



Unam
La Universidad
de la Nación

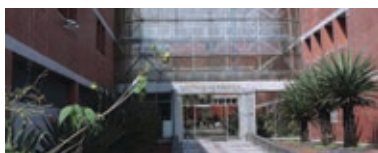


Boletín informativo de la Coordinación de la Investigación Científica. Ciudad Universitaria, número especial, año XXII.

MEMORIA - NONAGÉSIMO ANIVERSARIO DEL INSTITUTO DE BIOLOGÍA



Sumario



90 años del Instituto de Biología



Colecciones Nacionales: Zoología, Helmintos



Patrimonio de México:
La Colección Etnobotánica



Datos abiertos

Biodiversidad igual a identidad
y riqueza cultural



Morfología, anatomía y
función

Genómica de la
conservación
de la diversidad



Biología molecular:
Códigos de barras y muestreos
ambientales



04

05

08

10

13

16

19

22

24

28

30

33

36

38

41

44

47

Breve historia del Instituto
de Biología

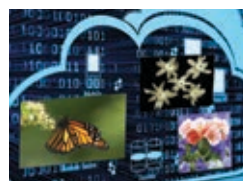


Colecciones Nacionales:
Herbario Nacional



Colecciones
Nacionales
Vivientes:
Jardín Botánico

Informática de la
biodiversidad



Semillatón:
Puente entre el
conocimiento
tradicional y la
ciencia occidental



Sistemática filogenética



Más allá de las especies:
El análisis macroevolutivo



Pabellón Nacional de la
Biodiversidad





Editorial

Instituto de Biología



EN UN PAÍS con una riqueza biológica excepcional como lo es México, el quehacer del Instituto de Biología (IB), es fundamental y estratégico. La diversidad de líneas de investigación que ha cultivado desde su fundación en 1929, lo colocan como la institución académica más importante del país y como referente fundamental a nivel mundial.

A lo largo de su historia, el IB ha sido pionero en la aplicación de las más diversas metodologías y tecnologías para el estudio y documentación de la biodiversidad, definiendo en gran medida el rumbo de la biología orgánica de nuestro país.

En los últimos años, con el nacimiento y desarrollo vertiginoso de áreas como la genómica y la bioinformática, y con base en principios conceptuales que se desarrollaron especialmente en la década de los sesenta, el IB se vuelve a colocar a la vanguardia, trazando un nuevo rumbo para el estudio de la Biología. Con el uso de datos genómicos para la construcción de filogenias, ha logrado agregar al estudio tradicional de inventarios bióticos el cálculo de las relaciones de parentesco evolutivo entre organismos, a partir de atributos derivados y compartidos entre ciertos grupos; conocer la distribución geográfica de las especies, el momento en que se originaron las ramas del árbol de la vida, dónde hubo cambios en la tasa de especiación y de extinción para dar origen a la biodiversidad, y determinar si el incremento de especiación está relacionado con cambios en el ambiente o con cambios morfológicos, entre los principales. Ante los riesgos que hoy enfrenta la riqueza

natural de nuestro país como consecuencia de la pérdida de hábitats naturales y el cambio climático, el IB seguirá siendo, sin duda, quien siga desempeñando un papel estratégico en la investigación y la divulgación de temas relacionados con la biodiversidad, en la docencia y la formación de recursos humanos del más alto nivel, y como guardián de las Colecciones Biológicas Nacionales de México.

Esta edición especial de *El faro* para celebrar los 90 años del IB, incluye una serie de artículos y reportajes elaborados a partir de entrevistas con algunos de los muchos líderes nacionales que el IB ha albergado y formado en diversos campos y especialidades de la Biología. A través de ellos, se hace patente cómo el IB es uno de los pilares de la Universidad, testigo y protagonista de los más sorprendentes avances científicos: desde la secuenciación por electroforesis capilar, hasta la secuenciación masiva de nueva generación con la ayuda de la bioinformática; desde la perforación de tarjetas para almacenar datos, hasta la creación de la Unidad de Informática para la Biodiversidad y el Proyecto de Digitalización y Sistematización de las Colecciones Biológicas Nacionales; de la conservación de las especies desde un punto de vista museístico y coleccionista, al conocimiento más profundo de las especies a través de la sistemática filogenética.

Con 90 años de actividad científica continua, el Instituto de Biología es, sin duda, la institución mexicana dedicada al estudio de la biodiversidad de mayor arraigo en el país ●

El faro

EN PORTADA



Ante la excepcional riqueza de biodiversidad de México, el Instituto de Biología juega un papel estratégico. Conocer qué especies tenemos, dónde están, cómo se comportan y cuál es su distribución, es fundamental para lograr la conservación del patrimonio natural.

UNAM

Dr. Enrique Graue Wiechers
Rector

Dr. Leonardo Lomelí Vanegas
Secretario General

Ing. Leopoldo Silva Gutiérrez
Secretario Administrativo

Dr. William H. Lee Alardín
Coordinador de la
Investigación Científica

Dr. Julio Solano González
Secretario Académico
Coordinación de la
Investigación Científica

Directorio

El faro, la luz de la ciencia

Patricia de la Peña Sobarzo
Directora

Yassir Zárte Méndez
Corrector de estilo

José Antonio Alonso García
Edgar Vergara Hernández
Sandra Vázquez Quiroz

Colaboradores
Benjamín Salazar
Diseñador gráfico

El faro, la luz de la ciencia, es una publicación de la Coordinación de la Investigación Científica. Oficina: Coordinación de la Investigación Científica, Circuito de la Investigación, Ciudad Universitaria, CP 04510 Ciudad de México. Teléfonos 5550 8834 y 5666 5201. Certificado de reserva de derechos al uso exclusivo del título, en trámite. **Prohibida la reproducción parcial o total del contenido, por cualquier medio impreso o electrónico sin la previa autorización.**



elfaro.cic.unam.mx



boletin@cic.unam.mx



@BoletinElFaro



@ElFaroUNAM



boletinelfarocicunam



Breve historia del Instituto de Biología

PATRICIA DE LA PEÑA SOBARZO

FUNDADO EL 9 de noviembre de 1929 en las instalaciones de la Casa del Lago del Bosque de Chapultepec, el Instituto de Biología (IB) tuvo sus raíces en el Instituto Médico Nacional, fundado en 1890, cuyo objetivo primordial era el estudio de la botánica del país y la producción de fármacos a través de las plantas mexicanas. En 1915, resultado de la fusión del Museo Nacional de Historia Natural y de la Comisión Geográfica Exploradora, se convirtió en la Dirección de Estudios Biológicos, cuyo primer director fue el naturalista y maestro Alfonso Luis Herrera (1868-1942). Catorce años después, esta Dirección sería el antecedente inmediato del Instituto de Biología, cuyo primer director fue el doctor Isaac Ochoterena, quien promovió un enfoque descriptivo y práctico de la biología.

Al ser una de las primeras instituciones que nació con la autonomía universitaria, el compromiso implicado al ser depositario de las Colecciones Nacionales marcó su rumbo y misión ante la sociedad, el conocimiento de la diversidad biológica mexicana, que deriva en la conservación. De ahí que el IB no solo recuperó, sanó y acrecentó los valiosos materiales, colecciones, archivos y libros heredados de las instituciones que le precedieron, sino que también se constituyó como la entidad que en mayor grado ha contribuido a la expansión nacional de la investigación sobre biodiversidad en la historia de México.

Prueba de lo anterior es la revitalización de su estructura que, en los primeros años, estuvo organizada en secciones, hasta que a principios de los años 40 dio paso a la formación de dos grandes departamentos: el de Botánica y el de Zoología, en los que se agruparon las secciones existentes. Entre 1956 y 1958, con su traslado a las nuevas instalaciones en Ciudad Universitaria, se creó el Departamento de Bioquímica y en 1965, el Jardín Botánico –habilitado en 1959 como una institución independiente– se incorporó al IB. En 1967 se reforzaron los departamentos de Botánica y de Zoología; el de Bioquímica se convirtió en el Departamento de Biología

Experimental y se estableció el Departamento de Ciencias del Mar y Limnología.

En 1967, con la puesta en marcha de la Estación de Biología Tropical Los Tuxtlas, en el estado de Veracruz, el IB inició las primeras investigaciones de biología en una estación de campo en México, marcando así un importante proceso de descentralización de la investigación científica universitaria que siguió con la apertura de la Estación de Investigación, Experimentación y Difusión Chamela, en el estado de Jalisco entre 1970 y 1971. Para 1973, el Departamento de Ciencias del Mar y Limnología se separa para formar el Centro, que más adelante sería el Instituto del mismo nombre. Asimismo, tras 40 años de investigación en biología marina, se fundaron las Estaciones de Investigaciones Marinas de El Carmen, Campeche, y de Mazatlán, Sinaloa.

En 1978 el Departamento de Biología Experimental se independizó dando lugar al Centro de Investigaciones de Fisiología Celular, que después se transformaría en instituto en 1985. En 1984 el Departamento de Ecología también se independizó dando paso al centro que en 1988 sería el Instituto de Ecología.

A 90 años de distancia el IB enfrenta grandes retos que en sus inicios no existían, como la pérdida de diversidad biológica, problemática que, aunada al cambio climático, impacta de manera negativa en la conservación de los hábitats naturales. Sin embargo, a través de estos años, todos sus integrantes han sabido preservar, enriquecer y expandir dentro y fuera del ámbito universitario, lo iniciado desde 1929, por lo que su misión de albergar a las Colecciones Biológicas Nacionales, la formación de recursos humanos y el desarrollo de investigación científica para la conservación de biodiversidad, entre otras, debe

continuar vigente y vigorosa ante cualquier reto. Solo baste recordar que, a lo largo de 90 años de historia, el IB ha sido el gran generador de instituciones de investigación a nivel nacional, auspiciando la formación de líderes en diversos campos de la Biología, quienes cada día ponen en alto la investigación científica de México ●



Fundadores del Instituto de Biología
Al frente: Helia Bravo, Leopoldo Ancona, Isaac Ochoterena, Eduardo Caballero y Amelia Sámano.
Atrás: Rafael Martín del Campo, José de Lille, José Gómez Robleda, Antonio Ramírez Laguna y Clemente Robles.
(1931-1932)

Clase de entomología con Carlos Hoffman, uno de los fundadores de la carrera de Biología.



90

años del Instituto de Biología

YASSIR ZÁRATE MÉNDEZ



Biblioteca de Botánica en Casa del Lago (1929)

La Casa del Lago de Chapultepec fue el primer recinto ocupado por el Instituto de Biología. Al fundarse en 1929, surgió simultáneamente con la autonomía otorgada a la Universidad Nacional.

EL INSTITUTO DE BIOLOGÍA (IB) de la Universidad Nacional Autónoma de México ha tenido un papel crucial para conocer, describir y proteger la biodiversidad del país. Además, es un referente mundial por los trabajos realizados por sus investigadores, afirma la directora de esta entidad universitaria, la doctora Susana Magallón Puebla.

Retrospectiva

Desde hace nueve décadas, los integrantes del Instituto se han dado a la tarea de describir, estudiar, clasificar y proponer mecanismos de protección de la biodiversidad.

“Todos hemos escuchado que México es un país megadiverso. Eso quiere decir que está entre los países con la mayor cantidad de especies diferentes. El saber que México es un país megadiverso es un resultado directo de las investigaciones que se realizan en el IB. Por los estudios efectuados, aquí hemos documentado, identificado, clasificado y contado muchas especies. Este tipo de datos permiten comprobar que México contiene un número elevado de especies en relación con otros países, inclusive otros mucho más grandes”, expone la también académica.

Así, a partir de colectas, de viajes de campo y de la colaboración con otros investigadores mexicanos o extranjeros se ha ido avanzando en el conocimiento de la biodiversidad, y, con el paso de los años, se ha estudiado la de otros países.

Magallón subraya que es un orgullo para el Instituto cumplir con esta tarea, al tratarse del patrimonio natural de México, que ofrece numerosas utilidades, así como servicios ecosistémicos y evolutivos. Además, implica la responsabilidad moral y ética de preservar a las especies que viven en nuestro territorio.

En este contexto, considera que el bienestar como seres humanos no solamente se limita a contar con una casa donde vivir, tener la posibilidad de ir a la escuela o de recibir servicios de salud, sino también cuestiones intangibles, como el conocimiento, aprecio y disfrute del medio ambiente.

Se trata de cuestiones humanísticas y culturales, que deben ligarse “al conocimiento y disfrute del medio ambiente. En el Instituto de Biología las investigaciones están relacionadas con la jerarquía evolutiva. Es importante conservar los ecosistemas actuales, pues nos





“ Para reconocer cómo están emparentados los organismos entre sí, debemos identificar atributos morfológicos derivados y reconocer a los organismos que los poseen como miembros del mismo grupo. ”

proporcionan beneficios materiales e intangibles, pero es igualmente importante preservar el proceso evolutivo, pues es el mecanismo que genera la biodiversidad, por ejemplo, el proceso de selección natural, que opera sobre la variación entre los individuos dentro de las poblaciones”.

Perspectiva de la biología

La biología siempre ha sido un área de interés para los seres humanos, ya que involucra el conocimiento de los organismos que nos rodean, yendo más allá de entender su utilidad y su relevancia. Su estudio se remonta prácticamente a los orígenes de la humanidad. Inicialmente, la biología se centró en describir la biodiversidad, identificar a los organismos, catalogarlos, detallar sus relaciones, entender cuáles son sus atributos físicos, cómo se pueden diferenciar unos de otros y también, de una manera muy importante, realizar inventarios bióticos.

Un componente importante ha sido documentar cuáles son las especies que se encuentran en un determinado lugar y entender cómo difiere esta composición de las especies de un lugar a otro. Estos son tipos de estudios desarrollados de una manera “muy clásica”, pero que han tenido una relevancia muy importante en la historia de la humanidad.

Por ejemplo, cuando los británicos o los españoles emprendían viajes por los diferentes continentes, en esas expediciones iban biólogos que colectaban organismos, que luego comparaban con los que había en Europa.

Es así que, en sus inicios como ciencia, tenía una parte descriptiva y de inventario. También, de una manera muy importante y asociada con las aportaciones del naturalista sueco Carlos Linneo, destaca la necesidad de clasificar a los organismos por sus características distintivas.

Para identificar dichas relaciones, inicialmente se tomaba en cuenta su forma y su aspecto. Se pensaba que los organismos que tenían una relación más cercana, eran más parecidos, específicamente considerando atributos particulares que los especialistas en ese grupo consideraban como los rasgos más importantes.

Es con base en este “principio de autoridad”, que se establecían las características más importantes para clasificar a los diferentes organismos.

Esta es la visión clásica de la biología, y para la directora del IB es importante porque nos ha dado los conocimientos del número aproximado de

especies existentes; de cuáles lugares del mundo tienen una mayor riqueza de especies; de cuáles organismos predominan en diferentes regiones; cómo están emparentados entre sí y cuáles son sus atributos distintivos.

Nuevos horizontes

Para Magallón Puebla esta es una visión muy importante que debe continuar en todo el mundo y particularmente en países como el nuestro, donde tenemos una gran riqueza de especies, muchas de las cuales siguen sin documentarse, describirse o identificarse.

Sin embargo, asienta que en los últimos cincuenta años ha habido un desarrollo conceptual que ha revolucionado cómo entendemos la biología. Dicho conocimiento radica en la manera en la que calculamos cómo es que diferentes organismos están emparentados los unos con los otros.

“En la actualidad, con base en principios que se desarrollaron sobre todo en los años sesenta, se ha propuesto que, para reconocer cómo están emparentados los organismos entre sí, debemos identificar atributos morfológicos derivados y reconocer a los organismos que los poseen como miembros del mismo grupo”, puntualiza.

Además, se han propuesto diferentes maneras de identificar cuáles organismos están más cercanamen-



te emparentados entre sí. Una manera es suponiendo que ha ocurrido la menor cantidad de cambios posibles para explicar la diversidad observada. Por otra parte, hay métodos probabilísticos que, basados en modelos del proceso evolutivo, permiten estimar este tipo de relaciones.

“Me refiero a los métodos filogenéticos, que nos permiten calcular la relación de parentesco evolutivo entre los organismos. Son conceptos que han proporcionado un marco de referencia que refleja las relaciones evolutivas, para investigar los patrones y los procesos asociados a la riqueza de especies y su distribución sobre el planeta”, asienta la doctora Magallón.

Ahora, por ejemplo, para entender cuáles son los principales grupos, no tenemos que memorizarlos, sino que podemos conocer cuáles son los atributos distintivos de cada uno y, con base en eso, identificar a sus miembros.

Luego ha venido una revolución, porque en lugar de tomarse atributos morfológicos, se utilizan las secuencias de genes u otros marcadores moleculares, para reconocer a los distintos grupos de organismos. Inicialmente se hacían estudios con base en uno o unos cuantos genes, y esto ha ido técnicamente avanzando, tanto en los métodos de laboratorio, como en los métodos computacionales para analizar este tipo de información. En la actualidad se utilizan datos de genomas completos o partes muy grandes de genoma.

“Aquí la diferencia es el tipo de datos. Si son morfológicos, si son las secuencias de unos cuantos genes o si son las secuencias de una porción substancial del genoma. Estos datos son utilizados para proponer hipótesis de parentesco evolutivo. Ahora los biólogos no solamente observan al microscopio o trabajan con especímenes de las colecciones, sino que también están inmersos en el laboratorio, donde obtienen el ADN de diferentes organismos, haciendo secuenciación y posteriormente analizan estos datos en la computadora para obtener un esquema de relaciones evolutivas”.

De manera igualmente importante, los esquemas de relaciones de parentesco son un marco de referencia para

reconstruir diferentes componentes del proceso evolutivo, así como la posibilidad de predecir trayectorias evolutivas futuras.

“Así podemos calcular la evolución de la morfología, de la ocupación de diferentes áreas geográficas, o de cuál fue el tiempo en el que aparecieron ciertas ramas de la vida. Es un principio conceptual que nos permite llegar a esquemas de parentesco evolutivo, que son a su vez la herramienta para hacer investigaciones muy detalladas en biología, incluyendo aquellas de tipo predictivo”, subraya la investigadora.

Para concluir, la directora del Instituto de Biología resalta el papel que ahora juegan las matemáticas y la estadística en los estudios biológicos. Reconoce que se ha dado un desarrollo muy importante de métodos analíticos y conceptuales que aspiran a identificar cuáles son las causas de la evolución.

“Hay estudios que tratan de reconstruir cómo fue el proceso de cambio morfológico con los organismos. Por ejemplo, cómo fue la evolución de las alas de las aves o cuáles fueron las condiciones ancestrales de las flores. Podemos calcular cuál fue la trayectoria evolutiva para dar lugar a los cambios morfológicos o también a los cambios del genoma”.

Invitación

Uno de los grandes cambios en el Instituto ha sido la ampliación de las líneas de trabajo que ahí se realizan. Ahora, un sector de los investigadores hace estudios de tipo molecular para obtener datos genómicos que utilizan para estimar relaciones filogenéticas.

