer que su conservación es "una preocupación común de la humanidad", y una parte integral del proceso de desarrollo. El cdb tiene como objetivos principales "la conservación de la biodiversidad, el uso sostenible de sus componentes y la participación justa y equitativa de los beneficios resultantes de la utilización de los recursos genéticos".

La Conabio ha sido, desde un inicio, el Punto Focal Nacional ante el cdb para los siguientes temas: a] Órgano Subsidiario de Asesoramiento Científico, Técnico y Tecnológico (sbstta); b] Iniciativa Global para la Conservación Vegetal (gspc); c] Mecanismo Facilitador de Información (chm), y d] Iniciativa Mundial sobre Taxonomía (gti). Además, en el ámbito nacional también da seguimiento a los trabajos de implementación en el marco del Protocolo de Nagoya sobre Acceso a los Recursos Genéticos y Participación Justa y Equitativa de los Beneficios Derivados de su Utilización, así como al Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología.[63]

En el año 2014 la Conabio se integra como miembro de la Alianza Mundial de Información sobre Especies Exóticas Invasoras (giasip), cuyo propósito es promover el intercambio de información científica y técnica, así como fortalecer las capacidades para prevenir, controlar y erradicar las especies exóticas invasoras que causan más daños, así como mejorar la gestión de las vías

[63] *<http://www.biodiversidad.gob.mx/planeta/internacional/cbd.html>*.

de introducción para reducir el riesgo de establecimiento y dispersión de dichas especies.

En el marco de la decimosegunda reunión de la Conferencia de las Partes (CoP 12), realizada en Pyeongchang, Corea, en octubre de 2014, se anunció que México sería sede de la siguiente Conferencia de las Naciones Unidas sobre Biodiversidad (CoP 13), misma que se celebró del 4 al 17 de diciembre de 2016 en Cancún, Quintana Roo. Como parte del proceso de preparación, se estableció un comité coordinador del sector ambiental, encabezado por el titular de la Semarnat, con el objeto de atender tres grandes rubros: temas sustantivos, logística y comunicación, y difusión. En este comité, la Conabio se responsabilizó de coordinar, integrar y dar seguimiento a los temas sustantivos de esta reunión.

Por primera vez, de manera paralela a la CoP 13, se realizaron las reuniones de las partes que funcionan como Conferencia de las Partes del Protocolo de Cartagena sobre Bioseguridad (CoP-MoP 8) y del Protocolo de Nagoya sobre Acceso a Recursos Genéticos (CoP-MoP 2). Asimismo, en 2016, por primera vez desde 1992, el Segmento de Alto Nivel se reunió previamente a la CoP (2 y 3 de diciembre), con la presencia de ministros de medio ambiente y de los sectores agrícola, pesquero, forestal y turístico. En el marco de este espacio, copresidido por los titulares nacionales de las instituciones encargadas de estos cuatro sectores en México, se presentaron casos exitosos en materia de integración de la biodiversidad, y se suscribió una Declaración Ministerial que promueve acciones en ese sentido en el ámbito global.

En el marco de la CoP 13, la Conabio, como parte de la delegación mexicana, impulsó y consiguió la adopción de una decisión de la CoP sobre integración de la biodiversidad, a fin de lograr el compromiso de los países-parte del cdb, con miras al establecimiento en México y en otros países de agendas transversales que consideren la biodiversidad como un elemento central para el desarrollo.

La Conabio tuvo a su cargo la organización del Pabellón de la Biodiversidad, el Tercer Foro de Ciencias y la Quinta Cumbre de Ciudades y Gobiernos Subnacionales.

Colaboración científica y técnica con otros países

Algunas de las modalidades de colaboración que practica la Conabio son el intercambio de expertos y de información, y la capacitación técnica.

Desde su creación, la Conabio ha establecido esquemas de cooperación para la creación y el fortalecimiento de capacidades con varios países, entre los que destacan Alemania, Australia, Belice, Costa Rica, España, Guatemala, Kenia, Panamá, Reino Unido, Sudáfrica, y Trinidad y Tobago.[64]

Alemania

La cooperación con este país europeo empezó en 1997 mediante el "Programa de intercambio de expertos integrados", con la participación de la Agencia Alemana de Cooperación Internacional (giz), el Centro Internacional de Migración y Desarrollo de la República Federal de Alemania, la Semarnat y la Conabio. Con este programa, la Conabio ha consolidado un grupo líder en temas de geomática y bioinformática en México, logrando exportar los logros a Centroamérica (detección temprana de puntos de calor para la prevención de incendios, cobertura de suelo y sus cambios), a Sudamérica (cobertura de suelos) y a Europa (prevención de incendios). Además se desarrolló el sistema madmex sobre detección de cambios de cobertura con base de datos Landsat y RapidEye, que ha permitido tener una comparación de las tendencias en el país.

Desde 2013, la giz tiene una oficina en la Conabio, lo que ha permitido que se cristalicen proyectos como "Gobernanza de la biodiversidad" y "Beneficios redd+".[65]

Comisión para la Cooperación Ambiental de América del Norte

La Conabio ha participado desde un principio en la Comisión para la Cooperación Ambiental de América del Norte (cca), organización intergubernamental que apoya la cooperación en materia ambiental entre los tres socios del Tratado de Libre Comercio de América del Norte.[66] Por medio de la cooperación y la participación ciudadana, la cca contribuye a la conservación, protección y mejoramiento del medio ambiente de América del Norte, en el contexto de los vínculos económicos, comerciales y sociales que existen entre México, Estados Unidos y Canadá. En el marco de la cca la Conabio participó en proyectos como los siguientes:

1. Red de América del Norte sobre Especies Invasoras (2013/2014).
2. Impulso a la conservación y uso sustentable de los pastizales de América del Norte por medio de alianzas (2013/2014).

[64] <*http://www.biodiversidad.gob.mx/planeta/internacional/index.html*>.
[65] <*http://www.biodiversidad.gob.mx/planeta/internacional/alemania.html*>.
[66] <*http://www.biodiversidad.gob.mx/planeta/internacional/cca.html*>.

3. Modelización y evaluación integradas de la dinámica del carbono forestal y opciones de mitigación del cambio climático en América del Norte (2014/2015).
4. "Carbono azul" en América del Norte: evaluación del papel de los hábitats costeros en el balance de carbono del subcontinente (2014/2015).
5. Fortalecimiento de la conservación y el aprovechamiento sustentable de especies incluidas en el Apéndice II de la CITES en América del Norte (2015/2017).

MAD-Mex (REDD+)

Desde 2014, varios países de América Central, el Caribe y América del Sur han empezado a buscar cooperación con México para que se incorpore el sistema MAD-Mex a sus sistemas de reportes nacionales. La CONABIO, junto con la Agencia Mexicana de Cooperación Internacional para el Desarrollo (de la SRE), el INEGI y la Conafor, coopera de forma bilateral con Perú, Colombia, Honduras, Guatemala y Chile (Alianza del Pacífico).

Adicionalmente, MAD-Mex forma parte de la cooperación multilateral en el marco de la EMSA (Estrategia Mesoamericana de Sustentabilidad Ambiental) con todos los países de Mesoamérica (desde Guatemala hasta Panamá), incluyendo la República Dominicana. También se tiene planeado transferir MAD-Mex hacia los 18 países del Caribe, en un esfuerzo liderado por el INEGI.

Redes de información

Inspirada en el trabajo y los logros de la CONABIO, como ya se mencionó, la Infraestructura Mundial de Información en Biodiversidad (GBIF)[67] se estableció en 2001 como una organización intergubernamental que comprende en la actualidad 53 países y 43 organizaciones internacionales con una base de datos de alrededor de 700 millones de especímenes. La GBIF se estructura como una red de nodos nacionales con una secretaría internacional, con sede en Copenhague. El objetivo de la GBIF es dar acceso —vía internet, de manera libre y gratuita— a los datos de biodiversidad de todo el mundo para apoyar la investigación científica, fomentar la conservación biológica y favorecer el desarrollo sustentable. La Comisión participa en las reuniones del órgano de gobierno, en las que se aprueban el programa de trabajo y el presupuesto, y se discuten los pasos a seguir por la red.

[67] <*http://www.gbif.org/*>.

Encyclopedia of Life (Enciclopedia de la vida)

A iniciativa de Edward O. Wilson, un consorcio de instituciones científicas y fundaciones de Estados Unidos y otros países pretende elaborar una bioenciclopedia colaborativa en línea, con un artículo escrito por expertos sobre cada una de las especies de seres vivos conocidas para la ciencia, de manera que sea una fuente de consulta que reúna, genere y comparta el conocimiento de manera abierta, gratuita, accesible y confiable y que, a la vez, contribuya a incrementar la conciencia y el entendimiento de la naturaleza. México, por medio de la Conabio, participa en ella desde 2011.[68]

La Biblioteca sobre el Patrimonio de la Biodiversidad

En el año 2014 la Conabio fue invitada a ser miembro de la biblioteca digital mundial especializada en biodiversidad (Biodiversity Heritage Library, bhl), conformada en 2007 como un consorcio de bibliotecas, museos e instituciones especializadas en diversos aspectos de la biodiversidad, que ofrece acceso abierto a una colección de más de 187 000 volúmenes, que incluyen más de 50 millones de páginas, fuente muy valiosa de información bibliográfica sobre especies. A la fecha, seis instituciones mexicanas se encuentran en proceso de integrar sus aportaciones.

Las principales páginas web donde se puede consultar esta colección son: bhl,[69] Archive,[70] Encyclopedia of Life y Enciclovida.[71]

El Consorcio Global de Información sobre Especies Invasoras

El Global Invasive Alien Species Information Partnership (giasip) es producto de la colaboración de diferentes proveedores de información sobre especies invasoras, creado para apoyar al Convenio sobre la Diversidad Biológica a implementar el artículo 8, inciso h, y la Meta 9 de Aichi. Para 2020 se habrán identificado y priorizado las especies exóticas invasoras y vías de introducción, se habrán controlado o erradicado las especies prioritarias, y se habrán establecido medidas para gestionar las vías

[68] *<eol.org>*.
[69] *<www.biodiversitylibrary.org>*.
[70] *<www.archive.org>*.
[71] *<www.enciclovida.mx>*.

de introducción a fin de evitar su introducción y establecimiento. México participa en este consorcio proveyendo información mediante colaboraciones con el Compendio de Especies Invasoras del Centre for Agriculture and Biosciences International (CABI) y la Base de Datos Global sobre Especies Invasoras (GISD).[72]

La Plataforma Intergubernamental Científico-Normativa sobre Diversidad Biológica y Servicios de los Ecosistemas

En abril de 2012 se estableció de manera formal la Plataforma Intergubernamental Científico-Normativa sobre Diversidad Biológica y Servicios de los Ecosistemas (IPBES), cuyo objetivo es fortalecer la interfaz entre ciencia y normatividad en materia de biodiversidad y servicios ecosistémicos para la conservación y el uso sostenible de la biodiversidad, así como en apoyo al bienestar humano y al desarrollo sostenible a largo plazo.

La CONABIO fue designada Punto Focal Nacional ante esta plataforma y ha participado de manera activa desde el inicio de las negociaciones para su establecimiento.[73] Con tal carácter realiza las siguientes actividades: a] atiende las sesiones plenarias de la plataforma, coordinando a su vez los grupos de trabajo de la región de América Latina y el Caribe (Grulac), y b] establece contacto con diferentes expertos para que participen en los trabajos sobre los proyectos establecidos en el programa de trabajo de la plataforma.

Estrategias

Estrategia Nacional sobre Biodiversidad de México

A más de 15 años de la publicación de la Estrategia Nacional sobre Biodiversidad de México (ENBM), y con la finalidad —entre otros propósitos— de dar cumplimiento a los compromisos adquiridos por México ante el CDB, la CONABIO fue designada como la institución encargada de coordinar el proceso de actualización de la Estrategia Nacional sobre Biodiversidad de México (ENBIOMEX) y su Plan de Acción 2016-2030, ahora en el marco del Plan Estratégico para la Diversidad Biológica 2011-2020 y las Metas de Aichi.

En 2013 la CONABIO convocó a representantes de la Administración Pública Federal, de la sociedad civil, del sector privado y de la academia para participar en seis grupos de trabajo, con el propósito de proponer el plan de acción

[72] <*http://www.biodiversidad.gob.mx/especies/Invasoras/invasoras.html*>.
[73] <*http://www.biodiversidad.gob.mx/planeta/internacional/ipbes.html*>.

de la estrategia nacional actualizada, enfocado en seis ejes estratégicos: 1] conocimiento; 2] conservación y restauración; 3] uso y manejo sustentable; 4] atención a factores de presión y amenaza; 5] educación, comunicación y cultura ambiental, y 6] integración y gobernanza.

