

# Coordinación de la Investigación Científica

---

Dr. William Henry Lee Alardín

Coordinador ~ desde diciembre de 2015

El quehacer del Subsistema de la Investigación Científica durante 2019 se llevó a cabo atento al conjunto de acontecimientos que afectan todos los ámbitos del desarrollo humano y científico en el mundo. Si bien hay avances notables en diversos frentes, hay ciertos factores que apuntan a la necesidad de modificar comportamientos y buscar nuevos modelos de desarrollo sostenible.

El primer factor se refiere a la generación de desechos de diversos tipos, que producen contaminación del agua, aire y suelo, que a su vez se relacionan con el cambio climático y que son, en buena medida, prevenibles con soluciones que a menudo ya están a nuestro alcance.

El segundo factor está relacionado con las desigualdades presentes, en mayor o menor grado en los distintos países, y que si bien se han reducido en gran magnitud, aún presentan un reto mayúsculo para el desarrollo de la sociedad en su conjunto.

Un tercer factor notorio es el de las manifestaciones pacíficas o violentas que como resultado de los cambios detonados por diversos temas (económicos, sociales y ambientales, entre otros) suceden y dan lugar a transiciones o radicalizaciones políticas y sociales.

Y finalmente, un cuarto factor es el del posible avance hacia una recesión, y el hecho de que en ese contexto, 2019 fue un año marcado por una tendencia al decrecimiento económico de los países, aún de las economías más poderosas como las de Alemania, China y Estados Unidos de América (EUA).

Algunos académicos dedicados a las ciencias de la vida y otros estudiosos de la sociedad y las economías han sido quienes han alzado la voz para señalar el agotamiento de la naturaleza y con ella, el deterioro aún mayor de las condiciones de vida en el planeta. Unos más han propuesto las energías alternativas, pero la falta de innovación del sector productivo en varias latitudes del planeta y la falta de decisiones políticas de los Estados han impedido avanzar con la urgencia que se requiere.

Una alianza de más de 11,000 científicos en 2019, entregaron una advertencia al mundo: *“si no hacemos cambios rápidos, profundos y duraderos en nuestras vidas, pronto vendrá un increíble sufrimiento humano”*. Asimismo, dieron constancia de que el cambio climático, el alza de las temperaturas en los polos y los grandes incendios en Siberia tendrán repercusiones en todo el planeta.

## MÉXICO

Según investigadores de la UNAM, no obstante que México es considerada la economía número 14, se estima al 44% de sus habitantes en pobreza y al 7.5% en pobreza extrema. Algunos indicadores muestran que la brecha aumentó y consideran que el 10% de la población más adinerada del país recibe el 36% del ingreso total; en contraste, más del 50% de la población tiene sólo el 20% (boletines UNAM 6 de julio de 2019).

## LA CIENCIA EN MÉXICO

México, liderado por la UNAM, dio continuidad a los esfuerzos por asumir los retos de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible; se trata de un plan impulsado por varios países a través de la ONU, de acción mundial en favor de las personas, el planeta y la prosperidad, adoptado por 193 Estados. Busca fortalecer la paz universal; erradicar la pobreza en todas sus formas y dimensiones, incluida la pobreza extrema; hacer realidad los derechos humanos de todas las personas y alcanzar la igualdad de géneros y el empoderamiento de mujeres y niñas, para avanzar hacia el desarrollo sostenible. Se compone de 17 objetivos y 169 metas de carácter universal que abarcan las tres dimensiones del desarrollo sostenible: social, económico y ambiental.

## LA UNAM

La Agenda 2030 se volvió un paradigma para la UNAM y varias de sus tareas y proyectos de investigación dieron un giro para atenderla, no obstante, una gran mayoría vio reforzados los objetivos de sus proyectos de investigación, pues desde hace décadas se ocupan de las metas planteadas en dicha agenda.

La UNAM alcanzó más de 5,500 puntos de acceso de red inalámbrica en sus sedes, esfuerzo que aumenta la accesibilidad a internet en el territorio nacional. Algunas décadas (30 años) han transcurrido desde que el internet llegó a México para ser ocupado por primera vez para un trabajo astronómico, cuando hubo la necesidad de descargar datos satelitales de centros de investigación de Estados Unidos. Fue un paso importante para la UNAM y para el país.

El movimiento feminista mundial se vio representado por una importante movilización de jóvenes dentro de la UNAM, que reclaman equidad y alto a la violencia. La institución respondió con múltiples acciones y viene atendiendo el tema desde hace varios años, no obstante, aún hay tareas pendientes. *“Se han creado instrumentos normativos e instancias destinadas a atender las desigualdades entre mujeres y hombres: los Lineamientos Generales para la Igualdad de Género, el Protocolo para la Atención de Casos de Violencia de Género, el Documento Básico para el Fortalecimiento de la Política Institucional de Género, la Comisión Especial de Equidad de Género del Consejo Universitario, el Centro de Investigaciones y Estudios de Género, con su Secretaría de Igualdad; las Comisiones Internas de Equidad de Género y, recientemente, la Coordinación para la Igualdad de Género como una nueva dependencia de la administración central.”* (Ana Bouquet, *Gaceta UNAM*, martes 7 de marzo de 2020). La Univer-

sidad sabe que se trata de normar y sancionar, pero fundamentalmente de un proceso cultural de largo empeño.

## EL SIC

La Coordinación de la Investigación Científica (CIC), junto con científicos del Subsistema de la Investigación Científica (SIC) participaron en la elaboración de la nueva Ley General de Ciencia, Tecnología e Innovación (LGCTI).

El rector Enrique Graue Wiechers ratificó al doctor William Lee Alardín como coordinador de la Investigación Científica de la Universidad Nacional Autónoma de México para el periodo 2019-2023. Explicó que el nombramiento es resultado de la auscultación positiva que se realizó en el Consejo Técnico de la Investigación Científica (CTIC).

El SIC abordó diversos asuntos de la agenda nacional y de los Objetivos de la Agenda 2030 en torno a los objetivos de desarrollo sostenible. Del total de proyectos, 692 trabajaron sobre alguno o varios de los 17 objetivos de desarrollo sostenible (25.1% del total de los proyectos de investigación). En aquellos en los que el SIC es tradicionalmente experto son: Salud y bienestar (264); Industria, innovación e infraestructura (155); Vida de ecosistemas terrestres (61); Educación de calidad (59); Hambre cero (22); Ciudades y comunidades sostenibles (20); Agua limpia y saneamiento (19), entre otros. Algunos de los proyectos destacados por la prensa académica son los que a continuación se describen, que sin duda no son todos pero dan un panorama de los esfuerzos que se realizan.

### Ciencia básica

En la Sala del Consejo de la Coordinación de la Investigación Científica y en presencia de medios de comunicación, científicos de la UNAM y la NASA presentaron los resultados del robot *Curiosity*, que pisó el suelo marciano.

Por primera vez en la historia se cuenta con una imagen de un agujero negro. El hallazgo fue posible gracias a la colaboración internacional Telescopio del Horizonte de Eventos (EHT, por sus siglas en inglés), una red de ocho radiotelescopios alrededor del mundo que observaron al mismo punto y captaron señales que un grupo de 200 científicos de una veintena de países convirtieron en imágenes inéditas. Un investigador del Instituto de Radioastronomía y Astrofísica (IRyA) formó parte de esta colaboración.

Un científico del Instituto de Astronomía (IA) formó parte de un grupo internacional que logró capturar una serie de destellos de rayos gamma, los cuales por primera vez exhibieron fotones por arriba de los cientos de gigaelectronvoltios, abriendo con ello una nueva ventana en el estudio de los brotes de rayos gamma.

También en el IA trabajan con las estrellas más antiguas del Universo y con los cúmulos globulares (que son más antiguos que las estrellas del disco de nuestra galaxia) para saber de las condiciones físicas del Universo hace unos 13,500

millones de años. Particular interés tienen en las estrellas tipo RR Lyrae porque son muy antiguas y han recorrido casi toda su evolución.

En el Laboratorio de Átomos Fríos del Instituto de Ciencias Nucleares (ICN) se logró obtener temperaturas cercanas al cero absoluto. El estudio de átomos fríos permitiría en un mediano plazo obtener información para encontrar yacimientos minerales, petróleo o agua sin necesidad de hacer excavaciones, así como para realizar mediciones de la liberación de energía de las placas tectónicas.

También científicos del ICN participan en la misión Colmena, la cual pretende lanzar a mediados de 2021 nueve pequeños robots sobre la superficie de la Luna. Los equipos se desplegarán aleatoriamente por la superficie lunar y navegarán de forma autónoma hasta encontrarse unos a otros, formarán un enjambre e intentarán conectarse eléctricamente para formar un panel solar de mayor tamaño.

Científicos y estudiantes del Instituto de Física (IF) desarrollaron un detector de partículas llamado V0+ para instalarlo en el Gran Colisionador de Hadrones (LHC), experimento que busca reproducir en laboratorio las condiciones que dieron origen al Universo. Este proyecto forma parte de una colaboración del IF con el Centro Europeo de Investigaciones Nucleares (CERN).

A medio siglo de la llegada de la meteorita Allende a la Tierra, científicos del instituto de Geología (IGI) explicaron que esta roca es de las pocas evidencias que se tienen para estudiar la formación de sistemas planetarios. Allende tiene 4,568 millones de años y se precipitó sobre el pueblo del cual tomó su nombre, Allende, Chihuahua.

El vuelo de Lévy es un modelo matemático que científicos del Instituto de Física propusieron para prevenir extinciones y maximizar la abundancia en sistemas frágiles a través de un artículo publicado recientemente en *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*.

### Cambio climático y sus efectos

Científicos de los institutos de Geología, Geofísica, Geografía, del Centro de Ciencias de la Atmósfera y de la Facultad de Ingeniería forman parte de una alianza por el clima denominada Alliance of Mexican-Indian Geoscientific Opportunities (AMIGOs) acordada dentro del taller académico Water, Climate Change and Disasters que tuvo lugar en el Instituto de Geología (IGI).

Científicos del IGI analizan fenómenos hidroclimáticos como la denominada "alberca caliente", que ocurre a causa del calentamiento global, y que se manifiesta desde las costas del Golfo de México hasta las de África.

Científicos del Centro de Ciencias de la Atmósfera (CCA) contribuyen con el monitoreo de la capa de ozono mediante el Observatorio Atmosférico de Altzomoni, una estación de medición instalada en el cerro del mismo nombre, a las faldas del volcán Iztaccíhuatl. El observatorio pertenece a una red global encargada de identificar cambios en la constitución de la atmósfera alta y es

la primera estación mexicana en formar parte de la Red para la Detección de Cambios en la Composición Atmosférica (NDACC, por sus siglas en inglés).

Asimismo, científicos del CCA trabajan en la elaboración de pronósticos para determinar dónde se formará un ciclón y por dónde entrará con la finalidad de prevenir desastres. Los académicos explicaron que aún no se alcanza a predecir con exactitud en dónde se formará el fenómeno meteorológico y que México tiene la desventaja de que se encuentra entre dos cuencas oceánicas, los ciclones tropicales llegan por el Golfo de México y por el Pacífico.

El Laboratorio Nacional de Observación de la Tierra (LANOT) apoya en las labores de monitoreo del sargazo. A través de su equipo satelital recibe información, la procesa y distribuye para dar alertas tempranas a muchas instituciones relacionadas con distintos fenómenos, entre ellos la localización de los manchones de sargazo.

### Medioambiente

Científicos del Instituto de Geografía (IGg) realizaron un estudio en el que se da cuenta de la recuperación de áreas boscosas de tres importantes sistemas montañosos: Mariposa Monarca-Valle de Bravo-Nevado de Toluca; sierras de Las Cruces-Ajusco-Chichinautzin e Iztaccíhuatl-Popocatepetl-Río Frio.

Científicos del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología (ICML) descubrieron una nueva especie marina en la isla de Cozumel. Se trata de *Ophionereis commutabilis*, una especie cavernícola de ofiuroides que pertenece al grupo taxonómico de los equinodermos.

También en el ICML se describió la especie *Nitzschia bifurcata*, una diatomea cuya característica es su pequeña dimensión (entre 10 y 15 micras de largo).

A su vez, el ICML participa en un proyecto multinacional para evitar que el plástico siga cobrando la vida de cien mil animales marinos cada año.

Científicos del Instituto de Biología (IB) descubrieron la especie número 38 de araña violinista nativa del país. Se trató de la denominada *Loxosceles tenochtitlan*, considerada como la primera originaria de la región del Valle de México.

Científicos del Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad (IIES) establecieron que México es el tercer país productor de basura electrónica en América y que, si el ritmo de producción continúa, para 2050 se estarán generando más de dos millones de toneladas.

También en el IIES, los científicos estimaron que en el país se están perdiendo los ecosistemas de humedales. México cuenta con 6,331 complejos de ellos, de los cuales 142 son considerados de importancia internacional; sin embargo, de 1900 a la fecha se ha perdido el 62%.

El Laboratorio Nacional de Clima Espacial (LANCE) del Instituto de Geofísica (IGEF) comenzó a estudiar el nivel de vulnerabilidad e impacto de la actividad solar, como tormentas magnéticas, en la red eléctrica nacional. En colaboración con la Comisión Federal de Electricidad (CFE) se colocó el primer de-

tector en una subestación de la CFE para medir los efectos de las corrientes geomagnéticamente inducidas, y se instalarán seis más en diferentes subestaciones de las 150 que hay en el país.

### Agricultura y alimentación

Científicos del Instituto de Biotecnología (IBt) desarrollaron y lanzaron al mercado, a través de la PyME Agro&Biotecnia, el primer biofungicida elaborado completamente en México. El FungifreeAB controla cuatro enfermedades ocasionadas por hongos en 22 diferentes cultivos y está en trámites para poder ser exportado. El producto posee el certificado OMRI que permite su uso en agricultura orgánica.

Investigadores Instituto de Fisiología Celular (IFC) diseñaron a través de microarreglos de ADN una prueba que permite detectar con mayor rapidez agentes patógenos en alimentos. Compite con equipos previos de alto costo, ya se encuentra a la venta y el Servicio Nacional de Inocuidad y Calidad Agroalimentaria tiene uno en funcionamiento.

En el Instituto de Química (IQ) se han desarrollado agroquímicos de origen vegetal para proteger al jitomate. Se elaboran a partir de hongos que se encuentran dentro de las plantas, su impacto ambiental y toxicológico es reducido y son capaces de inhibir el crecimiento de malezas y microorganismos fitopatógenos que atacan cultivos. Actualmente los utilizan en áreas de alta diversidad biológica, específicamente en la Reserva de la Biosfera Sierra de Huautla, en Morelos.

### Urbes

Científicos del Instituto de Geografía crearon un método para hacer atlas de riesgos metropolitanos en los que se analizan los peligros y daños a las urbes y sus poblaciones desde una perspectiva integral, que detalla el origen y problemática de los riesgos. Esta estrategia resuelve un problema asociado con la territorialidad y los peligros, además de que resulta más barato y efectivo hacer un atlas metropolitano, que uno por municipio.

### Energía

Científicos del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología señalaron que las colecciones de microalgas ayudan a la comprensión de estos organismos, de los cuales se podría llegar a obtener energía limpia debido a su rápida tasa de reproducción.