Ante este panorama, la doctora Susana Magallón invita a los jóvenes a formarse profesionalmente como biólogos, al tratarse “de una ciencia muy flexible, muy incluyente, que puede dar para diferentes aspectos de interés, que puede estudiar plantas, animales, hongos o bacterias directamente, hasta cuestiones de laboratorio o de computadora, de interacciones con diferentes personas” ●



Colecciones Nacionales: Herbario Nacional



JOSÉ ANTONIO ALONSO GARCÍA

Nueve décadas de crecimiento y aportaciones invaluableles al conocimiento lo han erigido en uno de los organismos universitarios más reconocidos a nivel mundial.

A FINALES DE 1929, la ya Universidad Nacional Autónoma de México recibió en custodia las colecciones del Museo de Historia Natural, así como del Instituto de Biología General y Médica, pertenecientes hasta entonces a la Dirección de Estudios Biológicos de la Secretaría de Agricultura y Fomento. El recién creado Instituto de Biología (IB), dirigido por Isaac Ochoterena, fue el depositario de este legado en la Casa del Lago del Bosque de Chapultepec, hoy Centro Cultural Universitario.

En estas nueve décadas que también cumplió el Herbario Nacional, conocido en los catálogos internacionales como MEXU, la labor de otras tantas generaciones de académicos e investigadores lo han convertido en uno de los más reconocidos a nivel mundial, tanto por su gran cantidad de ejemplares atesorados como por la calidad y amplitud de las colecciones.

El objetivo de las colecciones es documentar la biodiversidad de México, recolectando y preservando los especímenes biológicos mediante técnicas de curaduría especializada. Gracias a esto, se provee información útil a la investigación, enseñanza y difusión para establecer un inventario actualizado de los recursos bióticos del país, y generar conocimientos sobre su distribución, sistemática, ecología, biogeografía y variación en el espacio y en el tiempo.

El Herbario Nacional es el mejor representante de la megadiversidad del país, donde crece cerca del diez por ciento de las especies vegetales registradas en el planeta, gran parte de ellas endémicas, y ocupa el quinto lugar con el mayor número de especies de plantas, refiere el doctor Gerardo Adolfo Salazar, actual jefe del Herbario.

Colecciones del MEXU

El MEXU está conformado por cinco colecciones: Algas, Briofitas, Plantas Vasculares, Hongos y Líquenes; además, esta última tiene cinco anexas: Archivo Histórico, Etnobotánica, Frutos y Semillas, Palinoteca y Xiloteca.

La más numerosa de todas sus colecciones es la de Plantas Vasculares, con más de un millón y medio de ejemplares. A esta pertenecen los especímenes más antiguos, colectados a fines del siglo XVIII por Vicente Cervantes, integrante de la Real Expedición Botánica a Nueva España. Por ejemplo, una *Opuntia velutina*, cactácea colectada en Guerrero, popularmente conocida como nopal velludito, fue recolectada en 1791. En sus diez salas, el Herbario también alberga ejemplares de especies en peligro de extinción, como la *Lemna trisulca* L., especie acuática que se caracteriza por ser de las plantas más pequeñas y tener las flores más diminutas de la naturaleza.

En sus gavetas está resguardada la enorme diversidad de pinos mexicanos; “alrededor de 45 por ciento de la diversidad mundial de pinos se encuentra en México”, expone el doctor David Gernandt, investigador especialista en el tema.

En 1993, en el Herbario Nacional había más de 583,000 ejemplares, cifra que se duplicó (1,170,774) diez años después. Y en el nonagésimo aniversario del IB, el doctor William Lee Alardín, Coordinador de la Investigación Científica de la UNAM, folió el ejemplar con número de catálogo 1,500,000 de la colección de Plantas Vasculares.

El honor le correspondió a la hortensia *Hydrangea sousae*, recolectada en Motozintla, Chiapas, y nombra-



da en memoria del maestro Mario Sousa Sánchez, quien como alumno de Faustino Miranda, pionero de la investigación botánica de nuestro país, condujo durante casi un cuarto de siglo al Herbario Nacional a ser lo que hoy es. El ejemplar *Hydrangea sousae* se recolectó en la selva mediana perennifolia y es una especie amenazada debido a la deforestación y los cambios de uso de suelo en su zona de hábitat, explica la doctora Marie-Stéphanie Samain, investigadora del Inecol-Bajío.

El Herbario custodia más de 9,000 ejemplares tipo, que corresponden a más de 6,000 especies. Y sigue incrementando su colección de tipos a un ritmo promedio de 200 ejemplares por año, dice la bióloga Gilda Ortiz Calderón, responsable del programa de intercambio.

Las otras cuatro colecciones del Herbario atesoran un número considerablemente menor de especímenes y son más recientes. La de Algas se inició en 1969 y cuenta con más de 6,630 ejemplares. En ella se exhiben especímenes de aguas marinas, salobres y dulceacuícolas, provenientes de varios estados de la república, así como de Norteamérica, Sudamérica y Europa.

La colección de Hongos se creó en 1947 y cuenta con más de 28,900 ejemplares que representan alrededor de 400 géneros y 1,500 especies de basidiomicetes, ascomicetes y mixomicetes, colectados en la mayor parte del territorio nacional. Iniciada en 1958, la colección de Fitopatología, anexa a la de Macromicetes, alberga plantas parasitadas por hongos y cuenta con más de 2,000 individuos de más de 300 especies de hongos.

La colección de Líquenes cuenta con 20,000 ejemplares de 15 estados de la república y de 11 países de Asia, Europa y Norte y Sudamérica. Un líquen está formado por la simbiosis de un hongo y un alga. Actualmente la colección está en proceso de reorganización.

La de Briofitas (musgos y afines) reúne más de 52,000 ejemplares desde 1973, año de su fundación. Representa básicamente a los musgos mexicanos, así como a los de algunos países neotropicales y de otros continentes.

Archivo Histórico, Etnobotánica, Frutos y semillas, Palinoteca y Xiloteca

La colección del Archivo Histórico se inició a principios de los años sesenta como una donación de 8,000 imágenes, a la que se han ido incorporando otras colecciones, también donadas. La colección Etnobotánica, la más re-



Hortensia *Hydrangea sousae*, ejemplar número 1,500,000 de la colección de Plantas vasculares.

ciente (1982), con sus 3,000 ejemplares se ha convertido en un valioso recurso para el estudio de los usos pasados, presentes y futuros de las plantas y forma parte de una red internacional de colecciones etnobotánicas.

La colección de Frutos y Semillas comenzó en 1974 y actualmente resguarda más de 9,900 especímenes. Sirve como referencia para identificar frutos y semillas en estudios ecológicos, arqueológicos, paleobotánicos y de manejo de fauna.

La Palinoteca reúne una colección de 5,000 laminillas de polen a partir de 1975. La Xiloteca (colección de maderas), iniciada en 1971, contiene alrededor de 3,500 tablillas de las especies arbóreas de México, lo que la convierte en la colección de maderas de mayor valor científico y una de las más grandes del país.

Consultas y días de visita

La información de las colecciones está a disposición del público en el portal de Datos Abiertos de la UNAM*, donde los interesados podrán consultar los más de 1,250,000 registros sobre plantas (consulta: febrero 2022), bajo conceptos tales como nombres comunes, colecciones, entidades, dependencias, estados, municipios, órdenes, familias y géneros.

En cuanto a los servicios que presta, el Herbario Nacional permite la consulta de los contenidos con base en un reglamento específico, orienta a los usuarios para consultar los acervos, atiende y asesora a los visitantes y, previa solicitud por escrito, están autorizadas las visitas guiadas a grupos de educación media y superior de lunes a viernes de 9:00 a 17:00 horas ●

*Datos Abiertos UNAM <http://datosabiertos.unam.mx/biodiversidad/>





Colecciones Nacionales: Zoología Helmintos

Instituida en 1932, la Colección Nacional de Helmintos cuenta con más de 76,000 ejemplares, de 2,164 especies. Esto la convierte en la más importante del país.

JOSÉ ANTONIO ALONSO GARCÍA

CREADO EL INSTITUTO DE BIOLOGÍA (IB) en 1929 en la antigua Casa del Lago de Chapultepec, bajo la dirección del doctor Isaac Ochoterena, a este recinto universitario llegaron 960 ejemplares de la colección zoológica del Museo Nacional de Historia Natural, y algunos más de la Comisión Geográfica Exploradora y del Instituto Médico Nacional.

En sus inicios, en el IB solo había tres líneas de investigación en Zoología: helmintología, a cargo del profesor Eduardo Caballero y Caballero; hidrobiología, con el doctor Demetrio Sokoloff a la cabeza; e histología, bajo la conducción del propio doctor Ochoterena.

Nueve décadas después, el Departamento de Zoología del IB está constituido por 32 investigadores y 20 técnicos académicos y resguarda 10 colecciones zoológicas nacionales. “Están organizadas principalmente por grupos taxonómicos. Los vertebrados están representados en cuatro colecciones: Mamíferos, Peces, Anfibios y reptiles y Aves. Las seis colecciones de invertebrados son de Ácaros, Arácnidos, Crustáceos, Helmintos, Insectos y Moluscos”, detalla el doctor Alejandro Ocegüera Figueroa, jefe de este departamento.

Los invertebrados son la inmensa mayoría, tanto en la naturaleza como en estas colecciones. Por ejemplo, una sola colección, la de insectos, tiene tres millones de ejemplares, de los que están catalogados dos millones.

Colección Nacional de Helmintos

Como las otras nueve colecciones, la de Helmintos, (creada en 1932), es la más importante del país. Esta agrupa a un conjunto de diversos organismos que presentan forma de gusano y son parásitos. El doctor Ocegüera también es el curador de la colección. “Los

helmintos pertenecen a cuatro grupos morfológica y filogenéticamente muy distintos: platelmintos, nemátodos, acantocéfalos y anélidos (sanguijuelas). Y aunque son muy distintos entre ellos, comparten las similitudes de tener forma de gusano y ser parásitos”, apunta el curador, doctorado en el Museo Americano de Historia Natural, de Nueva York.

Esta colección, de 76,868 ejemplares, incluye 2,164 especies de varios grupos que parasitan todas las clases de vertebrados y de algunos invertebrados, principalmente de nuestro país, pues custodia ejemplares de 43 países. Y sus números se incrementan cada semana.

Una labor constante y progresiva

Rememora el doctor Ocegüera que a pesar de que las preguntas de fondo y la misión del Instituto de Biología siguen siendo las mismas, es decir, investigar sobre el origen, las interacciones, la distribución, la composición

Colección Nacional de Helmintos. Instituto de Biología, UNAM.



“Analizamos un pedacito de tejido en el laboratorio y generamos secuencias de ADN. En pocas semanas conseguimos una gran cantidad de información genética de estos organismos. Además, como las tecnologías para obtener más secuencias de ADN son cada vez más eficientes y su costo más bajo, ya estamos en la transición a la genómica, es decir, al estudio de genomas completos.”

actual, el aprovechamiento y la conservación de diversidad biológica, además de custodiar las colecciones nacionales, en términos reales la práctica ha cambiado sustancialmente.

Si bien durante el segundo tercio del siglo pasado la biología tenía una fuerte influencia de la historia natural, que era eminentemente descriptiva, en los últimos años el panorama ha cambiado y ahora se interesa en reconocer patrones y procesos evolutivos y ecológicos que causan la diversidad actual, sin dejar de lado los aspectos descriptivos.

A partir de los años sesenta se fue intensificando el aprecio científico por las colecciones, lo que dio como resultado que por su importancia y representatividad, adquirieran un amplio reconocimiento a nivel internacional. Ahora son punto de referencia para estudios de taxonomía, biodiversidad, biogeografía, médicos y veterinarios entre otros.

Pero los tiempos siguen cambiando, y en la actualidad esta labor científica se sustenta en proyectos precisos de investigación, pues tanto la colecta como el análisis

Mucha diversidad y un solo origen

En los últimos 25 años la investigación científica, fuertemente impulsada por la tecnología, ha ampliado sus capacidades y horizontes y se ha orientado hacia los estudios a nivel ultraestructural y de biología molecular, particularmente de secuencias de ADN, apunta el curador de la colección.

En los laboratorios del Departamento de Zoología “obtenemos cotidianamente secuencias de ADN cortas para analizarlas y hacemos estudios cada vez más complejos, incluyendo más líneas de biología molecular: proteínas, estructura, microscopía electrónica de barrido. Vamos obteniendo resultados más completos a través de nuevas técnicas. Analizamos un pedacito de tejido en el laboratorio y generamos secuencias de ADN. En pocas semanas conseguimos una gran cantidad de información genética de estos organismos. Además, como las tecnologías para obtener más secuencias de



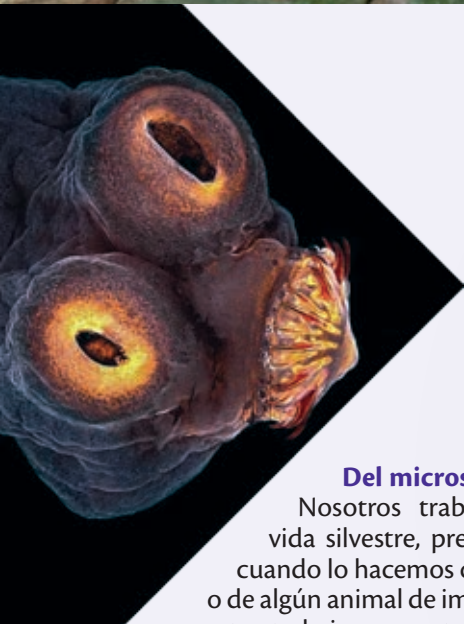
Colección Nacional de Helmintos. Instituto de Biología, UNAM.

de datos se planean mucho más rigurosamente. También las técnicas de trabajo han cambiado sobremedida, aunque las más básicas siguen iguales; por ejemplo, los estudios de morfología son casi los mismos, así como las técnicas de conservación; una vez colectados, los ejemplares se fijan en formol o alcohol y después se sigue un proceso de teñido de los distintos órganos para observarlos en el microscopio y realizar descripciones detalladas.

ADN son cada vez más eficientes y su costo más bajo, ya estamos en la transición a la genómica, es decir, al estudio de genomas completos”, precisa el científico.

La biología se ha vuelto una ciencia muy rigurosa en los métodos, y la reconstrucción del árbol de la vida no puede ser excepción, afirma el doctor Ocegüera. A nivel mundial, se calcula que hay descritas veinte millones de especies, lo cual representa una pequeña porción de lo que se estima que en realidad hay.

Y se piensa que esta enorme diversidad de especies tiene un solo origen, que todas provienen de un solo ancestro común, y que a partir de este ancestro todo se ha diversificado hasta formar lo que existe hoy. “Es lo que llamamos sistemática filogenética, uno de los fundamentos de este Instituto. Básicamente es lo que hacemos, estudiar la diversidad biológica e inferir sus relaciones filogenéticas, las cuales se expresan en cladogramas”.



“ Hay mucha más diversidad de organismos que solo los vertebrados. La idea antropocéntrica, que extendida podríamos llamarla vertebradocéntrica, de pensar que los vertebrados somos lo máximo, es totalmente falsa. ”

Del microscopio al mono aullador

Nosotros trabajamos con animales de vida silvestre, precisa el curador. De vez en cuando lo hacemos con algún parásito humano o de algún animal de importancia veterinaria, pero nuestro trabajo, proyectos y preguntas son sobre la fauna silvestre. La parasitología humana es muy especializada, pues solo analiza muy a fondo los 50 a 100 parásitos que afectan al hombre. Nosotros la estudiamos como un fenómeno biológico, no de salud.

Uno de los ejemplares más importantes de la colección es una solitaria, *Taenia solium*, de tres metros de largo. “Es especial porque son ejemplares muy raros para obtener. Ya casi no hay. Tiene 80 años. También está en exhibición un cerebro humano con cisticercos, que es el estado larvario de la solitaria”. En la sala que hospeda la colección llama mucho la atención un mono aullador conservado en alcohol. “Tenía tantos parásitos que murió. Alguien lo encontró y nos lo trajo. Es la pieza más grande de la colección”. No obstante, la gran mayoría de los ejemplares solo se pueden ver al microscopio, de tan diminutos que son.

Esta colección se nutre principalmente de las aportaciones de sus seis investigadores; sin embargo, y de manera fundamental, también recibe material procesado por biólogos de los estados de la República afiliados a diversas universidades y centros de investigación.

Cada investigador adscrito a esta colección tiene un grupo de estudiantes y dirige tesis de licenciatura, maestría y doctorado. Por ejemplo, el proyecto de tesis de un alumno de licenciatura puede ser el estudio de la biodiversidad de helmintos de anfibios de Veracruz. Va a Veracruz, colecta anfibios, los procesa y hace las preparaciones; finalmente, todo ese material se queda depositado en la colección con un número de catálogo, nombre de la especie y todos los datos concernientes y queda a disposición de ser estudiado por los investigadores interesados.

“Mi cruzada como biólogo es, por una parte, promover la sistemática filogenética y, por otra, hacer que la gente empiece a darse cuenta de que hay mucha más diversidad de organismos que solo los vertebrados. La idea antropocéntrica, que extendida podríamos llamarla vertebradocéntrica, de pensar que los vertebrados somos lo máximo, es totalmente falsa. Mis alumnos se quedan perplejos al enterarse de que los humanos tenemos más células bacterianas que células corporales. Siento que apenas estamos empezando a comprender la complejidad y la diversidad de los organismos. México es todavía un país por descubrir”, concluye el doctor Alejandro Ocegüera Figueroa, jefe del Departamento de Zoología y curador de la Colección Nacional de Helmintos ●



Colecciones Nacionales Vivientes:

Jardín Botánico

JOSÉ ANTONIO ALONSO GARCÍA

Se concibe, pues, que en el reino de México debe ser inmensa la variedad de producciones indígenas, y que apenas haya en todo el resto del globo una planta que no pueda cultivarse en alguna parte de la Nueva España.

Alexander von Humboldt¹

“**EL DESCUBRIDOR CIENTÍFICO** del Nuevo Mundo, cuyo estudio ha dado a América algo mejor que todos los conquistadores juntos”², decía Simón Bolívar de Humboldt tras conocerlo en París en 1804. Más de siglo y medio después de constatar el sabio alemán la grandeza botánica de nuestro territorio, los doctores Faustino Miranda y Manuel Ruiz Oronoz, con el apoyo del fisiólogo Efrén del Pozo, secretario general de la Universidad, fundaron el Jardín Botánico (JB), que dos años después (1961) pasó a depender del Instituto de Biología (IB).

Desde el inicio, el propósito del JB fue mantener diversas colecciones de plantas vivas representativas de la diversidad vegetal de México, las cuales sirven de apoyo a la investigación y a la educación en Botánica.

Los tres fundadores pensaron en dos espacios: un área abierta y muy extensa y otra área de tipo invernadero para plantas del trópico, recuerda el doctor Salvador Arias, responsable de este organismo universitario. El espacio abierto, aledaño al Instituto de Biología, ocupa una superficie de 12.6 hectáreas, de las que 2.75 son de exhibición, y cuenta con 300 camellones y jardineiras. El área tropical, denominada Invernadero Faustino Miranda, está protegida por una cúpula que cubre 800 metros cuadrados y se ubica a un lado de Ingeniería.