En febrero de 2016 se realizó el Taller Nacional para la Transversalización de la perspectiva de género en la ENBIOMEX, al cual asistieron cerca de 60 mujeres de los gobiernos federal, estatales y municipales y de organizaciones de la sociedad civil, quienes contribuyeron a la integración de la perspectiva de género a lo largo de este importante evento y a la preparación del documento respectivo.

En seguimiento al proceso de formulación de la ENBIOMEX, y con el propósito de socializar y enriquecer la versión final del documento, se realizó una consulta pública en línea, del 10 de mayo al 20 de junio de 2016.

En el marco de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Biodiversidad (Decimotercera Conferencia de la Partes, CoP 13; CoP-MoP 8 del Protocolo de Cartagena, y CoP-MoP 2 del Protocolo de Nagoya), en diciembre de 2016 se presentó el documento de la ENBIOMEX y su Plan de Acción 2016-2030.[74]

Estrategia Mexicana para la Conservación Vegetal

En 2012 la CONABIO publicó la Estrategia Mexicana para la Conservación Vegetal (2012-2030),[75] documento que identifica seis objetivos y las líneas de acción a corto, mediano y largo plazos para asegurar la conservación y el uso sustentable de la diversidad vegetal del país. Los objetivos son: conocimiento, conservación, restauración, uso sustentable, factores de presión y amenazas, y educación y cultura ambiental.

Como paso siguiente a esa publicación, en 2014 se integró un Comité Coordinador para la Implementación de la EMCV, conformado por académicos y representantes del gobierno federal. Este grupo da seguimiento a la implementación de la estrategia mediante programas de trabajo por objetivo.

[74] *<http://www.biodiversidad.gob.mx/pais/ENBM.html>*.
[75] *<http://www.biodiversidad.gob.mx/pais/emcv/EMCV.html>*.

Estrategia Nacional sobre Especies Invasoras en México

La Estrategia Nacional sobre Especies Invasores, publicada en 2010,[76] tiene el propósito de guiar las acciones en México para la prevención, el control y la erradicación de estas especies, con la participación de distintos actores. Durante 2012 y 2013 se preparó una propuesta con financiamiento del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF): fortalecer las capacidades de México en el manejo de especies invasoras mediante la puesta en práctica de la Estrategia Nacional, en la que se establece una serie de actividades enfocadas a desarrollar experiencias prácticas y reproducibles en distintos niveles de gobierno, y entre diferentes sectores, para el manejo de las especies invasoras. El proyecto fue aprobado en octubre de 2014.

Autoridad Científica CITES en México

La Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES) tiene como misión velar por que el comercio internacional de especímenes silvestres no constituya una amenaza para la supervivencia de las especies. México es Estado-Parte de la CITES desde 1991, y la CONABIO es la Autoridad Científica CITES en México desde 2000.[77]

En el ámbito nacional, a la CONABIO le corresponde: a] contribuir y promover, con base en elementos técnicos y científicos, a la conservación y el manejo sustentable de las especies; b] generar información para la toma de decisiones sobre especies sujetas a comercio internacional, mediante la coordinación y el desarrollo de estudios que aporten información sobre su estado de conservación, usos y amenazas; c] formular dictámenes de extracción no perjudicial para la exportación sustentable de especímenes silvestres de especies enlistadas en la CITES, y d] crear capacidades para la conservación, el manejo y el aprovechamiento sustentable de especies CITES mexicanas sujetas a comercio internacional.

Políticas públicas

Fortalecimiento de capacidades locales para el conocimiento, la conservación y el uso de la biodiversidad

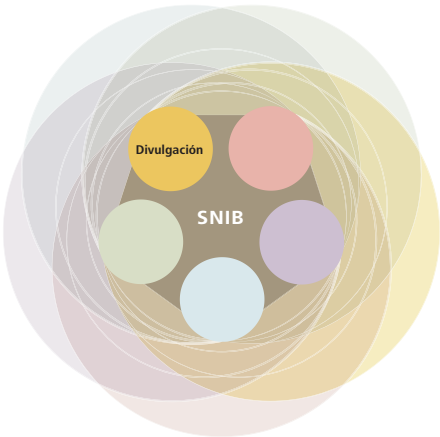
La iniciativa Estrategias Estatales de Biodiversidad surge en 2002, como una necesidad de distintas entidades federativas de fortalecer sus capacidades para la

[76] *<http://www.biodiversidad.gob.mx/especies/Invasoras/estrategia.html>*.
[77] *<http://www.biodiversidad.gob.mx/planeta/cites/index.html>*.

gestión de su capital natural. El proceso se desarrolla de manera participativa, con el acompañamiento de la Conabio y el involucramiento pleno de los gobiernos, la academia y la sociedad civil, entre otros actores clave. Como resultado de estas colaboraciones se preparan estudios-diagnóstico estatales de biodiversidad; estos estudios son la base para la elaboración de las estrategias estatales de biodiversidad, que son importantes instrumentos de planeación que permiten a las entidades federativas identificar los factores de presión y amenazas a su biodiversidad así como las oportunidades y las acciones necesarias que en el largo plazo puedan asegurar su uso sustentable y su conservación. El proceso culmina con el establecimiento de comisiones estatales de biodiversidad (ceb), instituciones homólogas a la Conabio creadas por los ejecutivos estatales, cuya misión es generar, compilar, manejar y sistematizar datos sobre la diversidad biológica de la entidad, de tal manera que respondan oportunamente a las necesidades de información para la toma de decisiones en cuestiones de biodiversidad. A la fecha, 22 entidades del país participan en esta iniciativa, mediante la elaboración de estudios y estrategias, y dos estados ya cuentan con sus propias ceb.[78]

Estudios estatales de biodiversidad

Hasta fines de 2016, 14 estados han realizado y publicado su estudio de biodiversidad, cuatro lo harán en 2017, y otros cuatro están en proceso. En la elaboración de estos documentos han participado más de 2 498 expertos pertenecientes a más de 570 instituciones, tanto del país como del extranjero. Los estudios sobre la biodiversidad de los estados son referentes actualizados del conocimiento de la diversidad biológica local. Michoacán y Morelos fueron los primeros estados en publicar sus estudios, y ahora realizan las actualizaciones de los mismos.[79]



10. Divulgación

Comunicación de la ciencia

La sociedad mexicana está cada vez más consciente de la conocida riqueza biológica del país, pero no de otros elementos igualmente notables, como que el mayor número de especies de reptiles, anfibios, pinos, encinos y cactáceas en el mundo se encuentra en México; vale la pena hacer notar esto porque aunque

[78] *<http://www.biodiversidad.gob.mx/region/EEB/EEB.html>*.
[79] *<http://www.biodiversidad.gob.mx/region/EEB/estudios.html>*.

el país es centro de origen de grupos como las cactáceas, no lo es de otros grupos como los pinos y encinos, que provienen de zonas boreales, como Asia y Europa; la enorme diversidad ecológica de México ha propiciado esta notable especiación en esos grupos. Lo que se quiere decir aquí es que hay más capas de conocimiento que el simple número de especies en diferentes grupos biológicos, lo cual es conveniente transmitir a la sociedad de manera clara y amena para su conocimiento y el mayor aprecio de la naturaleza mexicana.

Por ello la Conabio ha tenido desde el principio entre sus finalidades no solamente informar a la sociedad acerca del conocimiento de nuestra naturaleza, sino, más recientemente, cuando el volumen de información de su base de datos y los avances en la tecnología de la información lo han permitido, estimular a la ciudadanía para que se involucre con la naturaleza que la rodea y empiece a generar conocimiento adicional, de calidad, que pueda contribuir al avance en el conocimiento de la diversidad biológica mexicana. Esto se ha logrado con el desarrollo de una estrategia de comunicación en diversos medios que proporcionan información fácil de entender e interpretar, utilizando mecanismos de divulgación de la ciencia que fomentan la curiosidad y la observación del entorno natural.

La gran cantidad de información contenida en el snib y la experiencia acumulada por la Conabio es aprovechada cada vez más por diferentes sectores del país. Hay una creciente demanda de solicitudes de información puntual, así como peticiones de opiniones técnicas relacionadas con la biodiversidad, muchas de ellas atendidas en el sitio web de la Conabio. Los siguientes son algunos ejemplos de comunicación.

Publicaciones

Desde el inicio de sus actividades la Comisión se preocupó de producir materiales accesibles a estudiantes y profesores, especialmente del nivel de bachillerato, que comunicasen de manera accesible los más importantes resultados que la Conabio ha alcanzado mediante artículos escritos por los autores de los proyectos y diversos materiales de divulgación. Esta publicación es un boletín bimestral titulado *Biodiversitas,* al que se ha hecho referencia previamente.[80] Está en desarrollo una versión electrónica interactiva para tabletas electrónicas.

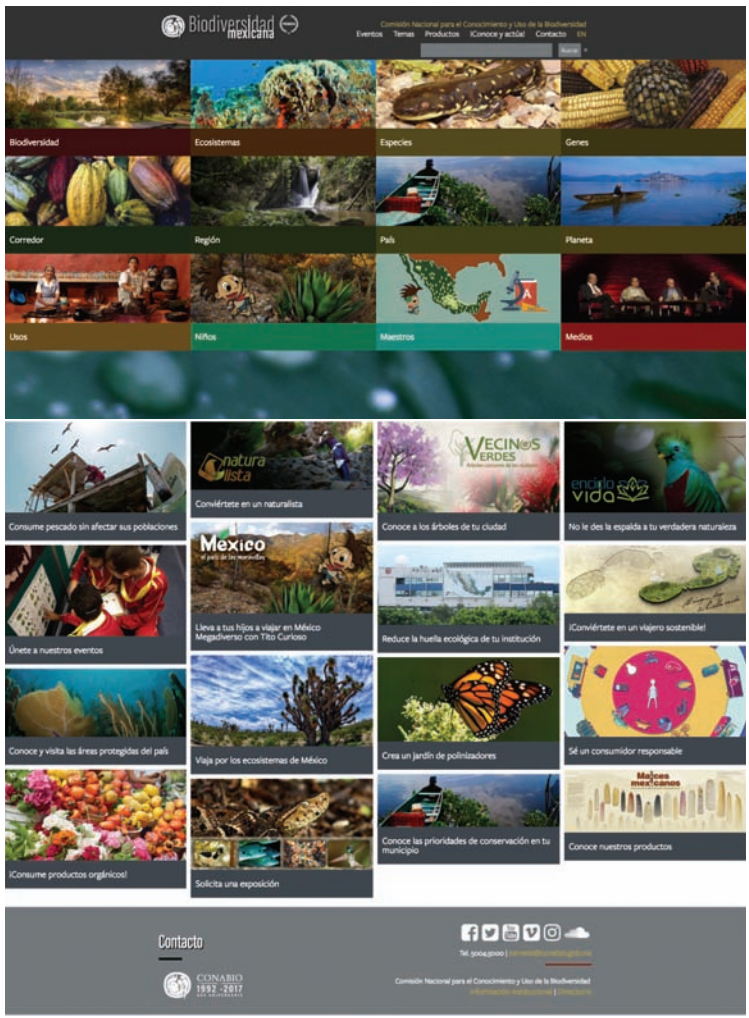
Adicionalmente se ha apoyado la publicacion de aproximadamente 600 obras que pueden ser adquiridas en las instalaciones de la Conabio o mediante el catálogo en línea.[81] Otras vías de adquisición son los 110 puntos de distribu-

[80] <*http://www.biodiversidad.gob.mx/Biodiversitas/biodiversitas.php*>.
[81] <*http://www.biodiversidad.gob.mx/publicaciones/publicaciones.php*>.

ción en el territorio nacional que se encuentran en universidades, organizaciones de la sociedad civil, organismos gubernamentales y librerías. El trabajo editorial que realiza la Conabio también se puede adquirir en los estands institucionales que se instalan en ferias de libros y foros ambientales.

Medios

La Conabio difunde información mediante boletines de prensa, notas, entrevistas, materiales audiovisuales, *spots* de audio y video, artículos, anuncios para medios impresos, conferencias de prensa y redes sociales. Asimismo, ha realizado acciones dirigidas a mejorar la comunicación de los especialistas de la Conabio con los medios de comunicación del país, lo que ha permitido incorporar un mayor número de temas sobre biodiversidad en la agenda de los medios y obtener más y mejores espacios, logrando alianzas estratégicas con los medios de comunicación de mayor audiencia, para distribuir nuestros productos audiovisuales y difundir campañas específicas. En el portal Biodiversidad Mexicana se encuentra una sección dirigida a los medios de comunicación que contiene formatos digitales de boletines y notas informativas, así como con otros productos de interés periodístico.[82]



Sitios web

La Conabio tiene varios sitios en internet: Conabio <*http://www.conabio.gob.mx*>; Biodiversidad Mexicana <*http://www.biodiversidad.gob.mx*>; NaturaLista <*http://www.naturalista.mx/*>; Enciclovida <*www.enciclovida.mx*> y Mosaico Natura <*http://www. mosaiconatura.net/*>. De 2013 a 2016, el número diario de visitantes únicos[83] de estos sitios se duplicó

[82] <*http://www.gob.mx/conabio/archivo/prensa*>.