### Desarrollos tecnológicos

Científicos del Centro de Geociencias (CGeo) diseñaron un dispositivo termoelectrónico de alta eficiencia que capta la energía térmica que desperdician los motores de los autos de combustión interna para convertirla en energía eléctrica que se aprovecha en el compresor del aire acondicionado, generando así un ahorro en el consumo de gasolina.

## Salud

Científicos del Centro de Ciencias Genómicas (CCG) estudian los mecanismos básicos y evolutivos de un grupo de bacterias altamente resistentes a los antibióticos. Se trata de las Gammaproteobacterias, una clase de bacterias que incluye diversas especies de importancia médica, ecológica y científica, las cuales en las últimas décadas han subido en posiciones en el *ranking* de los patógenos oportunistas más peligrosos.

Científicos del Instituto de Química trabajan con moléculas que son derivados de la *Heterotheca inuloides* para tratar el cáncer de colon. Se trata de moléculas derivadas del árnica mexicana, planta con propiedades antiinflamatorias y que tiene un alto efecto tóxico sobre las células del cáncer de colon.

Estudios realizados en el Instituto de Ciencias del Mar y Limnología sobre el potencial farmacológico de anémonas y medusas detectaron recientemente que estos organismos tienen potencial para atacar, mitigar y detener el crecimiento de células tumorales sin dañar células sanas.

La Unidad de Fisiología Molecular (UFM) del Instituto de Investigaciones Biomédicas (IIBm) cumplió 25 años de realizar investigación dentro del Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán, lo que ha permitido ensayar un exitoso modelo en el cual la investigación básica y el ejercicio clínico hospitalario interactúan de manera eficiente, haciendo realidad la medicina traslacional.

Científicos del IIBm participaron en un estudio internacional que identificó una nueva variante genética asociada a la diabetes tipo 2. El gen SFI1 contribuye al riesgo de adquirir la enfermedad y su hallazgo permite el siguiente paso que es el desarrollo de mejores medicamentos.

Asimismo, investigadores de IIBm, junto con el Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán y la Facultad de Medicina, trabajan en un protocolo de investigación con mujeres con obesidad a quienes se les administra metformina, fármaco que ayuda a controlar la glucosa y el peso, y que ha reducido el riesgo, en algunas de ellas, de presentar cáncer de mama.

En la misma entidad hallaron que el vientre materno y la placenta no pueden proteger a los bebés de la exposición a partículas contaminantes PM2.5.

Los esfuerzos del IIBm se encuentran listos para erradicar la cisticercosis en el país a través de una vacuna desarrollada en esa entidad universitaria y otra en Australia. Los universitarios proponen que las autoridades de salud lleven a cabo una campaña de erradicación con la vacunación, iniciando en los estados de Morelos, Michoacán y Guerrero que son donde el consumo de carne de puerco contaminada es más alto.

También en el IIBm indagan en la determinación del perfil de los componentes de la respuesta inflamatoria que podrían indicar que está empezando un proceso carcinogénico a partir de muestras del moco que lubrica el cérvix y la vagina, y que protege de infecciones bacterianas o virales, como el virus del papiloma humano (VPH).



En el IIBm se estudia la relación de los virus del VPH con las células troncales normales. Piensan que éstos pueden estar allí hasta 20 años y atacar cuando esas células se rompen y se dividen, para entrar a su núcleo. También se analiza la proteína P53, que es vital para mantener el control e impedir el desarrollo del cáncer. Junto con investigadores de la Facultad de Medicina, indagan en células troncales con el fin de desarrollar estrategias que inhiban la metástasis, proceso responsable de que el cáncer se propague de una zona a otra del organismo.

Por otra parte, en el IIBm se investiga la cronoterapia, que consiste en la intervención farmacológica en horarios específicos para que ésta sea más eficaz en el control de los niveles de glucosa a lo largo del día. Los estudios que se tienen sobre el ciclo circadiano, que se encarga de regular las actividades que el organismo realiza durante el día o la noche, han demostrado que su alteración puede conducir a problemas graves en la salud.

Finalmente, en el IIBm consideraron necesario contemplar los ritmos circadianos para controlar el peso en un individuo. Las observaciones realizadas demuestran que hay beneficios importantes al consumir alimentos dentro de un lapso de 10 a 12 horas durante la primera parte del día, y el resto del tiempo permanecer en ayuno.

Científicos del Instituto de Biotecnología (IBt) desarrollaron una plataforma que permitirá producir vacunas y medicamentos de forma más rápida y económica.

Asimismo, lograron visualizar un espermatozoide en tercera dimensión a través de una técnica propia. Esta visualización permitió establecer, por primera vez, que el calcio intracelular del espermatozoide humano varía de forma sincronizada con el movimiento del flagelo.

También en el IBt demostraron que el polímero de fructosa denominado inulina se estructura naturalmente en forma de nanopartículas, lo cual abre las puertas para emplearlo en las industrias alimentaria, cosmética y farmacéutica.

A su vez, en el IBt, en conjunto con la Universidad de Stanford, el Laboratorio Nacional de Estructura de Macromoléculas del IQ y el Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán, descubrieron a partir de veneno de alacrán dos compuestos capaces de combatir la tuberculosis y a la bacteria conocida como estafilococo dorado, que además son efectivos para inhibir el crecimiento de ciertas células cancerígenas.

En el Instituto de Fisiología Celular se desarrolló una línea de investigación que estudia los mecanismos moleculares de plasticidad neuronal y la memoria, así como los procesos neurobiológicos que yacen en el aprendizaje.

En la misma entidad y en colaboración con el Departamento de Matemáticas de la Facultad de Ciencias, el Instituto Politécnico Nacional y la Universidad de Exeter, combinan las matemáticas y la física con experimentos para entender la actividad de las neuronas y la comunicación entre ellas.

También estudian la glucosa en el funcionamiento neuronal. Con el uso del antioxidante N-Acetil cisteína para tratar de revertir el daño cerebral, aplicado a



un grupo de ratas durante siete días, los científicos observaron que los animales de control se recuperaron bien del daño cognitivo y tuvieron una muerte neuronal mucho menos intensa.

Científicos del Instituto de Neurobiología (INb) hallaron que los macacos pueden seguir un ritmo sencillo en ciertas regiones del cerebro que procesan el movimiento. El trabajo, publicado en *PLOS Biology*, sugiere la existencia de un reloj poblacional en la corteza cerebral que nos permite seguir y movernos al ritmo de la música.

En el Instituto de Ingeniería (II) se desarrolló un modelo que considera condiciones epidemiológicas, geográficas, climáticas y de movilidad del virus del dengue.

Científicos del Centro de Ciencias de la Complejidad (C3) realizan diversas alianzas para combatir la enfermedad leishmaniasis cutánea transmitida por moscos a humanos y a otras especies animales, causando lesiones en piel, mucosas y vísceras.

Científicos del Instituto de Física participan con la Universidad de Wisconsin en un estudio cuyo objetivo es identificar daño cerebral por anestias y proponer una técnica no invasiva para la identificación temprana de la apoptosis (muerte celular).

Científicos del Instituto de Investigaciones en Materiales (IIM) desarrollaron un parche para regenerar la piel de diabéticos en menor tiempo. El dispositivo está hecho con nanofibras que contienen nano y micropartículas con bioactivos que, al ser colocados sobre el tejido dañado (úlceras diabéticas), se disuelve e inmediatamente comienza a liberar sus activos

## Servicios

El Centro de Ciencias de la Atmósfera ha priorizado el trabajo científico que ofrece servicios a la sociedad mediante diferentes pronósticos (meteorológico, de calidad del aire y alerta polínica), y brindó apoyo con información propia a autoridades locales y universitarias durante la contingencia ambiental en CDMX.

El Laboratorio Nacional de Clima Espacial (LANCE) del Instituto de Geofísica certificó el Servicio de Clima Espacial México (Sciesmex) bajo la Norma Internacional ISO 9001. El Servicio dará aviso al Centro Nacional de Prevención de Desastres de la ocurrencia de tormentas solares que pudieran afectar sistemas tecnológicos vulnerables, como satélites, telecomunicaciones y sistemas de posicionamiento global, entre otros ámbitos.

El Programa Universitario de Investigación en Salud (PUIS), en conjunto con la Facultad de Química, trabajan para echar a andar una propuesta de política pública orientada al control de antibióticos.

Investigadores del Instituto de Geofísica (IGEF) procesan los datos provenientes de cuatro redes que se establecieron con fines científicos: la del Servicio Sismológico Nacional (SSN), la de TLALOCNet, la del Servicio Mareográfico

Nacional y la del Departamento de Sismología del IGEF. Las dos redes grandes son las del SSN, con sensores sismológicos y 60 estaciones en tiempo real, y TLALOCNet, única red meteorológica con casi cien estaciones, 10% de ellas en tiempo real.

Científicos del Instituto de Geofísica estudian la sismicidad local en la Ciudad de México. Destacaron que está atravesada por una serie de fallas (cartografiadas por el Instituto de Geología), que al ser activadas por acumulación de esfuerzos provocan sismos menores.

El Instituto de Biología reportó un progreso del 90% en la digitalización de las colecciones biológicas nacionales. Lo anterior se suma la creación de un sistema *web* ([www.indata.ib.unam.mx](http://www.indata.ib.unam.mx)) que permitirá visualizar los registros de las colecciones resguardadas por la UNAM de forma sencilla, ofreciendo un conocimiento a fondo sobre la riqueza biológica del país.

## COMPOSICIÓN

El SIC estuvo integrado al inicio de 2019 por 23 institutos y siete centros. Las entidades que se ubican geográficamente en la capital del país son 18 (en el *campus* de Ciudad Universitaria, CU), mientras que 12 están ubicadas en otros estados de la República. Las comunidades del SIC se agrupan en tres grandes áreas del conocimiento: ciencias físico-matemáticas (CFM, 13 entidades); ciencias químico biológicas y de la salud (CQByS, 10 entidades), y ciencias de la Tierra e ingeniería (CTel, siete entidades). Integran el SIC a su vez cuatro programas universitarios: el de Investigación en Salud (PUIS), el de Alimentos (PUAL), el de Investigación en Cambio Climático (PINCC) y el Programa Espacial Universitario (PEU); asimismo, son parte del Subsistema la Coordinación de Plataformas Oceanográficas (COPO) con sus dos buques: "El Puma", con base en Mazatlán, Sinaloa, y "Justo Sierra", con base en Tuxpan, Veracruz; y la Secretaría Ejecutiva de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel (REPSA).

A cargo de la Secretaría de Investigación y Desarrollo de la CIC están los Programas Universitarios y la Unidad de Proyectos Especiales en Apoyo a la Investigación y la Docencia (UPEID); a esta última se integran a su vez el Centro de Ciencias de la Complejidad (C3), el Laboratorio Internacional de Investigación sobre el Genoma Humano (LIIGH), la Red de Apoyo a la Investigación (RAI), así como el Centro Virtual de Cómputo (CViCom). El SIC cuenta además con 28 Unidades, cuatro estaciones y cinco observatorios.

Durante 2019 se trabajó en alrededor de 1,712 líneas de investigación, de las cuales se desprendieron 2,750 proyectos de investigación, así como 222 proyectos de infraestructura (36), vinculación (24), divulgación (17), docencia (46), gestión institucional (5) y otros (94) y se produjeron 6,831 publicaciones, al tiempo que fueron solicitadas 46 patentes y otorgadas 22. En estos resultados participaron 3,138 académicos, 114 jóvenes investigadores bajo el Programa Cátedras Conacyt y 520 becarios posdoctorales. En todos los rubros hubo crecimiento.

## DESCENTRALIZACIÓN

Los esfuerzos de descentralización de la ciencia a lo largo y ancho de la nación por parte del Subsistema de la Investigación Científica arrojan seis *campi* universitarios en los siguientes estados: Baja California, Ciudad de México, Michoacán, Morelos, Querétaro y Yucatán y gracias a los esfuerzos del Instituto de Matemáticas, se tiene presencia también en el estado de Oaxaca.

Los esfuerzos de descentralización han logrado ocupar una planta académica de 1,084 (en 2018 había 1,067) académicos en los *campi* regionales; los investigadores sumaron 648 (2018: 639) y los técnicos académicos 436 (2018: 428). Las cifras señaladas significan que 36.6% de los investigadores y 31.9% de los técnicos académicos trabajan fuera de la capital del país.

La descentralización también se demuestra con la presencia de unidades, estaciones, observatorios, representaciones, plataformas oceanográficas en 23 estados de la República; si se toman en cuenta las estaciones del Sismológico Nacional y la RUOA (Red Universitaria de Observatorios Atmosféricos), se cubren los 32 estados.

## CRECIMIENTO INSTITUCIONAL

En el SIC, durante 2019 se creó dentro del Centro de Geociencias el laboratorio con sistema Tri-axial 815 MTS para análisis de resistencia de rocas en condiciones de yacimiento petrolero. Este laboratorio permitirá la caracterización de presión de poro, presión confinante, resistencia, permeabilidad y porosidad de roca almacenadora y roca sello. Para su creación contó con apoyo del fondo Conacyt/Secretaría de Energía.

El Instituto de Astronomía puso en marcha el Observatorio SAINT-EX en San Pedro Mártir, Baja California; el nuevo instrumento fue diseñado para ver con precisión el tránsito de un planeta cuando pasa frente a su estrella y su instalación forma parte de una colaboración internacional denominada SPECULOOS, dicho proyecto cuenta con cuatro telescopios más, con cúpulas similares a SAINT-EX instalados en el desierto de Atacama, en Chile. El observatorio costó 1.2 millones de euros. Fue financiado por las universidades de Berna y Ginebra, además del PlanetS de Suiza, la Universidad de Cambridge, en Reino Unido, y la UNAM, mediante el Instituto de Astronomía.

También se elaboró el proyecto para convertir el Centro de Ciencias de la Atmósfera en el Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático. La propuesta fue aprobada por Consejo Interno el 28 de agosto y entregada a la Coordinación de la Investigación Científica el 19 de septiembre. Actualmente está en revisión.

Se concluyó la primera fase del plan maestro de renovación integral del Museo Universum inaugurando dos nuevos espacios: *Océano, inmensidad desconocida* y *Hábitat, el espacio de todos*, para lo que se realizó la construcción del pabellón interactivo. Dio inicio la primera etapa del proyecto Museo de la Luz Mérida con recursos del Fondo Mixto Conacyt y del Gobierno del estado de

Yucatán, con la elaboración del proyecto ejecutivo arquitectónico, guiones conceptual, temático y museográfico, así como el plan maestro y estratégico del Museo en colaboración con la Dirección General de Obras y Conservación (DGOC-UNAM) y la Secretaría de Investigación, Innovación y Educación Superior (SIIES) del Gobierno de Yucatán.

El Instituto de Astronomía, en colaboración con los institutos de Ciencias Nucleares y de Química de la UNAM, lidera la inversión y el desarrollo del Laboratorio de Modelos y Datos Científicos (LAMOD), nueva infraestructura de alto desempeño que inició sus operaciones en 2019 para el súper cómputo, orientado al desarrollo de modelos numéricos y para el tratamiento y almacenamiento de grandes bases de datos teóricos, observacionales y experimentales.