El más relevante del país

Este es el Jardín Botánico más relevante del país, el mejor posicionado para temas de conservación, el más diverso por el grupo de plantas que lo integran. Reconocido por botánicos de Estados Unidos y Europa como uno de los mejores del mundo, y uno de los más dinámicos por sus 12 investigadores y 22 técnicos académicos, prosigue el doctor Arias, especialista en Biología evolutiva, Florística y Taxonomía y Sistemática filogenética.

Esta treintena de científicos sigue líneas de investigación botánicas desde las más teóricas y académicamente bien valoradas, como la filosofía de la botánica en los siglos XIX o XX, hasta las más prácticas, por ejemplo, qué debe hacerse para controlar las plagas de los árboles de la Ciudad de México.

Estamos un poco más cargados a vincularnos con la sociedad; sin embargo, como universidad pública y autónoma que es la UNAM, es una decisión personal de cada académico. Y aunque alguno sea teórico,

“Las colecciones no son perennes, sino dinámicas, y van respondiendo a las necesidades de los tiempos.”

¹ Alexander von Humboldt, *Ensayo político sobre el reino de la Nueva España*, Compañía General de Ediciones, S.A., México, 1953, cap. IX, pág. 169.

² https://es.wikipedia.org/wiki/Alexander_von_Humboldt Consulta: 11 de febrero de 2020.



puede aportar su conocimiento a un proyecto de investigación muy práctico. Estamos transitando a otros escenarios que nos va demandando la sociedad. Y la mayoría lo entendemos”, puntualiza el científico.

Quince colecciones

El Jardín Botánico es un pequeño paraíso que atesora 15 colecciones (tres de ellas nacionales) que representan la diversidad vegetal de México. Es también un seguro y confiable guardián de casi la tercera parte de las especies vegetales mexicanas que están en riesgo de extinción.

Las colecciones más apreciadas por el público son las de plantas ornamentales, medicinales y tropicales, seguidas por las cactáceas, agaváceas, crasuláceas y opuntias, y menos conocidas son las acuáticas, rupes- tres, yucas y dasilirios.

La colección nacional de agaves, la más importante del país sobre estas plantas, exhibe, aproximadamente, el 65% de todas sus especies nacionales, “resguardadas vivas en el Jardín. Es, sin duda alguna, una de las colecciones más dinámicas en términos de su interacción con la sociedad, a través de las empresas y personas que se dedican al aprovechamiento de los agaves, sea de sus fibras textiles o los diferentes mezcales”, explica el doctor Arias.

En el recorrido por el JB también se visita la colección de plantas medicinales nativas, “porque sabemos de su importancia para la sociedad. Deseamos que todos los visitantes conozcan la diferencia entre las plantas medicinales europeas o asiáticas y las de nuestra farmacopea ancestral, porque estamos invadidos por la manzanilla, la hierbabuena y el té verde”.

Exclusivo para plantas nativas

Declara el científico que “la primicia del JB es que se trabaja principalmente con plantas nativas, es decir, que son originarias de nuestra zona mesoamericana. Porque representan un gran potencial y debemos conocerlas. Por eso no hay un jardín de rosas o de violetas. Esa es la gran diferencia entre un JB de uno de exhibición. El botánico es una fuente para promover el conocimiento y aprovechar más y mejor nuestros recursos botánicos”.

Otra de las primicias de este Jardín Botánico es que se trata del único en México que dispone de un área de investigación bien consolidada. En sus diez laboratorios se realizan estudios citogenéticos, anatómicos, morfológicos, moleculares y sobre sistemática de grupos de plantas de gran importancia biológica.

Además de las colecciones en exhibición, también hay varios invernaderos dedicados exclusivamente a la investigación y la propagación. “En el JB tenemos un poco más de 7,000 especies vivas”, detalla el doctor Arias.

El futuro del JB es muy promisorio, pues “se estima que aún faltan por venir a este espacio unas 20,000 especies de plantas nativas de México. De las siete mil que hoy tenemos aquí, 530 son endémicas, es decir, que solo existen en México. Esta cifra hace valiosísima la colección por su exclusividad”, revela el investigador.



El espacio abierto, aledaño al Instituto de Biología, ocupa una superficie de 12.6 hectáreas, de las que 2.75 son de exhibición, y cuenta con 300 camellones y jardineras.





El Jardín Botánico es un pequeño paraíso que atesora 15 colecciones (tres de ellas nacionales) que representan la diversidad vegetal de México.



Además del programa de adopción de plantas, el JB ofrece diversos talleres. El más gustoso es “Saboreando-te”, sesiones para probar tés, incluyendo plantas nativas. También se imparten talleres para desarrollar bonsáis con especies nativas; por ejemplo, de varias especies de juníperos, así como de jacaranda. Un cuarto taller es el de tortugas. “Hay personas que nos visitan y en los estanques de nuestra colección de plantas acuícolas abandonan sus tortugas o peces de agua dulce, lo que nos afecta mucho, porque depredan las plantas de la colección”.

El doctor Arias invita a todos los amantes de la naturaleza a participar en las muchas actividades programadas para festejar el Día Nacional de los Jardines Botánicos, el último sábado del mes de abril, una excelente oportunidad no solo para conocer, sino para disfrutar del Jardín Botánico ●



Se estima que aún faltan por venir a este espacio unas 20,000 especies de plantas nativas de México.



Programa de Adopción de Plantas del Jardín Botánico

Como parte de su compromiso para conservar la diversidad vegetal nacional, el Jardín Botánico, junto con la Asociación Amigos del Jardín Botánico del IB-UNAM, ha establecido un Centro de Adopción de Plantas en riesgo de extinción. Al adoptar, las personas quedan registradas como Padres o Madres Adoptivos/as, reciben un certificado que acredita la adopción y adquieren el compromiso de cuidar la planta y de informar al Jardín Botánico sobre su estado. Cada adoptante será un actor para la conservación y se convertirá en un nodo de la Red Ciudadana para la Conservación de la Diversidad Vegetal de México.

Correo: adoptaplanta@st.ib.unam.mx

Página web: www.ib.unam.mx/jardín/adopción

Twitter: @Adoptaplanta

Facebook: Centro de Adopción de Plantas Mexicanas en Peligro de Extinción



Patrimonio de México:

La Colección Etnobotánica

El acervo etnobotánico del Instituto de Biología de la UNAM es el resultado del trabajo colaborativo entre ciencia y sociedad. La dupla ha dado como resultado una colección cultural única.

SANDRA VÁZQUEZ QUIROZ

NUMERALIA

623 registros de tarjetas de referencia

741 registros de semillas:

543 son de *Phaseolus*

117 de *Vigna*

50 de *Cajanus*

708 registros de especímenes en espíritu

971 registros de manojos medicinales y comestibles

EL CAMPUS CENTRAL de la UNAM es refugio de una gran diversidad de bienes únicos en el país, incluidos libros incunables, colecciones nacionales, edificios emblemáticos, murales y más.

La Colección Etnobotánica del Jardín Botánico del Instituto de Biología (IB) se suma a la lista como testigo de un vasto conjunto de plantas comestibles, medicinales y artesanías de origen vegetal elaboradas por las poblaciones indígenas y mestizas de México.

Esta colección se originó en 1982 como resultado de investigaciones realizadas por Robert Bye, Edelmira Linares, Javier Caballero, Francisco Bazarro, Miguel Ángel Martínez y Cristina Mapes, entre otros, en Chihuahua, la península de Yucatán, la Sierra Norte de Puebla y el Mercado Sonora de la Ciudad de México.

Para conocer más sobre este acervo natural y cultural, la doctora Cristina Mapes Sánchez, curadora de la Colección, destaca en entrevista para *El faro* que, en términos generales, la etnobotánica se define como la relación hombre-planta.

“ En términos generales, la etnobotánica se define como la relación hombre-planta. ”



Nopales (*Opuntia* sp.)



Diferentes especies de frijol (*Phaseolus* spp.)



Pimienta gorda (*Pimienta dioca* L.)



Dra. Cristina Mapes



Ahuate (huevo de los géneros *Corisella* y *Krizousacoxia*)

“Cuando la doctora Mapes trabajó en la región purépecha fue la única mujer en el equipo. Su ejemplo facilitó que algunas familias con las que interactuó permitieran a sus hijas salir a estudiar o a trabajar fuera de sus comunidades.”



Cacao
(*Theobroma cacao* L.)

“Cuando estamos en campo nos presentamos como profesores de la Universidad o estudiantes, según sea el caso; eso abre puertas increíbles. La UNAM es reconocida en toda la nación, la gente comparte su enorme conocimiento y explica en qué consisten diferentes prácticas agrícolas y las formas de preparación de ciertos alimentos”.

La doctora Cristina Mapes es pionera en el área de etnobotánica del Instituto de Biología. Ha realizado trabajo de campo en Pátzcuaro, Michoacán, el Istmo de Tehuantepec y en la Sierra Norte de Puebla. “He observado la disposición de la gente para colaborar con nosotros. Mis compañeros y yo los llamamos colaboradores y en algunas de nuestras publicaciones aparecen también como autores, ya que los lugareños son quienes conocen y usan los recursos”.



Quintoniles
(*Amaranthus hybridus* L.)

Recuerda que cuando trabajó en la región purépecha fue la única mujer en el equipo de trabajo, teniendo siempre un ambiente de cordialidad y respeto entre compañeros. Este ejemplo facilitó que algunas de las familias purépechas con las que interactuó permitieran que sus hijas salieran a estudiar o a trabajar en otros lugares distintos a los de sus comunidades.

La Colección Etnobotánica es un patrimonio biocultural, afir-



Alegria (*Amaranthus hypochondriacus* L.)

ma la bióloga, porque está constituida por objetos debidamente documentados y en ella se encuentra representado el conocimiento tradicional de muchos grupos humanos del país. Descuella una amplia variedad de plantas originarias que México aportó al mundo, como el cacao, el frijol, la calabaza, el chile, el jitomate, entre una extensa lista.



Chía
(*Salvia hispánica* L.)

Clasificación y resguardo

La Colección utiliza formas variadas para resguardar las muestras; algunas se hacen mediante tarjetas de referencia de plantas medicinales, semillas, manojos de plantas medicinales y comestibles, objetos artesanales elaborados con plantas y muestras de raíces, tallos, hojas, flores, frutos y otras estructuras vegetales útiles que se mantienen en “espíritu” (fijadas en alcohol al 70%) para conservarlas.

Las familias vegetales mejor representadas son Fabaceae, Solanaceae, Asteraceae y Rosaceae. Los usos

mejor representados en la Colección son los comestibles, seguidos de los medicinales, fibras, colorantes y utensilios de uso lúdico e instrumentos de trabajo. También están representados algunos recursos utilizados desde tiempos prehispánicos, como es el caso del amaranto, la chía, el cacao y el huazontle.

Dentro de las investigaciones etnobotánicas del Jardín que han aportado especímenes a la Colección se



Cacao blanco (*Theobroma cacao* L.)



Chile
(*Capsicum annuum* L.)

tienen aquellas enfocadas en el estudio de la milpa y sus componentes, como es el caso del maíz, el frijol, la calabaza, el chile y los quelites.

También se ha realizado documentación de la biodiversidad gastronómica y de materiales vegetales comercializados en los mercados tradicionales de México. Estas investigaciones etnobotánicas han derivado a su vez en estudios farmacológicos y bromatológicos. La Colección también ha permitido preparar exposiciones, elaborar materiales lúdicos, así como publicaciones, recetarios, libros, folletos y trípticos, entre otros. Estas actividades han retroalimentado a la Colección Etnobotánica y esta, a su vez, lo ha hecho con las actividades anteriormente mencionadas.

Para el manejo de la información asociada a los especímenes se desarrolló una base de datos con 38 campos de información, los cuales incluyen la identidad taxonómica de los ejemplares, el sitio donde fueron colectados, su forma de utilización y los nombres locales con que son conocidos. La Colección cuenta con 3,600 registros que documentan el uso de 672 especies que pertenecen a 400 géneros y 170 familias de plantas en México. La base de datos se encuentra a cargo de la bióloga Laura Cortés. La Colección retroalimenta su trabajo al formar parte de otras agrupaciones nacionales e internacionales dedicadas a la investigación botánica y etnobotánica.



Guaje
(*Lagenaria siceraria* L.)



Chaya (*Cnidoscolus aconitifolius*) (Mill.) I. M. Johnst.



Alache (*Anoda cristata* L.)



Romerito (*Suaeda torreyana*) S. Watson



Pápalo (*Porophyllum macrocephalum*) DC.



Verdolaga (*Portulaca oleraceae* L.)

(*Cnidoscolus aconitifolius* (Mill.) I. M. Johnst.) y hoja santa (*Piper auritum* L.), entre otros.

La investigadora ha podido detectar que a pesar de que los quelites se utilizan desde tiempos prehispánicos, mucha gente desconoce los diversos modos de preparación, por ello son poco consumidos. "Los quelites se comen en estado tierno, generalmente herventados, es decir, que solo se ponen a hervir en agua y luego se les agrega a algún platillo, pero también pueden ser consumidos fritos, crudos o al vapor".

Entre las piezas depositadas en la colección destaca la manga de hule elaborada con el látex del árbol conocido como hule (*Castilla elástica* L.); nativo del sur de México y Centroamérica, crece en regiones tropicales de clima cálido-húmedo. Esta prenda tiene como propósito proteger de la lluvia a los usuarios. En la Sierra Norte de Puebla ha sido muy utilizada, ya que es una zona con gran precipitación pluvial. Actualmente el uso de esta especie con este fin ha disminuido debido a su sustitución con otros materiales sintéticos y más económicos ●



Capa (*Castilla elástica* L.)

Informática de la biodiversidad

Esta disciplina razonablemente nueva de la biología está aportando excelentes resultados en el conocimiento, la recuperación y la conservación de especies.

JOSÉ ANTONIO ALONSO GARCÍA

A PROBLEMAS GRANDES, grandes soluciones. Y el de la conservación de la biodiversidad es uno de los más urgentes a nivel científico. A tal fin, se han coaligado los museos de historia natural más importantes del mundo, iniciativa a la que se ha sumado el Instituto de Biología (IB) en México, para “reunir en bases de datos decenas de millones de registros de ejemplares de las colecciones zoológicas y botánicas de estos museos e instituciones científicas”, comenta el doctor Víctor Sánchez-Cordero, ex director del IB.

El objetivo es congrega toda la información sobre especies de animales, plantas y hongos avalada por cada institución para ponerla a disposición del público. “En el IB somos muy afortunados porque resguardamos las Colecciones Biológicas Nacionales, que incluyen al Herbario Nacional y a diez colecciones zoológicas, patrimonio invaluable no solo de nuestro país, sino de la humanidad”.

Algoritmos computacionales en biología

Desde casi los inicios de la bioinformática, hace dos décadas, el doctor Sánchez-Cordero se enfocó en dos líneas de investigación, “de las muchas que tiene esta nueva disciplina, pues, a raíz de que empezaron a usarse algoritmos computacionales para producir modelos de nicho ecológico proyectados como distribución de especies, se abrió un enorme potencial para desarrollar líneas de investigación más aplicadas en diferentes temas de la conservación”, recuerda este experimentado investigador, especialista en ecología, conservación y biogeografía de mamíferos, planeación sistemática de la conservación y ecología de zoonosis emergentes de importancia en salud pública.

Su equipo de trabajo del IB, copartícipe en un grupo de Estados Unidos y Australia, fue pionero en México en ambas líneas de investigación. “En nuestra primera

línea, aprovechamos la información básica de los ejemplares de las colecciones nacionales ordenada en bases de datos y junto con el uso de algoritmos computacionales, se desarrollaron modelos de nicho ecológico proyectados como distribución potencial de especies, para integrarlos a diferentes temas en conservación de la biodiversidad”, especifica el doctor Sánchez-Cordero, doctorado en Recursos Naturales (Zoología) en la Universidad de Michigan, Estados Unidos.

Estas bases de datos contienen información sobre las localidades de colecta de la gran mayoría de las especies de México. Eso ha permitido a este equipo científico hacer modelos de distribución para identificar áreas prioritarias de conservación o conocer el impacto de la pérdida de hábitat por deforestación antrópica o climática en diferentes grupos de especies.

“Lo importante es que al combinar la información de nuestros acervos con los modelos informáticos de distribución y con la pérdida de hábitat por deforestación, podemos cuantificar la vulnerabilidad de las especies y anticipar acciones de conservación”, detalla el investigador. “Es algo realmente sorprendente, porque hace algunas décadas no se pensaba que la información depositada en las colecciones biológicas fuera a aportar datos útiles para un tema de conservación”.

Beneficiar a todas, no solo a una especie

Amalgamados los modelos, la información y la pérdida de hábitat, “nuestra siguiente tarea fue circunscribir las áreas prioritarias para la conservación”. Ahora ya no se trabaja como antes, cuando se realizaban estudios sobre una sola especie. “Lo que hacemos, más que analizar individualmente cada grupo biológico, es modelar áreas prioritarias de conservación que incluyan a muchos grupos faunísticos y florísticos, para beneficiarlos a todos a la vez”. Los resultados están publicados en varios artículos científicos de propuestas de conservación a los gobiernos federal, estatales y municipales.

Con estos trabajos el equipo del doctor Sánchez-Cordero está en posibilidad de predecir o inferir cuánto impactará, de manera diferencial, el cambio climático o la deforestación a las diferentes especies o grupos faunísticos o florísticos en el país. Por ejemplo, algunos modelos computacionales predicen que ciertas especies van a expandir su área de distribución con el cambio climático, “pero para muchas va a ser un factor negativo y muy preocupante”.

El científico expone algunos ejemplos. “En el estado de Oaxaca se han propuesto áreas adicionales de conservación decretadas en algunos municipios con diferentes modalidades, bajo el esquema de pagos de servicios ambientales, y esto se logró, en parte, con base en los estudios que hemos desarrollado”.¹

¹Terrestrial Vertebrates as Surrogates for Selecting Conservation Areas in a Biodiversity hotspot in Mexico.



Al rescate de la migración de la mariposa monarca

Hace tres años el doctor Sánchez-Cordero fue invitado a formar parte del Comité Científico Trinacional de la Conservación del Fenómeno Migratorio de la Mariposa Monarca. “No hay ningún insecto que haga una travesía tan grande y compleja”. A través de diferentes organizaciones no gubernamentales y grupos académicos, se monitoreó la densidad de población de la monarca en las zonas de hibernación de nuestro país. “Y se fue conociendo que había un decremento preocupante, que llegó a un mínimo de individuos, por lo que estuvo a punto de extinguirse este fenómeno migratorio, aunque la especie no corría peligro porque es cosmopolita”.

A raíz de esa alarma, se formó el comité, y México se comprometió a tomar acciones importantes y se frenó la deforestación en las zonas núcleo de la Reserva de la Biosfera de la Mariposa Monarca. “Y eso es algo a lo que mi laboratorio contribuyó en términos del monitoreo e interpretación de las imágenes de satélite en dos artículos publicados tanto en *Frontiers in Ecology and Evolution* como en *BioScience* en 2020”.



Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán. Espacio enigmático de gran riqueza ecológica, enclavado en los estados de Puebla y Oaxaca.

El equipo del doctor Sánchez-Cordero fue el primero en México que elaboró los modelos de distribución de la ruta migratoria de la mariposa monarca por cada mes del año. “Es un modelo que predice cada mes en dónde se distribuyen las dos poblaciones, la del este y del oeste. Estamos muy entusiasmados porque con este modelo lideramos, a nivel internacional, una investigación sobre un fenómeno tan complejo e importante como es la ruta de la mariposa monarca. Estos dos artículos son muy importantes en la literatura y en la contribución de la conservación del fenómeno migratorio”.



Las chinchas besuconas portan en sus heces el parásito *Trypanosoma cruzi*



Modelar escenarios de riesgos en la salud

La segunda línea de investigación del doctor Sánchez-Cordero es totalmente diferente, y también su equipo ha sido uno de los pioneros a nivel internacional, compartida con un grupo de investigadores norteamericanos: usar los modelos de distribución de especies considerando especies de vectores y reservorios potenciales de zoonosis emergentes de importancia de salud pública.

Por primera vez, un grupo binacional norteamericano-mexicano produjo modelos sobre riesgo de las enfermedades de Chagas y Leishmaniasis. “Como en el caso anterior, hace algunas décadas nadie imaginaba que la información que está en los acervos de las colecciones biológicas que resguarda el IB y otros museos nacionales e internacionales, iba a servir para producir mapas de riesgo de enfermedades de importancia de salud pública en nuestro país”, explica el investigador.²

²*Trypanosoma cruzi* Reservorium Triatomine Vector

Este equipo binacional contribuyó al descubrimiento de que hay murciélagos infectados con el parásito de la leishmaniasis.³ “Fue una publicación que causó mucho interés en la comunidad científica, porque la capacidad de movilidad y dispersión de un murciélago es de varias decenas de kilómetros en un día; inclusive, hay murciélagos que son migratorios”. En otro artículo se trató sobre cómo se van a dispersar los vectores de la enfermedad de Chagas (chinchas besuconas del género *Triatoma*), bajo escenarios de cambio climático.

“Producimos los modelos en la computadora y luego nos ponemos las botas y el sombrero y salimos al campo a coleccionar a los hospederos (mamíferos) y vectores (insectos) y después, en el laboratorio, hacemos los análisis moleculares para detectar la presencia de los patógenos. Finalmente, elaboramos los modelos de distribución de especies en mapas de riesgo de zoonosis emergentes de importancia en salud pública y los textos científicos”. Esa es parte de nuestra contribución a la sociedad desde nuestros laboratorios científicos y la labor académica de formación de profesionales de la salud” ●



Lesiones de leishmaniasis cutánea documentada, por primera vez, en un murciélago en México. La especie de murciélago es *Artibeus lituratus*. Berzunza-Cruz, et al., 2015. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, doi:10.1371/journal.pntd.0003438.

³*Leishmania (L.) mexicana* infected Bats in Mexico: Novel potential reservoirs.

Datos abiertos

www.datosabiertos.unam.mx

DRA. TILA MARÍA PÉREZ ORTIZ Y M. EN C. JOAQUÍN GIMÉNEZ HÉAU

LAS COLECCIONES BIOLÓGICAS que custodia el Instituto de Biología desde su creación, en 1929, constituyen un patrimonio extraordinariamente rico y valioso sobre la biodiversidad de México y el mundo. Su cobertura taxonómica, temporal y espacial tan completa hace de ellas la mejor referencia sobre la diversidad biológica del país. En la actualidad es imposible concebir este tipo de acervos sin pensar en la digitalización y apertura del conocimiento, es decir, en el acceso abierto, en los datos abiertos y en la ciencia abierta. En este sentido, el Instituto ha sido pionero en los esfuerzos por digitalizar y generar bases de datos de las colecciones.

Los primeros esfuerzos se remontan a hace 50 años, con la organización del Simposio sobre problemas de información en las ciencias biológicas, realizado en el Instituto de Biología, con la participación del Smithsonian Institute y la coordinación de Arturo Gómez Pompa y Donald F. Squires. Junto con la doctora Léia Scheinvar, el doctor Gómez Pompa presentó un proyecto piloto —iniciado en 1967— de recuperación automática de información del Herbario Nacional de la UNAM. Perforaron tarjetas (que en aquella época era la forma de almacenar datos) con la información de 3,500 ejemplares de *Pteridophytas* (helechos) para hacer consultas automatizadas. Los 27 trabajos sobre colecciones científicas computarizadas que se presentaron en ese simposio quedaron registrados en el libro de memorias editado por el Instituto en 1969.

Posteriormente, en 2005, en el Instituto de Biología se creó la Unidad de Informática para la Biodiversidad, como parte del Sistema de Informática para la Biodiversidad y el Ambiente, para publicar en línea los datos de las colecciones que se encontraban en formato digital. Esta iniciativa se complementó en el 2012 con el Proyecto de Digitalización y Sistematización de las Colecciones Biológicas Nacionales, apoyado por CONABIO. A la fecha se han digitalizado 1,300,000 ejemplares del Herbario Nacional, con imágenes de alta resolución, y casi medio millón de ejemplares del Departamento de Zoología.

Estas iniciativas se generaron en un contexto en el cual la UNAM ha sido una importante promotora del



Portada de la publicación *Resúmenes del Simposio sobre Problemas de Información en las Ciencias Biológicas*. Gómez-Pompa, A., y D.F. Squires. Coords. 1969. Publicaciones especiales 1. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México.

acceso abierto y, como parte de esta visión, el 9 de marzo de 2016 promovió su integración y publicación en línea junto con otras colecciones universitarias para su consulta y descarga a través del Portal de Datos Abiertos UNAM, Colecciones Universitarias (www.datosabiertos.unam.mx).

Los datos publicados en este Portal pueden descargarse, usarse, reutilizarse y redistribuirse de forma libre gracias a las normas que rigen su publicación. Para su consulta, cuenta con los “Términos de libre uso de datos abiertos en la UNAM”. Del mismo modo, se publicaron en *Gaceta UNAM* los “Lineamientos para la Integración y Publicación de las Colecciones Digitales Universitarias en el Portal de Datos Abiertos UNAM” que, junto con los lineamientos de publicación específicos del Instituto de Biología, definen los criterios para garantizar que los datos públicos protejan la integridad de especies o poblaciones.

El Portal de Datos Abiertos UNAM usa un sistema de bases de datos estandarizados que, por medio de servicios web, integra datos tabulares, geoespaciales y objetos digitales como se ejemplifica con la consulta de moluscos. Para cada registro de una colección, la plataforma genera una ficha digital con una dirección está-

UN MILLÓN TRESCIENTOS MIL ejemplares digitales tiene el Herbario Nacional

Ejemplo de la integración de distintas colecciones, capas geospaciales y objetos digitales en el Portal de Datos Abiertos UNAM Colecciones Universitarias, a partir de la búsqueda de la palabra "molusco".

| | |
|---|-------|
| <input type="text" value="moluscos"/> | |
| <input checked="" type="radio"/> Todas las palabras <input type="radio"/> Cualquier palabra <input type="radio"/> Como está escrito | |
| <input type="button" value="Anterior"/> <input checked="" type="button" value="moluscos"/> | |
| Nombres comunes | |
| Caracoles | 3,732 |
| Moluscos | 3,527 |
| Quitones | 324 |
| Pulpos | 34 |
| Colecciones | |
| Moluscos, Instituto de Biología | 4,424 |
| Paleontología, Instituto de Geología | 2,581 |
| Moluscos, Ciencias del Mar | 612 |
| Entidades y Dependencias | |
| Instituto de Biología | 4,424 |
| Instituto de Geología | 2,581 |
| Instituto de Ciencias del Mar y Limnología | 612 |

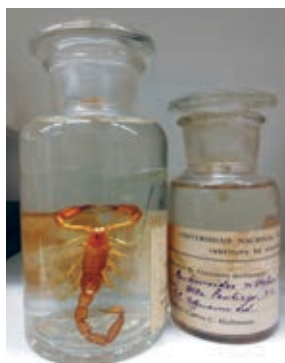


tica URL que es indexada por motores de búsqueda de internet como Google.

Este Portal, así como la metodología y la plataforma que lo alimentan, se desarrolló por la Coordinación de Colecciones Universitarias Digitales, misma que posteriormente se convirtió en la Dirección General de Repositorios Universitarios (DGRU). La DGRU fue creada por acuerdo del Rector el 5 de noviembre de 2018 con el objetivo de desarrollar e implementar tecnologías, metodologías y normatividad técnica y jurídica para que los repositorios digitales universitarios garanticen la publicación en línea de los acervos digitales, colecciones universitarias y datos de investigación que son propiedad o están bajo custodia de la UNAM—. De este modo, se promueve la interoperabilidad, el acceso abierto y su preservación.

El Portal de Datos Abiertos UNAM tiene sus antecedentes en el ámbito de la investigación de la biodiversidad. Por tal motivo, contiene un número muy importante de registros pertenecientes a las colecciones biológicas del Instituto de Biología (1,645,381 ejemplares), al igual que de otras entidades como Facultad de Ciencias (32,336); el Instituto de Ciencias del Mar y Limnología (21,277); el Instituto de Geología (8,763); la Facultad de Arquitectura (1,555), y el Instituto de Geofísica (425). Al momento suman veinte colecciones de biodiversidad; sin embargo, también pueden consultarse otras colecciones científicas, artísticas y culturales.

La información del Instituto de Biología es un recurso de valor público e interés nacional e internacional para temas relacionados con sistemática,



Material histórico colectado por el doctor Carlos Hoffmann en 1932. Fotografía de Griselda Montiel, Colección Nacional de Arácnidos, Instituto de Biología.

taxonomía, inventarios bióticos, análisis de la biodiversidad, biología molecular, la conservación, entre otros. En el ámbito de la investigación sobre la biodiversidad, gracias a los datos preservados en estas colecciones, es posible detectar patrones que hasta ahora permanecían ocultos, para así comprender mejor los desafíos planetarios contemporáneos como el cambio climático o la pérdida de la biodiversidad y los ecosistemas. La clave radica en la posibilidad de combinar conocimientos y datos de diversas disciplinas y fuentes, a través de plataformas digitales interoperables.

El trabajo académico genera, además de los datos, otros productos de gran valor que se deben compartir dentro del contexto de la ciencia abierta para promover la colaboración, la transparencia y el acceso al conocimiento académico. El Portal de Datos Abiertos de la UNAM es uno de los pasos para contribuir a una estrategia universitaria de gestión del conocimiento y el Instituto de Biología ha sido un aliado fundamental digitalizando y publicando en forma abierta los acervos tan valiosos que preserva ●



| |
|--|
| Tagetes erecta L.  Herbario Nacional de México (MEXU), Plantas Vasculares Instituto de Biología UNAM |
| Datos curatoriales Nombre de la colección: Herbario Nacional de México (MEXU) Responsables de la colección: Dr. David Sebastian Gerhardt, Jefe del Herbario Nacional de México Colección asociada: Plantas Vasculares Responsables de la colección asociada: Dr. David Sebastian Gerhardt, Curador de Plantas Vasculares Dependencia: Departamento de Botánica, Instituto de Biología (IBUNAM) Institución: Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) Identificación (previo a 1998): (IBUNAM MEXU): 1361446 |

Ejemplo de una sección de una ficha digital de un ejemplar de *Tagetes erecta* del Herbario Nacional con una URL estática publicada en el Portal de Datos Abiertos UNAM Colecciones Universitarias: <https://datosabiertos.unam.mx/IBUNAM:MEXU:1361446>.

Semillatón:

Puente entre el conocimiento tradicional y la ciencia occidental

PATRICIA DE LA PEÑA SOBARZO

“Cuando corres sobre la tierra y con la tierra, puedes correr para siempre”.

Proverbio rarámuri

DESDE EL ESTADO de Arizona (EUA) hasta el estado de Jalisco, serpentea majestuosa la Sierra Madre Occidental, alcanzando altitudes máximas de 3,300 metros en la región de la Sierra Tarahumara al suroeste del estado de Chihuahua. En medio del amplio y exuberante paisaje que la coloca como una de las zonas con más biodiversidad en América del Norte, cientos de rancherías cobijan a sus habitantes, quienes por siglos se han venido adaptando a las variaciones de temperatura extremas producidas por la intrincada topografía del lugar.

En estas tierras de belleza dura, los doctores Robert Bye y Edelmira Linares, etnobotánicos del Instituto de

Biología de la UNAM, han entregado todo su conocimiento, esfuerzo y extraordinario poder de convocatoria para hacer posible lo que a otros podría parecer imposible: tender un puente entre el conocimiento tradicional y la ciencia occidental.

Aun cuando su labor en esta región abarca casi cuatro décadas, la creación y puesta en marcha del *Semillatón, acompañando a la Sierra Tarahumara* marca, indudablemente, el pináculo de su invaluable trabajo de acompañamiento con las comunidades rarámuris.

El Semillatón al rescate de las razas nativas de maíz

Por milenios, los habitantes de la Sierra Tarahumara han estado acostumbrados a practicar una agricultura en una zona con muchas dificultades. En particular, son afectados por importantes ciclos de sequía. Sin embargo, entre 2010 y 2012 estos se extendieron excepcionalmente, por lo que después de varios ciclos sin poder cosechar corrían el riesgo de perder sus semillas nativas.

Ante esa amenaza inminente, solicitaron la ayuda de los doctores Bye y Linares para incrementar sus semillas. Deseaban contar con ellas no solo para sembrarlas y alimentarse, sino también para asegurar la alimentación de las siguientes generaciones. “Corría el año 2012 y la comida tradicional mexicana acababa de ser declarada Patrimonio de la Humanidad, por lo que perder un centro de diversificación de maíz en esos momentos resultaba aún más terrible, significaba una verdadera tragedia para nuestro país”, expresa la doctora Linares. “De inmediato, la familia gastronómica se movilizó con nosotros, destacando los esfuerzos de Alicia Gironella y de Alejandro Borja, quienes nos brindaron la oportunidad de lanzar el *Semillatón* en el marco de Expo Restaurantes. Esto nos permitió ampliar el alcance de nuestra propuesta, llegando a muchas más personas e instituciones. Comenzamos entonces a trabajar con los chefs, quienes organizaron cenas especiales para donar al *Semillatón* las ganancias que de ellas obtenían; otros donaban lo que podían. Así fue como —a través de Fundación UNAM— empezamos a juntar los fondos para llevar a cabo dos años consecutivos de siembras”, relata la doctora Linares.

Con donaciones de semillas de la gente local y la colaboración de instituciones también locales, Linares y Bye trabajaron dos años en el incremento de cinco razas de



Taller de mejoramiento participativo de maíz en el campo.

maíz de especial interés para los rarámuri: azul, *apachito*, *cristalino*, *amarillo* y *rojo*. Estas fueron sembradas en parcelas aisladas, de donde se obtuvieron alrededor de 22 toneladas que fueron devueltas a más de 2,500 familias con el apoyo de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas y de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, en la Sierra Tarahumara. De esta manera, se logró que todas las familias contaran con suficiente maíz para sembrar.

Bye y Linares entendieron entonces que era momento de cambiar la vocación de su proyecto, hacia la capacitación en diversos temas que los mismos rarámuri fueron solicitando.

Etapa de capacitación

El extraordinario poder de convocatoria y de organización de los doctores Bye y Linares les ha permitido —también— desarrollar una vasta agenda para atender las necesidades de capacitación de los habitantes de la Sierra Tarahumara.

Se trata de talleres abiertos a las comunidades donde participan todos los que quieren y pueden, para hablar sobre temas que los mismos rarámuri eligen. Cuando no les es posible atender directamente alguna de estas capacitaciones, Bye y Linares invitan a diferentes exper-



Muestra de los ingredientes de la milpa rarámuri.

tos, quienes aún sin ser remunerados, solamente son apoyados para acudir a la Sierra con recursos obtenidos a través del *Semillatón* y de otros proyectos.

De esta manera, han desarrollado decenas de talleres sobre temas como técnicas de deshidratación, captación de agua pluvial para uso doméstico, fertilización de suelos, fertilización de la milpa, elaboración de abonos naturales, inducción a la comercialización de productos locales (etiquetado) y generación de bancos familiares de semillas. Por la proyección y visibilidad que lograron dar al patrimonio biocultural de la Sierra Tarahumara, destaca la realización de tres talleres: dos sobre evaluación sensorial y uno más enfocado a la capacitación de las mujeres rarámuri en manejo de alimentos, inocuidad y promoción de la gastronomía local.

Talleres de evaluación sensorial

Con el apoyo de la maestra Patricia Severiano, profesora de la Facultad de Química de la UNAM, se organizaron dos talleres sobre evaluación sensorial: uno en la Sierra Tarahumara y otro en la Ciudad de México.

El primero contó también con el apoyo de dos chefs, uno local —la chef Ana Rosa Beltrán del Río, quien ya es parte del *Semillatón*—, y otro de la Ciudad de México, el chef Jorge Álvarez. Utilizando ingredientes locales, ambos prepararon los alimentos que más tarde serían degustados por los habitantes de la región. De acuerdo con las encuestas aplicadas al finalizar el taller, en la mayoría de los casos la gente prefirió los alimentos preparados por la chef local, puesto que estaban acostumbrados a ese tipo de sazón.

El segundo taller se realizó con alumnos de la Facultad de Química de la UNAM en la Ciudad de México, con los mismos productos originales traídos desde la Sierra Tarahumara.

Al comparar las opiniones vertidas en ambos talleres, se pudo verificar que el paladar de los rarámuri es muy diferente al de las personas de la capital. “Lo que nos gusta aquí, no les gusta allá y viceversa. Por ejemplo, los rarámuri prefieren los alimentos salados, comen muy poca azúcar; mientras que en el centro del país gusta mucho el azúcar”, asienta la doctora Linares. Toda esta información fue de gran valía para que los rarámuri comprendieran que, si querían atender a los turistas y acceder con su gastronomía a la economía nacional, debían hacer algunas modificaciones a sus platillos originales.

Taller para la preparación de la Primera Feria Gastronómica Rarámuri

En noviembre de 2018, Bye y Linares organizaron un taller para definir qué proyectos eran factibles de efectuarse en la Sierra Tarahumara, con el apoyo del Fondo para el Medio Ambiente Mundial, la Red de Sistemas Agroalimentarios Localizados en México y la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). En este marco, se lograron definir siete proyectos de entre los cuales, se eligió uno enfocado en la capacitación de las mujeres rarámuri para participar en la Primera Feria Gastronómica Rarámuri.

Así, en mayo de 2019, se llevó a cabo dicho taller con la participación de la chef Ana Rosa Beltrán del Río como instructora de 20 mujeres de varias comunidades del municipio de Guachochi, quienes aprendieron cómo manejar los alimentos, cómo lavarse las manos, cómo usar su pañoleta, de manera que pudieran proyectar una visión de inocuidad en los productos que iban a ofrecer a los turistas. Por otra parte, se les brin-

dó una serie de recetas para que pudieran presentar un abanico más diverso de platillos.