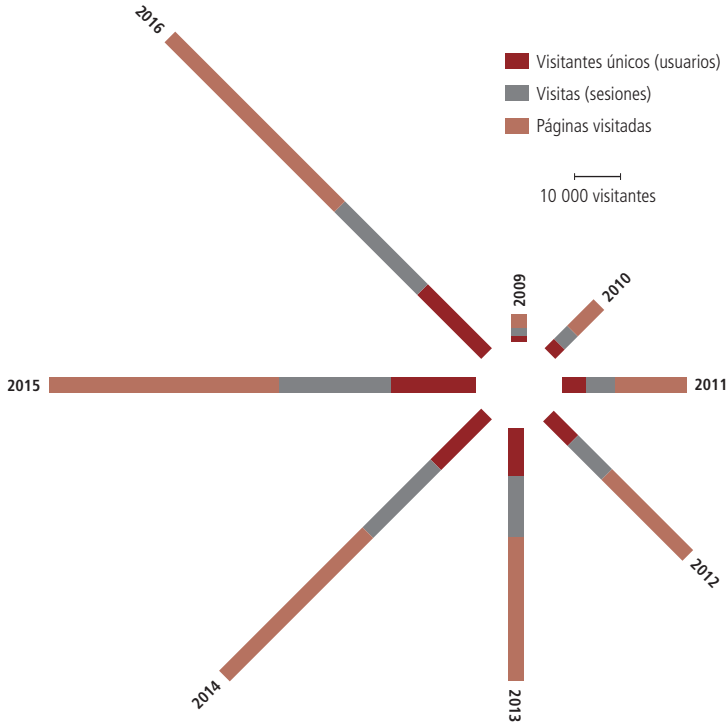
[83] El concepto de visitante único está relacionado con un factor temporal, es decir, visitantes únicos diarios son el número de visitantes distintos en un mismo día.

de 9 831 a 19 328. El número de páginas vistas diariamente pasó de 31 235 a 53 123.

Portal web para niños

Este sitio web, "México, país de maravillas",[84] muestra la diversidad biológica mexicana de una manera didáctica y entretenida, trasmitiendo el conocimiento pero, sobre todo, estimulando la curiosidad infantil mediante animación, fotografías, videos, juegos y sonidos, además de material descargable como fichas de especies, rompecabezas, "memoramas" y dibujos de los diversos ecosistemas que se pueden imprimir gratuitamente.

En 2013, la Secretaría de Educación Pública invitó a la Conabio a participar en su "Programa de inclusión y alfabetización digital", incluyendo la sección completa de su sitio web para niños en los equipos de cómputo portátiles que la Secretaría proporcionaba a los estudiantes de escuelas públicas que cursaban los grados quinto y sexto de primaria. Recientemente el sitio se trasladó a un formato para ser utilizado por tabletas y teléfonos. Además se agregó una guía relacionada con los planes de estudio de la sep, con el propósito de que los maestros encuentren contenidos para sus cursos rápidamente. Es un sitio cuya característica es estar en constante actualización de contenidos.



[84] *<www.paismaravillas.mx>*.

Biodiversidad de México en redes sociales

Para tener más presencia en los diversos medios electrónicos, la Conabio cuenta con perfiles en distintas redes sociales. Actualmente se tienen perfiles en Facebook, Twitter, Instagram y YouTube. En 2016 se logró que los perfiles de la Conabio en Facebook y Twitter se convirtieran en cuentas verificadas que garantizaran su utilidad. Durante ese mismo año, Facebook sumó más de 45 000 seguidores y generó un alcance en sus publicaciones de más de 300 000 personas mensuales. En Twitter, la Conabio cuenta con más de 25 000 seguidores, con un alcance mensual de 398 000 personas. La cuenta de la Conabio de Instagram se inició en abril de 2016 y, tan sólo ese año, alcanzó más de 2 600 seguidores.

Biodiversidad de México en YouTube

El sitio de la Conabio en YouTube[85] fue creado en mayo de 2009, e incluye entrevistas temáticas, videos sobre diversos actos y seminarios, exposiciones, presentaciones de libros y documentales. Hasta diciembre de 2016 se han publicado 623 videos con un total de 1 430 073 reproducciones. Las visualizaciones del último año ascendieron a 521 151 y el tiempo de visualización fue de 2 001 240 minutos; la duración media de las reproducciones fue de 3 minutos y 50 segundos, y el porcentaje medio reproducido fue de 30 por ciento.

En 2016 se desarrollaron nueve series de videos, de las cuales cinco se han distribuido para ser proyectados en pantallas de hospitales, centros comerciales y aeropuertos, mediante convenios con Medicable y con SSL Media.

Banco de Imágenes

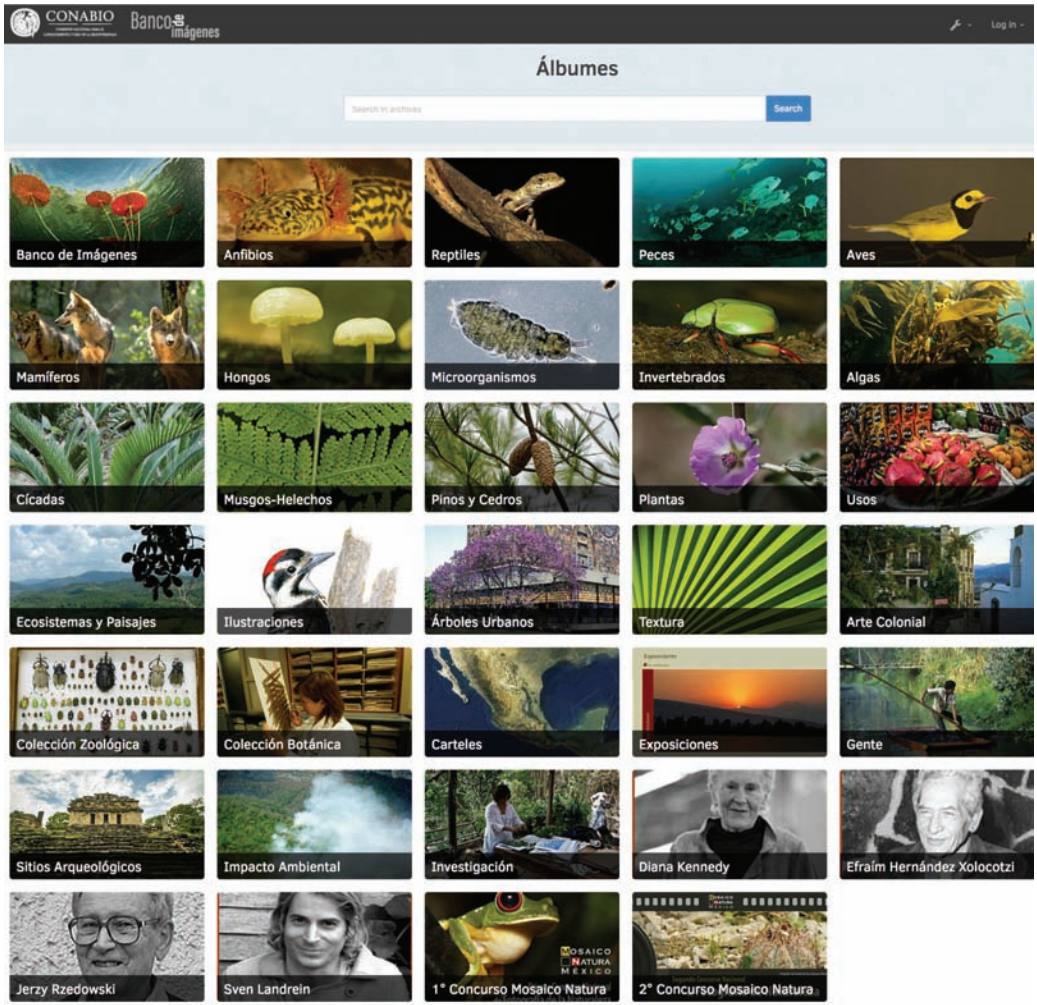
Nuestro Banco de Imágenes[86] cuenta con un acervo en línea de 89 600 fotografías e ilustraciones de especies en formato digital, que representan la amplia diversidad biológica de México, aportadas por 600 autores de todo el país. A partir de 2015, el Banco de Imágenes de la Conabio es también alimentado por las fotografías presentadas al Concurso Nacional de Fotografía de Naturaleza "Mosaico Natura".

Cada imagen del acervo incluye información taxonómica, geográfica, distribución, origen (si la especie es nativa, endémica o exótica), categoría de riesgo nacional e internacional (NOM-059-SEMARNAT, IUCN, CITES), nombres científico y común, y datos del autor.

[85] *<https://www.youtube.com/user/biodiversidadmexico?gl=MX&user=biodiversidadmexico>*.
[86] *<http://bdi.conabio.gob.mx/fotoweb/>*.

Los usuarios del Banco de Imágenes son estudiantes, maestros, investigadores, organizaciones ambientales, editoriales, museos, zoológicos y medios de comunicación que utilizan el material en tareas escolares, libros de texto, folletos educativos, revistas, tesis, presentaciones, sitios de internet, televisión y prensa, y exposiciones en museos y en algunas estaciones del Sistema de Transporte Colectivo Metro de Ciudad de México. Las imágenes pueden ser descargadas y utilizadas libremente en baja resolución, respetando los derechos de autor.

En el sitio web del Banco de Imágenes se registraron 82 287 visitas únicas en 2016.



Semana de la Diversidad Biológica

En el marco del decenio de la Diversidad Biológica de las Naciones Unidas (2011-2020), la Conabio ha organizado la "Semana de la Diversidad Biológica" como un esfuerzo para promover el conocimiento y la valoración de la riqueza natural de México; desde 2011, la Conabio ha presentado anualmente una edición, a la que han asistido organizaciones de la sociedad civil, instituciones académicas y gobiernos de los estados. En 2016 se presentaron, por una gran diversidad de instituciones, organizaciones sociales, clubes etc., 550 actividades distintas, en 29 estados de la República.[87]

Mosaico Natura México

A finales de 2014 la página Mosaico Natura México, producto de la colaboración entre la Conabio y la revista *National Geographic* en español, se transformó en el Concurso Nacional de Fotografía de la Naturaleza, abierto a aficionados y profesionales de todas las edades. A esta iniciativa se unieron la Secretaría de Turismo, el Consejo Mexicano de Promoción Turística, la Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal, Discovery Channel Latinoamérica, las revistas *Mexicanísimo* y *México Desconocido* y las empresas Nikon, Epson, y LG.[88] Como resultado de esta iniciativa se han obtenido miles de fotografías y videos que se suman al acervo del Banco de Imágenes de la Conabio para su uso público.

Enciclovida

Enciclovida es una plataforma digital[89] que integra información reunida por la Conabio sobre alrededor de 100 000 especies de plantas, animales y hongos de México, y las complementa con información de otros sitios de la web. El sitio brinda información que la Conabio tiene en su Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad, y también de la Enciclopedia de la Vida (eol) y de Wikipedia, tanto en inglés como en español. Cuenta asimismo con 100 000 títulos de literatura en línea del consorcio internacional Biblioteca sobre el Patrimonio de la Biodiversidad (bhl) y alrededor de 108 000 fotografías de México sobre hongos, flora y fauna del Banco de Imágenes de la Conabio, de NaturaLista, de eol, de Wikimedia y de la plataforma Flickr que difunde fotos y videos.