El Instituto de Ingeniería y el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), bajo los auspicios de la Unesco, pusieron en marcha el nuevo Centro Regional de Seguridad Hídrica (Cershi). El nuevo Centro está situado en la Torre de Ingeniería, dentro del *campus* central de la UNAM. Entre sus principales objetivos está el impulsar acciones de impacto internacional, como proyectos relacionados con la educación para el cuidado del líquido y el mejoramiento de su gestión, que incluya a la ciencia, la innovación y la cultura.

El Instituto de Geología (IGI) está a cargo de la primera estación de lisímetros en México y la segunda en el continente americano. Se trata de monolitos de suelo con alturas que van de uno a dos metros cúbicos de volumen y de dos a tres toneladas de peso, extraído cuidadosamente en campo, preservando su arreglo estructural. El proyecto integró cilindros de acero inoxidable en un terreno con ayuda de un tripié colocado en su parte superior y un aro con filo atornillado en su base. La nueva infraestructura servirá para obtener desde la superficie datos de un fenómeno que ocurre en el subsuelo, se trata de la captación y modificación de nutrientes provenientes del agua residual, procesos a investigar en el IGI.

El Instituto de Geografía (IGg) y el Center for Geospatial Science and Technology (CGST) de la Universidad Estatal de California, Northridge (CSUN) pusieron en marcha el Laboratorio Internacional de Tecnología e Investigación Espacial iSTAR (por sus siglas en inglés). Como parte del esfuerzo binacional se desarrolló el geoportal binacional fronterizo, que permite compartir y analizar información de la zona como región única y sin muros. El laboratorio es una plataforma de tecnología geoespacial bilingüe que ofrece a los gobiernos, organizaciones no gubernamentales, investigadores y la industria privada en ambos países herramientas de vanguardia para apoyar proyectos de investigación, planificación y gestión en la región fronteriza. Cuenta con dos sedes: una en el *campus* de Ciudad Universitaria (IGg) y otra en el *campus* Northridge. Ambos tienen el apoyo de personal, investigadores y estudiantes en prácticas con experiencia en el campo de la tecnología geoespacial, incluido el desarrollo de *software* gratuito y de fuente abierto. El iSTAR también promueve el intercambio de profesores, estudiantes e investigadores entre universidades.

## PERSONAL ACADÉMICO

### Perfil de la planta académica

La planta académica del SIC a finales de 2019 estuvo compuesta por 3,163 (2018: 3,130) individuos, lo cual representa un crecimiento de 1.05% con respecto a 2018. Los investigadores fueron 1,771 (2018: 1,764) y 1,392 los técnicos académicos (TA) (2018: 1,366).

Para dar una idea del tamaño del SIC lo comparamos con el Sistema Nacional de Investigadores (SNI). En el ámbito nacional, el SNI cuenta con 33,167 académicos (finales de 2019). Al cierre de 2019 el SIC, por sí solo, representó el 6.7% del total de integrantes del SNI; en tanto que la UNAM, en su conjunto, representó el 14.9%, es decir, la comunidad académica más grande dentro de dicho Sistema. A su vez, dentro de los integrantes de la UNAM en el SNI, el SIC simboliza el bloque de mayor proporción (42.87%).

La edad promedio de los investigadores se mantuvo en 55 años y en los TA en 51, gracias a la incorporación de jóvenes académicos.

Cuentan con nombramiento definitivo 1,362 investigadores (76.9%), lo que destaca una condición de estabilidad en el empleo de la mayoría de este conjunto; lo mismo ocurre en el caso de los 983 técnicos académicos, donde el porcentaje es de 70.4%. Dicha estabilidad también se refleja en la antigüedad que, no obstante los recientes procesos de renovación, es de 23 años en los investigadores y de 19 para los TA.

### Subprograma de Jóvenes Académicos de Carrera

Las plazas logradas a través del Subprograma de Incorporación de Jóvenes Académicos de Carrera (SIJA) desde su creación hasta 2019 sumaron 225, 175 investigadores y 50 TA. El SIJA está asociado al Subprograma de Retiro Voluntario por Jubilación del Personal Académico de Carrera (REVOL-TC-DGA-PA). Así, varias de las nuevas plazas se lograron gracias a las jubilaciones. La población de mujeres en estos nuevos ingresos fue de 95 (69 investigadoras y 26 técnicas académicas), lo que equivale a 42.2%.

### Cátedras Conacyt

A la planta académica del SIC se suman los investigadores contratados a través del Programa de Cátedras Conacyt, quienes para 2019 sumaron 109 (2018:115), de los cuales mujeres fueron 46 (42.2%), seis menos que el año pasado, lo que se explica porque el programa fue suspendido por el Conacyt en 2019 y a los movimientos de los académicos. En relación con el total de Cátedras Conacyt de la UNAM en 2019, el SIC logró 87.4%.

### Becas Posdoctorales

Otro grupo que se suma a las tareas de investigación son los becarios posdoctorales DGAPA-UNAM, que en el periodo fueron 294 en el SIC; de éstos, la población femenina fue de 125 (42.5%). Los posdoctorales de otras instituciones sumaron 226 (población femenina de 83, 36.7%), dando un total de 520

(19 más que el año 2018: 501). Este subconjunto representa 21.6% de los 2,405 investigadores integrantes del SIC (considerando investigadores de la planta académica, posdoctorales y Cátedras Conacyt).

### Avances en el tema de género

Múltiples son los esfuerzos desarrollados para atender la desigualdad entre los géneros; destacan en el año la continuidad en el diagnóstico y en la planeación de las estrategias para atender los problemas detectados tales como disparidad en el acceso a las plazas de investigación, la violencia en los *campi* y el acoso, entre otros. Las estrategias señaladas consistieron en la constitución de comisiones internas para atender el tema y, además, se han impartido múltiples charlas para la toma de consciencia en la población que integra el Subsistema, pues no sólo se trata de corregir y sancionar, también de educar en una nueva cultura de relación entre los géneros y en el reconocimiento a su diversidad, que no se limitan solamente a hombres y mujeres.

En 2019, la población de investigadoras en el SIC creció ligeramente con respecto del año anterior, 27.7% (27.3% en 2018) y en las TA en 44% (43.2% en 2018). En el caso de los posdoctorales las mujeres representaron 40%. En las Cátedras Conacyt la proporción fue de 40.3%, mejorando las proporciones en las nuevas generaciones. En las recientes contrataciones vía SIJA, con cifras hasta 2019, 39% del ingreso fueron mujeres, es decir, el SIC logró en los últimos años aumentar la proporción del ingreso de las mujeres en los nuevos mecanismos de ingreso y participación.

### Habilitación de los cuerpos académicos, estímulos

En relación con los grados académicos y las distinciones, 98.8% de los investigadores tiene el grado de doctor; con respecto a los TA, 26.8%. Vale la pena hacer notar que a partir de 2013 el número de técnicos con maestría (530, 2018: 511) pasó a ser mayor que la de aquellos con licenciatura (429), tendencia que se sostiene.

Referente a los estímulos, en el subconjunto de los investigadores 93.3% pertenecen al Programa de Estímulos al Desempeño del Personal Académico de la UNAM y en el caso de los TA 98.7%.

### Sistema Nacional de Investigadores

Los investigadores pertenecientes al Sistema Nacional de Investigadores (SNI) en 2019 fueron 1,631 (2018: 1,610), es decir 92.1% de la planta de investigadores en el SIC, de los cuales nivel III o eméritos fueron 506 (2018: 499), cifra que representa 31% del total; en lo referente a los TA fueron 195 (2018: 182 y uno de ellos con nivel III).

En resumen, el crecimiento del SIC tuvo tres vías: los posdoctorales y las Cátedras Conacyt, ambos preámbulos de posibles contrataciones y mecanismo para probar vocaciones y afinidades, y la tercera vía fue el Subprograma de Incorporación de Jóvenes Académicos, cuyo sostén es el Subprograma de Retiro Voluntario por Jubilación del Personal Académico de Carrera. En los tres



casos se trata de rejuvenecer al conjunto de participantes con integrantes de probada calidad académica, al mismo tiempo que apoyar el desarrollo científico de las regiones y procurar un ingreso más equitativo de la población femenina en las áreas en las que se presentan como postulantes.

### Premios y distinciones

Los académicos del SIC lograron 447 galardones, cuya distribución fue la siguiente: 72 premios, 153 distinciones, 173 reconocimientos, 46 medallas y tres doctorados *Honoris Causa*. De todos éstos, de carácter internacional fueron 107 (23.9%). Los premios recibidos por los alumnos asociados al SIC sumaron 60.

Por su parte, las entidades del SIC otorgaron 40 premios: 10 a alumnos y 30 a académicos.

## INVESTIGACIÓN

### Proyectos

El trabajo de investigación del SIC está organizado mayoritariamente por proyectos, 2,971 en 2019. De este conjunto, proyectos de investigación fueron 2,750 y 221 de otros proyectos que se dividen en: de infraestructura (36), de vinculación (24), de divulgación (17), de docencia (77), de gestión institucional (5) y otros (62). Estos proyectos son la forma de organización prioritaria y está orientada a objetivos concretos y en tiempos determinados cuando han competido por los recursos ante agencias de financiamiento internas y externas a la UNAM. En relación con los esfuerzos para atender temas de la agenda nacional en el año reportado, los que buscan vincularse con las empresas lograron 117 proyectos para integrar la investigación científica y tecnológica a sus actividades y a su vez para resolver temas específicos; atentos al tema de las energías y particularmente a las energías alternativas 213, abocados al cambio climático y medioambiente 339; desarrollos tecnológicos 153; agricultura y alimentación 56, a la salud 317, básicos 675 (1,870 clasificados y 880 con otras clasificaciones).

Los proyectos de investigación con recursos provenientes de la UNAM fueron 1,884 (68.5%) y con recursos externos 983 (35.7%). Siendo el SIC parte de una universidad pública, es consecuente que el sector público haya sido el que mayores recursos aportara a los proyectos de investigación que desarrolla (2,305), 83.8%, y específicamente Conacyt en 2019 aportó 44% del total de los ingresos, por tal motivo, esta comunidad científica sigue sus lineamientos apostando al desarrollo de investigaciones financiables. Del sector privado, el SIC recibió aproximadamente 2.94% de los recursos que ingresaron en 2019 y finalmente, del extranjero se lograron 3.7%.

### Publicaciones y otros resultados

#### *Publicaciones*

En el SIC, durante 2019 se produjeron 6,688 publicaciones (en 2018 fueron 6,737). De ellas 3,924 fueron artículos en revistas indizadas (3,715 en revis-



tas publicadas en el extranjero y 209 en México de circulación internacional). Adicionalmente, se publicaron 151 artículos no indizados, 818 memorias en extenso, 141 libros, 431 capítulos de libro, 609 reportes técnicos, nueve mapas y 95 otras publicaciones. Vale la pena destacar que los becarios posdoctorales participaron en la publicación de 160 artículos indizados.

### *Publicaciones destacadas*

México publicó en la afamada revista *Science* 16 artículos, de los cuales ocho fueron publicados por académicos pertenecientes al SIC; en el caso de la revista *Nature* el país publicó 16 artículos, tres de estos fueron de académicos del Subsistema.

Un investigador del Instituto de Astronomía formó parte de un grupo de científicos internacionales que logró capturar y hacer la interpretación teórica de una serie de destellos de rayos gamma. Se publicaron en una serie de tres artículos en dos de las revistas de mayor prestigio, se trató de *Astrophysical Journal* y *Astrophysical Journal Letters*. La revista *Nature* retomó la información y citó el artículo "Extreme emission seen from  $\gamma$ -ray bursts". (Fuente *Gaceta UNAM* 02/12/2019).

Científicos del Instituto de Física formaron parte del equipo internacional que corroboró, por primera vez, la existencia de un fondo cósmico de neutrinos en la distribución de la materia en el Universo. Con los datos obtenidos se generó un mapa mucho más preciso del cosmos. Los resultados del experimento se publicaron en el artículo "First constraint on the neutrino-induced phase shift in the spectrum of baryon acoustic oscillations" en la revista *Nature Physics*. (Fuente: *Gaceta UNAM* 25/04/2019).

Científicos del Instituto de Biología junto con colegas de la Universidad de Duke, EUA, encontraron que la relación entre hongos y plantas, dos grupos que se originaron en el ambiente marino hace más de mil millones de años, está muy asociada con su actual diversidad. La investigación que se divulgó abarca más de mil millones de años de la historia de plantas y hongos, desde antes de que ocuparan el medio ambiente, y se publicó en el artículo "Contemporaneous radiations of fungi and plants linked to symbiosis" en la revista *Nature Communications*. (Fuente: *Gaceta UNAM* 04/03/2019).

Científicos del Instituto de Biología (IB) participaron en un estudio binacional sobre los efectos del calentamiento global en la reducción de la abundancia de especies (declive de insectos) y la consecuente reestructuración de la cadena trófica en bosques tropicales de Puerto Rico. El hallazgo sobre el declive de insectos se publicó en el artículo "Climate-driven declines in arthropod abundance restructure a rainforest food" en la revista *Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America*.

Los científicos del Instituto de Biotecnología y sus colegas, hallaron compuestos en el veneno del alacrán, los aislaron, produjeron y patentaron. Dichos compuestos tienen el potencial para ser utilizados como fármacos contra tuberculosis, considerada una enfermedad letal. Sólo en México, en 2016 se reportaron 2,569 decesos por este padecimiento. Los resultados de dichos

hallazgos se publicaron en la revista *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*.

Investigadores del Instituto de Ecología (IE) explicaron un estudio que realizaron científicos australianos, que habla sobre la capacidad de las abejas para realizar operaciones aritméticas; el artículo se llamó "Numerical cognition in honeybees enables addition and subtraction" y fue publicado en la revista *Science Advances*. Algunos estudios previos sugieren que estos insectos pueden contar, pero en este artículo se menciona que también pueden aprender conceptos como izquierda/derecha, arriba/abajo, grande/pequeño e igual/desigual.

Investigadores del Instituto de Ecología destacaron que la sexta extinción de especies en la Tierra está más cerca de lo que se imagina. Ahora desaparecen en pocas décadas las especies que tardarían cientos de miles de años en perderse de manera natural. Los estudios realizados por los académicos sobre la denominada sexta extinción se publicaron en el artículo "The misunderstood sixth mass extinction" en la revista *Science Advances*, donde se advierte que la aniquilación de la naturaleza por el ser humano es tan grave que, si el modelo de desarrollo actual no cambia radicalmente, habrá un colapso de la civilización para el 2050 debido a éste y otros problemas ambientales como el cambio climático.

Científicos del Instituto de Geofísica opinaron sobre el hallazgo de montañas gigantes en el interior de la Tierra. Destacaron que este hallazgo obliga a replantear los modelos de dinámica del manto, los cuales son importantes para saber, mediante una reconstrucción de topografía dinámica, cómo era la superficie de la Tierra en el pasado. El estudio "Inferring Earth's discontinuous chemical layering from the 660-kilometer boundary topography" fue publicado en la revista *Science* el 15 de febrero de 2019. Este conocimiento tendrá implicaciones en el análisis del paleoclima y en el estudio de los flujos superficiales de agua, de la evolución de las cuencas y de la vida en el planeta.