Al finalizar el taller, se ofreció una degustación a las autoridades del municipio de Guachochi. “Cuando estos advirtieron todo lo que se había hecho y lo probaron, se dieron cuenta de que el proyecto tenía un gran potencial, por lo que la encargada de Turismo se comprometió a apoyarlas con todo lo necesario. Se les brindó un lugar para la realización de la feria, en tanto las señoras se organizaron y nosotros conseguimos los apoyos necesarios para, entre todos, llevar el evento a buen fin”, narra la doctora Linares.

Finalmente, en el mes de agosto de 2019, aprovechando la importante afluencia de participantes en el Ultramaratón de los Cañones, que se corre en Guachochi, Chihuahua, se realizó la Primera Feria Gastronómica Rarámuri. En ese marco, se exhibieron los diferentes ingredientes que se obtienen de la milpa con la finalidad de que los turistas no solamente degustaran, sino que también conocieran de dónde y cómo se obtenían estos alimentos.

Adicionalmente, en las pantallas gigantes colocadas para el Ultramaratón, se proyectó una serie de videos coordinados por los doctores Bye y Linares, los que resultaron en una efectiva invitación para que, al finalizar la carrera, los atletas se acercaran a probar las gorditas rellenas de quelites, de flores pasadas, de chile pasado, entre otros. Finalmente, con el apoyo de la CONABIO y la Universidad Tecnológica de la Tarahumara, se aplicaron encuestas para verificar si a los turistas les había gustado lo que habían consumido y qué productos les habían gustado más. “Los resultados fueron muy satisfactorios, pues no hubo una sola persona que dijera que no le habían gustado. Asimismo, celebraron que se ofreciera este tipo de eventos para dar a conocer la

gastronomía rarámuri, y aseguraron estar dispuestos a volver a consumirla y a pagar con gusto por ella,” comparte orgullosa la doctora Linares.

La producción de videos: un medio efectivo para transmitir la sabiduría tradicional a las nuevas generaciones

A través de los siglos, los rarámuri han desarrollado tecnologías propias que constituyen su sabiduría tradicional y que resulta imprescindible transmitir a las nuevas generaciones. Sin embargo, las enormes distancias entre sus rancherías y las escuelas obligan a sus hijos a vivir en albergues. Si viven “cerca” —a dos horas caminando— van el fin de semana a ver a sus padres, pero hay quienes tendrían que caminar nueve horas para lograrlo, por lo que sólo vuelven a sus hogares en las vacaciones largas. Esos niños que viven todo ese tiempo en los albergues comen productos muy diferentes a los que preparan sus padres: sardinas, atún, sopas instantáneas, refrescos embotellados... Ello provoca que, cuando vuelven con sus familias, no quieran consumir la comida tradicional.

“Esta es la razón por la que los padres nos solicitaron hacer estos videos sobre sus alimentos tradicionales: chacales, pinole, usos de la calabaza, chile pasado, quelites pasados, entre otros, los cuales están disponibles en Internet, e inclusive, algunos están además de en español también en rarámuri. Para los niños es como verlos en la televisión. Entonces, si los ven en la televisión piensan que son importantes. Así, cuando regresan a sus hogares, quieren consumir el pinole, el bichicori y todos los productos a los que difícilmente pueden acceder cuando están en los albergues.

Los padres nos dicen que si ellos ‘pasan al cielo’ quién les va a enseñar a los jóvenes cómo hacer sus alimentos tradicionales. Y ahí está nuestro papel, enfatiza el doctor Robert Bye: encontrar cuáles son sus intereses para buscar la manera de apoyarles. Gracias a los videos estamos cumpliendo esta parte con ellos. Estamos convencidos del beneficio que tiene el diálogo entre culturas, no solo para los rarámuri, sino para todos los mexicanos, porque ellos forman parte de la cultura.



Participantes de la Primera Feria Gastronómica rarámuri, acompañados por la chef Ana Rosa Beltrán del Río.



Preparación del bichicori (calabaza deshidratada).



Participantes en los talleres del año 2016.



ra nacional. Por ello, tenemos que apoyarlos para que tengan una voz y una presencia”, asegura el doctor Bye.

Los próximos pasos del Semillatón

Son muchos los proyectos que se han comenzado a desarrollar en esta nueva etapa del Semillatón, gracias a la incansable labor de los doctores Bye y Linares. Entre los más destacados se encuentra la realización de la Primera Feria de Intercambio de Semillas. Una acción clave de este proyecto será contribuir al fomento de una conciencia de territorialidad, es decir, que sepan que cuentan con productos que solo existen en su territorio, por lo que pueden ofrecer a los consumidores algo que nadie más puede ofrecer. Así, al tiempo en que conservan sus valores y sus recursos genéticos, pueden obtener un ingreso justo sin la intervención de intermediarios.

Otro de los proyectos es continuar con el programa de reforestación en suelos aledaños a los arroyos, con especies

que puedan fijar el suelo, rescatar las microcuencas y fertilizar la milpa, a la vez que puedan servir para alimentar mejor a sus animales.

Semillatón: *Kórima* por “los de pies ligeros”

Kórima es para los tarámuris la tradición de asistir a quienes pasan por necesidad. Cuando un individuo o una familia atraviesa por una crisis de recursos para su subsistencia, los demás le socorren sin reparo alguno en un gesto de solidaridad y ayuda desinteresada. En un sentido profundo, más que ayuda, se trata de un sistema de actitudes y valores morales anclados en una cosmovisión o filosofía del mundo centrada en la idea del equilibrio.

Sin duda, la trascendente labor realizada por los doctores Bye y Linares en la Sierra Tarahumara se ha convertido en *kórima* por “los de pies ligeros”, al que numerosas personas e instituciones se han sumado, y a quienes Bye y Linares manifiestan reiteradamente su agradecimiento ●



Biodiversidad igual a identidad y riqueza cultural

PATRICIA DE LA PEÑA SOBARZO



“En México somos muy ricos en cultura porque somos ricos en biodiversidad”



LA DISTANCIA media en que la Tierra gira alrededor del Sol le permite situarse dentro de una franja a la que los astrónomos denominan zona de habitabilidad. El flujo de radiación solar que ahí recibe la superficie del planeta genera las condiciones físicas y químicas necesarias para que pueda haber agua en estado líquido, elemento indispensable para la vida de todas las especies.

Clasificadas en siete reinos —archaebacteria, eubacteria, protozoa, chromista, fungi, plantae y animalia— estas especies en conjunto forman los distintos ecosistemas del planeta e interactúan de manera diferente dependiendo del lugar donde se encuentren. “Esto es a lo que llamamos biodiversidad”, afirma el doctor Luis Zambrano, investigador del Instituto de Biología, con quien *El faro* conversó acerca de los retos para la conservación de la biodiversidad.

En palabras del doctor Luis Zambrano, “en México somos muy ricos en cultura porque somos ricos en biodiversidad. Los mayas, purépechas, olmecas y cada una de nuestras antiguas civilizaciones tenían una biodiversidad diferente y por eso generaron su propia cultura. La biodiversidad es parte de nosotros. Por ello, su conservación y buen manejo no solo están relacionados con la ética de contribuir a preservar nuestras especies, sino también a preservar la identidad de nuestro pueblo. Si perdemos nuestra biodiversidad, perderemos nuestra identidad.”

Causas de la crisis de biodiversidad

La huella ecológica, entendida como el impacto ambiental generado por la demanda humana de los recursos naturales, ha crecido mucho en las últimas décadas provocando la desaparición de varias especies. “Nuestros teléfonos celulares son producto de muchas cosas que dependen de la destrucción de ciertas minas en África. Para sobrevivir necesitamos que haya destrucción en el Polo Norte, en zonas mineras de Sudáfrica, en Nueva Zelanda para las plantaciones de kiwis, o en la Isla Borneo para la extracción del aceite de palma, a expensas de destruir el hogar de los orangutanes. Así, una de las causas fundamentales de la crisis de biodiversidad está relacionada con el aumento en la huella ecológica como efecto de la globalización”, asegura el doctor Zambrano.

Investigación para la conservación de la biodiversidad

Además de la recolección para seguir conociendo cuáles especies tenemos, cuántas, de dónde vienen y su taxonomía, el doctor Zambrano y su equipo se han enfocado en estudiar cómo la sociedad se ha relacionado con las distintas especies y cómo ello ha generado distintos tipos de cultura que





nos permiten conservarlas. A partir de estos estudios, se determinan planes de manejo para los ecosistemas.

En particular, el trabajo del doctor Zambrano se ha enfocado en la conservación del ajolote como especie bandera de la biodiversidad del sur de la Ciudad de México, particularmente en el Lago de Xochimilco. Otros estudios, como los de la doctora Ana Wegier, consisten en entender cómo la interacción genética de las diferentes especies cultivadas —como maíz, algodón, papaya— ha permitido o modificado la interacción cultural con los distintos grupos que han trabajado con ellas. “Estas investigaciones nos permiten detectar los problemas y determinar cómo podemos revertirlos a partir de nuestra propia interacción con esas especies”, explica el doctor Zambrano.

Estrategias para la conservación de la biodiversidad

Una de las estrategias del Instituto de Biología para contribuir a la conservación de la biodiversidad es el manejo de reservas de la biosfera como Los Tuxtlas, Chamela-Cuixmala y Sian Ka’an. Por otra parte, es fundamental su trabajo en las zonas urbanas donde también hay una gran cantidad de especies que hemos venido destruyendo al ritmo del crecimiento de las ciudades.

Por ejemplo, la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel —parte fundamental no solo de la conservación de la biodiversidad del sur de la Ciudad de México, sino también de la comunidad UNAM— cuenta con especies como el tlacuache, el cacomixtle, la zorra gris, y distintos tipos de árboles, arbustos y plantas. “De pronto vemos cómo aparece una verdolaga en mitad del estacionamiento, lo cual quiere decir que es un quelite nativo. Como seres urbanos debemos empezar a identificar estas especies fundamentales para nuestra existencia y aprender a quererlas, protegerlas e incluso a cultivarlas. Cuando la gente en la ciudad se topa con un tlacuache enfrente de su casa, piensa que hay que matarlo o que hay que traerlo a la reserva porque aquí vivirá mejor. ¡Y no! Ese tlacuache vive muy bien ahí. Lo que tenemos que trabajar es nuestra

capacidad para mantenerlo vivo en ese lugar”, enfatiza el investigador.

Los retos

El primer reto para contribuir a la conservación de nuestra biodiversidad es darnos cuenta de la destrucción que estamos provocando. El segundo es encontrar la manera de detener esa destrucción sin modificar las dinámicas económico-sociales que permitan a la gente de todo el país seguir viviendo. Y el tercero es restaurar lo destruido. “Esto es como un barco: todavía seguimos a mucha velocidad y vamos rumbo al iceberg. Así que tenemos que meter freno. Pero ello nos va a llevar tiempo y, una vez que metamos freno, debemos echarlo para atrás. Eso es la restauración. Entre más destruyamos, más difícil nos será frenar y revertir”, advierte Zambrano.

Ante estos retos, la UNAM podría incidir en la conciencia de la sociedad, pero para ello haría falta comenzar por la casa. Aprovechando su autonomía, podría impulsar acciones como el uso de ecotecnologías, entender la importancia de las zonas verdes, incluir ciclovías en todos los circuitos de Ciudad Universitaria, mejorar la utilización del agua y la electricidad; repensar los jardines para que sean captadores de gran biodiversidad, entre otros. No obstante, como comenta Zambrano: “Hasta que resintamos las repercusiones de lo que estamos destruyendo y convirtamos la conservación de la biodiversidad en nuestra prioridad, vamos a cambiar.”

Para reflexionar

Frente a la tendencia mundial de homogenizar todo, los mexicanos estamos obligados a volver a nuestras raíces para evitar la pérdida de nuestra biodiversidad y de nuestra identidad. Si seguimos destruyendo la biodiversidad, toda la red de interacciones que esta promueve y de la cual nos servimos para sobrevivir desaparecerá. Nos quedaremos sin alimentos y sin agua. Entonces, la naturaleza podrá recuperarse, seguir su evolución: habrá especies que se extinguirán y otras nuevas aparecerán. Pero nosotros nos habremos destruido a nosotros mismos, concluye el investigador ●



El Instituto de Biología es una entidad universitaria capaz de generar y respaldar información sobre las plantas medicinales de México, proponer nuevas técnicas para su estudio e identificación y tender lazos colaborativos con la sociedad.

SANDRA VÁZQUEZ QUIROZ



Tigridia pavonia



Galphimia glauca



Ligusticum porteri



Aloe arborescens

MÉXICO es el país con más centros de diversidad de plantas en América, junto con Brasil. De acuerdo con datos de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), de 75 centros de diversidad de plantas que se encuentran en el continente, 13 están en nuestro país.

El Instituto de Biología de la UNAM (IB) ha sido un importante generador de información en torno a los recursos vegetales de uso medicinal en México.

El investigador del Jardín Botánico del IB, el doctor Sol Cristians Niizawa, apunta que la entidad universitaria tomó el relevo del Instituto Médico Nacional, creado en 1890 por el entonces presidente Porfirio Díaz. Aquel organismo decimonónico tenía la misión de estudiar los recursos terapéuticos del país, con énfasis en la flora medicinal. El trabajo de la institución porfiriana fue heredado al IB, que ha enriquecido el acervo a lo largo de sus 90 años de existencia.

Breve historia

El primer libro publicado en América sobre plantas medicinales fue el *Códice De*

la Cruz-Badiano, escrito en náhuatl por el indígena Martín de la Cruz en 1552; dicho códice es conocido también como *Libellus de Medicinalibus Indorum Herbis*, considerado una de las fuentes más antiguas sobre herbolaria de México.

El trabajo del IB en torno al estudio de plantas comestibles y medicinales alcanza varias regiones del país, pero se enfoca principalmente en la Ciudad de México y sus zonas rurales como Milpa Alta, Tláhuac y Xochimilco; asimismo, se ha hecho trabajo de campo en la Sierra Norte de Puebla, la Sierra Tarahumara y el sureste de México, señala en entrevista Sol Cristians Niizawa.

El joven biólogo destaca que el principal trabajo del IB en la materia ha sido la generación de conocimiento a través de la información obtenida por el personal que trabaja en el IB, y de forma particular por investigadores del Herbario Nacional (MEXU) y del Jardín Botánico.

Al mismo tiempo, hay una estrecha colaboración con otras entidades de la Universidad, como la Facultad de Química y el Instituto de Química, que brindan apoyo en cuestiones de farmacología y fitoquímica de las plantas medicinales. También se tiene relación con la Facultad de Medicina y recientemente con la Facultad de Veterinaria.

Debido a que la herbolaria se vincula con la etnobotánica, investigadores del Jardín Botánico forman parte de distintas sociedades científicas, como la Sociedad Botánica Económica, la Internacional de

Etnofarmacología, así como las Sociedades Internacional y la Nacional de Etnobiología entre otras, con las que tienen interacción constante e intercambio académico.

Regulación de las plantas medicinales

Sol Cristians destacó que el rol del IB en la gestión de plantas medicinales se asienta en el trabajo que él y el doctor Robert Bye Boettler realizan como integrantes de la Comisión Permanente de la Farmacopea de los Estados Unidos Mexicanos (FEUM), instancia encargada de la regulación de plantas medicinales.

La *Farmacopea* es un documento enfocado en el control de calidad del material vegetal, es decir, en comprobar o certificar que este se comercializa con fines terapéuticos, se vende o se transforma en remedios o medicamentos herbolarios de forma correcta.

“Nuestro trabajo inicia al proponer las especies medicinales que van a ser parte de esos documentos, lo cual va aunado a toda la investigación que tiene que ver con la identificación de la planta”, explica.

Los parámetros a nivel morfológico abarcan desde la descripción botánica de una especie vegetal utilizada con fines medicinales, hasta el detallado de la parte de la planta que se aprovecha, ya que no siempre toda tiene potencial terapéutico; por ejemplo, puede limitarse solo a la raíz, la corteza o las hojas.

Debido a que el IB es depositario del Herbario Nacional de México, mucho del material vegetal que necesita certificarse o identificarse se redirige hacia el Jardín Botánico, destaca Cristians Niizawa. “Los que trabajamos el área de etnobotánica somos los encargados de hacer el análisis de ese material y dar una evaluación final de si es o no correspondiente a la identidad taxonómica esperada”, detalla.

Certeza en la identificación de una planta

Sol Cristians aclara que el material vegetal se revisa a nivel microscópico y se identifican marcadores químicos, es decir, los compuestos que el material presenta y que es el que le confiere identidad.

Echando mano de técnicas actuales de biología molecular, los investigadores mexicanos han propuesto aplicar de manera complementaria marcadores moleculares o códigos de barras moleculares,

para establecer cuáles son las plantas medicinales comercializadas en el país. “Recientemente se está proponiendo implementar los marcadores, es decir, secuencias cortas de genes o espaciadores intergénicos que permitan la identificación a nivel de especie de la planta medicinal”, destaca el biólogo.

Dicha iniciativa aún se encuentra como proyecto, pero de implementarse la identificación molecular complementaria de una planta medicinal, se tendría una determinación más robusta y permitiría autenticar el material vegetal, sin importar su origen, estadio de desarrollo o nivel de procesamiento; incluso podrían identificarse tejidos pulverizados.

Una relación de ida y vuelta

Cuando los investigadores del IB realizan trabajo en campo para identificar plantas comestibles, con fines medicinales u objetos hechos con material vegetal, se pone en marcha el trabajo etnobotánico.

Algunas veces se asiste e interactúa directamente con las comunidades, y en otras ocasiones se exploran lugares cerrados, como mercados. En la Ciudad de México uno de los mercados más emblemáticos es el Sonora, un lugar donde es posible encontrar una amplia variedad de plantas medicinales, y donde integrantes del IB han realizado investigación sobre las especies comercializadas. Los resultados aparecieron en textos como “The role of plants found in Mexican markets and their importance in ethnobotanical studies” y “Usos pasados y presentes de algunas plantas medicinales encontradas en los mercados mexicanos”.

En el Instituto de Biología el trabajo etnobotánico comenzó hace poco más de 40 años. El quehacer continuo de los investigadores universitarios ha permitido crear una relación de ida y vuelta en el uso y aprovechamiento de los recursos naturales de México.

El doctor Sol Cristians apunta que la investigación etnobotánica en un principio

Dr. Sol Cristians Niizawa



Agastache mexicana

1552

se publica el *Códice De la Cruz-Badiano*



Dioscorea composita

Tagetes lunulata

se limitaba a tener una aproximación con las comunidades y entablar un diálogo que permitiera obtener información sobre las plantas a estudiar. Con el tiempo y el trabajo frecuente de los científicos en ciertas regiones del país, se crearon lazos colaborativos con las comunidades.