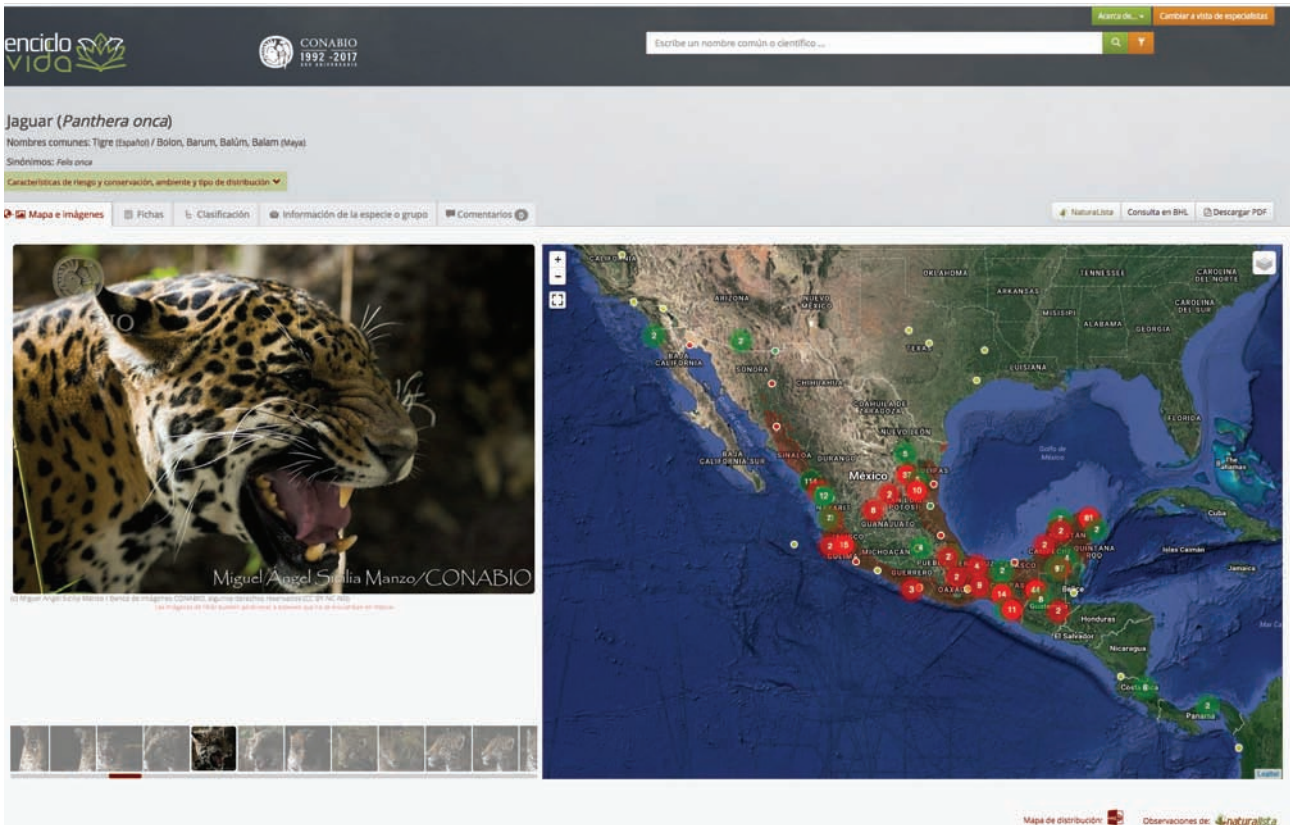
En adición, Enciclovida presenta más de 40 000 nombres comunes de organismos en español, lenguas indígenas e inglés, alrededor de 3 000 mapas

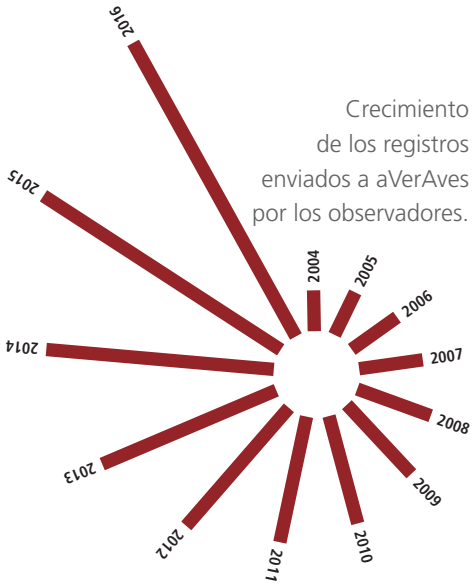
[87] <*http://www.biodiversidad.gob.mx/Difusion/SDB/2016/*>.
[88] <*www.mosaiconatura.net*>.
[89] <*http://www.enciclovida.mx/*>.

con distribución potencial de muchas de ellas, y poco más de 54 000 especies entre registros de museos, recolectas y proyectos de la Conabio, incluyendo 200 000 observaciones de la plataforma NaturaLista, y más de 2 000 especies en las categorías de la NOM-059-SEMARNAT-2010 que están extintas, en peligro de extinción, amenazadas o sujetas a protección especial, así como de la lista roja de la UICN y de la CITES.

Servicios externos

De no encontrarse la información buscada en los diversos sitios web, la Conabio cuenta con un servicio de información al público que va desde solicitudes de información sobre bases de datos o cartografía hasta cuestiones técnicas relacionadas con manifestaciones de impacto ambiental. Las solicitudes de información suman alrededor de 1 500 anuales, en promedio. Las consultas se reciben fundamentalmente por el correo electrónico <*servext@conabio.gob.mx*>.





Crecimiento de los registros enviados a aVerAves por los observadores.

Colibrí pico ancho (*Cynanthus latirostris*).

Ciencia ciudadana

aVerAves

aVerAves, la versión para México de eBird, es una plataforma de internet[90] que sirve para recabar información de los observadores y estudiosos de las aves. Comenzó en octubre de 2004, con la colaboración del Laboratorio de Ornitología de la Universidad Cornell. Desde entonces, la plataforma ha mantenido un crecimiento constante gracias a las actividades de promoción y a su utilización en diversos proyectos de monitoreo y capacitación.

En pocos años, aVerAves/eBird se ha convertido en la base de datos de biodiversidad de más rápido crecimiento en el mundo. Hasta noviembre de 2016 han ingresado al sistema, enviados por 6 100 usuarios registrados, nacionales y extranjeros, más de tres millones de registros, en los que están representadas 99% de las especies de este grupo en México.

avesmx

El sitio de conocimiento sobre las aves de México[91] contiene datos acerca de todas las especies conocidas en el territorio nacional, fotografías e información actualizada sobre tendencias poblacionales de cada especie, estatus de conservación, endemismo y distribución a lo largo del país, basados en su presencia en AICAS, ANP, estados y biomas. La información recopilada es producto del esfuerzo conjunto de la comunidad académica, así como de personas dedicadas al estudio de las aves en México y en el extranjero.

Programa de aves urbanas

El "Programa de aves urbanas" (PAU) es un proyecto de ciencia ciudadana que busca la colaboración de la ciudadanía en el monitoreo de aves urbanas; la difusión del programa se hace por medio de coordinadores y capacitadores voluntarios asignados por ciudad que instruyen a los pobladores en la identificación, registro, problemática y conservación de las aves. Las actividades que incluye el PAU son para un público de cualquier edad y condición.[92] Los coordinadores y capaci-

[90] <*http://ebird.org/content/averaves/*>.
[91] <*http://avesmx.conabio.gob.mx/*>.
[92] <*https://www.facebook.com/ProgramadeAvesUrbanas/*>.

tadores que lideran cada ciudad están comprometidos con la conservación de la naturaleza y el bienestar de su comunidad.

Los registros de especies que se realizan durante los monitoreos se depositan en la página aVerAves y NaturaLista. Hasta el momento contamos con 34 ciudades participantes y esperamos duplicar el esfuerzo durante 2018.

NaturaLista

NaturaLista es la plataforma de ciencia ciudadana[93] desarrollada por la Conabio en 2013, en colaboración con iNaturalist, la red de ciencia ciudadana nacida en Estados Unidos para involucrar al público en la recolección de información mediante fotografías y audios para aumentar el conocimiento sobre las especies de hongos, flora y fauna del mundo.

Con NaturaLista, los usuarios pueden aprender sobre plantas, hongos y animales, y contribuir al conocimiento científico de la naturaleza de México. Esta red social es, simultáneamente, enciclopedia, catálogo fotográfico, mapoteca, guía de campo y contiene información de más de 70 000 especies mexicanas (nativas y endémicas), especies en riesgo en México y en el mundo, y especies introducidas (exóticas).

En 2016 el sitio registró, 959 994 visitas únicas y 4 716 557 páginas vistas, y sus usuarios activos han aportado más de 350 000 observaciones de alrededor de 16 000 especies, contribuyendo activamente al conocimiento de la naturaleza de México.

Para impulsar la plataforma de NaturaLista, en 2016 se creó la Red de "Naturalistas Tutor", grupo de 15 naturalistas muy activos y capacitadores regionales que imparten talleres especializados para el uso de NaturaLista en distintas zonas del país, con el propósito de

[93] *<www.naturalista.mx>*.

difundir y capacitar a diversos grupos interesados en el país y público en general. Este elemento de NaturaLista está apoyado con recursos de la Fundación Carlos Slim.

En los últimos seis meses, la Red de "Naturalistas Tutor", ha impartido 70 talleres a personas interesadas en el programa, capacitando de manera presencial a 2 307 personas entre grupos, organizaciones, estudiantes y público en general, en 20 estados del país.

Para contribuir a la identificación de observaciones en la plataforma de NaturaLista, se organizó una Red de Curadores de 13 especialistas de distintos grupos taxonómicos, que está encargada de revisar que la información en NaturaLista sea lo más verídica y verificable posible, a fin de brindar al público usuario retroalimentación de sus observaciones y aprendizaje continuo; los curadores han contribuido en la identificación de 110 063 observaciones en NaturaLista.

Con el fin de estimular la participación de ciudadanos en la plataforma se han realizado varias premiaciones a los mejores colaboradores.

Las iniciativas de ciencia ciudadana aVerAves, PAU y NaturaLista continúan creciendo en el número de participantes y observaciones en el territorio nacional. De esta forma se ha ido interesando a un sector de la sociedad a aprender más sobre la riqueza natural de México, al tiempo que colaboran proporcionando información al Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad. Se tiene programado incorporar a los estudiantes de una parte importante de la población del nivel de bachillerato de Ciudad de México.

Reconocimientos al esfuerzo en comunicación de la biodiversidad

En abril de 2016, la red que conecta la ciencia con la conservación, NatureServe (Servir a la Naturaleza), distinguió a la CONABIO con el Premio a la Conservación 2016. En la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Biodiversidad (Conferencia de las Partes 13) llevada a cabo en Cancún, en diciembre de 2016, se le otorgó a la CONABIO el Gold Award por la mejor página web del mundo sobre biodiversidad.

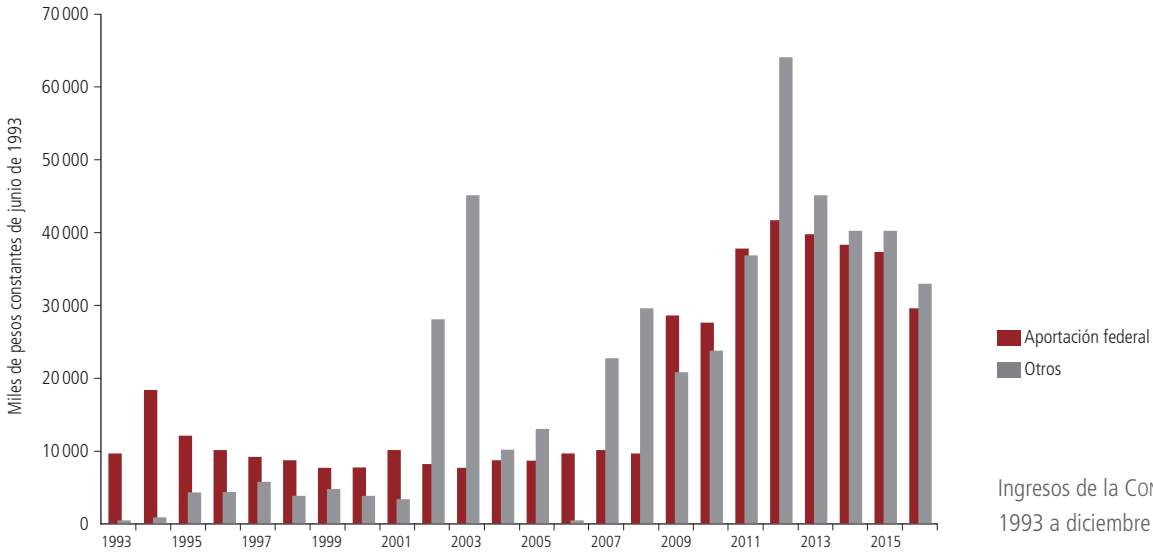
11. Administración

Presupuesto y mecanismo financiero

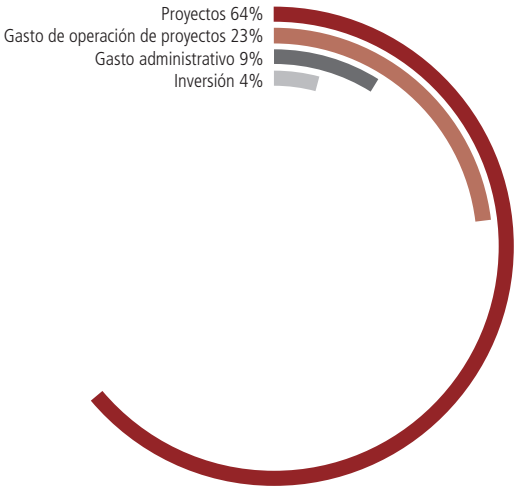
La estructura administrativa de la Conabio ha evolucionado a la par del crecimiento de la institución. Siempre ha tenido el objetivo de alcanzar un funcionamiento eficiente, con un número reducido de personal y sin perder de vista su función de apoyo.