Científicos del Instituto de Geofísica dieron continuidad a los trabajos sobre explosiones solares, la actividad solar produce explosiones que emiten rayos X, que pueden dañar satélites, afectar las telecomunicaciones y ocasionar bloqueos en radiocomunicaciones que son utilizadas, entre otros, por sistemas de protección civil. Este tema es tratado en un artículo publicado en la revista *Space Weather, AGU100 Advancing Earth and Space Science* por integrantes del Laboratorio Nacional de Clima Espacial (Lance) de la Unidad Michoacán del Instituto de Geofísica.

### *Patentes*

Otros resultados del SIC corresponden a las patentes, de las cuales 46 fueron solicitadas y 22 otorgadas: de las solicitadas dos fueron ante instancias extranjeras y 44 en el país; con respecto a las otorgadas, 19 fueron nacionales, tres fuera del país. Además, se realizaron 22 prototipos construidos, se transfirió un desarrollo tecnológico, se redactaron cinco normas, un instrumento experimental en funcionamiento, 18 programas de cómputo documentados y liberados, un diseño industrial y siete derechos de autor registrados.

### *Arbitraje en revistas internacionales*

Académicos del SIC participaron como árbitros en revistas indizadas de prestigio internacional: 733 investigadores elaboraron 2,358 dictámenes.

### *Edición de publicaciones periódicas de difusión*

El SIC durante 2019 dio continuidad a la edición de 17 publicaciones periódicas, 15 indizadas (siete en WoS y ocho en Scopus) y de circulación internacional. Además, las entidades reportaron un total de 27 publicaciones periódicas, es decir 10 más de las tradicionales reconocidas.

## **Fortalecimiento y modernización de la infraestructura y equipamiento científico**

LabUNAM representa la ventana más importante para visualizar la infraestructura y capacidad experimental y de servicios de la UNAM en su conjunto, esta concentración y organización de la información no tiene precedente. En la persecución de sus objetivos primordiales (censar y divulgar para construir sinergias), realizó tres funciones básicas: dar continuidad al censo, validarlo y actualizarlo en el marco del relanzamiento de la plataforma con una nueva y versátil operación e imagen. El 3 de diciembre 2019 esta plataforma avanzó en varios aspectos que se describen a continuación, además del rediseño y actualización de la información de los 42 microsítios previamente publicados y que para este año contaron con la inclusión de dos más, lo que hace un total de 44 microsítios en el sistema.

El censo, para finales de 2019, reportó 368 laboratorios con información sustantiva. LabUNAM opera a través de dos tipos de solicitud, la primera, laboratorios de investigación que además ofrecen servicios, y la segunda, para aquellos laboratorios que cuentan con equipamiento de vanguardia para la investigación y/o los servicios.

Durante 2019 se realizó la validación del instrumento diagnóstico a los laboratorios de los distintos subsistemas: el de la Investigación Científica (SIC), el de Facultades y Escuelas (SFyE) y el de Humanidades (SH), así como de algunos laboratorios de la Dirección General de Cómputo y Tecnologías de Información y Comunicación (DGTIC).

La validación contempló información sobre infraestructura y temas del Programa Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación 2014-2018, aspectos relacionados con la seguridad en los laboratorios. Así, la información renovada de los ya mencionados 368 laboratorios se divide conforme a la clasificación señalada en:

Laboratorios nacionales, los que sumaron 40. Son aquellos que resultan de un esfuerzo coordinado a nivel federal entre varias instituciones para la adquisición de equipamiento de vanguardia para su operación y utilización. La UNAM participa con 33 laboratorios como institución responsable y en siete como institución asociada. Cabe señalar que Conacyt tuvo registrados y apoyó a 76 laboratorios nacionales en todo el país, bajo el cobijo de diversas entidades

de educación superior y centros de investigación pertenecientes al gobierno federal. Dicha cifra indica que la UNAM está a cargo de 43% de los laboratorios nacionales apoyados por el Conacyt.

Laboratorios universitarios fueron 52. Se caracterizan también por un esfuerzo compartido con equipos e instrumentos modernos que se utilizan entre varias entidades, pero sólo dentro de la UNAM.

Unidades de Apoyo a la Investigación alcanzaron la cifra de 276. Su especificación radica en que dan servicios y apoyos a la investigación. Durante 2019 se validó la información de 247 laboratorios y se encuentran en proceso 29.

La tarea de integrar paulatinamente a LabUNAM los laboratorios de los subsistemas de Escuelas y Facultades y del Subsistema de Humanidades depende de las instituciones que buscan integrar sus espacios de investigación al esfuerzo que hace la CIC. Así, la plataforma recibió 14 solicitudes de servicios.

## CERTIFICACIÓN Y ACREDITACIÓN

La Coordinación de la Gestión para la Calidad de la Investigación (CGCI) es la encargada dentro de la CIC de las certificaciones y acreditaciones de los laboratorios y otras entidades dentro de la UNAM. En lo referente a las Certificaciones Internacionales ISO 9001, en 2019 se certificaron 16 nuevos laboratorios bajo la norma ISO 9001:2015: Instituto de Geofísica (1), Instituto de Ciencias del Mar y Limnología (2), Instituto de Neurobiología (6), ENES Morelia (4) y FES Cuautitlán (3). Adicionalmente, la FES Cuautitlán certificó un nuevo laboratorio bajo la norma ISO 17025:2005.

También se revalidó la certificación ISO 9001:2015 de 251 laboratorios: Facultad de Ciencias (1), Facultad de Ingeniería (26), Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia (13), Facultad de Odontología (6), Facultad de Química (13), FES Acatlán (5), FES Aragón (23), FES Cuautitlán (99), FES Iztacala (1), FES Zaragoza (40), ENES León (1), Centro de Física Aplicada y Tecnología Avanzada (5), Coordinación de la Investigación Científica (1), Coordinación de Innovación y Desarrollo (1), Instituto de Biología (4), Instituto de Biotecnología (1), Instituto de Ciencias del Mar y Limnología (1), Instituto de Física (1), Instituto de Ingeniería (1), Instituto de Investigaciones Biomédicas (1) e Instituto de Química (7).

Los laboratorios que revalidaron su acreditación fueron 15: Facultad de Química (14) e Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología (1).

Es de destacar también que la Coordinación de Gestión para la Calidad de la Investigación de la Coordinación de la Investigación Científica (CGCI) completó el proceso de acreditación con la norma internacional para certificación y auditorías de sistemas de gestión ISO 17021-1.

La CGCI también participó activamente en los Comités Internacionales de Normalización de la ISO de: Aseguramiento y Gestión de la Calidad (ISO/TC 176), Gestión de la Innovación (ISO/TC 279), Aprendizaje y Servicios Educativos (ISO/TC 232) y Aseguramiento de la Conformidad (ISO/CASCO). Adicionalmente, la Dirección General de Normas de la Secretaría de Economía rati-

ficó a la CGCI como Coordinadora del Comité Nacional de Normalización en Educación.

Finalmente, a petición de Dirección General de Normas de la Secretaría de Economía se participó en un Seminario de capacitación para funcionarios del gobierno federal que participan en el desarrollo de normas.

### Creación, construcción, adquisición y mantenimiento de equipamiento

El Instituto de Física, el Instituto de Astronomía y el Instituto de Biotecnología son entidades que participan en el proyecto del Complejo Científico y Tecnológico Sincrotrón de Hidalgo, una poderosa herramienta que es un acelerador de partículas, para realizar investigación de frontera en áreas como química, física, ingeniería, biología, medicina y ciencias ambientales. Se trata de una máquina para acelerar electrones a velocidades cercanas a la luz. La comunidad científica del país espera que el sincrotrón tenga un impacto importante en la industria privada —la aeronáutica, automotriz y biotecnológica— y en el ámbito nacional: Petróleos Mexicanos, la Comisión Federal de Electricidad, en los Laboratorios de Biológicos y Reactivos de México (Birmex), entre otras aplicaciones.

En el Instituto de Ciencias Nucleares (ICN) se encuentra el Centro de Datos y Cómputo de Alto Rendimiento con el almacenamiento de datos científicos más grande de México. El Centro mantiene colaboración con instancias universitarias de las áreas de física y astrofísica: con los institutos de Astronomía (IA), de Matemáticas Aplicadas y en Sistemas (IIMAS), Geofísica y con el Centro Virtual de Computación (CViCom). El equipo está conformado por 45 nodos de procesamiento y 52 servidores de almacenamiento, y tiene una capacidad de cinco Petabytes, equivalentes al contenido de un millón de DVDs. Como una enorme biblioteca de la era digital, contiene la información de trabajos científicos nacionales e internacionales, como el Laboratorio Nacional HAWC de Rayos Gamma, el detector ALICE del Gran Colisionador de Hadrones, el Experimento de Energía Oscura DESI y el Observatorio Pierre Auger de Rayos Gamma. El centro creció técnica y presupuestalmente por los trabajos de física de altas energías y de astrofísica, tanto del ICN como del IA se conformó como un centro de cómputo del Observatorio Pierre Auger (ubicado en Argentina y en el que colabora la UNAM) y su primer clúster o cúmulo de computadoras personales fue *Tochtli*, el primer nodo de América Latina con la tecnología Grid, la cual enlaza centros de cómputo separados físicamente entre sí.

Un grupo de investigadores de los institutos de Astronomía y de Física participan en la fase de construcción y diseño del proyecto Cherenkov Telescope Array (CTA, por sus siglas en inglés), un conjunto de telescopios que constituirán el observatorio terrestre de próxima generación para la astronomía de rayos gamma de muy altas energías.

Investigadores del Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas desarrollaron una pinza robótica capaz de agarrar objetos variados. Las pinzas están diseñadas bajo un sistema de seis ligas alineadas y acopladas

a un sistema capaz de autocorregir su posición y orientarse de forma local, en un rango de cinco a 10 centímetros. Por este desarrollo el equipo de científicos fue distinguido en mayo pasado con el tercer lugar de los Premios del Programa de Fomento al Patentamiento y la Innovación (Profopi) de la UNAM, que organiza la Coordinación de Innovación y Desarrollo, en su edición 2019.

Científicos del Centro de Ciencias de la Atmósfera construyeron la primera cámara de nube de México y América Latina para el estudio de nubes frías. El dispositivo se llama UNAM-Microorifice Uniform Deposit Impactor-Doplet Freezing Technique (UNAM-MOUDI-DFT). La cámara abre la posibilidad de estudiar las nubes de hielo y simular las condiciones termodinámicas de la atmósfera para poder comprender distintos fenómenos que allí suceden. El equipo es portátil y se ha utilizado para hacer mediciones al aire libre en Yucatán, Ciudad de México y Estado de México, para conocer la composición química y física de las nubes de hielo en una región específica. Con este dispositivo los científicos esperan que los datos colectados puedan incorporarse a un modelo climático regional y mejorar el entendimiento de los patrones de precipitación en México.

Los buques oceanográficos de la UNAM: “El Puma” que navega en el Pacífico mexicano y el “Justo Sierra” que circunda en el Golfo de México son dos embarcaciones de investigación científica que continuarán apoyando a la ciencia mexicana por aproximadamente una década más con el mantenimiento adecuado, gracias a la inversión económica realizada en 2019. Ambos buques realizaron un diagnóstico acerca de su estructura y a partir del mismo su modernización y equipamiento, que garantizan su funcionamiento por varios años más. Dentro del diagnóstico de 2019 está la adquisición de nuevas embarcaciones específicas, acorde con los objetivos de las investigaciones futuras en ciencias marinas en el ámbito nacional.

El Instituto de Ciencias del Mar y Limnología recibió el Distintivo Ambiental UNAM en el nivel Oro (2019-2022), el máximo de su categoría, por su ejemplar desempeño ambiental. Con su contribución, se han establecido equipos y sistemas ahorradores de luz y agua, como lámparas, despachadores de agua y el uso de jarras en oficinas, en sustitución de botellas y garrafones, siempre cuidando la calidad del líquido potable, entre otras acciones.

En el Instituto de Geofísica se renovaron 11 estaciones sísmicas que permiten determinar la actividad del volcán Popocatepetl. En colaboración con el Centro Nacional de Prevención de Desastres (Cenapred), está por concluir la modernización de las estaciones sísmicas que permiten monitorear la actividad del volcán, para ello se utilizan instrumentos como sistemas de posicionamiento global y cámaras que complementan una visión integral en tiempo real.

## DOCENCIA

Diversos son los empeños en el ámbito educativo que lleva a cabo el SIC: además de asesorar y dirigir tesis en los diferentes niveles para graduar alumnos, actualiza y reestructura planes de estudios, invierte en variadas tareas y acciones para impulsar la formación temprana a la investigación a través de



diferentes programas como Jóvenes hacia la Investigación, Verano de la Ciencia, Días de Puertas Abiertas, Taller de Ciencia para Jóvenes, y Estancias de Investigación, e imparte cursos regulares y extraordinarios. Aún más trascendente es que se imaginan y crean las carreras del futuro que darán continuidad a la labor científica de las generaciones precedentes y a la vez innovan en las maneras de educar y transmitir el cómo hacer una nueva ciencia de frontera, interdisciplinaria, con nuevas preguntas y que se vinculan con los temas de la compleja agenda nacional.

Con información de los centros e institutos, para 2019 se reportan 10,379 alumnos atendidos, de los cuales 8,372 estuvieron realizando tesis o estancias en los laboratorios del SIC. Los que obtuvieron el grado fueron 2,007 (856 de licenciatura, 13 de especialidad, 762 de maestría y 376 de doctorado). De todos los alumnos atendidos, 3,683 contaron con alguna beca (35.4%).

Se impartieron 3,394 cursos regulares (1,468 de licenciatura, 30 de especialidad, 1,433 de maestría y 463 de doctorado), 548 cursos únicos y 1,580 alumnos realizaron su servicio social en los centros e institutos del SIC.

Además, se crearon cuatro nuevas licenciaturas en cuyo proceso participó el personal académico del SIC: licenciatura en Ciencias Agroforestales que se imparte en la Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Morelia; licenciatura en Geografía Aplicada, en trámite de aprobación para la Escuela Nacional de Ciencias de la Tierra; la licenciatura en Ciencia de Datos, a la que ingresó la primera generación; y el plan de estudios de la especialización en Gestión de Proyectos Museales, también en trámite de aprobación. Estas carreras o la reestructuración de los planes de estudio (2), darán continuidad a la labor científica con nuevas perspectivas en las nuevas generaciones.

## SECRETARÍA ACADÉMICA

La Secretaría Académica (SA) de la CIC estuvo a cargo de múltiples tareas asignadas regularmente. Tiene en su estructura cinco secretarías técnicas: la Secretaría Técnica del Consejo Técnico de la Investigación Científica, que organiza y distribuye los diferentes asuntos del personal académico y comisiones para su análisis y resolución por los consejeros; la Secretaría Técnica de Seguimiento, responsable de la conformación, mantenimiento, actualización y explotación estadística de las bases de datos con información sobre el personal académico del SIC, su producción, líneas de investigación, proyectos y estímulos, entre otros, además de apoyar en el desarrollo de los diferentes sistemas informáticos y sus sitios *web*; la Secretaría Técnica de Intercambio Académico, que promueve el intercambio de los miembros del Subsistema con instituciones académicas nacionales y extranjeras y gestiona el apoyo administrativo necesario; la Secretaría Técnica de Generación y Análisis de Indicadores, encargada de investigar, analizar, revisar, redactar y elaborar diversos informes sobre aspectos varios del SIC tales como su evolución y sus características, resultados de las investigaciones y su impacto, modelos de financiamiento y estudios comparativos con otras instituciones nacionales e internacionales, entre otros; y la Secretaría Técnica de Comunicación y Difusión, que edita el boletín informativo de la Coordinación de la Investigación Científica, *El faro*.