En este sentido, el trabajo del científico ha ido más allá de solo obtener información, al comprender la necesidad local de una región y su entorno. “Hemos atendido necesidades en comunidades respecto a la conservación de sus recursos, que para ellos son muy valiosos y que han visto mermadas sus poblaciones por distintos motivos. En estos casos apoyamos con protocolos de propagación de una especie; hemos ayudado a proteger su conocimiento mediante el registro de patente”.

Cita el caso del chuchupate, *Ligusticum porteri*, una planta que crece en la parte alta de la Sierra Tarahumara, y uno de sus compuestos, la diligustilida, protege la mucosa gástrica sin modificar el pH del estómago.

Hace un lustro, el trabajo conjunto del doctor Robert Bye, del Instituto de Biología, y de la doctora Rachel Mata y el doctor Andrés Navarrete, de la Facultad de Química de la UNAM, ratificaron que la diligustilida previene la irritación provocada por alimentos y fármacos anti-inflamatorios, anticancerígenos y antibióticos, entre otros. Se trata de un conocimiento empírico que los rarámuri poseen de mucho tiempo atrás. Entre ellos la planta es identificada como wasiá o wasiki, que a veces llegan a venderla en apenas diez pesos.

Sol Cristians destaca la importancia de haber obtenido una patente para proteger el proceso de extracción de los metabolitos secundarios, los cuales tienen el potencial terapéutico. “El chuchupate es pariente de una planta que los chinos están explotando y había indicios de interés y probable fuga de material vegetal de esta planta hacia otras partes del mundo”, abunda el inves-



Herbario Nacional del Instituto de Biología de la UNAM:

➤ <http://www.ib.unam.mx/botanica/herbario/>
Antecedentes en el acercamiento a la historia natural,
Miguel León Portilla:

➤ <https://www.youtube.com/watch?v=RcfUtq1y4vo>

El Instituto Mexicano del Seguro Social dispone de una colección de plantas secas, como parte de su Herbario de Plantas Medicinales:

➤ <https://www.youtube.com/watch?v=-U3z5O7qlls>

➤ INFO

La CONABIO destaca que después de China, México posee el mayor número de plantas medicinales inventariadas, subraya también que el 80% de la población mexicana usa con frecuencia la herbolaria, pero de las más de 4,000 plantas medicinales, solamente se ha hecho análisis farmacológico del 10%.

tigador. Al lograr la patente se pudo salvarguardar el conocimiento y el patrimonio natural de los rarámuri.

El apoyo universitario fue más allá, al participar como puente con la comunidad de la parte alta de la Sierra Tarahumara, con un laboratorio de Chihuahua dedicado a transformar plantas medicinales en remedios herbolarios.

Por otro lado, el doctor Sol recuerda que el hito relacionado con el origen del Jardín Botánico del IB fue la puesta en marcha de la Comisión para el Estudio Ecológico de las Dioscóreas, impulsada por el descubrimiento de la píldora anticonceptiva, cuyo precursor, la diosgenina, era extraído del barbasco (*Dioscorea composita*). El estudio sistemático de este género catapultó el interés por la búsqueda de plantas medicinales mexicanas, que finalmente derivó en la fundación del Jardín Botánico en 1959, bajo la dirección del doctor Faustino Miranda. Este hecho vincula de manera indisoluble el quehacer académico del Jardín Botánico, con la investigación de la flora medicinal de México.

Finalmente, Cristians Niizawa destaca que el Instituto de Biología es una instancia universitaria capaz de conjuntar la riqueza de la biodiversidad del país con la diversidad cultural, como lo refleja la Colección Etnobotánica del Jardín Botánico, que se describe en otro artículo de este número especial ●

Morfología, anatomía y función

YASSIR ZÁRATE MÉNDEZ



La morfología sirve para la comprensión, descripción y clasificación de los seres vivos. En esa tarea la anatomía ayuda a entender la relación entre la estructura y la función de los seres vivos.

“**LA MORFOLOGÍA**, en general, se refiere a cómo se ven los organismos en su forma, dentro y fuera”, explica de manera sucinta el doctor Mark Olson. En estrecha relación con esta disciplina se encuentra la anatomía, como abunda el investigador del Instituto de Biología (IB): “Normalmente la morfología se refiere al aspecto externo de los organismos, pero realmente no hay una delimitación precisa entre morfología y anatomía”.

El tercer invitado de este artículo es la función, es decir, el papel que juegan algunos elementos de los seres vivos en el cumplimiento de ciertas tareas, y que también ayudan a comprender su origen y evolución.

Peluquerías para ballenas

¿Todo lo que nada en los océanos o en los grandes lagos y mares interiores son peces? No. Algunos de los organismos que retozan en las aguas marinas pertenecen a otros grupos. Unos de esos organismos son las ballenas, ahora en franco peligro de desaparición debido a la caza masiva de la que son víctimas.

En lo tocante a nuestro tema, debemos decir que es posible hacer a una ballena un peinado de raya en medio. Quizás no sea muy vistoso, debido al poco pelo que tienen, pero para los fines que aquí buscamos, lo importante es que las ballenas tienen pelo. Es así como una ballena podría tomarse una tarde libre para hacerse un buen corte, siempre y cuando haya un valiente peluquero con un establecimiento lo suficientemente grande para atender a los parientes de Moby Dick.

Esta cita hipotética con las tijeras y el peine se debe a que las ballenas son mamíferos y no peces, como erróneamente suponía un antiguo marinero que escribió lo siguiente: “Como los peces, las ballenas tienen la piel lisa. Como los peces, las ballenas tienen aletas. Como los peces, las ballenas tienen cola. Así pues, deduzco que las ballenas son peces”. Error. A veces las apariencias engañan.

Morfología, anatomía y función

Los avances tecnológicos de las últimas décadas han incorporado nuevas herramientas en el campo de la biología. Eso ha ayudado a comprender mejor a la morfología, la anatomía y las funciones.

En cuanto a la anatomía, el doctor Olson apunta que esta área normalmente se ha empleado para describir “la estructura interna de los organismos, [aunque]

realmente no hay una división clara entre morfología y anatomía”.

Sin minimizar los matices, el investigador del IB añade que la estructura, “en el sentido general de los organismos, muchas veces refleja su función. Estudiar la variación en la estructura nos ayuda a entender qué está haciendo toda esta diversidad de formas, por qué existe. Esas son preguntas que podemos contestar al estudiar la estructura”.

Olson agrega que, con el paso del tiempo, se han integrado un poco más las perspectivas. “Hemos tenido aspectos que utilizamos en la biología actual. Notar que los mamíferos vuelan en el aire, nadan en el mar, textean con celulares. Cómo con toda esa variedad de forma y función, hay algunas cosas que no cambian. Eso nos ayuda a reconocer parentescos”.

Un debate relevante para el IB se dio en el último siglo, respecto a cuáles aspectos morfológicos se deben utilizar para entender cómo las especies están emparentadas entre sí. Para esto, “elegimos los caracteres que parecen reflejar parentesco. Por ejemplo, todos los mamíferos tenemos pelo, algunos menos que otros, incluso las ballenas. Las ballenas no son peces, nadan en el mar, pero esa similitud es superficial, y creemos que no refleja parentesco, pero la presencia de pelo creemos que sí. Entonces, para inferir cómo las especies están emparentadas entre sí, necesitamos descubrir esos caracteres”, asienta. Y por eso se justifica la posible visita a una peluquería.

El avance más importante se dio en el plano conceptual de darnos cuenta de que hay ciertas características que reflejan estilo de vida. “Murciélagos, aves, insectos, pterosaurios vuelan, todos tienen alas, pero no son

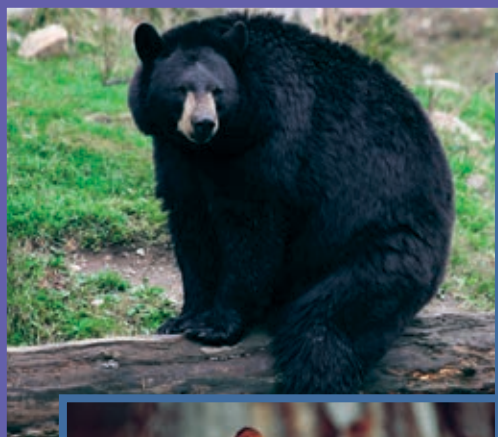
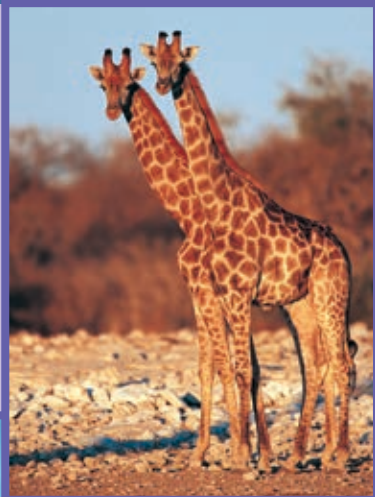
parientes. Mientras tanto, aspectos como el pelo y las glándulas mamarias identifican a los mamíferos. Eso realmente es la clave”, explica Olson. Comprender las relaciones entre la forma de los seres vivos, las funciones que presentan sus órganos y tejidos, los orígenes y su evolución han ayudado a entender cuántas especies hay en México y en el mundo, y por qué existe tanta diversidad en formas y estilos de vida. Y en este punto, el IB ha jugado un papel fundamental.

Las aportaciones del Instituto de Biología

El estudio de la morfología ayuda a entender por qué existen tantas especies de tan diversas formas y funciones en la enorme biodiversidad que tenemos en el país. “Una de las misiones del Instituto es entender cuántas especies tenemos en México, dónde viven y de dónde vinieron. Y parte de esto es entender la diversidad de formas que tienen. La diversidad de formas es la primera entrada para contestar estas preguntas. ¿Cuántas especies tenemos? Ahí es normalmente donde empezamos”, subraya el doctor Olson.

Agrega que el IB se ha dedicado a documentar cómo están emparentados y cómo evolucionaron los organismos, con énfasis en las especies de México aunque hay especialistas que estudian organismos de todo el mundo. “Entender esos grandes patrones de cómo y cuándo surgieron los diferentes grupos de México, nos ayuda a entender por qué México tiene tantas especies”.

Destaca que los dos millones de kilómetros cuadrados que posee México, mismos que representan el 1% de la superficie terrestre, contrastan con la gran cantidad de especies que viven aquí.



“Sí, lo sentimos grande, pero es muy poquito, sobre todo cuando tiene 10% de los mamíferos, 10% de las plantas, 10% de los reptiles y de las aves. Esta es una concentración brutalmente alta de diversidad, no solamente biológica, sino también cultural”.

A esto se suma la diversidad de plantas cultivadas. Acota que México ha dado más plantas útiles al mundo que cualquier otro país. “Es una concentración extraordinaria. Si pensamos en Australia, que tiene cuatro veces la extensión de México, y se conoce como uno de los centros de biodiversidad del mundo, en realidad tiene el mismo número de especies, con cuatro veces la extensión. Una de las misiones aquí es tratar de entender a qué se debe esa concentración tan extraordinaria, no solo meramente biológica, sino de la diversidad sociobiológica”, abunda.

A lo largo de la historia del Instituto de Biología han destacado los trabajos morfológicos. Ahora se ha enfocado más en trabajos genéticos, en la relación estructura-función, con lo que sería una parte taxonomía, una parte sobre estudios sobre cómo se relacionan las especies basadas en sus genes y otra parte sobre la relación forma-función. Pero sin

“ México ha dado más plantas útiles al mundo que cualquier otro país. Es una concentración extraordinaria. ”



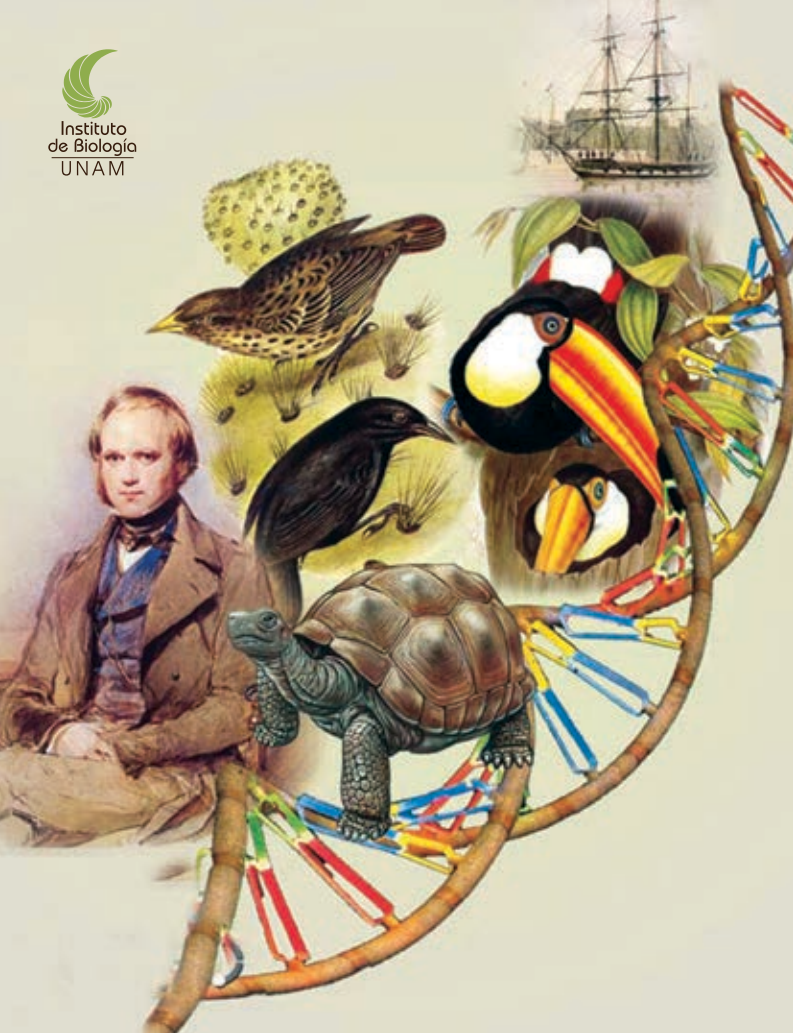
duda la contribución fuerte es esta enorme pregunta: ¿cuántas especies hay en México? “Con tanto cerro, barranca y selva no es una pregunta trivial”, acepta.

En la búsqueda de respuestas, una clave es la accidentada topografía de México, sumada a la cuestión geológica. En nuestra especie se puede apreciar con la diversidad lingüística. Un caso lo representa el estado de Oaxaca, donde se puede ver que de un valle a otro se hablan lenguas o variantes marcadamente diferentes. Lo mismo pasa con otras especies.

Esta diversidad hace de México un laboratorio para entender por qué hay tantas especies en el mundo. “Por ejemplo, es muy común ver en zonas de bosques tropicales en general, que uno va en un gradiente altitudinal, y las plantas son muy sensibles. Van cambiando. Ves diferentes especies, con cien metros de altura de diferencia o un kilómetro de distancia. Si empiezas en Chilpancingo, y vas hacia Iguala, van cambiando las especies de copales; vas en la sierra de Juárez, de Ixtlán hacia Valle Nacional, vas hacia la cima y van cambiando las especies cada kilómetro. Es impresionante. Esos cambios tan finos, esa sensibilidad, nos ayudan. Son pequeños laboratorios para entender por qué por todo el mundo vemos tantas especies, tanta diversidad de formas”, concluye.

Esa riqueza se ve reflejada en las Colecciones Nacionales que resguarda el Instituto de Biología, tema que ya se ha tratado en otros artículos de esta edición ●





Sistemática filogenética

El árbol genealógico de la vida

Durante 2,000 años algunos conocimientos sobre las plantas y animales permanecieron inamovibles, hasta que llegaron primero Linneo, después Darwin y ahora los taxónomos filogenetistas.

JOSÉ ANTONIO ALONSO GARCÍA

PARA LA CIENCIA, hace más de 2,000 años solo había dos grupos de organismos: animales y plantas. Y los animales se dividían, según Aristóteles, en “con sangre” y “sin sangre”, clasificación que se mantuvo estable durante siglos. Y fue Linneo, el gran naturalista sueco, quien en el siglo XVIII clasificó a los seres vivos de una manera científica muy cercana a la actual. Cien años después, Charles Darwin dio un gran salto y, con su teoría de la evolución, aportó nuevos elementos para perfeccionar el árbol genealógico de los seres vivos.

Sin embargo, a medida que aumentaba el conocimiento biológico, aparecían dudas para clasificar ciertos organismos. Los zoólogos y los botánicos empezaron a disputarse la apropiación de algunos organismos; por ejemplo, los que no tenían núcleo celular eran tan simples que no podían incluirse en ninguno de los dos grandes grupos y algunos otros, como los hongos, presentaban características de ambos.

Fue así como se pasó de dos a cinco grandes grupos taxonómicos (animalia, plantae, fungi, protista y monera), ahora llamados reinos, que están en la base del árbol filogenético de la vida en el planeta.

Estas dudas clasificatorias comenzó a resolverlas satisfactoriamente la Biología molecular con los análisis del ADN de los organismos, como los que se efectúan hoy en el Instituto de Biología de la UNAM.

Descubrir y describir bondades

El doctor Alejandro Zaldívar Riverón es un entomólogo que lleva veinte años investigando la historia evolutiva de un grupo de pequeñas avispas parasitoides, así como descubriendo y describiendo nuevas especies de insectos de acuerdo con los principios de la sistemática filogenética. Con ello, provee de información que pueda aportar no solo al conocimiento científico, sino también a la sociedad. Ha participado en la descripción de más de 70 especies y nueve géneros de insectos, y también ha hallado ciertas bondades en las avispas parasitoides.

La sistemática filogenética es la disciplina que se encarga de reconstruir las relaciones evolutivas entre los organismos, es decir, rehacer los árboles filogenéticos, las relaciones genealógicas. Linneo, considerado el creador de la clasificación de los seres vivos o taxonomía, propuso un sistema de clasificación lineal, que aún usamos ahora, de los diferentes grupos de organismos. Pero fue Darwin, un siglo después, quien consolidó las bases de las relaciones evolutivas y filogenéticas entre los organismos con su publicación *El origen de las especies por medio de la selección natural, o la preservación de las razas preferidas en la lucha por la vida*.

“Darwin es el punto base desde el que ahora todos intentamos proponer nuestras clasificaciones biológicas a partir de estos árboles filogenéticos de los organismos surgidos a partir de un ancestro común”, explica el doctor Zaldívar, doctorado en Ciencias en Silwood Park Campus, Imperial College London, del Reino Unido, en 2004.

“Si no existieran las avispas parasitoides nos veríamos invadidos por insectos herbívoros, que acabarían con la vegetación que nos alimenta”

A mediados del siglo XX se unieron la teoría de la selección natural de Darwin y la teoría genética de Morgan, “cuando entra en acción la genética, y cuando la biología se transforma en una disciplina científica sólida. Y a partir de ahí, el gran paradigma de la biología es el estudio de la evolución con la información genética”, explica Zaldívar.