Un elemento medular del funcionamiento administrativo ha sido la existencia de un fideicomiso privado —Fondo para la Biodiversidad, contratado con Nacional Financiera, S.N.C.—, mediante el cual se administran las aportaciones federales y los donativos, deducibles de impuestos, de organismos públicos y privados, nacionales y del extranjero, así como de personas físicas. Así, los recursos se manejan de manera ágil y oportuna para la operación de la Comisión. Esta fluidez ha resultado esencial para que la Conabio haya logrado lo hecho hasta ahora con presupuestos que se mantuvieron, por un buen periodo, en niveles muy modestos. El fideicomiso cuenta con un Comité Técnico que estudia y aprueba trimestralmente los presupuestos de operación pormenorizados, con apego a la función, los objetivos y los requerimientos establecidos por la Conabio para su funcionamiento.

La Comisión tuvo en 2016 una reducción de alrededor de 22% en el presupuesto que el gobierno federal le canaliza. Dicha reducción repercutió en



Ingresos de la Conabio de 1993 a diciembre de 2016.



Egresos de la Conabio de 1993 a diciembre de 2016

el apoyo a nuevos proyectos. Sin embargo, se han recibido ingresos de otras fuentes para proyectos específicos, lo que ha permitido continuar con el apoyo a la generación de información.

El Comité Técnico del fideicomiso está integrado *ex officio* por el presidente del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, quien lo preside, el procurador del Medio Ambiente, el director del Instituto de Ecología de la UNAM y el representante de una organización no gubernamental —actualmente Pronatura— designado por el secretario técnico de la Conabio (el titular de la Semarnat). La mayor parte de los recursos aportados por la Federación se destina al financiamiento de proyectos que se llevan a cabo principalmente en universidades y centros de investigación, y en organizaciones de la sociedad civil, y el resto a inversión, gasto administrativo y análisis y operación de proyectos. Los donativos se canalizan a proyectos específicos, según lo establecen los donantes. Los estados financieros, así como el dictamen de auditoría externa aparecen en la sección de financiamiento de nuestro sitio web y han sido de acceso público desde el inicio de las actividades de la Conabio.

Preparación profesional del personal de la Conabio con actividades sustantivas

Grado máximo de estudios	*Número de personas*	*Porcentaje*
Doctorado	30	11
Maestría	79	30
Licenciatura o equivalente	115	44
Pasante	27	10
Técnico	2	1
Otro	10	4
Total	**263**	**100**

Capital humano

Actualmente la Comisión tiene una plantilla de 346 personas, de las cuales 263 desempeñan actividades sustantivas (técnicas y de investigación) en las áreas de ciencias de la biodiversidad realizadas por profesio-

nistas egresados de las carreras y especialidades de biología, ecología, veterinaria, geografía, matemáticas, sistemas, física, comunicación y divulgación, y economía y derecho ambientales. Otra parte del personal desempeña actividades administrativas con posgrados, carreras o especialidades en administración, contaduría, administración pública y comercio, entre otras. El resto es el personal de intendencia.

El personal técnico que desempeña o ha desempeñado actividades sustantivas en la Comisión se ha especializado en los siguientes temas:

- Diversidad biológica
- Análisis de riesgo y bioseguridad
- Seguimiento técnico de proyectos científicos
- Recursos biológicos colectivos
- Bioinformática
- Geomática
- Sistemas de información geográfica
- Percepción remota
- Control de calidad de bases de datos biológicas
- Infraestructura de cómputo de alto rendimiento
- Implementación de estrategias de biodiversidad en los estados
- Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres
- Asuntos internacionales sobre biodiversidad
- Comunicación científica

MDL

Tercera parte
NUEVOS RETOS

12. Consolidar el Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad

Como se ha descrito a lo largo de este documento, la Conabio fue constituida desde un principio como una institución puente entre la academia, la sociedad civil y las instancias de gobierno federal, estatales y municipales; a partir de datos básicos obtenidos por colaboradores académicos, ha generado y genera información, conocimiento e inteligencia que sustentan la toma de decisiones con los mejores elementos de información posibles conocidos hasta el momento. Sin embargo, los problemas de las sociedades modernas son cada vez más complejos (o, quizá, se empieza a distinguir mejor su complejidad) y sus soluciones requieren información agregada —relevante y complementaria—. Por otro lado, es obligado que instituciones como la Conabio, generadoras de información, la compartan con un mayor número de actores, desde niños que la necesitan para hacer sus tareas escolares o de aficionados a la naturaleza, hasta comunidades que se preocupan por conocer mejor su hábitat y quieren hacer un buen manejo de sus recursos naturales.

Por lo tanto, sin dejar de poner al día lo hecho en el pasado, los temas de reflexión hacia el futuro en los que está inmersa la Conabio se centran ahora en consolidar el snib mediante la combinación de información pertinente que fortalezca la toma de decisiones y aporte claridad a diversos problemas de la biodiversidad, así como en lograr que esta información llegue a más interesados. En consecuencia, se discuten también los posibles cambios y ampliaciones a la estructura

Mercado de Tlacolula, Oaxaca.

operativa del Sistema y las nuevas especializaciones del capital humano que requerirá la institución en los próximos años. Algunas de las metas más importantes por lograr en el futuro son las siguientes:

El SNIB sin fronteras

Es claro que las especies no empiezan ni terminan su distribución en función de fronteras políticas; muchos de los análisis y estudios sobre especies diversas necesitan conocer la "biogeografía completa" de la especie presente en una región. Para ello es necesario estudiar las distribuciones en función de variables climáticas (incluidos los escenarios de cambio climático), del gradiente altitudinal, de tipos de vegetación y de suelos, entre muchas otras. Si se considera, por ejemplo, una especie con potencial invasivo, tener conocimiento de su distribución geográfica completa será la mejor manera de contar con escenarios posibles de las potenciales rutas de invasión. Para lograr lo anterior, se estima que el SNIB crecerá un orden de magnitud respecto a su tamaño actual, es decir, llegará a unos 100 o 150 millones de registros. Además, lo anterior implicará integrar mapas digitales de las nuevas regiones que se sumarán al Sistema.

Para que el SNIB dé un salto hacia la concepción descrita, hacia un sistema sin fronteras, se propone integrar datos de la presencia de especies pertinentes para México, presentes en Estados Unidos, Centroamérica y los países del Caribe y analizar también la pertinencia de incorporar datos de países del norte de Sudamérica.

Tal crecimiento de registros no es cosa menor y se puede afirmar que es posible alcanzar esta meta que, aunque ambiciosa, representa un enorme avance en función de las posibilidades de creación de inteligencia sobre biodiversidad, y pondrá al país en una posición ventajosa en esta área. Lo mismo se puede afirmar de los nuevos campos de conocimiento con los que se fortalecerá el SNIB.

Nuevos campos de conocimiento en el SNIB

Con la información socioeconómica de nivel municipal (y pronto al nivel de localidades) que posee la CONABIO[94] se estudiará la biodiversidad desde un enfoque que incluya actividades humanas presentes y tendencias futuras. Para usar y conservar racionalmente la biodiversidad en un contexto de desarrollo

[94] *<www.biodiversidad.gob.mx/atlas/>*.

sustentable para el bienestar de la población, se estudiarán desde aspectos de la relación entre diversidad biológica y cultural hasta los efectos de los programas y las políticas sociales gubernamentales en torno a la biodiversidad.

Así, como parte del desarrollo futuro de la Conabio se ha iniciado un conjunto de investigaciones sobre la diversidad genética de componentes que integran la base de nuestra alimentación —cuyo origen se remonta a miles de años de evolución bajo domesticación, llevada a cabo por las muchas y diversas culturas del país—, y se han apoyado estudios sobre la diversidad genética de los parientes silvestres de cultivos nativos con los que están relacionados. El propósito es encontrar respuestas de adaptación para lograr la seguridad alimentaria de los mexicanos ante los escenarios de cambio ambiental. Se espera también que como resultado del trabajo en torno del snib sin fronteras surjan nuevos campos de conocimiento que pudieran ser de interés para los estudios que realiza la Conabio.

En ese contexto, el proyecto sobre cultivares mexicanos y sus parientes silvestres que está en marcha, y que se basa en estudios iniciados desde hace una década, se reforzará en los siguientes años gracias al apoyo financiero gef/fao, que se centrará en el conocimiento de la diversidad genética de los cultivares originarios de México, de sus parientes silvestres y del valioso aporte de los campesinos que ha mantenido vivo el proceso de evolución de estos cultivos de importancia fundamental como sustento de nuestra alimentación.

La diversidad de los cultivos que constituyen la base de la alimentación de la población mexicana —y de muchos otros países—, los parientes silvestres de estas plantas y las culturas que tradicionalmente han mantenido su diversidad mediante el manejo y la mejora continua y cotidiana, son tres elementos fundamentales del patrimonio natural y cultural de los mexicanos. México es uno de los centros mundiales de origen de plantas cultivadas.

Análisis y modelado ("ciencia de datos")

La Conabio se encuentra inmersa en el proceso de integrar capital intelectual e infraestructura de cómputo que le permita, mediante el análisis de información que se integrará en el futuro al snib, responder a algunas de las necesidades del país, como conocer el estado de los ecosistemas en México o la posibilidad de desarrollo económico y social de manera sustentable. Para ello se ha creado un área de ecoinformática, compuesta por un grupo de personas con preparación formal en "ciencia de datos", que abarca un amplio espectro disciplinario: matemáticas, estadística, ciencias de la computación, biología, minería de datos y

aprendizaje automático, entre otras disciplinas. Los proyectos en los que se encuentran trabajando cubren una gran gama de análisis y modelos; los siguientes son ejemplos de ello:

- Exploración de datos ecológicos.[95]
- Mediante aproximaciones o "proxies", se desarrollan indicadores del "estado de salud", de los ecosistemas, es decir integridad ecológica:
  - Índices de sonidos de especies animales.
  - Extracción automatizada de información de imágenes (fototrampas), para generar indicadores de presencia, ausencia, "abundancia" de animales, etc.
- Series cronológicas de indicadores de la cobertura del suelo.

Nueva arquitectura del SNIB

Para afrontar el trabajo que se plantea la Conabio en el futuro cercano se ha hecho una revisión analítica de la arquitectura del SNIB para adecuarla a las metas que se han fijado. La Conabio ha concebido el SNIB, desde su diseño inicial hasta el del día de hoy, 25 años después, como un sistema que va ajustándose y remodelándose de acuerdo con los cambios de enfoque y de énfasis a que obliga el trabajo cotidiano de la institución para generar conocimiento. De acuerdo con las meta de contar con un sistema que responda a la concepción de "sin fronteras" y a la de "inclusión de nuevos campos del conocimiento", los cambios en la arquitectura del SNIB se basarán en la integración de los diferentes reservorios de información incluidos en el SNIB (especies, ecosistemas, genes, datos socioeconómicos, entre otros) enlazando los datos,[96] es decir, interconectándolos computacionalmente y creando información estructurada mediante "búsquedas semánticas"[97] usadas para resolver problemas complejos utilizando técnicas de relaciones conceptuales. Esto permitirá relacionar información de diferentes campos del conocimiento sin la necesidad de crear modelos de datos complejos, haciendo del SNIB un sistema más robusto y al mismo tiempo más flexible. La propuesta es descubrir patrones de relaciones taxo-espacio-características (por ejemplo, relación entre sociedad y biodiversidad o relación entre

[95] <*species.conabio.gob.mx*>.
[96] <*en.wikipedia.org/wiki/Linked_data*>.
[97] <*en.wikipedia.org/wiki/Semantic_query*>.

funciones genéticas y geografía) utilizando herramientas como el "aprendizaje" de máquina, la minería de datos o por la simple exploración realizada por especialistas. Algunas de estas relaciones ya se han mostrado en trabajos científicos; sin embargo, el esfuerzo de integrar y procesar la información ha representado a los investigadores entre 70 y 80% del tiempo del estudio, mismo que se reducirá o eliminará con la arquitectura propuesta para el SNIB. Los resultados de esta nueva concepción serán notorios y permitirán avanzar en el conocimiento que se tiene de la biodiversidad en México y en el mundo.