La SA además coordinó la nueva etapa de la plataforma LabUNAM, en la que participaron diversas instancias internas a la CIC y todas las entidades que forman parte de los distintos laboratorios, incluyendo al Subsistema de Escuelas y Facultades y al Subsistema de Humanidades. Coordinó la renovación de LabUNAM que fue puesta en línea el 3 de diciembre de 2019.

La Secretaría Académica también dio seguimiento a los proyectos del Plan de Desarrollo Institucional (2015-2019) bajo la responsabilidad de la Coordinación de la Investigación Científica, así como de los proyectos conjuntos con la Coordinación de Humanidades.

En este contexto de intercambios interdisciplinarios, llevó a cabo en conjunto con Fundación UNAM y la Coordinación de Humanidades, un ciclo de conferencias que tuvo gran difusión y éxito por la asistencia de público en general, que permitió el intercambio de ideas y su enriquecimiento.

Además, coordinó la creación y mantenimiento de infraestructura y *software* para mejorar el funcionamiento de las tareas de las áreas a su cargo.

Finalmente, dio respuesta a las demandas de la Auditoría Superior de la Federación y Transparencia.

### Consejo Técnico de la Investigación Científica (CTIC)

**Acuerdos.** En las 21 sesiones ordinarias y en cumplimiento de las atribuciones que el Estatuto del Personal Académico de la UNAM le señala, el CTIC revisó, decidió y tramitó 9,959 asuntos académicoadministrativos relacionados con el personal académico del Subsistema de la Investigación Científica. De estos asuntos, 3,699 correspondieron a decisiones tomadas directamente por el CTIC, incluidas 3,105 evaluaciones de informes anuales 2018; y los otros 6,260 a decisiones del CTIC sobre los asuntos que ha delegado en los respectivos consejos internos y/o comisiones dictaminadoras de los institutos y centros, así como de la Dirección General de Divulgación de la Ciencia. Entre el total de asuntos, 253 correspondieron a becas posdoctorales, 61 a periodos sabáticos (39 con goce de beca de la DGAPA y 22 sin beca) y 29 a concursos de oposición cerrados para obtener la promoción a investigador titular "C". Asimismo, se llevaron a cabo dos sesiones extraordinarias.

#### *Acciones relevantes aprobadas y realizadas por el CTIC*

**Programas de estímulos académicos.** El CTIC ratificó 284 dictámenes del Programa de Primas al Desempeño del Personal Académico de tiempo completo (PRIDE), 121 dictámenes del Programa de Estímulos de Iniciación de la Carrera Académica para Personal de tiempo completo (PEI), 125 dictámenes del programa de estímulos académicos por equivalencia (PEE) y resolvió 13 recursos de revisión. Asimismo, se actualizaron las comisiones evaluadoras y/o revisoras del PRIDE de 18 entidades académicas.

Se llevaron a cabo elecciones para elegir a los consejeros representantes del personal académico ante el Consejo Interno de los institutos de Energías Renovables, Fisiología Celular, Geofísica, Investigaciones en Materiales, Matemá-

ticas y de los centros de Ciencias Genómicas y de Investigaciones en Geografía Ambiental.

Asimismo, se llevaron a cabo elecciones extraordinarias para elegir al consejero representante propietario y suplente del personal académico del Centro de Física Aplicada y Tecnología Avanzada ante el CTIC.

Se presentaron y aprobaron las ternas para la designación de los directores de los institutos de Biología, Ciencias del Mar y Limnología, Física, Investigaciones Biomédicas, Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad y de Radioastronomía y Astrofísica.

Así como también se presentaron y aprobaron los listados de los candidatos para la designación de los directores de los centros de Ciencias Matemáticas e Investigaciones en Geografía Ambiental.

El pleno del Consejo Técnico aprobó el dictamen de las comisiones para otorgar los siguientes estímulos especiales para técnicos académicos: Guillermo Haro Barraza y Harold L. Johnson, del Instituto de Astronomía; Fernando Alba Andrade, José Ruiz de la Herrán, Marcos Mazarí Menzer y Alejandro Medina, del Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología; Federico Fernández Cancino y Guillermo Massieu, del Instituto de Fisiología Celular; Julio Monges Caldera, del Instituto de Geofísica; y Efrén C. del Pozo, del Instituto de Investigaciones Biomédicas.

El CTIC aprobó las propuestas para otorgar la distinción de investigador emérito al doctor Octavio Manero Brito del Instituto de Investigaciones en Materiales, al doctor Francisco Javier González Acuña del Instituto de Matemáticas, a la doctora Estela Susana Lizano Soberón del Instituto de Radioastronomía y Astrofísica y al doctor Pedro Julio Collado Vides del Centro de Ciencias Genómicas.

Se aprobaron las propuestas para que 22 miembros del personal académico fueran nombrados jefes de departamento y de estación en varias entidades.

Se llevó a cabo la evaluación de los informes de actividades del personal académico de 30 entidades y de la Dirección General de Divulgación de la Ciencia, así como de los cuatro proyectos de la Unidad de Proyectos Especiales en Apoyo a la Investigación y la Docencia (UPEID) dependientes de la Coordinación de la Investigación Científica.

Se aprobaron los informes de las Comisiones Especiales Revisoras para atender los recursos de revisión interpuestos por académicos de tres entidades del SIC, de acuerdo con lo establecido en el artículo 106 del Estatuto del Personal Académico.

Se presentó y aprobó el proyecto de creación de una nueva asignatura y una actividad de formación complementaria de la licenciatura en Nanotecnología. Se presentaron y aprobaron 10 reglamentos para esta misma licenciatura.

Se propuso la integración de los jurados del Premio Universidad Nacional y Reconocimiento Distinción Universidad Nacional para Jóvenes Académicos correspondientes al año 2019.

Se aprobó la modificación del reglamento interno del Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas, así como de los criterios y lineamientos de evaluación para la contratación, definitividad y promoción de los investigadores del Instituto de Física.

Se aprobó la propuesta del Consejo Interno del Centro de Ciencias Matemáticas para que la Biblioteca de la entidad lleve el nombre de "Doctor Fausto Humberto Cárdenas Trigos".

Asimismo, se aprobó la contratación de profesores de asignatura y ayudantes de profesor de las licenciaturas de Ingeniería en Energías Renovables (LIER) y en Nanotecnología, para los semestres 2019-2, 2020-1 y 2020-2.

### **Secretaría Técnica de Generación y Análisis de Indicadores (SETGEAI)**

Rendir cuentas es una obligación y un empeño relevante en la Coordinación y esta secretaría tiene a su cargo dicha tarea. A través de un conjunto de informes, se expone a las autoridades universitarias, a las autoridades federales y al público en general, qué hace el Subsistema de la Investigación Científica, cómo lo hace, con qué recursos, para qué fines y cuáles son los resultados. Tal empeño no sólo se lleva a cabo porque se trata de una entidad pública que está obligada a explicar a los contribuyentes la utilización de sus impuestos, sino también porque se trata de una tradición de largo aliento que contribuye al análisis del quehacer científico en el país, a reconocer la gran labor conceptual y de creación de ideas que están detrás de los trabajos cotidianos, y a generar estadísticas que describen sus logros, aportes y rumbos, así como sus desempeños históricos, de éste que es el más antiguo sistema científico de la nación.

Durante el año 2019, se elaboraron diversos informes relacionados con peticiones, y también aquellos formales asociados al Plan de Desarrollo Institucional, al Informe del Rector y a la Memoria UNAM 2018.

### **Secretaría de Técnica de Seguimiento**

La tarea de sistematización de la información, así como su organización, seguridad, los vínculos con los usuarios que integran información y aquéllos que la utilizan es un proceso fundamental en los sistemas de información y por tanto otra tarea central de la CIC y la propia UNAM; sin información ordenada, segura y accesible, otras actividades de la Coordinación estarían en riesgo y los tiempos para su realización se extenderían impactando a las personas involucradas, los recursos económicos y administrativos y la capacidad de análisis y oportunidad del uso de la información. Así, esta Secretaría está a cargo de crear, mantener, actualizar e innovar con los sistemas de información.

### **Intercambio académico**

En 2019 continuaron los intercambios y con ellos los procesos de atención a los temas de la agenda nacional y sus regiones, así como los asuntos de carácter internacional dentro del quehacer científico del SIC.

Como cada año, se reportan los apoyos otorgados a través de la Secretaría Técnica de Intercambio Académico de la CIC, pero también aquellos que las entidades realizan con recursos provenientes de diversos fondos. Los apoyos a través de la CIC incluyen 16.4% de las actividades que los centros e institutos realizan (1,366 vs. 269). Algunas de las instancias que contribuyen con recursos para apoyar los empeños de intercambio académico dentro de la UNAM son: la Dirección General de Cooperación e Internacionalización, la DGAPA, los proyectos PAPIIT, y en el caso de las externas el Conacyt, la Secretaría de Relaciones Exteriores, los consejos de ciencia y tecnología estatales y TWAS-Unesco, entre otras.

Las cifras del CISIC indican 471 visitas internacionales y 280 nacionales. Los investigadores del SIC salieron al extranjero en 530 ocasiones y a instituciones nacionales en 404, lo que da un total de 1,685 intercambios.

Estos datos muestran que el esfuerzo institucional por ir a otras comunidades académicas fue mayor que las visitas que se reciben (934 vs. 751); también, que nos visitan más los extranjeros que los nacionales (471 vs. 280); y que el SIC sale más al extranjero que a instituciones del país (530 vs. 404), es decir, es mayor el intercambio con instituciones de otras naciones, actividad congruente con el esfuerzo de internacionalización.

Los países con los que mayor intercambio tiene el SIC fueron: Reino Unido (15), Chile (25), Alemania (28), Brasil (29), Francia (51), España (52), EUA (109).

### *Intercambio CIC*

**Intercambio apoyado por la Coordinación de la Investigación Científica.** En 2019, la CIC recibió 326 solicitudes de intercambio académico, integradas por 128 actividades nacionales y 198 internacionales, proporcionando recursos para la realización de 243 actividades, de las cuales 100 fueron nacionales y 143 internacionales. En esta colaboración participaron 31 entidades del Subsistema de la Investigación Científica (SIC).

**Intercambio nacional.** Las 100 actividades apoyadas con recursos contemplaron el viaje de 48 investigadores de la UNAM a instituciones de educación superior (IES) nacionales y la visita a la UNAM de 52 profesores visitantes de diversas IES del país.

La movilidad académica nacional en cuanto a los estados fue la siguiente: Baja California (7), Campeche (6), Chihuahua (7), Coahuila (3), Colima (4), Hidalgo (2), Jalisco (5), Michoacán (9), San Luis Potosí (8), Sinaloa (11), Sonora (25), Tabasco (2), Tlaxcala (1), Veracruz (3), Yucatán (6) y Zacatecas (1).

**Intercambio internacional.** En esta colaboración se apoyaron 143 actividades, que representaron el viaje de 72 investigadores del SIC al extranjero y la visita de 71 investigadores extranjeros a la UNAM.

La movilidad académica internacional en cuanto a países fue la siguiente: Alemania (6), Argelia (1), Argentina (3), Bélgica (2), Brasil (14), Canadá (6), Chile (5), China (1), Colombia (8), Cuba (13), España (27), Estados Unidos (13), Finlandia (1), Francia (11), Grecia (1), Guatemala (2), India (1), Italia (7), Japón (2), Malasia

(1), Panamá (1), Paraguay (1), Perú (1), Portugal (3), Reino Unido (5), Rusia (6), Suecia (1).

## RECURSOS

### Ingresos y egresos de la Coordinación de la Investigación Científica

La Secretaría Administrativa (SA) estuvo a cargo de proporcionar oportunamente los servicios de apoyo necesarios para el desarrollo de las actividades sustantivas a las distintas unidades responsables que integran la estructura de la Coordinación de la Investigación Científica (CIC).

De enero a diciembre de 2019, con recursos presupuestales de la CIC, se atendieron 155 apoyos financieros para el desarrollo de la investigación científica, por un total de \$38´003,018.75; se administraron nueve proyectos Conacyt por un importe total autorizado de \$16´453,075.72 y, con relación al control de proyectos y distribución de los fondos PAPIIT, dentro de la Unidad de Proyectos Especiales de la Red de Apoyo a la Investigación en el Sector Salud, se administraron tres proyectos por un total de \$555,000.00.

Mediante la figura de Fondos Concurrentes con el Conacyt se gestionaron y distribuyeron, a través de la Dirección General de Presupuesto, apoyos para 33 proyectos destinados al desarrollo de los Laboratorios Nacionales de Investigación Científica por la cantidad de \$44´492,248.30 (es decir \$756,306.60 menor a lo reportado en septiembre 2019 para el Informe al Rector, en vista de que dichos recursos fueron derivados hacia proyectos distintos). Del total mencionado, \$3´648,690.90 provienen del presupuesto de la CIC.

En el periodo que se reporta, se obtuvieron ingresos extraordinarios por un monto de \$34´467,908.00, de los cuales \$10´165,242.00 corresponden a la CIC y \$24´301,921.00 a las Plataformas Oceanográficas. Los apoyos financieros con cargo a ingresos extraordinarios fueron para cinco entidades del Subsistema de la Investigación Científica (SIC) por un total de \$1´575,000.00.

La SA realizó los trámites, control, seguimiento, revisión, registro y pago del Programa de Becas Posdoctorales del SIC en forma mensual para un total de 294 becarios, lo cual implicó un ejercicio presupuestal 2019 de \$85´329,535.24, de un total asignado de \$96´841,620.00; atendió el apoyo especial por convenio para el Centro del Cambio Climático y Sustentabilidad por un total anual de \$11´000,000.00, a través de cinco aportaciones vía transferencia bancaria, y tramitó un total de 554 pagos por la prestación de servicios profesionales del personal contratado para proporcionar apoyo a diversas áreas de la CIC, incluyendo los programas universitarios y las plataformas oceanográficas, de ese total 348 se cargaron al presupuesto de la CIC y 206 a Ingresos extraordinarios.

Finalmente, fueron reservados recursos para 259 apoyos de intercambio académico al SIC, de los cuales fueron atendidos 50 mediante adecuaciones presupuestales y 155 vía trámites relacionados, por un total de \$2´044,400.01, así como la atención de consultas y asesorías respectivas, 15 apoyos fueron cancelados y los restantes no fueron ejercidos.

## Coordinación de Servicios de Gestión y Cooperación Académica (CSGCA)

A través de la Coordinación de Servicios de Gestión y Cooperación Académica, en el periodo de enero a diciembre de 2019 se difundieron 41 convocatorias para financiamiento de proyectos de carácter nacional y dos de premios. De las solicitudes presentadas en el 2018 y en el 2019, con resultados publicados por el Conacyt en el periodo reportado, se aprobaron un total de 246 por un monto de \$341'365,849.39. Adicionalmente, con la Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación de la Ciudad de México se aprobaron 32 proyectos por un monto de \$119'098,275.91. Con el resto de las contrapartes nacionales e internacionales se formalizaron 133 instrumentos jurídicos por un monto de \$505'290,774.52.