Algoritmos, análisis moleculares y genómica

Además de los análisis del ADN de los organismos, actualmente se emplean algoritmos muy sofisticados para la reconstrucción filogenética, llamados métodos probabilísticos, basados en formulaciones matemáticas que se han establecido para otras disciplinas, pero que los ha incorporado la sistemática filogenética

“Mi principal objeto de investigación son las avispas parasitoides, organismos muy pequeños y un elemento importante en casi todos los ecosistemas terrestres, porque representan controles naturales de otras especies de insectos, principalmente herbívoros. Si no existieran las avispas parasitoides nos veríamos invadidos por insectos herbívoros, que acabarían con la vegetación que nos alimenta”, expone el joven científico. “Conocer estos organismos nos ayuda a entenderlos mejor para, por ejemplo, detectar y seleccionar controles biológicos que ayuden en el control de plagas agrícolas”.

Hace unos años, el doctor Zaldívar, junto con colaboradores de Rusia y los Estados Unidos, describieron una especie de avispa que ya se ha seleccionado y se está cultivando en cautiverio en Estados Unidos como control de un escarabajo barrenador, plaga que ha arrasado miles de hectáreas de bosque en ese país y en Canadá, donde ya se está usando como control biológico.

La plaga del nopal

El doctor Zaldívar también ha participado en la descripción de otra avispa que se usa como control biológico de una oruga (*Cactoblastis cactorum*) que, a su vez, se utilizaba como control biológico de los cactus en Australia, donde se habían convertido en una plaga. De Sudamérica, esta oruga se llevó a Australia, donde aniquiló la plaga de nopales. Pero, a su vez, la oruga se convirtió en plaga y llegó primero al Caribe y después a Estados Unidos. Como antídoto, también aquí se introdujo la avispa para que controlara biológicamente a la oruga, labor que está cumpliendo con satisfacción.

“El objetivo es que la *Cactoblastis cactorum* no llegue a nuestro país, porque pondría en peligro nuestros nopales, alimento tan cotidiano y valioso. Se ha detectado en Isla Mujeres, pero aparentemente está controlado”, señala el joven investigador.

Sin investigación y conocimiento básico no habría tecnología. Primero conocimiento básico y luego generar tecnología, apunta Zaldívar. Se han llegado a cometer grandes errores de controles biológicos. Por ejemplo, en Australia se introdujo el sapo *Rhinella marina* para acabar con algunas plagas de insectos, pero arrasó con estos y con muchos otros artrópodos y pe-



Control biológico con avispas parasitoides



Oruga *Cactoblastis cactorum*



Rhinella marina

queños vertebrados. Esta plaga está incluida en la lista de las 100 especies exóticas invasoras más dañinas del mundo de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. “Si no hay conocimiento de ciencia básica los errores pueden ser catastróficos. Aún desconocemos un gran porcentaje de las especies que hay en nuestro planeta”. Al ritmo actual de investigación, tardaríamos mil años en describir toda la biodiversidad del planeta. La ciencia, comparada con la naturaleza, aún es muy pequeña. “Nos queda mucho trabajo por delante. Se necesitan muchos biólogos para aprovechar las bondades que nos ofrece la naturaleza”, concluye el joven filogenetista Alejandro Zaldívar Riverón ●

Genómica de la conservación de la diversidad



La riqueza de México no es el petróleo, es su biodiversidad.

JOSÉ ANTONIO ALONSO GARCÍA

LA GENÓMICA DE LA CONSERVACIÓN es una disciplina reciente, dice la joven doctora Ana Laura Wegier Briuolo. “La conservación de hace 90 años era muy distinta, porque prevalecía una tendencia museística y coleccionista para mostrar novedades y rarezas de la naturaleza, y no tanto para dar a conocer la diversidad biológica”. En 1929 el interés botánico se centraba en saber cuántos ejemplares podía haber de una especie; ahora, sin embargo, con la genómica la visión conservacionista llega a lo más profundo de las especies.

La gran diversidad de la vida silvestre

La doctora Wegier investiga el algodón, del que en nuestro país hay una amplia diversidad de parientes silvestres; además, al interior de la especie *Gossypium hirsutum* hay una gran variedad de plantas domesticadas y silvestres, desde razas nativas de colores, cultivadas en milpas a pequeña escala hasta las plantas cultivadas, las cuales nos dan mucho del aceite que comemos y de las prendas que nos visten.

Tanto en su gabinete, como en el laboratorio, esta científica investiga cómo es cada componente al interior de cada especie, cuál es su grado de diversidad, qué procesos originan y mantienen la diversidad. “Necesitamos conocer todas las partes, desde las silvestres hasta las cultivadas, para establecer las estrategias más adecuadas de conservación, queremos evitar que se mezclen y se pierdan sus diferencias”, asevera la experta.

Las personas dedicadas a la genética de la conservación no buscan saber cuál es o dónde están la planta o el árbol para conservarlos en un herbario. “Nos adentramos hasta lo más íntimo de cada especie para conocerla y conservar los complejos procesos que forman la diversidad”. Recientemente, esta científica, doctorada

“Nuestro futuro cambiará al poder comprender cada vez mejor la información genética, su funcionamiento y los procesos en los que otras especies se relacionan”





en Ciencias Biomédicas en la UNAM, publicó un texto sobre cómo hacer conservación *in vitro* de plantas de algodón. “Desde el comienzo, mis colegas y yo, nos dimos cuenta de que las plantas con modificaciones genéticas eran más difíciles de conservar en bancos de germoplasma. Tanto las silvestres como las domesticadas con modificaciones genéticas mostraban resultados inesperados, los que nos dieron nuevas pistas para entender los cambios que la liberación de plantas con modificaciones genéticas puede ocasionar en el ambiente”.

Nuevo enfoque: de la planta al sistema

En su laboratorio, la doctora Wegier busca descubrir los procesos microevolutivos que han originado la diversidad de las especies.

En términos de conservación, las estrategias actuales se enfocan a todo el sistema, desde las acciones y perspectivas de las personas, hasta la diversidad en las bacterias del suelo, paisajes y variedades de plantas. “Porque, finalmente, la milpa no existe sin las personas que la valoran. Ahora vemos el sistema con más complejidad y desentrañamos los procesos evolutivos, la diversidad al interior de las poblaciones y cómo se origina; sin desatender las influencias externas; porque no analizamos solo el comportamiento de unos genes o individuos, sino todo el sistema”.

Aunque sí importa mucho la función de cada uno de los genes y sus partes, lo que se estudia son sistemas complejos, porque no hay una sola causa-efecto de las cosas, sino muchas que pueden influir, y cuanto mayor sea la visión mejor se podrá predecir el impacto sobre la diversidad.

En grave peligro de extinción

Originaria de Mesoamérica, *Gossypium hirsutum* (GH) es la especie que aporta el 95% del algodón que se cosecha y consume en todo el mundo. Mucha de esa pro-

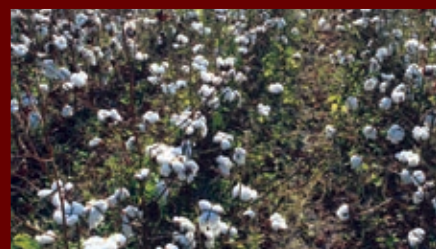
“A través de la alimentación es como más usamos al planeta. No solo hay que limitarse a separar la basura. Lo fundamental es que en cada cosa que uno haga debe saber que hay que conservar la diversidad al interior de las especies; con esto estaríamos mucho más allá de donde estamos, porque la mayor riqueza de México no es el petróleo, es nuestra biodiversidad”

ducción es con plantas transgénicas y sus modificaciones genéticas han llegado a las plantas silvestres.

G. hirsutum tiene una gran diversidad de parientes silvestres en México y, aunque no se pueden cruzar con muchos, sí comparten a los polinizadores, a los herbívoros y a los dispersores de las semillas, además de suelo, clima... “Hemos estado estudiando las especies de *Gossypium* que habitan en México para ver los impactos de esta relación, sumados a los cambios por otras razones y dándonos cuenta de que muchas están en riesgo de extinción”, afirma la científica.

A modo de ejemplo, indica que la introducción de cabras en una pequeña isla de Baja California, donde habitaba una especie de *Gossypium*, provocó que esa variante endémica de la planta prácticamente desapareciera. En Guerrero hay otras tres especies en peligro de extinción que están en poblaciones a las que por razones de seguridad en los últimos años no pudo acceder el equipo de investigación para hacer los conteos y determinar cuántos ejemplares hay. “Una de esas poblaciones es Cocula”.

Para suplir esta carencia de información recolectada en campo, la doctora Wegier acudió, como hace al inicio de cualquiera de sus investigaciones, al Herbario Nacional para obtener información, “y ahora, por ejemplo, sabemos cuánto ha cambiado su clima, si han crecido las poblaciones humanas alrededor de su área de distribución, hemos podido hacer todo un amplio ejercicio para modelar los datos y darnos una idea de cuál puede ser su estado de conservación”.



Conservación, colaboración entre colegas

“Aquí sentada yo no voy a lograr la conservación de una especie”, declara la joven científica. “Es imposible. Hay dos cosas muy importantes. Una es que para lograr la conservación de una especie se necesita integrar muchísimos conocimientos de otras disciplinas, no solo biológicas, sino sociales y de las humanidades. Se debe trabajar con montones de colegas para entender los sistemas desde todas las perspectivas y, finalmente, integrar esos conocimientos y dar seguimiento para que las personas participen. Eso es complejo, pero podemos hacerlo”.

Por ejemplo, nadie va a lograr por sí solo la conservación de la diversidad del maíz, porque de él depende la alimentación de muchas personas; y todos debemos cuidarlo. Su diversidad no se ha conservado gracias a la academia o a la política, sino

Los destructores cambios silenciosos

Revela la doctora Wegier que lo que más le preocupa tiene que ver con los cambios silenciosos actuales, que están reduciendo la diversidad genética de cultivos y plantas de la que depende el alimento de cientos de millones de personas. Se presta atención a la extinción de unas pocas especies muy llamativas y a los grandes desastres naturales, inundaciones, incendios... Pero muchos de los cambios silenciosos, que pasan desapercibidos, se deben a esas catástrofes, que arrasan cíclicamente regiones enteras. Y aunque después se rehacen algunas infraestructuras, la naturaleza queda muy dañada.

La diversidad que silenciosamente estamos perdiendo no solo disminuye el número de especies, sino también la diversidad genética al in-

“Es muy importante que las personas con poder de decisión conozcan la información que se genera en los laboratorios de investigación científica”

“Para lograr la conservación de una especie se necesita integrar conocimientos de muchas disciplinas, no solo biológicas, sino sociales y de las humanidades”



Tejiendo con hilo de algodón



a las personas que por muchísimas generaciones han mantenido el interés por distintas razones culturales, sociales o económicas. “Y es ese interés el que nosotros como científicos podemos descubrir cómo moldea y conserva la diversidad, así como también explicar a las personas que por otros intereses promueven acciones contrarias a que el maíz se siga sembrando en millones de milpas de climas, altitudes, gustos y creencias diferentes bajo las recetas familiares para cultivarlo, explicarles que sin todo eso ocurriendo en campo no hay diversidad. Así, sí podemos contribuir con el gran equipo que logra la conservación del maíz. Así es como realmente funciona”, asevera la joven científica.

terior de las especies. “Y cuando nos demos cuenta ya va a ser tarde. En genómica disponemos de muchos datos y podemos secuenciar todo lo que queramos; sin embargo, he-

mos rebasado nuestra capacidad de análisis. Hay muchos datos, pero no sabemos aún cómo interpretarlos. La capacidad de cómputo que se necesita para analizar de manera integral es extraordinaria e inalcanzable, incluso a nivel UNAM. Además, se requiere también de la ciencia básica para desarrollar los fundamentos que ayuden a comprender y después aplicar en biología evolutiva”, concluye la investigadora ●

Para compartir experiencias y opiniones: @Conser-vaMas y @AnaWegier

LOS ANÁLISIS MACROEVOLUTIVOS abarcan todos aquellos estudios que consideran a los linajes biológicos por encima del nivel de especie, explica la doctora Susana Magallón Puebla, especialista en esta área. Con ella nos adentramos en un terreno por demás amplio, que nos ayuda a entender la diversidad que presenta la vida en el planeta.

Amplitud de estudios

Aunque se trata de un término “un tanto informal”, el análisis macroevolutivo ayuda a comprender diferentes procesos a una escala de millones de años. Su amplitud de miras permite investigar numerosos aspectos, siempre por arriba del concepto de especie, ese “grupo de organismos que pueden reproducirse y producir descendencia fértil”, como define la página de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Diversidad.

La ventaja de estos análisis es que ayudan a entender procesos a gran escala evolutiva. Hacen una suerte de “zoom”, al enfocarse en los mecanismos que han afectado a los organismos, siempre “por encima del nivel de especie”, que es la condición básica. Se trata de factores que no se pueden ver con una perspectiva ecológica, arguye la también directora del Instituto de Biología (IB), porque se refieren al motor de la variación que está ocurriendo en las poblaciones, de los procesos de selección, que determinan que ciertas poblaciones tengan más individuos que otras o que unas más se extingan.

Magallón puntualiza que el nivel ecológico ocurre en plazos muy cortos. En cambio, los periodos en los que se centran los estudios macroevolutivos, por su propia naturaleza, se dan en tiempos geológicos y evolutivos más largos. Sin embargo, tampoco se descartan otras temporalidades, en lapsos que no superen el centenar de años.

Un buen ejemplo lo representa el cambio en los patrones del clima, propiciado por la acción humana. Probablemente ya esté impactando a nivel macroevolutivo en plazos más o menos cortos.

Fósiles, relojes moleculares y más

El registro fósil juega un papel fundamental en la confección de los análisis macroevolutivos. Inicialmente, se utilizaban datos de fósiles para calibrar los árboles filogenéticos y en los estudios de reloj molecular. Los fósiles son una de las pocas fuentes que nos pueden dar información absoluta del momento en el que ya existía un linaje, aunque no nos pueden decir cuándo no existía. “Esto es un poco complejo de explicar”, admite la directora del Instituto de Biología.

Más allá de las especies:

El análisis macroevolutivo

YASSIR ZÁRATE MÉNDEZ



Fósil en el Museo Regional Mixteco-Tlayúa del Instituto de Geología de la UNAM.

¿Cómo eran las plantas de hace millones de años? ¿Qué ha permitido la explosión de biodiversidad que hay en nuestro planeta? Estas y otras preguntas son las que tratan de responder los análisis macroevolutivos, un tipo de investigación que ya se explora en el Instituto de Biología.

“El cambio en los patrones del clima, propiciado por la acción humana, probablemente ya esté impactando a nivel macroevolutivo en plazos más o menos cortos.”

Más allá del uso de los fósiles para calibrar los relojes moleculares, estos análisis han permitido a los biólogos darse cuenta “que lo que se ve en la paleontología es parte del mismo proceso evolutivo. En los estudios macroevolutivos nos interesa la historia, la trayectoria evolutiva de los linajes a través del tiempo. Y el registro fósil nos da información de lo que ocurrió en el pasado. Y es la única fuente directa que podemos obtener”, asienta Magallón Puebla.

El problema es que, conceptualmente, los estudios hechos por los paleontólogos, y los más recientes efectuados por los biólogos, sobre todo los relacionados con los árboles filogenéticos, “han estado un poco separados entre sí; han investigado el mismo tipo de preguntas, pero con diferentes datos y con metodologías muy diferentes”, abunda la doctora Magallón.

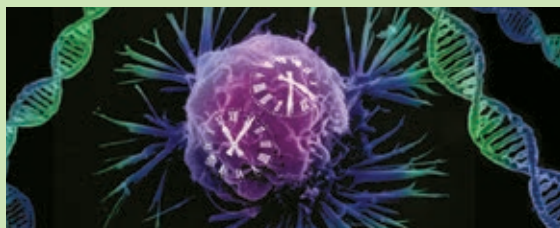
Sin embargo, apunta que en la biología actual está dándose una integración entre la paleontología y la biología filogenética, más allá de solo utilizar a los fósiles como calibraciones, para entenderlos y aprovecharlos como parte del mismo proceso evolutivo.

Este es un momento muy interesante, “porque las dos ciencias se están juntando. En unos diez años o quizás menos, vamos a tener resultados y respuestas en investigaciones de linajes, que nos va, quizás, a reconsiderar o a ser reconsiderados los paradigmas que tenemos ahorita, que están derivados del estudio de los organismos vivos”, cierra la investigadora.

Los diferentes caminos de la evolución

Una de las cuestiones que le han quedado “muy claras” a los investigadores en la última década es que es extremadamente difícil que en biología haya un solo proceso o una sola causa que desencadene grandes cambios, por ejemplo, el incremento en las tasas de especiación.

Usualmente, se trata de factores que tienen que ver con la morfología de los organismos, su función en la ecología, su interacción con otros seres vivos y con el medio ambiente y también su situación en un área geográfica y en un tiempo en particular.



Los relojes moleculares regulan el grado de mutación en las células humanas. Imagen: Wellcome Trust Sanger Institute. Cortesía/LANL

“Nos hemos convencido de que, si pretendemos identificar un solo factor como único responsable de la trayectoria evolutiva de un linaje, es poco apegado a lo que sucede. Nos estamos enfrentando a una realidad muy compleja y lo que estamos tratando de hacer es identificar factores que tienen una alta probabilidad de estar relacionados con incrementos en las tasas de especiación y de extinción”, manifiesta.

El IB y los análisis macroevolutivos

Si bien los análisis de esta naturaleza son incipientes en el Instituto de Biología, ya se han dado pasos firmes

en ese sendero. Los ejemplos empiezan a abundar. En ese crecimiento ha contribuido la propia doctora Magallón. “En los últimos 20 años se ha agregado a nuestra planta una cantidad muy elevada de investigadores que hacen árboles filogenéticos con datos moleculares. Pero sus intereses son para taxonomía clásica –lo cual es muy importante–, o para conocer la variación genómica o la distribución de las especies, pero muy pocos han utilizado los árboles filogenéticos para tratar de entender más allá de cuál es la clasificación de las especies o cómo están relacionadas entre sí”, detalla la directora del IB.

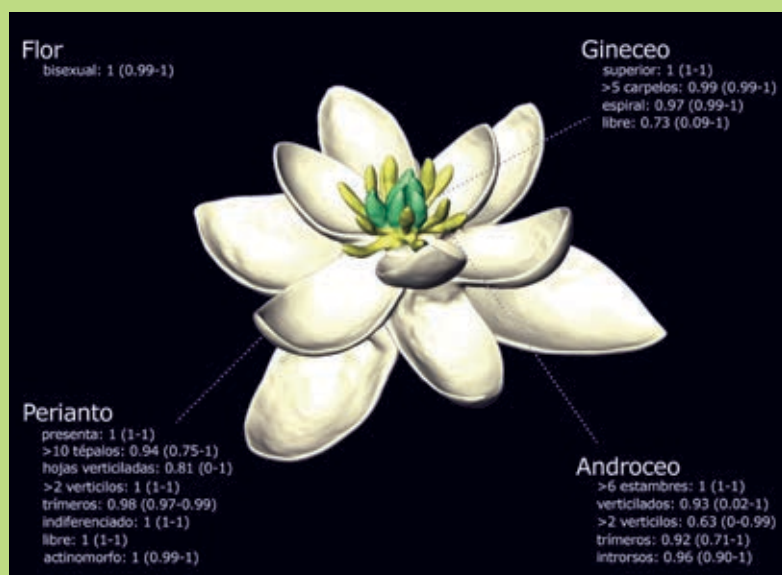
En México, añade, hay un gran campo de acción, que permita alcanzar este tipo de investigaciones, muy desarrolladas en Estados Unidos, Canadá, Europa y Australia.