Si bien la estructura actual del SNIB contiene información muy completa de cada especie (nombre científico y su clasificación —taxorreferencia— e información geográfica —georreferencia), que funciona bien dentro del componente del Sistema (componente de ejemplares, cartográfico, ecosistemas o genes), no permite la posibilidad de "navegar" a través de la riqueza de toda la información (por ejemplo, no permite vincular directamente las características de una especie con los climas en los que se distribuye).

Sin embargo, existen soluciones en ciencias de la computación que permiten crear formas de vinculación de datos de manera estructurada; la nueva arquitectura creará un SNIB con una flexibilidad que hoy no contempla y reducirá la necesidad de ser un experto en manejo de datos para aprovecharlo de manera integral. Las principales características que se contemplan para este SNIB son: 1] continuará con licencia abierta para uso de todo público; 2] será estructurado, es decir, legible por una computadora; 3] los formatos serán abiertos (no hay propietarios); 4] todos los datos estarán identificados de forma única (URI – Universal Resource Identifiers), y 5] Los datos se vincularán de tal manera que será posible "navegar" por toda la información.

13. Sistemas operacionales

En la Conabio se ha comenzado a construir sistemas operacionales que servirán a los diferentes niveles de gobierno, a organizaciones de la sociedad civil —y al público en general— para crear escenarios basados en decisiones sencillas que permitan respetar la legislación y diagnosticar sus efectos en la biodiversidad. Un gran número de usuarios del SNIB demanda respuestas a preguntas que no se pueden resolver utilizando sólo la información o las herramientas que hoy proporciona la Conabio; es decir, estos usuarios necesitan, para echar a andar sus proyectos, construir una síntesis coherente de la información —aplicando algunas reglas básicas— a fin de crear escenarios de uso racional del capital na-

tural. Considérese, por ejemplo, que se quiere construir infraestructura para beneficiar a una localidad o región; para ello sería necesario el manejo de grandes volúmenes de datos y el uso de complejos modelos que determinen los escenarios en los sistemas biológicos.

Tratando de resolver la situación expuesta, la Conabio ha venido diseñando un sistema de diagnóstico y evaluación de los efectos de la actividad humana en la biodiversidad de México que estará en operación en los próximos cinco años. El sistema se desarrolla con base en una serie de técnicas de exploración y análisis espacial y consiste en la caracterización del estado actual de la biodiversidad en el país y de las actividades humanas predominantes, incluyendo varias capas de información espacial. Está basado en la identificación de receptores de los impactos humanos y considera la integridad ecológica (ie)[98] como el principal receptor de estos impactos. Para evaluar la ie se ha establecido una serie de indicadores que permiten caracterizar el estatus de un sitio o región de interés, y para definir los indicadores se considera un escenario sin impacto humano (condición de referencia) y uno de pérdida de hábitat (condición actual), a partir de la información generada para el diagnóstico y la evaluación de los impactos humanos en la biodiversidad.

Estos sistemas operacionales tendrán también una gran importancia tanto para que los usuarios cuenten con una herramienta eficaz y sencilla de utilizar para realizar sus proyectos (haciendo uso racional del capital natural de México), como en el cuidado de la biodiversidad del país.

El Sistema Nacional de Monitoreo de la Biodiversidad (snmb) —apoyado por el Fondo para la Conservación de la Naturaleza, A.C. y la Fundación Gordon y Betty Moore— liderado por la Conabio, la Conafor y la Conanp permite ya, por primera vez, generar datos con los cuales se pueden revisar y cuantificar cambios en la composición de la biodiversidad de los ecosistemas, especialmente en el componente animal, y así conocer el estado de salud y de conservación integral del ecosistema. A mediano plazo, se pretende verificar el grado en que se preserva la integridad ecosistémica comparada con la referencia de las condiciones de funcionamiento de los ecosistemas en escenarios de poca o nula perturbación humana. En última instancia, en el futuro se podrá evaluar en forma exhaustiva la eficiencia y eficacia de los instrumentos de conservación que se pongan en práctica.

[98] La ie es la capacidad de un ecosistema para mantener una composición de especies, una estructura y una organización funcional comparables a las de los hábitats naturales, sin o con muy poca influencia de actividad humana.

El sistema MAD-MEX (Monitoring Activity Data-Mexico), por su parte, permitirá en los próximos cinco años, con el trabajo que se viene ya realizando, contar con mapas de la cobertura vegetal del país (usos y vegetación), así como los cambios en ellos, de manera confiable y consistente. El sistema, que utiliza varias técnicas de aprendizaje de máquina —automatiza la interpretación de los datos—, está en la fase de generación de datos de "entrenamiento" y validación del propio sistema, para lograr en el futuro un producto confiable que presente a los usuarios los datos de mayor precisión, con los beneficios que ello implica.

14. Información sobre la biodiversidad de México al alcance de todos

Finalmente, el otro tema de reflexión en el que la CONABIO centra sus preocupaciones es el de hacer llegar, en un lenguaje llano y comprensible a un mayor número de personas, los avances en el conocimiento que se han logrado en el campo de la biodiversidad y la importancia de hacer un uso racional de los recursos naturales del país. Ya en uno de los capítulos de este documento se da una relación pormenorizada de la cantidad y diversidad de acciones y medios que ha utilizado la CONABIO para establecer comunicación con el mayor número de usuarios, trátese de niños, de estudiosos, de especialistas, de autoridades, de maestros o de estudiantes, así como de fortalecer la ciencia ciudadana que invita a todos a observar la naturaleza y a participar en su cuidado. Desde luego, una de las metas para los próximos años es incrementar los números tanto de visitantes a la página web, de lectores de las publicaciones periódicas, de "entradas" a Enciclovida, de entusiastas "científicos ciudadanos", como de consultas a los especialistas de la CONABIO. Pero más allá de una cuestión de números, la Comisión está interesada en mantener e incrementar la calidad de esta comunicación y en su repercusión en el conocimiento de la población y de sus usos y costumbres en relación con la biodiversidad. En ello trabajaremos intensamente en los siguientes años.

Las niñas y los niños del maiz, dibujo, Escuela Primaria El Roble, Nayarit.

EGT

ANEXO 1
REUNIÓN INTERNACIONAL ORGANIZADA POR LA PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA

MUSEO NACIONAL DE ANTROPOLOGÍA
13 Y 14 DE FEBRERO DE 1992, MÉXICO, D.F.

P R O G R A M A

13 de febrero, 10:00 horas
Inauguración
Palabras de José Sarukhán, rector de la UNAM
Palabras de Otto T. Solbrig, Harvard University
Palabras de Andrés Marcelo Sada, Pronatura, A.C.
Declaratoria inaugural por el C. Presidente de México, Carlos Salinas de Gortari

I. Bases conceptuales de la biodiversidad
Anne H. Ehrlich, Stanford University
Michael E. Soulé, University of California
Russell A. Mittermeier, Conservation International
Thomas E. Lovejoy, The Smithsonian Institution

II. Nuestro conocimiento actual de la biodiversidad de algunos grupos de organismos
Peter H. Raven, Missouri Botanical Garden
Terry L. Erwin, The Smithsonian Institution
Rita Colwell, The University of Maryland
John C. Ogden, Florida Institute of Oceanography
Neil R. Chalmers, The National History Museum

Guacamaya verde (*Ara militaris*), Oaxaca.

III. El papel de las instituciones internacionales vinculadas a la biodiversidad

Kenton Miller, World Resources Institute
Michael Monaghan, The United Nations Conference on Environment and Development
Martin W. Holdgate, International Union for Conservation of Nature and Natural Resources
Francesco di Castri, The United Nations Program for Education, Science, and Culture

14 de febrero, 9:00 horas

IV. Fundaciones internacionales y sus programas sobre biodiversidad

Peter A. Seligmann, Conservation International
Kathryn S. Fuller, World Wildlife Fund / The Conservation Foundation
Geoffrey S. Barnard, The Nature Conservancy
Dan Martin, John D. and Catherine T. MacArthur Foundation
David Packard, The David and Lucile Packard Foundation
Manuel Arango, Fundación Universo XXI

V. Economía y biodiversidad

Walter V. Reid, World Resources Institute
Víctor L. Urquidi, El Colegio de México

VI. El papel de la divulgación y la educación ambiental

Gilbert M. Grosvenor, National Geographic Society
Guilherme M. de la Penha, Secretaría de Estado de Cultura de Pará
Andrés M. Sada, Pronatura, A.C.
Otto T. Solbrig, Harvard University

VII. Experiencias y estrategias de estudios de biodiversidad y su conservación y manejo en América Latina

Rodrigo Gámez, Instituto Nacional de Biodiversidad, Costa Rica
Daniel H. Janzen, University of Pennsylvania
Jerzy Rzedowski, Instituto de Ecología, A.C.
Arturo Gómez Pompa, University of California-Riverside
Gonzalo Halffter, Instituto de Ecología, A.C.
Rodolfo Dirzo, Centro de Ecología, UNAM
José Sarukhán, Universidad Nacional Autónoma de México

PARTICIPANTES

Geoffrey S. Barnard
Neil R. Chalmers
Rita R. Colwell
Guilherme M. de la Penha
Francesco di Castri
Rodolfo Dirzo
Anne H. Ehrlich
Paul R. Ehrlich
Terry L. Erwin
Kathryn S. Fuller
Rodrigo Gámez
Arturo Gómez-Pompa
Cristina Goettsch de Mittermeier
Gonzalo Halffter
Winifred Hallwachs
Martin W. Holdgate
Daniel H. Janzen
Víctor Lichtinger
Tomar E. Lovejoy
Dan M. Martin
Russell A. Mittermeier
Michael Monaghan
Rodolfo Ogarrio
John C. Ogden
David Packard
Peter H. Raven
Walter V. Reid
Jerzy Rzedowski
Andrés M. Sada
José Sarukhán
Peter A. Seligmann
Otto T. Solbrig
Michael E. Soulé
Víctor L. Urquidi

ANEXO 2
PERSONAS QUE HAN COLABORADO EN LA CONABIO

Abad, Alberto
Acevedo, Armando
Acopa, David
Acosta, Joanna
Acosta, Roxana
Aguilar, Enrique
Aguirre, Xitlali
Alavez Gómez, Valeria
Albino, César
Alcocer, Javier
Aldama, Manuel
Aldana, Martha
Almeida, Gael
Alquicira, María
Alvarado, Abraham
Alvarado, Marco
Álvarez, Carlos
Álvarez, Jorge
Álvarez, María de Jesús
Álvarez, Norma
Álvarez, Porfirio
Amezcua, Víctor
Anta, Salvador
Aragón, María del Consuelo
Aranda, Gabriela
Arboleya, Lourdes
Arce, Rodrigo
Arias, Paulina
Armas, Miguel
Arreola, Rafael
Arriaga, Laura
Arroyo, Emmanuel
Ávila, Adelina
Ávila, Dulce
Ávila, Héctor
Ayala, Bárbara
Balderas, Jorge
Balderas, Marco
Bañuelos, Marina
Barón, Felícitas
Barrera, Juan Carlos
Barrios, Alejandra
Barrita, Juana
Bautista, Ángela
Bautista, Ignacio
Becerra, Rosalba
Bellon, Alejandro
Bellon, Mauricio
Bellot, Mariana
Beraldi, Hugo
Bolaños, Arturo
Bosques, Teresa
Breña, Alejandra
Brizuela, Felipe
Burgos, Daniel
Caballero, Rafael
Cabrera, Alma
Calderón, Jaime
Calixto, Edith
Camacho, Fernando
Camarena, Alberto
Canales, Claudia
Canales, Eréndira
Cancino, Belén
Cancino, Jonathan
Cano, Claudia
Cano, Eréndira
Capello, Renato
Cárdenas, Francisco
Carranza, Fany
Carreño, Daniel
Carreón, Getsemaní
Carrillo, Karla
Carrillo, Lucila
Cartón de Grammont, Paloma
Castelo, José Luis
Castilla, Edgar
Castillo, Delfina
Castillo, Jesús
Castillo, Mónica
Castrejón, Javier
Castro, Jaime
Castro, Rutilio
Cervantes, María
Cervantes, Mauricio
Cervera, Alejandra
Chi, Amanda Kisuy