El desglose de los 246 apoyos del Conacyt es el siguiente: del Fondo Institucional se obtuvieron 108 solicitudes aprobadas por \$148'064,631.22. Entre los principales programas se encuentran: los Apoyos para Actividades Científicas, Tecnológicas y de Innovación; Apoyo Complementario para el Establecimiento de Laboratorios de Investigación y Desarrollo Tecnológico; Apoyos para Adquisición y Mantenimiento de Infraestructura en Instituciones y Laboratorios de Investigación Especializada; Proyectos de Apropiación Social del Conocimiento de las Humanidades, Ciencias y Tecnologías; Apoyos para la Incorporación de Investigadores Vinculados a la Consolidación Institucional de Grupos de Investigación y/o Fortalecimiento del Posgrado Nacional y las Estancias Sabáticas Vinculadas a la Consolidación de Grupos de Investigación y/o el Fortalecimiento del Posgrado Nacional 2019.

En los programas de Fondos Sectoriales, se apoyaron 117 proyectos adicionales de Investigación Científica Básica por un total de \$179'771,010.97 y siete proyectos obtuvieron un apoyo total de \$9'354,373.95 del Fondo Sectorial de Investigación Ambiental Semarnat-Conacyt, del Fondo Sectorial de Investigación en Salud y Seguridad Social SS/IMSS/ISSSTE-Conacyt y del Fondo Sectorial de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación en Actividades Espaciales AEM-Conacyt.

En el Fondo de Cooperación Internacional en Ciencia y Tecnología, se apoyaron 14 solicitudes por \$4'175,830.25 del Acuerdo México-Francia relativo a la formación y capacitación para la investigación científica y tecnológica SEP-ANUIES-Conacyt-ECOS Nord Francia y del programa UC Mexus-Conacyt 2019 Proyectos de Colaboración Conjunta.

## Secretaría Jurídica

La Secretaría Jurídica de la Coordinación de la Investigación Científica atiende oportunamente los juicios, procesos y actos jurídicos en los que las entidades académicas o dependencias del Subsistema se ven involucrados, debiendo mantener actualizada la plataforma de la Oficina de la Abogacía General. Asimismo, se brinda apoyo jurídico y consultoría a 38 entidades y dependencias, de las cuales: 23 son institutos, siete centros y cuatro programas universitarios; así como a la Dirección General de Divulgación de la Ciencia, la Coordinación



de Plataformas Oceanográficas, (COPO), la Secretaría Ejecutiva de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel (REPSA) y la Unidad de Proyectos Especiales en Apoyo a la Investigación y la Docencia (UPEID).

En el área de convenios y contratos se realizan los procedimientos de validación, registro y depósito de los convenios, contratos y demás instrumentos consensuales celebrados por esta casa de estudios, de conformidad a lo establecido en el punto segundo, numeral 4 del Acuerdo que Delega y distribuye competencias para la suscripción de convenios, contratos y demás instrumentos consensuales en que la Universidad sea parte, de fecha 5 de septiembre de 2011, y que permite al Coordinador de la Investigación Científica celebrar instrumentos jurídicos consensuales, previo dictamen de la Secretaría Jurídica. Producto de estas labores, en el año que se informa esta Secretaría tramitó un total de 699 instrumentos consensuales, de los cuales 239 fueron dictaminados en el marco del proceso de desconcentración administrativa y académica.

En 2019 se realizaron 133 trámites migratorios, de los cuales se concluyeron 127, quedando pendientes de resolución seis asuntos por parte del Instituto Nacional de Migración. En materia laboral, se inició el año 2019 con 83 juicios ante la Junta Federal de Conciliación y Arbitraje, ingresando 24 durante el transcurso del año, de los cuales se concluyeron 20, manteniéndose 87 en trámite. En materia penal se continuó con 30 carpetas de investigación, iniciándose 16 más en el resto del año, de las cuales se concluyeron 33, continuando en trámite 13. Actualmente se está dando seguimiento a cinco juicios civiles.

En materia agraria, se continúa con la defensa del juicio en contra de la UNAM, en el Tribunal Unitario Agrario número 38 en Colima, Colima, promovido por Fauna y Selvas, S.A. de C.V. bajo el número de expediente 1406/2013, por conflicto de linderos con la Estación de Biología Chamela, el cual se encuentra actualmente en proyecto de sentencia.

Finalmente, durante el año 2019 hubo una invasión en una parte del predio de la Estación de Biología Chamela, La Huerta, en Jalisco, por lo que se presentó la denuncia correspondiente por el delito de despojo y daño ambiental ante la Fiscalía Autlán de Navarro, Jalisco, radicada bajo el número de Carpeta de Investigación CI/FED/JAL/AUTNA/0001236/2019, el cual se encuentra en diligencias de inspección.

## ACTIVIDADES DE VINCULACIÓN, COOPERACIÓN Y COLABORACIÓN

### Convenios

Los vínculos con los diferentes sectores se formalizan a través de convenios de colaboración, 410 convenios en 2019, de los cuales 60 fueron con instituciones extranjeras. Así, el SIC se empeñó a través de sus investigaciones en trabajar de forma conjunta con otras instituciones académicas (137), pero también con empresas (105), gobiernos locales (90), el gobierno federal (56) y con organizaciones no gubernamentales (2). Además, investiga desde las regiones y para las regiones del país.



## Organización de eventos académicos

### *Difusión de la ciencia*

Diversos son los caminos del SIC para la difusión de los avances y resultados. En el año que se reporta el SIC publicó, editó, reeditó, asistió a congresos y organizó un conjunto de eventos dirigidos a pares. Los centros e institutos organizaron 1,712 actividades de difusión en las que expusieron 10,680 ponentes. Se calcula que en dichos eventos participaron más de cien mil asistentes; a su vez, participaron en 1,694 conferencias por invitación: 1,203 en México y 491 en el extranjero; otras ponencias y presentaciones fueron 4,795, de las cuales 3,457 se dieron en el país y 1,338 en otras latitudes. En total, el SIC presentó 6,489 (en 2018 fueron 5,963) ponencias o presentaciones en diferentes eventos.

Adicionalmente, en el ámbito de la difusión el SIC editó 27 publicaciones periódicas; como árbitros de revistas indizadas, participaron alrededor de 733 académicos realizando un total de 2,358 dictámenes y, como se señaló previamente, produjo 6,157 publicaciones dirigidas a pares.

### *Organización y participación en eventos de divulgación*

La oferta cultural del Subsistema es de gran relevancia para la UNAM y para el país. Esta oferta se da a través de una gran red que incluye museos, oficinas de divulgación en prácticamente todos los centros e institutos y desde distintas alianzas para muy variados esfuerzos. Es una tarea a la que se le dedican el empeño de instituciones y universitarios expertos, y en donde la Dirección General de Divulgación de la Ciencia tiene un papel central. La divulgación se lleva a cabo en los diferentes medios de comunicación masivos, como la televisión, la radio y el internet. Además, se organizó y participó en diversos eventos de divulgación, también abrió sus puertas a distintos sectores para dar a conocer lo que realiza. La propia Coordinación contó con varias instancias de divulgación, como su página electrónica, la revista *El faro* y su participación en Toda la UNAM en Línea, estrategia de esta casa de estudios para difundir en internet la mayor parte del quehacer universitario que alcanza a amplios sectores de la población.

Así, investigadores de los centros e institutos organizaron 728 actividades de divulgación en las que expusieron 4,959 ponencias y lograron llegar a una audiencia aproximada de un millón de personas; a su vez, participaron en 1,741 eventos, en 734 actividades en internet, 459 participaciones en medios impresos, 264 en radio y 264 en televisión.

### *Edición de publicaciones periódicas de divulgación*

El SIC reporta en el ámbito de la divulgación 36 libros, 31 capítulos de libro y 459 artículos de divulgación, 12 producciones editoriales periódicas, además reportan otros 139 productos editoriales.

### *El Faro*

En 2019 y en consonancia con el proyecto Toda la UNAM en Línea, *El faro* dio comienzo a una nueva etapa. A través de una edición mensual digital en for-

mato PDF interactivo, disponible en la página [elfaro.cic.unam.mx](http://elfaro.cic.unam.mx), se ha dado a la tarea de comunicar la ciencia de forma más accesible y llegar a un mayor público estudiantil y a académicos, a fin de que se conozca eficientemente la labor desarrollada por los investigadores del SIC. En esta tesitura, se generaron productos audiovisuales a partir de las entrevistas videograbadas hechas a los integrantes del SIC que compartieron sus respectivos proyectos de trabajo. En este año se aumentó este tipo de materiales, en consonancia con la línea general marcada por la Universidad de difundir el conocimiento generado.

Gracias a su contenido multimedia difundido a través de las redes sociales, como Facebook, Instagram y Twitter, así como de audios, videos e infografías, *El faro* en línea ha llegado a un público más amplio. Seis boletines se editaron de la nueva etapa que, junto con 195 números ya digitalizados de su etapa histórica impresa, están listos para consulta y cuyo manejo con herramientas apropiadas facilitan al usuario la lectura de sus páginas.

Por otra parte, y debido al impacto que *El faro* ha tenido en su versión impresa durante 17 años, y a fin de dejar una memoria de acontecimientos como el nonagésimo aniversario del Instituto de Biología, los 75 años del Instituto de Geofísica y los principios que obligan a preservar la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, se concluirá la edición de tres números especiales impresos, en atención a las solicitudes formuladas por las direcciones de dichas dependencias. Los tirajes de dichas versiones van de los 2,500 hasta los 5,400 ejemplares, cuyas ediciones estarán también disponibles en un micrositio y en formato PDF en la página electrónica [elfaro.cic.unam.mx](http://elfaro.cic.unam.mx) para su consulta.

Durante 2019 se trabajó en un esquema que incluya a los comunicadores de todos los institutos, centros y programas del SIC a fin de integrar un equipo que alimente continuamente la página de *El faro* y que, en concordancia con la Dirección General de Divulgación de la Ciencia, se den a conocer más efectiva y ampliamente las investigaciones realizadas en el SIC.

Sobre la distribución de *El faro* impreso, se continúa con el esfuerzo de hacerlo llegar a algunas dependencias, como es el caso del Instituto de Astronomía que solicitó diversos ejemplares para su colección de la biblioteca. Lo mismo ocurrió con la Biblioteca Central de la UNAM, al igual que otras de los Colegios de Ciencias y Humanidades, bachilleratos y escuelas y particulares, como el Colegio Israelita de México.

## SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

Durante 2019, las actividades de la Secretaría de Investigación y Desarrollo (SID) se centraron en la gestión académico-administrativa de los Programas Universitarios pertenecientes a la Coordinación de la Investigación Científica, de la Unidad de Proyectos Especiales para la Investigación y Docencia (UPEID) y en el apoyo a la Secretaría Ejecutiva de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel (REPSA). Adicionalmente, tuvo bajo su responsabilidad la coordinación por parte de la UNAM de la Red de Soluciones para el Desarrollo Sostenible (SDSN, por sus siglas en inglés), asociada con la Agenda 2030.

En cuanto al apoyo a los Programas Universitarios y la UPEID, resalta la integración de dos cuerpos colegiados de la UPEID, el Consejo Asesor Interno y la Comisión Dictaminadora, mismos que han permitido mejorar el seguimiento de los trámites académico-administrativos de los más de 30 académicos asignados a esta Unidad, dando una mayor cohesión y articulación de las instancias que la conforman —el Centro de Ciencias de la Complejidad, la Red de Apoyo a la Investigación, el Laboratorio Internacional de Investigaciones sobre el Genoma Humano y el Centro Virtual de Cómputo—. Adicionalmente, se apoyó tanto a los Programas Universitarios como a la UPEID y a la REPSA, en la gestión presupuestal y de instrumentos consensuales asociados a los proyectos que desarrollan.

Resalta en este periodo la conformación del Capítulo México de la Red SDSN en apoyo al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030. Entre estas actividades destaca el lanzamiento de la misma el 7 de marzo de 2019, ceremonia que estuvo presidida por el doctor Enrique Graue Wiechers, rector de la UNAM, y que contó con la presencia del profesor Jeffrey Sachs, de dirigentes de la Red SDSN-Global, del Jefe de la Oficina de la Presidencia de la República, de rectores de numerosas universidades del país, de representantes del Sistema de la Organización de las Naciones Unidas México y del mundo empresarial, así como de organizaciones de la sociedad civil. En el mes de junio se organizó una reunión con el Premio Nobel de la Paz, Muhammad Yunus, en la que presentó su experiencia en el desarrollo de negocios sociales y en la cual se contó con la presencia de numerosos estudiantes mexicanos y de emprendedores sociales del país. Por otra parte, se presentó la plataforma [www.sdsnmxico.mx](http://www.sdsnmxico.mx), que incluye el Banco de Proyectos SDSN México, y que busca compartir iniciativas lideradas por universitarios de todo el país, incentivar su replicabilidad y conectar los proyectos con apoyo técnico y/o financiero. En el nivel interno, destaca la colaboración de la Red SDSN con la Coordinación Universitaria de Sostenibilidad y con la Dirección General de Evaluación Institucional en la compilación de las actividades de la UNAM en el tema de sostenibilidad requeridas por los *rankings* universitarios internacionales.

Actualmente la Red SDSN cuenta con cobertura en 70% de los estados del país. Sus actividades le han permitido formar parte del Consejo Nacional de la Agenda 2030, participando en los comités de Estrategia Nacional y de Evaluación y Seguimiento. SDSN México, junto con la Oficina de Cooperación Alemana GIZ y la Oficina de la Presidencia de la República, ha colaborado en la difusión y promoción de los ODS en espacios universitarios. Aunado a esto, SDSN México ha concretado alianzas con Pacto Mundial, su contraparte en el sector empresarial, proponiendo expertos universitarios a los comités técnicos enfocados en desarrollo sostenible que promueve dicha iniciativa corporativa.

### Programas Universitarios

La CIC siguió teniendo a su cargo cuatro Programas Universitarios que, en relación con sus temas de competencia, reúnen esfuerzos de los centros e institutos para atender demandas de diversos sectores sociales y académicos,

a la vez que ofrecen las capacidades del SIC a las entidades gubernamentales y privadas con demandas potenciales.

*Programa Universitario de Alimentos (PUAL)*

En el año 2019, el Programa Universitario de Alimentos (PUAL) dio continuidad a las actividades de los seminarios permanentes sobre Agricultura, Alimentación y Nutrición; sobre Obesidad y Diabetes, y sobre Política Alimentaria, totalizando 11 sesiones.

En cuanto a actividades docentes y de extensión de la cultura alimentaria, se realizaron nueve talleres dirigidos a miembros de la comunidad universitaria, 18 cursos sobre diversos temas de alimentación y cuatro pláticas a expendedores de alimentos en la UNAM registrados en el padrón de la Dirección General del Patrimonio Universitario. El Programa también participó en 23 actividades de divulgación en la radio y la televisión. Asimismo, se llevó a cabo el Ciclo de cine COMENTado, organizado en colaboración con la Fundación UNAM en sus instalaciones del Palacio de la Autonomía y en la sede del PUAL, en Ciudad Universitaria. En dicho ciclo se proyectaron 24 películas y un documental con el propósito de abordar diversos temas relacionados con la agricultura, la alimentación y la salud, desde muy diversas perspectivas. Cada una de estas proyecciones contó con la participación de un comentarista que, desde su particular área de especialidad, compartió diversas reflexiones a los asistentes.