“Sería muy importante que en México estudiáramos los grupos de organismos que aquí se han desarrollado y que hiciéramos todo, desde la colecta en el campo, los trabajos de biología molecular, los árboles filogenéticos y los estudios que nos hablan de su evolución”, expone.

En cuanto a los trabajos efectuados en el Instituto, enfatiza una serie de proyectos, algunos encabezados por ella misma. “Tenemos estudios enfocados en grupos extremadamente diversos en el neotrópico, incluyendo a México; estamos tratando de entender por qué adquirieron tantas especies”.

Por ejemplo, una estudiante ya graduada se avocó a entender si factores asociados con la forma del andro-





Modelo tridimensional de la primera flor existente en el mundo hace 140 millones de años. Reconstrucción a partir de los estudios realizados en el Proyecto eFLOWER del que la doctora Susana Magallón es coautora.

Para saber por qué México tiene tantas especies se tendría que hacer un estudio para cada grupo de plantas, animales u hongos, “y eso llevaría muchísimo tiempo. Sería más interesante tratar de identificar diferentes grupos, y en lugar de abarcar linajes en particular, tratar de obtener información de cuál es la causa asociada de diversificación en regiones geográficas concretas o en biomas en particular”, agrega.

Las flores ancestrales

La doctora Susana Magallón se ha valido de los análisis macroevolutivos para sus investigaciones. Uno de los proyectos desplegados bajo este enfoque se dedicó a identificar cuáles eran los atributos morfológicos de las flores ancestrales.

El estudio se apoyó en técnicas de la filogenética macroevolutiva. Lo que caracteriza a estos estudios casi de manera general, es que están basados en una hipótesis de relaciones de parentesco evolutivo. “Los árboles filogenéticos nos dicen qué tan cercanas o qué tan lejanas son diferentes ramas de la vida entre sí. Tenemos una metodología para estimar estos árboles filogenéticos, a los que utilizamos para hacer preguntas sobre la evolución de los organismos.

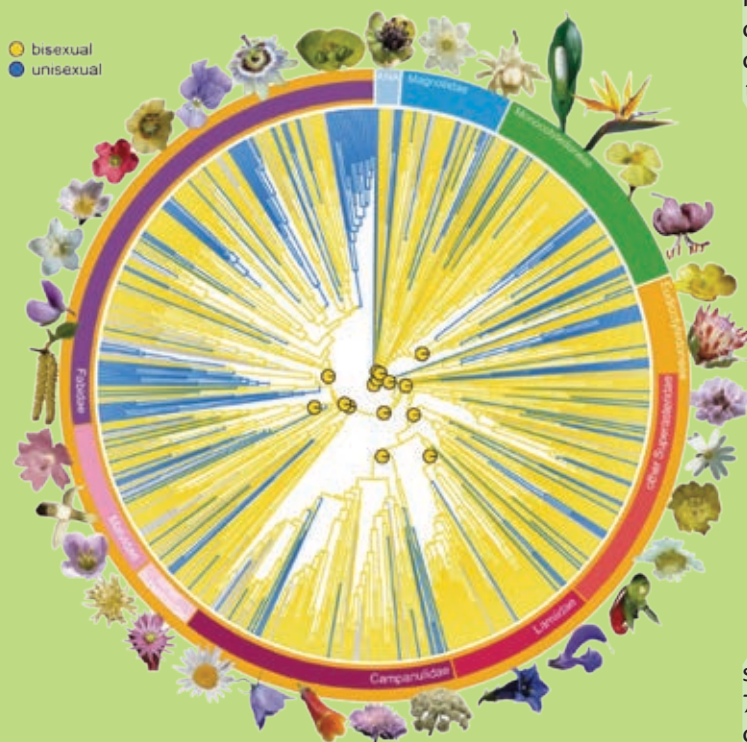
El grupo buscó fijar el tiempo en el que se originaron los diferentes linajes. Se trató de un estudio de reloj molecular, que fue hecho totalmente en la UNAM.

“Con mis colegas utilizamos ese árbol filogenético que tenía ya información del tiempo en el que ocurrieron los eventos para investigar cómo habían cambiado diferentes partes de las flores a lo largo del tiempo. Como este árbol filogenético incluía una muestra de los principales grupos de las plantas con flor, pudimos estimar cómo habían sido las flores ancestrales de diferentes grupos de las plantas con flor”, reseña.

Por ejemplo, buscaban saber cómo había sido la flor ancestral de las monocotiledóneas, o cómo había sido la flor ancestral de un grupo muy grande que se llama eudicotiledóneas, que incluye a alrededor de 70% de las angiospermas. “También pudimos calcular cómo era el ancestro de todas las plantas con flor vivientes”, asienta la investigadora.

Afirma que se trató de un estudio que ha causado mucho interés en la comunidad botánica. “Ha habido discusión muy activa. Nos ha llevado a revisar nuestros resultados y a publicar diferentes posibles interpretaciones. Este es un estudio donde hicimos un análisis de cómo cambió la morfología a lo largo del tiempo”.

Así, este tipo de análisis de carácter macroevolutivo se abre paso paulatinamente en el IB, como un esfuerzo más para entender las condiciones de biodiversidad que hay en el país, pero también con un alcance global, con lo que el Instituto se coloca a la vanguardia ●



Los resultados del Proyecto eFLOWER muestran que las flores bisexuales son ancestrales y que las unisexuales evolucionaron muchas veces de manera independiente.

ceo, el órgano de la flor donde se forman los granos de polen, pudiera estar vinculada con la diversificación de ese grupo. Otro estudio se enfoca en la familia de las malváceas, que incluye al chocolate y el algodón, para averiguar si las variaciones en la conformación del androceo tienen relación con el incremento en la generación de especies.

Biología molecular:

Códigos de barras y muestreos ambientales

YASSIR ZÁRATE MÉNDEZ

EL ADN VUELVE A OCUPAR un papel protagonista en uno de nuestros textos. En esta oportunidad nos acercamos a la biología molecular, los códigos de barras y los muestreos ambientales.

La biología molecular

En esta nueva aventura por los recovecos del ADN nos acompaña el doctor Roberto Garibay Orijel, quien desarrolla proyectos de metagenómica y genómica comparada. De entrada, precisa que la biología molecular se dedica “al estudio de las moléculas que produce la vida”. Se trata así de un campo bastante amplio que puede incluir desde el estudio del ADN, de proteínas y de otras señales, aunque en general se aplica típicamente al estudio del ADN, del ácido ribonucleico (ARN) y de la información genética.

De paso, nos recuerda que la molécula más importante para la vida es la del ácido desoxirribonucleico, ya que contiene toda la información que define cómo va a ser cada organismo, no solamente en términos físicos, “sino también cuáles capacidades va a tener para enfrentarse al ambiente y cuáles para adaptarse a él”.

Por si fuera poco, continúa el doctor Garibay Orijel, la información contenida en el ADN nos relata la historia evolutiva de los organismos.

La secuenciación

Conviene recordar que el ADN se forma a partir de cuatro nucleótidos que se diferencian por la base nitrogenada que contienen: adenina (A), guanina (G), citosina (C) y timina (T), que se asocian siempre de la misma forma (timina con adenina y citosina con guanina).

El uso de la letra inicial de cada base nitrogenada sirve para cimentar una metáfora recurrente en torno al ADN: la que lo describe como si fuera un libro, imagen a la que también acude el doctor Garibay Orijel para explicarnos el concepto de secuenciación, una de las herramientas más poderosas desarrolladas por la biología molecular. La secuenciación



consiste en “determinar el orden de los cuatro componentes químico básicos, llamados ‘bases’, que forman la molécula de ADN”, como explica la página del *National Human Genome Research Institute*. Es así como la secuencia indica “la clase de información genética que se transporta en un segmento específico de ADN. Por ejemplo, los científicos pueden usar la información de las secuencias para determinar qué tramos de ADN contienen genes y qué tramos transportan instrucciones regulatorias que activan o desactivan genes. Además, y de manera muy importante, los datos de las secuencias pueden resaltar los cambios en un gen que pueden causar enfermedades”.

Como mencionamos arriba, el doctor Garibay nos propone asumir al ADN como una especie de libro, con lo que la secuenciación de esta macromolécula es como “ir leyendo este libro. Cuando leemos el ADN, vamos leyendo la secuencia de estas letras. Ahora bien, hay muchas maneras diferentes de secuenciarlo. Ahí es cuando hablamos de secuenciación de ADN de primera generación y se-





“ Los más de diez años que en los noventa le llevó al Proyecto Genoma Humano secuenciar los genes de un solo individuo, con las nuevas tecnologías se puede secuenciar en un día. ”



1975

el año en que Frederick Sanger desarrolló un método de secuenciación de la molécula de ADN

cuenciación de ADN de nueva generación, o de secuenciación masiva, que es un término más correcto”, agrega el especialista del Instituto de Biología (IB).

Tipos de secuenciaci

En 1975, Frederick Sanger desarrolló un método de secuenciación de la molécula del ADN. Para ese momento el científico británico ya había obtenido el Premio Nobel de Química (1958), “por su trabajo sobre la estructura de las proteínas, en especial la de la insulina”, como explica la página oficial del Nobel.

El segundo galardón, también en química, se debió a sus “contribuciones relacionadas con la determinación de secuencias de bases en los ácidos nucleicos”. A Sanger se debe la secuenciación de primera generación.

La secuenciación Sanger por electroforesis capilar consiste en leer una oración del ADN a la vez. “Imaginemos que nuestro ADN es un libro de mil tomos; si queremos leerlos todos, una oración a la vez, pues nos lleva mucho tiempo. Por ejemplo, el Proyecto Genoma Humano –que fue uno de los primeros proyectos de genómica– requirió de cientos de secuenciadores en numerosas universidades quienes, con esa tecnología, tardaron trece años para poder leerlo. Esto nos da una idea de la capacidad de lectura que entonces se tenía, asegura el investigador.

“Estudiar cuáles son las relaciones filogenéticas (relaciones de parentesco) entre los diferentes organismos permite a los investigadores entender mucho sobre patrones ecológicos y fisiológicos.”

En contraste, la secuenciación de nueva generación lee millones de oraciones simultáneamente. En el primer caso, como ya se mencionó, se extrae el ADN y se va leyendo oración por oración; mientras que, en el segundo, “imaginemos que tomamos esa enciclopedia de diez tomos que es nuestro genoma y los metemos todos en una licuadora para molerlos. Así es como se hacen pequeñas palabras que luego metemos a un secuenciador con la capacidad de leerlas todas simultáneamente. Al final, lo que vamos a tener es la lectura de todas las pequeñas palabras, aunque ahora el problema será ensamblar ese rompecabezas”, agrega el doctor Garibay.

Para hacer frente a ese desafío se ha desarrollado la bioinformática.

Nuevas herramientas informáticas

Los más de diez años que le llevó al Proyecto Genoma Humano secuenciar los genes de un solo individuo son cosa del pasado. “Actualmente podemos hacer en un día lo que llevó diez años en los años noventa. Al igual que ha ocurrido con la telefonía móvil, la competencia tecnológica ha permitido un incremento en las capacidades de los aparatos y un abaratamiento del servicio. Al principio solo había secuenciación Sanger y ahora hay muchos fabricantes ofreciendo diferentes tecnologías. Cada año salen al mercado secuenciadores más nuevos, más potentes, con más capacidad y también más baratos”, destaca Garibay Orijel.

Códigos de barras y muestreos ambientales

Los códigos de barras son pequeños fragmentos de ADN únicos para cada especie. Suelen abarcar entre 500 y 700 pares de bases o “letras” y su lectura es suficiente para identificar a la especie de que se trate. Considerando que un genoma completo puede contener miles de millones de bases, simplificar su lectura a un máximo de 700 letras resulta significativamente fácil.

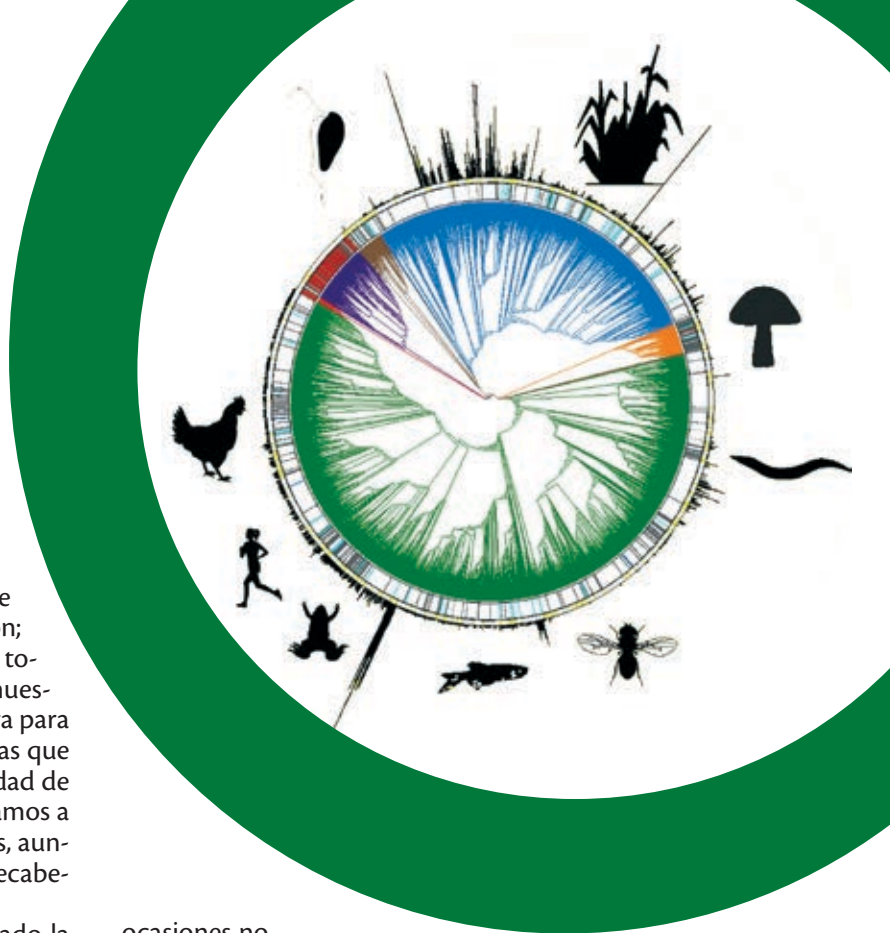
En tanto, los muestreos ambientales consisten en coleccionar ADN del aire, del agua y de la tierra para identificar qué especies se encuentran en determinado punto. Habitualmente se recolectan individuos, aunque en

ocasiones no se puede tener acceso a los organismos debido a su escasa población, por la dificultad para encontrarlos, o bien porque se encuentran en peligro de extinción. De esta manera, las muestras ambientales permiten saber qué organismos hay en los diferentes ecosistemas.

El papel de la UNAM

En el Instituto de Biología, el uso de este tipo de herramientas contribuye a cumplir con una de sus tareas fundamentales: estudiar la biodiversidad. “Necesitamos saber cuántas plantas, animales, hongos o bacterias hay en los diferentes ecosistemas; pero también tenemos la capacidad de monitorearlos, es decir, de determinar, por ejemplo, qué pasa con la biodiversidad después de un incendio o cómo esta se afecta por el cambio climático”, asienta el especialista.

Otra de las grandes preguntas tiene que ver con la evolución de los organismos. Mucha gente en el IB se dedica a estudiar cuáles son las relaciones filogenéticas entre los diferentes organismos, es decir, sus relaciones de parentesco. “Esto nos permite entender mucho sobre patrones ecológicos y fisiológicos, dos temas que están en la mente de los biólogos, quienes quieren saber más sobre biodiversidad y evolución. Ahora, con estas herramientas, podemos ofrecer muchos servicios a la sociedad”, concluye el doctor Garibay ●





Pabellón Nacional de la Biodiversidad

PATRICIA DE LA PEÑA SOBARZO

EL INSTITUTO DE BIOLOGÍA es el depositario de las colecciones biológicas nacionales más ricas del país desde 1929. Más de cinco millones de ejemplares (5,120,500), lo convierten en la entidad de referencia para los estudios sobre biodiversidad de México.

Como respuesta a la necesidad de ampliar su capacidad para albergar a este valioso patrimonio universitario, surge el Pabellón Nacional de la Biodiversidad. Espacio único en América Latina que conjunta labores de museo y centro de investigación, albergando a más de 130,000 especies en un total de 12,000 metros cuadrados. Esta imponente obra, cuya construcción duró dos años, fue donada a la UNAM por la Fundación Carlos Slim.

Acorde al biólogo Daniel Barreto, el Pabellón será sede de cuatro colecciones biológicas nacionales: peces, anfibios y reptiles, aves y mamíferos y de un repertorio con millones de piezas, entre insectos, mariposas y plantas de todas las colecciones de la UNAM, además de un archivo histórico con documentos sobre diversidad biológica que van del siglo XIX a la actualidad.

El Pabellón también contará con una colección de maderas, laboratorios de secuenciación genómica, de

biología molecular y de geografía de la biodiversidad; mientras que seis salas temáticas, una sala multimedia y un área de exposiciones temporales conforman la oferta museística donde el uso de la tecnología se suma a la exhibición de numerosos ejemplares (cerca de 3,000 especímenes en vitrinas) de todas las colecciones presentes en el Instituto.

Exploradores y naturalistas conducirán al usuario por un recorrido de descubrimiento hacia el México megadiverso de los ecosistemas donde se evidencian los procesos evolutivos e interacciones entre las especies, hasta la espiral del conocimiento.

En cuanto a sus contenidos museográficos, el Pabellón ofrece una interesante propuesta educativa, enriquecida con una biblioteca digital que impartirá talleres y cursos, con acceso a internet para todo público. Asimismo, se dará continuidad a la importante actividad académica que ha posicionado al Instituto de Biología como un referente internacional, sumado a la enorme relevancia de sus estaciones de Biología en Los Tuxtlas, Veracruz y en Chamela, Jalisco, así como a la investigación y actividades de divulgación desarrolladas en el Jardín Botánico ●



Pabellón Nacional de la *Biodiversidad*



Aniversario



El faro felicita al Instituto de Biología por la reciente inauguración del Pabellón Nacional de la Biodiversidad. Espacio único en la UNAM y en América Latina que conjunta labores de museo y centro de investigación.

Con la apertura de este nuevo espacio, donado por la Fundación Carlos Slim, se espera inspirar a los niños y jóvenes a estudiar carreras relacionadas con la conservación de la biodiversidad y la biología, además de mostrar la amplia y rica biodiversidad con la que se cuenta en México.