Chi, Felipe de Jesús
Chipole, Miguel
Cifuentes, Paulina
Colmenares, Mayra
Contreras, Ana
Contreras, Jesús
Cordero, Carlos
Coria, Marisol
Cotler, Helena
Cruz, Teresa
Cruz, Yutsil
Cuéllar, Edna
Cuevas, Iván
Cuevas, Melissa
Daniel, Alfonso
Dávila, Patricia
Davis, Penélope
Daza, Angélica
De Alba, Edmundo
De Badts, Erik
De la Guerra, Margarita
De la Maza, Roberto
De la Mora, Adriana
De los Ríos, Cecilia
Del Castillo, Nelson
Del Pilar, Guillermo
Delgado, Erika
Díaz Ávalos, Carlos
Díaz, Carlos
Díaz, Jesús
Díaz, José
Díaz, Miguel
Díaz, Roger
Díaz, Sergio
Domínguez, Angélica
Domínguez, Laura
Domínguez, Manuel
Donovarros, Carmen
Durand, Leticia
Eccardi, Fulvio
Echeverría, Guillermina
Equihua, Clementina
Equihua, Miguel
Escalante, Tania
Escamilla, Juan Manuel
Escobar, Mariela
Escoto, Sofía
Espinosa ,Verónica
Espinosa, David
Espinosa, Dulce María
Espinosa, José Manuel
Espinosa, Lilia
Espinosa, María del Rocío
Espinoza, José
Estrada, Áurea
Estrada, Oscar
Feliciano, César
Feria, Patricia
Feria, Yolanda
Fernández, Martha
Fernández, Rodrigo
Fiallega, Claudia
Figueroa, Elsa
Flores, Alejandro
Flores, Bernardette
Flores, Fernando
Flores, Gabriel
Flores, Mauricio
Franco, Lizbeth
Frola, Irma
Fueyo, Luis
Galindo, Antonio
Galindo, José Manuel
Gallardo, Diego
Gallegos, Gustavo
Galletti, Hugo
Gálvez, Amanda
Gálvez, Enrique
Gama, Susana
Gamboa, Mariano
Gaona, Osiris
García Naranjo, Alejandra
García, Alejandro
García, Alma
García, Ismael
García, José Rubén
García, Juan

García, María
García, Mauricio
García, Nashieli
García, Ricardo
García, Rubén
García, Sofía
García, Yurik
Garduño, Elisa
Garibay, Ricardo
Gebhardt, Steffen
Gil, Waleska
Golubov, Jordan
Gómez de Silva, Héctor
Gómez, Edith
Gómez, Federico
Gómez, José Manuel
Gómez, Leticia
Gómez, Sandra
Gómez, Sergio
González Medrano, Francisco
González, Alfredo
González, Cecilia
González, Constantino
González, Humberto
González, Marcela
González, María Alejandra
González, María Eugenia
González, Raúl
González, Rosa
González, Rosa María
González, Tania
Granados, Miguel
Guerra, Verónica
Guerrero, Gerardo
Guerrero, Miguel
Guevara, Mario
Gutiérrez, Arturo
Gutiérrez, Pedro
Guzmán, Ana
Guzmán, Ana Laura
Guzmán, Florentino
Hermosillo, Gilberto
Hernández, Alberto
Hernández, Ana
Hernández, Azucena
Hernández, José
Hernández, Juan
Hernández, Laura
Hernández, Lizeth
Hernández, María del Mar
Hernández, María Teresa
Hernández, Rocío
Hernández, Sara
Hernández, Sergio
Hernández, Xóchitl
Herrera, Leobardo
Herrera, Raúl
Hersch-Martínez, Paul
Hidalgo, José
Hidalgo, Luz
Huerta, Carlos
Huerta, Edmundo
Huesca, Ulyses
Ibarra, Alba
Ibarra, Antonio
Ibarra, Guillermo
Illoldi, Patricia
Íñigo, Eduardo
Islas, Lilia
Jamangape, Héctor
Jardón, Lev Orlando
Jardón, Lucía
Jiménez, Adulfo
Jiménez, Aidé
Jiménez, Zaira
Jordan, Johana
Jorquera, Doris
Juanicó, Diana
Juárez, Alejandra
Juárez, Alina
Kasa, Juan
Kerkhoff, Silke
Kolb, Melanie
Lara, Armando
Lartigue, Cecilia
Latapí, Andrés
Lavín, María
Leal, Gloria
Legorreta, Gabriel
Lemus, Manuel
Ley, Kim
Lira, Andrés
Lira, Enrique
Llorente, Jorge
Loa, Eleazar
Loaiza, Claudia

López Portillo, Juan
López, Adrián
López, Alejandro
López, Christian
López, David
López, Elizaberth
López, Erika
López, Gabriela
López, Gerardo
López, Iván
López, Jesús Antonio
López, Juan Carlos
López, Romeo
López, Xavier
López-Bassols, Indira
Luna, Ana
Machado, José
Maldonado, Jaqueline
Márquez, Daniel
Márquez, Oscar
Márquez, Sandra
Martínez Meyer, Enrique
Martínez, Abdiaz
Martínez, Abraham
Martínez, Alejandro
Martínez, Alma
Martínez, Cristian
Martínez, Diego
Martínez, Eduardo
Martínez, Francisco Javier
Martínez, Hugo
Martínez, Israel
Martínez, Itzia
Martínez, José
Martínez, Magdalena
Martínez, Patricia
Martínez, Ramón
Martínez, Roberto
Martínez, Rodolfo
Martínez, Tanya
Martínez, Verónica
Martínez-Garza, Cristina
Mateos, Adriana
Mateos, Juan Antonio
Matías, Elia
Maupomé, Adriana
Medellín, Rocío
Medellín, Rodrigo
Medina, Ana
Medina, Wendoli
Mejía, Margarita
Mejía, Marilú
Meli, Paula
Melo, Ubaldo
Méndez, Melisa
Mendoza, Karla
Mendoza, Roberto
Micelli, Gabriela
Millán, Lilulí
Mohar, Marcos
Montealegre, Berenice
Montiel, Alejandro
Montiel, Rocío
Morales, Eder
Morales, Eduardo
Morales, Gabriela
Morales, José
Morales, Marcela
Morales, Roberto
Morelos, Claudia
Moreno, Dulce
Moreno, Julia
Moreno, Norma
Moreno, Rafael
Morfín, Lucinda
Mota, Cecilio
Mota, Dulce
Muck, Peter
Munguía, Norma
Muñiz, Daniel
Murguía, Miguel
Nafarrate, Ana
Nava, Mariana
Navarrete, Alejandra
Navarro, Abraham
Navarro, Adolfo
Navarro, María
Negrete, Aquiles
Nevares, Eunice
Nieto, Gisela
Nieto, Irma
Niño, Nohemí
Novoa, Ismael
Núñez, Alejandro
Núñez, Israel
Núñez, Rocío

O'Halloran, Vincent
Oliveras, Adán
Olmos, Vianey
Ordóñez ,Adriana
Orozco, Martha
Ortega, Marco
Ortega, Rafael
Ortiz, Cynthia
Ortiz, Jesús
Ortiz, Leonardo
Ortiz, María
Ortíz, Raúl
Osorio, Oscar
Palleiro, Nicolás
Peláez, Alejandro
Peña, Arturo
Perales, Hugo
Peralta, Angélica
Peralta, Fernando
Perdomo, Héctor
Pérez Peña, Rubén
Pérez, Araceli
Pérez, Dennis
Pérez, Juan
Pérez, Octavio
Pérez, Raquel
Pérez, Vianney
Pérez-Gil, Ramón
Peters, Edward
Pineda, Gabriela
Pineda, Marco
Pineda, Noemí
Pineda, Othón
Pliego, Vladimir
Pompa, Rafael
Poot, Luis
Portales, Gloria
Porto, David
Proaño, Iván
Puebla, Fernando
Quintanar, Eduardo
Quiroz, Alejandro
Ramírez, Eduardo
Ramírez, Gustavo
Ramírez, Hugo
Ramírez, Luis
Ramírez, María del Carmen
Ramírez, Nadia
Ramírez, Xóchitl
Ramos, Leandro
Rangel, Héctor
Reséndiz, Magdalena
Reyes, José Luis
Reyes, Norma
Reyes, Rosa
Reygadas, David
Ricalde, Olga
Ricón, Froylán
Robles, Juan
Rochefort, Karla
Rodríguez de la Gala, José Bernardo
Rodríguez, Arturo
Rodríguez, Gerardo
Rodríguez, José Gerardo
Rodríguez, José Guadalupe
Rodríguez, José Manuel
Rodríguez, Miguel
Rodríguez, Penélope
Rodríguez, Rodolfo
Rojas, Sandra
Romano, Bárbara
Romero, Luis
Romero, Silverio
Romeu, Emma
Rosado, Manuel
Rosales, Alicia
Rosas, Irving
Rosas, Ma Ventura
Rubio, Iván
Rubio, María
Ruiz, Rafael
Salgado, Josefina
Salinas, José
Salinas, Maribel
San Pedro, Jorge
San Román, Eivin
Sánchez, Regina
Sánchez y Sánchez, Daniel
Sánchez, Adriana
Sánchez, Antonio
Sánchez, Araceli
Sánchez, Claudia
Sánchez, Judith
Sánchez, Luis
Sánchez, Luis Antonio
Sánchez, Miguel

Sánchez, Oscar
Sánchez, Patricia
Sánchez, Ragde
Sánchez, Socorro
Sánchez, Teófila
Santana, Itzihuari
Santana, Margarita
Santibáñez, Ana
Santillán, Magali
Santiz, Virginia
Santos, María
Schmidtsdorf, Patricia
Seco, Rosa María
Segovia, Augusto
Segura, María
Severino, Rosa
Sifuentes, Sarah
Soberanes, Carlos
Soberón, Jorge
Soler, Ana
Solís, Francisco
Solorio, Alma
Sosa, Rosario
Soto, Sergio
Székely, Alberto
Tamariz, Gabriel
Tambutti, Marcia
Téllez, Ivonne
Téllez, Juan Luis
Toledo, Alejandra
Toledo, Tarín
Toraya, Ana
Torres, Daniela
Torres, Fidel
Torres, Mariana
Trejo, Isabel
Ureta, Carolina
Uribe, Abigail
Urquiza, Esmeralda
Utrilla, Alejandra
Valadez, Sandra
Valdés, René
Valdez, Mauricio
Valencia, Diego
Valencia, Enrique
Valladares, Liliana
Van Rosmalen, Johanna
Vargas, Juan Francisco
Vázquez, Alma Delia
Vázquez, Ana
Vázquez, Blanca
Vázquez, Diana
Vázquez, Ella
Vázquez, Francisco
Vázquez, Gerardo
Vázquez, Ramón
Vela, Luciano
Velarde, Enriqueta
Velasco, David
Velázquez, César
Venegas, Diana
Verea, María de Lourdes
Vicario, Santa
Villalobos, Rodolfo
Villarreal, Raúl
Villaseñor, José
Viveros, Carlos
Viveros, Juan Luis
Vizcarra, Lourdes
Wegier, Ana
Wehrmann, Thilo
Wickel, Albertus
Yánez, Elvira
Yáñez, Olivia
Ybáñez, Julio
Yépez, Gina
Zaldívar, Alejandro
Zapata, María Teresa
Zárate, Rocío
Zarco, Alba
Zarzosa, Sarai
Zea, Mariano
Zenteno, Enrique
Zenteno, Marcelino
Zorrilla, María

ANEXO 3
PERSONAS QUE COLABORAN ACTUALMENTE EN LA CONABIO

(A DICIEMBRE DE 2016)

Abardía Moros, Francisco
Acevedo Gasman, María Francisca José
Aguilar Rocha, Mónica Estrella
Aguilar Rojas, Verónica
Aguilar Sierra, Alicia Verónica
Aguilar Zúñiga, Claudia
Aguirre Vallejo, Elías
Alamilla Fonseca, Lorena Noemi
Alarcón Guerrero, Jesús
Alcántara Álvarez, Rosario
Alcántara Maya, José Alberto
Alejandre Ortiz, Susana
Almeida Valles, Dora
Alonso Torres, Carlos Rafael
Álvarez Barrera, Elena Aide
Álvarez Icaza Longoria, Pedro Carlos
Antaño Díaz, Laura Aleida
Arizpe Ramos, Nancy Guadalupe
Arreola Alemón, Roberto
Arriaga Martínez, Vicente
Arroyo Cruz, Carlos Eduardo
Ascención Merino, Margarita
Avila Carrillo, Karla Janett
Ávila Estrada, Antonio
Ayala Brito, Jesica
Ayón Cárdenas, Cecilia
Báez Montoya, Juan Roberto
Barajas Acosta, Nélida
Barrios Caballero, Yolanda
Barrios Vargas, Juan Martín
Benítez Díaz, Hesiquio
Benítez Ramírez, Verena Ekaterina
Berlanga García, Humberto Antonio
Bermejo Martínez, María Guadalupe
Bonilla Aguilar, Felipe
Born-Schmidt, Georgia
Buenfil Magaña, Diego Jesús
Burgeff D' Hondt, Caroline Nicole Laura
Calderón Parra, José Rafael
Camacho Lara, Semiramis Berenice
Camacho Salinas, Alejandro
Camacho Sandoval, Tonantzin
Camarena Osorno, María Isabel
Campos López, Aníbal Adán
Campos Murillo, Ernesto
Candia Ramírez, Daniela Thalía
Cano Quiroga, Enrique
Cano Ramírez, Margarita
Canseco Flores, María Manuela
Cao de la Fuente, María Renata
Cárdenas Flores, Laura de Lourdes
Careaga Olvera, Sonia Alejandra
Carrillo Pineda, Paulina
Castañeda Sánchez, Mario