Por otra parte, se brindaron 26 asesorías y consultorías a empresas y entidades de gobierno; de ellas cabe resaltar la participación del PUAL en el grupo encargado de la revisión del Proyecto de modificación de la Norma NOM 051-SCFI/SSA1-2010 Especificaciones generales de etiquetado para alimentos y bebidas no alcohólicas preenvasados- Información comercial y sanitaria. Asimismo, un miembro del Programa se integró al Comité Consultivo Nacional de Normalización de la Secretaría de Economía para colaborar, desde la parte técnica, en las tareas que tiene este Comité respecto a la elaboración de normas oficiales mexicanas y la promoción de su cumplimiento.

El PUAL participó en 14 actividades académicas dentro de las cuales destaca su intervención en la reinstalación del capítulo mexicano del Frente Parlamentario contra el Hambre, evento organizado por la LXI Legislatura del Congreso de la Unión y la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Por otra parte, un miembro del Programa participó, como miembro del jurado, en la ceremonia de entrega del premio GFSI Global Awards 2019. Este reconocimiento se entregó en el marco del Global Food Safety Initiative Conference of the Consumer Goods Forum organizado por la Global Food Safety Initiative (GFSI).

Como parte de la participación del PUAL en el diplomado en Nutrición Clínica, en el que colabora con el Programa Universitario de Investigación en Salud (PUIS), se impartieron las temáticas correspondientes al Módulo VII "Educación integral, manejo gastronómico, etiquetado, normatividad y control de calidad en alimentos" y, junto con el PUIS, se emitieron los certificados de acreditación para quienes completaron satisfactoriamente el diplomado.

*Programa Universitario de Investigación en Salud (PUIS)*

El Programa Universitario de Investigación en Salud (PUIS) tiene la misión de propiciar, coordinar y vincular la investigación en el área biomédica, clínica, de salud pública y biotecnológica hacia el estudio de las problemáticas en salud del país.

En 2019 el PUIS desarrolló sus actividades con base en tres vertientes generales: la primera, fomentar la investigación a partir de acciones articuladas con instituciones del Sistema Nacional de Salud (SNS); la segunda, vincular el trabajo de investigación universitario con el realizado en instituciones del SNS, y tercero, propiciar un impacto académico con acciones dirigidas a la comunidad universitaria.

**Colaboración académica.** En este periodo, el PUIS participó en la coordinación e integración del Grupo Asesor Universitario que abordó el tema “Migración y Salud. Apuntes para una Agenda de acción inmediata 2019-2020”, mismo que contó con la colaboración de expertos del SNS.

Se realizaron reuniones de trabajo y seminarios de investigación de la Red del Plan Universitario de Control de la Resistencia Antimicrobiana en las que participaron activamente diversas entidades de la UNAM, hospitales generales y de especialidad de la Ciudad de México y de los estados de Guerrero, Mérida, Puebla, Durango, Oaxaca, León, Estado de México, Tamaulipas y Jalisco, así como los Institutos Nacionales de Salud, lo cual generó dos publicaciones en formato digital e impreso.

Se llevó a cabo el segundo Congreso de Bioética en la UNAM, el cual reunió a expertos en temas de bioética-filosofía del siglo XXI, ética médica y calidad de la atención, migración y género, juramento hipocrático, dilemas éticos al final de la vida, aborto: contexto actual en población mexicana y feminización de la pobreza. Este congreso fue transmitido en plataforma virtual y presencial ante 307 asistentes en el auditorio Raoul Fournier de la Facultad de Medicina.

Se dictaron nueve sesiones del Seminario Permanente de Bioética en colaboración con la Facultad de Medicina y se realizó el simposio Enfoques Modernos de la Resistencia Antimicrobiana; en colaboración con el Colegio de Bioética se llevó a cabo el coloquio Homenaje al doctor Ruy Pérez Tamayo “10 Razones para hacer bioética”, y en colaboración con la Global Respiratory Infection Partnership se efectuó el Primer Simposio de Concientización sobre el Uso de Antimicrobianos.

**Difusión.** En 2019 el PUIS difundió la serie *Hipócrates 2.0*, una coproducción entre este programa y radio UNAM sobre temas de investigación y vanguardia en salud; participó en la Cuarta feria del libro de ciencias de la salud, realizada en el Palacio de la Escuela de Medicina, y continuó llevando a cabo la difusión de temas de investigación relevantes en el área de la salud a través de distintas redes sociales como Facebook y Twitter (<https://es-la.facebook.com/unam-puis/>, [https://twitter.com/PUIS\\_UNAM](https://twitter.com/PUIS_UNAM)).

Publicaciones. El PUIS publicó y distribuyó a los principales organismos internacionales de salud el documento “Estado actual de la resistencia antimicrobiana”.

crobiana en México 2018, segundo reporte de los hospitales de la Red del Plan Universitario de Control de la Resistencia Antimicrobiana: resistencia antimicrobiana y consumo de antibióticos”, en colaboración con la International Society for Infectious Diseases; editó en español la guía para el Control de infecciones asociadas a la atención en salud; asimismo, actualizó el catálogo virtual Investigación en la UNAM que contiene líneas y proyectos de investigación en el área de la salud. Todas estas publicaciones están disponibles en la página [www.puis.unam.mx](http://www.puis.unam.mx).

**Premios y estímulos otorgados.** En 2019 el PUIS fomentó la investigación a través del otorgamiento de seis premios relacionados con oncología, parasitología, neurología, resistencia antimicrobiana y especialidades médicas. A partir del subprograma de Apoyo y fomento a la investigación en neurociencias clínicas, se otorgaron cuatro estímulos económicos a médicos que cursan la especialidad en el Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía Manuel Velasco Suárez.

**Educación continua.** En materia de educación continua, en este periodo el PUIS impartió el curso “Metodología de la investigación y estadística básica aplicada a la salud”, integrado por cinco módulos en modalidad presencial y que contó con la asistencia total de 253 profesionales de la salud; concluyó el diplomado Actualización Integral de Conocimientos en Medicina, integrado por 396 horas en modalidad presencial y en el cual participaron 45 médicos generales; se impartió el diplomado en línea Gestión y Liderazgo en Servicios de Salud, estructurado en 180 horas, dirigido a 77 profesionales de salud del IMSS y cuyo aval académico es otorgado por la UNAM y la Universidad de California, Berkeley; finalmente, efectuó la segunda edición del diplomado Nutrición Clínica, constituido por 148 horas y dirigido a 78 profesionales de la salud (nutriólogos y médicos) interesados en actualizar sus conocimientos y obtener habilidades para el diagnóstico de problemas nutricios que les permita identificar diferentes alternativas terapéuticas durante su práctica profesional.

#### *Programa de Investigación en Cambio Climático (PINCC)*

En 2010 se creó el Programa de Investigación en Cambio Climático (PINCC) cuyas tareas de investigación buscan proveer de la información necesaria para apoyar la toma de decisiones, la creación de políticas públicas en el nivel local y regional, y ayudar en la generación de una visión estratégica sobre el contexto internacional que se presentará bajo condiciones de cambio climático.

**Red académica nacional e internacional.** Gracias al trabajo en redes, el PINCC ha sido convocado para formar parte de consejos académicos de iniciativas de otras universidades que desarrollan temas vinculados con cambio climático y medio ambiente. En colaboración con la Red de Patrimonio Biocultural del Conacyt se dio continuidad a la iniciativa denominada Red Nacional de Investigación Multidisciplinaria en Cambio Climático y se realizó el taller Regiones bioculturales y cambio climático en la ciudad de Puebla. Asimismo, se hicieron los trabajos necesarios de vinculación para mantener las redes académicas especializadas en Colombia, Perú, Argentina y España. En el ámbito internacional, desde el año 2011 el PINCC forma parte del International Center for Cli-



mate Governance, que tiene sede en Milán, Italia, y se mantuvo la participación en la iniciativa trilateral University Coalition for Climate Change.

**Proyectos de investigación.** Se ha continuado con el denominado Plan y Estrategia de Acción Climática para la UNAM. Durante el 2019 se publicaron libros digitales especializados en el análisis de las políticas climáticas internacionales y se realizó el estudio del “Reporte especial de la elevación de la temperatura”, publicado por el IPCC en 2018.

**Participación en foros gubernamentales.** Se participó en diversos foros convocados por el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático y el Senado de la República, a la vez que se apoyó la organización y realización del Primer Encuentro multisectorial Hacia la Gestión Integral de Riesgo de Desastres, Construyendo la Política Pública Nacional.

**Eventos académicos.** Del 7 al 11 de octubre se llevó a cabo el Noveno Congreso Nacional de Investigación en Cambio Climático, el cual año con año incrementa el número de ponentes. Se abrieron de manera paralela sedes en Venezuela y Guatemala, con lo cual se impulsó el Primer Congreso Latino de Investigación en Cambio Climático, y se organizó junto con el Instituto Mora la sexta edición del diplomado en Desastres y Cambio Climático. Se realizaron nueve sesiones del Seminario permanente del PINCC y se continuó consolidando el Círculo de estudios de la Red Universitaria de Cambio Climático. Se participó en los diplomados Derecho del Cambio Climático y Gobernanza, y el de Arquitectura y Protección Civil, a la vez que se consolidó el seminario Actualidades en cambio climático y ganadería que se desarrolla en la Facultad de Medicina, Veterinaria y Zootecnia y, a iniciativa del Programa Universitario de Estudios sobre la Ciudad, se ha instrumentado el seminario permanente Ciudades sostenibles ante el cambio climático. Finalmente, se participó en las actividades de la Fiesta de las Ciencias.

### *Programa Espacial Universitario*

El Programa Espacial Universitario (PEU) promueve la concreción de proyectos para el desarrollo de ciencia y tecnología espacial (CTE); trabaja en la construcción de un ambiente adecuado para la formación multidisciplinaria de científicos, ingenieros y científicos sociales en el área espacial, y propone estudios estratégicos para elaborar una prospectiva adecuada de crecimiento nacional, que contribuya a la toma de decisiones y a la elaboración de políticas públicas, para atender necesidades de sectores estratégicos que se benefician de la CTE. Adicionalmente, el PEU se encarga de difundir y divulgar el conocimiento en materia espacial para contribuir al conocimiento y la cultura de la sociedad en éste ámbito.

**Cultura espacial y formación de recursos humanos.** El PEU organizó el Concurso nacional de satélites enlatados 2018-2019, mismo que constó de siete etapas a lo largo de seis meses; logró un registro de 416 alumnos repartidos en 72 equipos y 65 asesores, así como la participación de 20 universidades y 11 estados de la República. El éxito obtenido y el interés en este concurso nacional impulsó su crecimiento. En octubre se publicó la convocatoria del Concurso Iberoamericano de satélites enlatados 2019-2020, teniendo al



cierre 871 estudiantes en 144 equipos, 131 asesores, 53 universidades y ocho países participantes.

Junto con el Instituto de Astronomía se coordinó la iniciativa Name Exoworlds México 2019, para lo cual se desarrolló un sitio *web* y un sistema de votaciones con el fin de nombrar un exoplaneta y su estrella asociada.

**Taller Satelital Universitario.** En respuesta a la necesidad de acortar la brecha tecnológica en el área espacial, el PEU creó el taller permanente de Ciencia y tecnología espacial, del cual se desprende el Taller Satelital Universitario (TSU). El primer objetivo del TSU es hacer un satélite que brinde experiencia, conocimiento y desarrolle capacidades para replicar esta tecnología. Como resultado de las sesiones del TSU se ha definido la misión del satélite que desarrollará el Taller Satelital Mexicano.

**Misión satelital del Taller Satelital Universitario.** El nanosatélite en desarrollo consiste en un sistema de monitoreo remoto capaz de detectar y emitir alertas de “zonas de riesgo”, con resolución media hacia alta (20 m por pixel), con un área mínima de detección de 20 por 20 m. Se seleccionarán bandas en el rango visible e infrarrojo cercano para un instrumento óptico, de manera tal que contribuirá a llevar a cabo la detección de puntos calientes, que son generados por incendios, empresas, accidentes, etcétera; el monitoreo de la presencia o ausencia de vegetación y estimación de la densidad y madurez de cultivos en áreas agrícolas; el monitoreo de la formación de nuevos asentamientos irregulares en zonas de riesgo, así como de fugas masivas de agua; el monitoreo remoto de la invasión de zonas verdes protegidas y/o la eliminación clandestina de árboles y vegetación en áreas de la CDMX, y la detección de la presencia de cuerpos de agua y/o vegetación en zonas de riesgo de aludes, así como de daños por eventos naturales. Cabe mencionar que diversas agencias gubernamentales han expresado su interés en el proyecto.

**Vinculación.** El PEU forma parte del Grupo de alerta temprana para fenómenos espaciales del Centro Nacional de Prevención de Desastres. En este periodo, se llevó a cabo una reunión con el Instituto de Aviación de Moscú y la Coordinación de Cooperación Académica de la Dirección General de Cooperación e Internacionalización, con el fin de iniciar una colaboración en el intercambio de alumnos y el desarrollo de cursos en materia espacial. En apoyo al Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología de la UNAM, se colaboró para la realización de la evaluación de un vuelo suborbital con la NASA, a la vez que se promovió el acuerdo para la firma de un convenio específico en temas de CTE con la Universidad de Arizona.

### *Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel (REPSA)*

Hoy en día, Ciudad Universitaria (CU) tiene el privilegio de contar con un ecosistema original y único que alberga más de 1,500 formas de vida silvestre nativa de la Cuenca de México; este privilegio se deriva del compromiso que la Universidad Nacional estableció hace 36 años al designar parte del territorio de su *campus* central como “zona ecológica inafectable”. La conservación de las 237.3 hectáreas que abarca la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel de Ciudad Universitaria (REPSA-CU), representa una responsabilidad ante

la sociedad mexicana en el escenario actual de deterioro ambiental, cambio climático y pauperización de la calidad de vida, a la vez que responde a un programa de desarrollo institucional de la UNAM sobre sustentabilidad.

El objetivo de la REPSA-CU es conservar al ecosistema del Pedregal, para ello, la Secretaría Ejecutiva de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel (SEREPSA) trabaja en identificar y coordinar las acciones que promuevan dicha conservación, buscando la integración de una cultura de respeto y cuidado del ecosistema originario en las diferentes funciones sustantivas de la Universidad. La SEREPSA apoya las actividades de docencia e investigación y comparte el conocimiento generado sobre el socioecosistema a través de su sitio *web* ([www.repsa.unam.mx](http://www.repsa.unam.mx)) para que la población de CU conozca la vida silvestre del Pedregal, comprenda la interrelación entre su bienestar y el bienestar ambiental del *campus* y así, legitime su preservación.