Castillo Cruz, Lourdes Maribel
Castillo Sandoval, Oriana
Ceballos Vázquez, Claudia Catalina
Cejudo Flores, Llaime
Cerdeira Estrada, Sergio
Cervantes Maldonado, Ana Angélica
Chavana López, Tomás Carlos
Cid Aguilar, Luis Felipe San Marino
Colditz, René Roland
Colín López, Julián Javier
Cordero Macedo, María Angélica
Corona Ortega, Mauricio
Corona Pedroza, Nancy
Cortés Romero, Amalia
Cruz Angón, Andrea
Cruz López, María Isabel
Cruz Medina, Jorge
Cruz Reyes, Estrella
Cuahutle Cuahutle, Martín
Cuervo Robayo, Angela Patricia
Cuevas González, Abraham
Curiel Muciño, Vianey Lizeth
Dávila Rosas, José Manuel
De Jesús De Jesús, Silvia
Del Valle Castillo, María
Díaz Bernal, Roberto
Díaz García, Daniela Alejandra
Díaz Maeda, Pedro Gabriel
Díaz Rodríguez, Berenice
Diego Escobar, María Valentina
Domínguez Gervacio, Noé Rubén
Domínguez Guerrero, Arturo Isaí
Domínguez Guerrero, Astrid Marcela
Dorantes Hernández, Fernanda Deyanira
Duarte Guadarrama, Bertha
Enríquez García, Cuauhtémoc
Equihua Benítez, Julián Alberto
Escalante Espinosa, Sheila
Escamilla Weinmann, Martha Elena
Escárcega Cervantes, Daniela Berenice
Escárcega López, José Ismael
Espinosa Matías, María de los Ángeles
Espinosa Sánchez, Gloria Olivia
Esquer Vizcarra, Emmanuel
Estrada Pérez, Yadira
Fernández Dávila, Alejandra
Fernández Hernández, Ulises
Fernández Pumar, Viviana Cecilia
Flores Camargo, Diana Graciela
Flores Eredia, Adrián
Flores López, Elsa María
Flores Sánchez, Dulce María
Frontana Uribe, Sarita Claudia
Galindo Hernández, Patricia

Galindo Leal, Carlos Enrique
Galván Quintanar, Rocío Betsabé
Gálvez Becerra, Flor Aimée
Gandarilla Ramírez, Armando
García Aguilar, Jesús Alejandro
García Aróstico, Claudia
García Carrillo, Itzel Giovana
García Castro, Enrique Celedonio
García Castro, Mireya
García Cruz, Carlos Christian
García Ibarra, Maricela
García Velázquez, María
Garduño Ángeles, Gustavo Leopoldo
Gasca Suárez, Luis
Gómez López, Daniel
Gómez Ruiz, Emma Patricia
González Bautista, Gerardo Alberto
González Huerta, Norberto René
González Martínez, Ana Isabel
González Páez, Fabiola Alejandra
González Ramírez, Laura Merit
González-Posada Martínez-Franco, Alba María
Gual Díaz, Martha
Guerra García, Janet
Guerrero Araiza, Arturo
Guerrero Matías, Salvador
Guerrero Olvera, Nadia Michelle
Gutiérrez Acosta, Amaury
Gutiérrez Gutiérrez, Obdulio
Guzmán Mérida, Francisco
Guzmán Rodríguez, Carolina
Guzmán y López Figueroa, Ana Luisa
Hermoso Salazar, Ana Margarita
Hernández Abundis, Adriana Irani
Hernández Galván, Joel Ernesto
Hernández García, Luz María
Hernández García, Silvia Guadalupe
Hernández López, Agustín
Hernández Patricio, Miguel Ángel
Hernández Robles, Diana Raquel
Hernández Rosas, Laura
Hernández Sánchez, Leonardo
Herrera López, Nicolás Emmanuel
Herrera López, Olga Laura
Herrera Maya, Vicente
Hruby, Florian Christoph
Huerta Ocampo, Elleli
Islas Gálvez, Consuelo
Jenis Flores, María Teresa
Jiménez Cruz, Margarita
Jiménez Rosenberg, Raúl Gustavo
Juache Alfaro, Luis Roberto
Koleff Osorio, Patricia
Kopeinig, René
Lara Morales, Liliana
Lara Ramos, Shareni
Larson Guerra, Jorge
Leal Cruz, María Ernestina
Llamas Barba, Ricardo Magdaleno
López Enriquez, Juan Carlos
López Higareda, Diana
López Méndez, María
López Mendoza, Rocío
López Saldaña, Fabiola

López Salvador, Jonatan
López Sandoval, Oscar Alberto
López Velázquez, Armando
Lora Jaimes, Virginia
Lozada Aranda, Gabriela Mahelet
Lozano Ramos, Angélica Tania
Luna Mondragón, José Luis
Luz Martínez, Carmen
Magallanes, Gustavo
Malanche García, Sarahí Elena
Maldonado Pulido, Blanca Fabiola
Marín Hernández, Sergio Erick
Marín Sánchez, Ariadna Ivonnee
Martell Dubois, Raúl
Martínez Carrada, Roberto Carlos
Martínez Clorio, Mauricio Israel
Martínez Garduño, Ana Elideth
Martínez González, Carlos
Martínez Monroy, Daniel
Martínez Trejo, Brizel Elena
Martínez Vargas, Juan Manuel
Mastretta Yanes, Alicia
Matias Palafox, María Loraine
Mauricio Leguizamo, Juan Manuel
Mayorga Ríos, Jhonnatan Jorge
Mejía Valencia, Sebastián
Mejía Velázquez, Rodrigo
Melgarejo, Erika Daniela
Mena Gallardo, Alejandra
Mendoza Barrera, Zaira Melisa
Mendoza Bustamante, Arturo Erik
Mendoza Gaytán, José Trinidad
Miranda Aranda, Edgar Omar
Molina Silva, Arcelia
Molina Villegas, Alejandro
Mondragón Pichardo, Juana
Montes de Oca Cacheux, Iván de Jesús
Montiel Almanza, Yessica Elizabeth
Mora Flores, Franz Eduardo
Mora Morquecho, Juan Carlos
Morales Guerrero, Nubia Betzabé
Moreno Almeraya, Nadya
Moreno Gutiérrez, Elizabeth
Morín Valdés, Carlos Alberto
Mosig Reidl, Paola
Mota Ramírez, Ivette
Munguía Carrara, Mariana
Muñoa Coutiño, Jorge Humberto
Muñoz Lacy, Luis Guillermo
Muñoz López, Enrique
Nájera Cordero, Karla Carolina
Neyra González, Lucila Julita
Noguez Lugo, Jaqueline Jeniffer
Nuñez Merchand, Alejandra
Obregón Viloria, Rafael
Ocaña Nava, Daniel
Ocegueda Cruz, Susana
Oliveros Galindo, Oswaldo
Orjuela Restrepo, María Andrea
Ortiz Santa María, Daniel
Ortiz Seguí, Sebastián
Ortuño Sánchez, Pablo
Páez Ponce, Lucía Denisse
Palacios Moreno, Erick

Pantoja Escobar, Orlando Fabián
Pardo Urrutia, Fernando Jorge
Parpal Servole, Jordi
Parra Toriz, Dulce
Peláez Figueroa, Arturo
Peña García, Blanca Lorena
Peralta Fonseca, Zabdiel Ademar
Perea Nuñez, Roxana
Pérez Morales, Roberto
Pérez Ponce, Edna Giomara
Pérez Ponce, Hilda Elín
Pichardo Segura, Luis Alberto
Piña Camacho, Miriam Elizabeth
Plasencia López, Lucía María Teresa
Ponce Mendoza, Alejandro
Portilla Alonso, Rosa Maricel
Puente Vargas, Claudia Victoria
Quintero Rivero, María Esther
Quiroz García, Gerardo
Ramírez Álvarez, Rafael Silvio
Ramírez Bautista, Jacinta
Ramírez Domínguez, Ricardo
Ramírez Mejía, Diana Lucero
Ramírez Segura, Lina Irene
Ramírez Vite, Salvador
Ramos Rivera, Patricia
Rendón Correa, Alejandro
Rentería Aguilar, Francisco Javier
Renteria Ortega, Cesar Augusto
Renteria Ortega, Eliot Eduardo
Reséndiz López, Martha Alicia
Ressl, Rainer Andreas
Reyes Nolasco, Germain
Rivas Ayala, Ruth
Rivas Ladrón de Guevara, Susana María
Rivas Pérez, Juan Carlos
Rivera Téllez, Emmanuel
Robles Licea, Antonio Guillermo
Robles Villavicencio, José Emmanuel
Robredo Esquivelzeta, Everardo Gustavo
Rodríguez Codallos, Laura Patricia
Rodríguez Contreras, Vicente
Rodríguez Marín, Rosa Marina
Rodríguez Moreno, Mercedes del Pilar
Rodríguez Reynaga, Flor Paulina
Rodríguez Rodríguez, Javier
Rodríguez Zúñiga, María Teresa
Rojas Paredes, Laura
Rojas Paredes, Yolanda Rosalía
Romero Bravo, Yetlanetzy
Romero Palacios, Adriana del Carmen
Romo Galicia, Alberto
Rosas Hernández, Martha Ileana
Rosique de la Cruz, Laura Olivia
Ruiz González, Sylvia Patricia
Ruiz Hernández, Thelma Olivia
Ruiz Salinas, Silvestre
Saavedra Cárdenas, Edgar Leobardo
Saavedra Martínez, Vladimir Icnihuatl
Salazar Carrillo, Juan Carlos
Sánchez Avelar, Luis Mariano
Sánchez Chavana, Miguel Ángel
Sánchez Dorantes, Karina
Sánchez Ocampo, Desirée Concepción

Sánchez Rodríguez, Tatiana Berenice
Sandoval Huerta, Lucia Paulina
Sandoval Montes de Oca, Pedro Roberto
Sandoval Perea, Rosa Eugenia
Sarukhán Kermez, José Aristeo
Schmidt, Frank Michael Oliver
Sicilia Manzo, Miguel Ángel
Sierra Alcocer, Raúl
Simms Del Castillo, Alicia Yvonne
Solís Jerónimo, Sandra Janet
Tavira Escárcega, Manelich
Tecuapetla Gómez, Inder Rafael
Terroba Arechavala, Bernardo Javier
Tobón Niedfeldt, Wolke
Toledo Gutiérrez, Karla Patricia
Torres Bahena, Elizabeth
Torres Huerta, Brenda
Torres Vázquez, Arturo
Torres Virrueta, Miguel
Trejo Aguilar, Francisca Daniela
Treviño Barajas, Claudia
Treviño Heres, Sofía
Troche Souza, Carlos Humberto
Urcid Perfecto, Lucía
Urquiza Haas, Tania Roswitha
Valderrama Landeros, Luis Humberto
Valencia Millán, Felipe
Valera Bermejo, Carmen Adriana
Valeriano Claudio, José Guillermo
Valero Padilla, Jessica
Vargas Canales, Victor Manuel
Vázquez Balderas, Berenice
Vázquez Rojas, María del Carmen
Vega Aragón, Ana Abigail
Velasco Barajas, Guillermo
Velázquez Rentería, Cindel Ayadeth
Velázquez Salazar, Samuel
Vilchis Ortiz, Mauricio
Villalón Calderón, Rocío Magdalena
Villaseñor Medina, Edna Martha
Villeda Chávez, Edgar
Villegas García, Rodrigo
Wadgymar Aguilar, Ana Gabriela
Zárate Juárez, Karla Mabel
Zea Salgado, Marco Antonio
Zúñiga Pacheco, Reyes