El logro más importante de la SEREPSA en 2019 es haber desarrollado de forma conjunta y bajo consenso, las bases del plan de manejo para la Reserva, a través de un instrumento que facilite la labor de mantener el Pedregal como un socioecosistema funcional, en el que se establecieron los fundamentos (proyección, principios y código de ética) que deben regir las decisiones que se tomen en relación a la REPSA, para lograr una cultura socioecológica en CU y potenciar las funciones sustantivas de la UNAM. El plan consta de seis programas (Gobernanza; Preservación y restauración del ecosistema; Atención a factores de presión; Manejo integral del paisaje; Comunicación socioecológica, y Generación de información y conocimiento) que facilitan la organización de todas las actividades que realiza el grupo de trabajo para lograr conservar el sustrato volcánico, su vida silvestre y los procesos que permiten la existencia del ecosistema nativo de CU. Los cuatro objetivos particulares del plan de manejo son: i) proteger el territorio de la Reserva; ii) promover la investigación sobre su funcionamiento ecológico y social; iii) apoyar la docencia a través de considerar a la REPSA como un espacio de aproximación al paisaje volcánico y a la creación de una cultura socioecológica, y iv) compartir el conocimiento que se genera en torno a este socioecosistema.

Entre las actividades y productos que reflejan el trabajo de protección, investigación, docencia y difusión de la SEREPSA, durante el 2019 se continuó llevando a cabo el control de fauna exótica (perros, gatos y ardillas) y se concretó la adopción por parte de la Facultad de Ciencias de los cinco pedregales remanentes presentes en su territorio. En este periodo, se publicó el artículo "Detección de Bartonella, Ehrlichia y Mycoplasma en perros ferales de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel de la Ciudad de México" en el *Brazilian Journal of Veterinary Parasitology*, y se diseñó el cuaderno de notas de la Reserva Ecológica con el tema de la rana de las rocas y la protección de su hábitat. Además, la REPSA participó en nueve congresos para compartir información generada en la Reserva, se realizaron cuatro cursos de capacitación (Manejo de serpientes con fines de conservación; Manipulación y contención segura de serpientes; Manejo de fauna silvestre de Ciudad Universitaria, y Manejo de serpientes e interacción hombre-cocodrilo), se impartieron 20 pláticas en diversos foros y se aplicaron 1,107 cuestionarios a personas que hacen uso

de CU con el objetivo de conocer lo que la población del *campus* percibe en torno al ambiente y a la vida silvestre, para con ello dirigir las acciones de comunicación socioecológica de la SEREPSA y promover el cuidado y respeto del ecosistema nativo y su vida silvestre. En relación con investigación, docencia y formación de recursos humanos, en 2019 se tuvo a seis prestadores de servicio social de diferentes carreras, se contó con 11 estancias de rotación de la especialidad en fauna silvestre de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia y con 97 personas voluntarias apoyando los trabajos que realiza cotidianamente la SEREPSA; se apoyó la realización de 76 prácticas de campo en las que participaron 1,954 alumnos de diversas carreras y entidades académicas, así como la realización de 17 proyectos de investigación, 12 tesis de licenciatura, siete de maestría, ocho de doctorado y un proyecto de divulgación.

#### *Coordinación de Plataformas Oceanográficas (COPO)*

**Operación de los buques.** En este periodo, los buques Oceanográficos (B/O) "El Puma" y "Justo Sierra" fueron utilizados por la comunidad académica de los institutos de Ciencias del Mar y Limnología, de Geofísica y de Ingeniería, en colaboración con el *campus* Sisal de la UNAM; además de por otras dependencias nacionales como el Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE) y el Centro de Investigación de Estudios Avanzados (Cinvestav). Algunas de las campañas fueron en colaboración con científicos de otros países, entre ellos Japón, Cuba y Estados Unidos, así como con empresas como Seafloor Offshore Technology, Inc.

En el año 2019 se realizaron 14 campañas oceanográficas y de geofísica marina de las cuales nueve fueron a bordo del B/O "El Puma", recorriendo alrededor de 15,000 millas náuticas en un periodo de 104 días, y cinco en el B/O "Justo Sierra", navegando 54 días y recorriendo alrededor de 7,000 millas náuticas. De éstas, nueve fueron en modalidad de tiempo UNAM y cinco de fletamento, navegando ambos buques un total de 158 días. Las campañas de fletamento captaron alrededor de \$24'784,000 de ingresos extraordinarios. El gasto de operación anual fue de alrededor de 110 millones de pesos.

**Apoyo a la docencia.** A bordo del B/O "El Puma" se llevó a cabo la edición 40 del curso "Métodos de investigación oceanográfica", ofrecida por el Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología.

**Infraestructura y equipo.** La inversión en infraestructura, equipos y materiales se incrementó significativamente en este periodo con respecto a años anteriores; la inversión total en mantenimiento fue de \$22'172,806. Algunos ejemplos de las mejoras que se llevaron a cabo en este periodo incluyen: la modernización de sistemas sobre la cubierta (tres *winches* eléctricos y consola de control); renovación del sistema de seguridad de los motogeneradores; el mantenimiento parcial al sistema de aire acondicionado y la adquisición de una evaporadora para el "Justo Sierra". En equipo, la inversión de ambos buques fue de \$3'437,181. Las transformaciones realizadas convierten a los buques de la UNAM en plataformas más competitivas para el desarrollo de las investigaciones en oceanografía, geofísica marina e ingeniería, así como más seguras para la navegación.

**Auditoría.** Durante el periodo de marzo a junio de 2019, la Coordinación de Plataformas Oceanográficas, incluyendo sus tres bases de operación, ubicadas en Ciudad de México, Mazatlán y Tuxpan, fue auditada por Auditoría Interna de la UNAM. El resultado fue un informe sin observaciones y el reconociendo por una gestión eficiente.

**Difusión.** En marzo de 2019 se llevó a cabo la reunión de usuarios de los buques en donde participaron 63 personas de diferentes instituciones académicas y gubernamentales. Asimismo, en este periodo se activaron redes sociales en donde continuamente se comparte información relacionada con los buques y notas nacionales e internacionales sobre el océano.

#### *Red de Apoyo a la Investigación (RAI)*

La Red de Apoyo a la Investigación (RAI) pertenece a la Unidad de Proyectos Especiales en Apoyo a la Investigación y la Docencia de la Coordinación de la Investigación Científica (CIC), y fue oficialmente inaugurada el 15 de junio del 2015. Las funciones de la RAI incluyen la prestación de servicios de alta tecnología en genómica, proteómica, biología molecular y celular, bioestadística y bioinformática; el desarrollo y promoción de la investigación multidisciplinaria en biomedicina mediante la interacción con investigadores del ámbito médico y universitario para generar nuevos conocimientos y sistemas de diagnóstico, prevención y tratamiento de enfermedades, y la capacitación y formación de recursos humanos calificados en las diferentes áreas de la investigación clínica y biomédica que requieran de la aplicación de tecnología de punta. La RAI está integrada por un consorcio de instituciones médicas y académicas, constituido por cuatro institutos nacionales de salud de la Secretaría de Salud y la CIC de la UNAM, y opera con siete unidades y laboratorios de investigación completamente equipados para la realización de análisis que requieren de la aplicación de tecnología de frontera.

**Planta académica.** Actualmente la planta académica de la RAI está constituida por siete investigadores (tres titulares y cuatro asociados pertenecientes a la CIC), así como tres investigadores comisionados por los institutos del consorcio y nueve técnicos académicos (cuatro titulares y cinco asociados pertenecientes a la CIC). Los integrantes del personal académico fungen como responsables de los diferentes laboratorios y unidades.

**Logros 2019.** Durante el año se concluyó la implementación del equipo y las técnicas para el funcionamiento del Laboratorio de Espectrometría de Masas de la RAI, se puso en funcionamiento el equipo de electroforesis capilar, se recibieron las capacitaciones correspondientes y se iniciaron las actividades de investigación y servicio en este laboratorio. Asimismo, se inició y continuó el desarrollo de 19 proyectos de investigación con diferentes fuentes de financiamiento, como el Conacyt y la UNAM. Los investigadores y técnicos académicos de la RAI participaron, además, en 40 proyectos de investigación en colaboración con investigadores de las instituciones del consorcio o externos.

**La producción científica** de la RAI en este periodo sumó 24 artículos originales de investigación publicados y 12 de difusión, cuatro capítulos de libro y el otorgamiento de una patente. Se presentaron 15 trabajos de investigación y se

impartieron 14 conferencias en congresos nacionales o internacionales. Además, se elaboraron dos videojuegos educativos.

**Docencia.** Durante el 2019, la RAI asesoró parcial o de tiempo completo a un total de 28 alumnos a nivel de licenciatura, especialidad, maestría o doctorado, procedentes de diferentes instituciones de educación superior, y graduó a cinco de ellos, cumpliendo así con su función de formar recursos humanos para la investigación.

En este periodo, el personal de la RAI prestó diferentes asesorías y servicios de alta tecnología, bioinformática y bioestadística a investigadores del consorcio. En total, se procesaron 3,484 especímenes en 2,029 horas de servicio y 46 servicios, y se impartieron 21 capacitaciones o asesorías.

*Laboratorio Internacional de Investigación sobre el  
Genoma Humano (LIIGH)*

El Laboratorio Internacional de Investigación sobre el Genoma Humano se creó con el objetivo fundamental de proporcionar las mejores condiciones de trabajo a jóvenes académicos que formarán parte de los nuevos líderes de investigación en el área de ciencias genómicas. Estos investigadores jóvenes pueden desarrollar sus propias ideas ya que se consideran como independientes a partir de su incorporación al LIIGH. Hasta la fecha se han incorporado cinco investigadores jóvenes. Además, el LIIGH cuenta con tres investigadores establecidos cuya función principal es la de organizar los programas académicos. Es en este contexto que los logros académicos del LIIGH deben medirse en función a los logros de sus investigadores jóvenes. Durante 2019 se obtuvieron los siguientes:

Se continuó la consolidación de las principales líneas de investigación del LIIGH: Estructura, dinámica y evolución del genoma; Regulación de la expresión del genoma; Aspectos genómicos de la predisposición al cáncer; Genética de poblaciones y paleogenómica. Se continuó con el Programa de profesores visitantes y se lograron colaboraciones con investigadores e instituciones de alto prestigio internacional. Se desarrolló el Cuarto Coloquio Internacional Horizons in Genomic Sciences, que junta la experiencia de investigadores líderes internacionales de diferentes áreas de la genómica con las ideas y entusiasmo de los investigadores jóvenes del LIIGH. Se realizó la selección de los integrantes de la segunda generación de la licenciatura en Ciencias Genómicas de la ENES Juriquilla de la UNAM. Los cursos de esta generación se iniciaron en agosto de 2019.

Es de destacarse que durante 2019 los investigadores jóvenes contaron con nueve estudiantes de doctorado, uno de maestría y 12 de licenciatura; 10 donativos internacionales y cinco donativos nacionales; 11 publicaciones en revistas de prestigio internacional.

Entre los logros específicos de investigación del LIIGH se destacan los siguientes: Optimización y utilización del algoritmo "Panorama genómico de identidad absoluta" para estudiar rearrreglos genómicos en microorganismos procarotes y eucarotes; determinación de rearrreglos genómicos que generan

cromosomas híbridos en levadura; continuación de la investigación sobre la determinación de las raíces genéticas de la población mexicana; inicio de los estudios de paleogenómica utilizando restos fósiles humanos y de microorganismos patógenos asociados a humanos; continuación del análisis de variantes genómicas localizadas en promotores con actividad *enhancer* y su relación con enfermedades humanas; determinación de alteraciones genómicas que predisponen al cáncer, usando como modelo el melanoma.

### *Centro de Ciencias de la Complejidad (C3)*

La distintiva conectividad del Centro de Ciencias de la Complejidad (C3) es característica del tipo de proyectos que desarrolla con otras entidades destinadas a solucionar problemas de alcance nacional. A continuación, se mencionan algunos de los logros obtenidos en proyectos con impacto social dentro del C3.

PumaMóvil es un proyecto interdisciplinario originado en 2016 y que vincula el trabajo de varias instancias internas y externas a la UNAM para mejorar la movilidad de la comunidad universitaria de forma integral, fomentando así su participación y solidaridad. La primera versión de PumaMóvil ofrece una solución de movilidad más eficiente dentro del *campus* de Ciudad Universitaria (CU) ya que cuenta con la facilidad de localizar al Pumabús más cercano de la ruta deseada y visualizarlo en tiempo real. Esta versión es más incluyente y solidaria, así como más segura, ya que cuenta con un botón de pánico que, en caso de estar dentro del *campus* llama automáticamente a las autoridades de Seguridad UNAM, y si se encuentra fuera del *campus* llama al 911; también es más atractiva y participativa, lo que facilitará el lanzamiento exitoso de la segunda versión de la aplicación, la cual incorporará funcionalidades para promover el uso compartido de vehículos entre los usuarios (*carpool* comunitario). La segunda versión de la aplicación, en desarrollo, cuenta con una plataforma completa de viajes compartidos en auto, peatonales, transporte público y en bicicleta, con el fin de ofrecer una alternativa a la seguridad de los estudiantes, y también incluye a las escuelas de la UNAM que están fuera del *campus* CU.

#Metrevolución: antes de entrar permita salir, “Proyecto ascenso y descenso eficiente en vagones”, es un sistema de señalamiento diseñado para facilitar y agilizar el ascenso y descenso de pasajeros en el Sistema de Transporte Colectivo Metro en la Ciudad de México, desarrollado a partir del modelaje computacional y cuyo objetivo es modificar el comportamiento de los usuarios. Este sistema forma parte de un gran proyecto destinado a mejorar la movilidad urbana; actualmente los señalamientos, producto de la investigación realizada en el C3 en colaboración con otras instituciones, están disponibles en más de 20 estaciones y hay nuevos proyectos de colaboración en puerta.

Se llevó a cabo el proyecto “Estudio científico para identificar evasión en el Impuesto al Valor Agregado (IVA) por medio de análisis de redes”. En este proyecto se analiza una gran cantidad de datos de comprobantes fiscales digitales, emitidos entre enero de 2015 y diciembre de 2018, con la intención de identificar la presunta evasión del IVA por medio de operaciones simuladas. Para la realización de este proyecto se firmó un convenio con el Sistema de Administración Tributaria.



Con la Secretaría de Turismo se realizó el “Proyecto para aprovechamiento industrial del sargazo, mejoramiento de su detección digital desde el espacio y análisis de ciencia de *Big Data* turístico”, que consta de una imagen satelital del orden de 30 millones de píxeles. La aportación consiste en un algoritmo que se desarrolló en un set de entrenamiento de unos 37 mil píxeles a partir del cual se busca identificar dónde hay o no hay sargazo. Cada píxel individual sirve como un “ejemplo” donde el algoritmo debe probar si o no, de acuerdo a ciertas instrucciones, para saber si hay sargazo, entrenando así al sistema hasta que aprende a reconocer el sargazo del mar. El resultado fue un algoritmo que obtuvo arriba del 99% de aciertos en las imágenes de prueba. Por este proyecto, un investigador del C3 ganó el primer lugar del certamen internacional Ocean Hackathon.

Finalmente, se llevaron a cabo varios proyectos en materia de salud con diferentes instituciones dentro y fuera de la UNAM, como el IMSS y el ISSSTE. Entre estos proyectos destacan aquellos realizados sobre alertas tempranas para detectar enfermedades, biomarcadores de salud y minería de datos; aprovechamiento de tecnología y patentes; cardiología; cienciometría; desarrollo de plataforma de seguimiento para cohorte de estilo de vida; genética; obesidad y diabetes; tuberculosis, y zoonosis, enfermedades transmitidas por vector.

