

Coordinación de la Investigación Científica

Dr. William Henry Lee Alardín

Coordinador ~ desde diciembre de 2015

La curiosidad, las inteligencias y la creatividad son destrezas arraigadas en el ser humano, mismas que han permitido conocer, experimentar, comparar y transformar el mundo. La ciencia como actividad humana y la investigación como los métodos, teorías y preguntas que guían el quehacer científico, son las tareas y los procesos con los que las sociedades institucionalizaron y profesionalizaron de manera eficiente y confiable a la curiosidad, las inteligencias y a la creatividad, aunque es importante hacer notar que, por más eficaces, sus resultados no son infalibles. De lo anterior se deriva la importancia del trabajo comunitario que constituye una forma de vigilancia, evaluación, prudencia, estimación, discusión y colaboración, entre otros tantos ejercicios de valoración de los logros, hallazgos y explicaciones de la ciencia.

La ciencia en general se diferencia de otras tareas sociales, también creativas, porque se hace preguntas que nadie más se plantea en las sociedades y por ello, no es una actividad y un pensamiento neutro, sino interesado en el universo y las galaxias, en la diversidad de los materiales y de los nanomateriales, en el movimiento y las fuerzas, en el cambio, en los números y sus explicaciones y aplicaciones, en las plantas y su supervivencia, al igual que la de los animales, en el cuerpo humano y en su salud, al mismo tiempo que en la geografía y la diversidad de zonas con sus construcciones sociales y económicas específicas. Así, se trata de un peculiar modo de preguntarse y responder, más allá de los intereses de grupo o sectores, la ciencia busca comprender aquello para lo cual los "otros" no tendrían las herramientas para construirse las dudas y perseguir aportaciones al bien común.

Pese a la capacidad de construir preguntas, los científicos reconocen otros saberes cuando se trata de transferir conocimientos, la estrategia es el encuentro de saberes entre científicos y demandas o necesidades de actores sociales, empresariales o gubernamentales.

Durante 2021, los académicos del Subsistema de la Investigación Científica (SIC) se abocaron a dar continuidad a las tareas sustantivas pese a las condiciones que la pandemia siguió imprimiendo a la vida cotidiana de las comunidades de investigación, al mismo tiempo que se puso especial atención, desde diferentes perspectivas, a atender el impacto del mismo COVID-19, como se describirá más adelante.

Entre los empeños destacados durante el periodo estuvo el interés porque la ciencia esté en el centro del debate sobre el futuro, porque resulta urgente construir un mundo mejor en conjunto con los demás actores sociales: hacer frente a la pandemia y explicar sus causas, preguntarse cómo hacerse cargo del pasado (que no advierte una interpretación única sino diversa y en la controversia entre memoria e historia) y formular las interrogantes: ¿qué hicimos?, ¿cómo reparamos? y ¿cómo lo hacemos más rápido?, para avanzar hacia un mundo mejor y posible. En estas interrogantes, el paradigma de la sustentabilidad y en consecuencia la restauración de la naturaleza son la guía.

El Coordinador de la Investigación Científica, doctor William Lee Alardín, en reiteradas ocasiones participó en diferentes foros para enfatizar que los problemas como el sargazo, la creación rápida de vacunas, los diagnósticos, la calidad y el acceso al agua o la pérdida de biodiversidad requieren de la ciencia. Cualquier área del conocimiento puede generar ideas que ayuden al desarrollo de las naciones; no son inmediatas, pero la modernidad en la que se habita y disfruta no se explica sin la ciencia, la tecnología y las humanidades.

La Coordinación de la Investigación Científica (CIC) y la Secretaría de Investigación y Desarrollo, además de representar la Red de Soluciones para el Desarrollo Sostenible (SDSN), marcaron la importancia de impulsar la transición energética hacia las energías renovables. Retrasar este proceso y persistir en la actual matriz, basada en combustibles fósiles, tendrá costos significativos en el bienestar de la población, en el actual estilo de vida y en la viabilidad de los ecosistemas. El impulso de las energías renovables forma parte de la Agenda 2030 auspiciada por la Organización de las Naciones Unidas, con cuyos objetivos México está comprometido desde 2015. La SDSN buscó durante 2021 articular los esfuerzos de las universidades con los gobiernos, la iniciativa privada y la sociedad civil organizada, así como buscar el bienestar del planeta a partir de alianzas multisectoriales, saberes, talentos, creatividad en un contexto donde la pandemia no solo provocó dolor, también otorgó la capacidad de detenerse, repensar las actividades, utilizar nuevas herramientas y sacar del centro de la discusión las ganancias como fin último de la maquinaria que mueve a las sociedades, al mismo tiempo que destapó el velo de las desigualdades como una pandemia de mayor magnitud y mortalidad. Cuando se interrumpieron las clases presenciales en el sistema educativo nacional e inició la jornada de sana distancia, se evidenció lo que ha sido común a la humanidad, el estado de fragilidad en el que el planeta vive.

El 15 de junio, en el marco del Plan de Desarrollo Institucional 2019-2023 se inauguraron dos comisiones con integrantes de los tres subsistemas de la Universidad: el de la Investigación Científica, el de Humanidades y el de Escuelas y Facultades. Estas comisiones iniciaron entonces dos grandes voluntades, la de construir, primero, los lineamientos de una política de Estado en materia de ciencias, humanidades, tecnología e innovación; y la segunda, abocada a la selección y creación de proyectos de investigación con las siguientes características: interdisciplinarios, en consecuencia colectivos, con atención a los problemas nacionales, bajo la modalidad de trabajo en redes, asociados

a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y a los Programas Nacionales Estratégicos planteados por Conacyt.

Por otra parte, varios análisis y perspectivas surgieron bajo esta nueva modalidad de vivir y trabajar y una de las más destacadas es la necesidad de migrar la administración de las instituciones a lo digital, lo cual implicará menos papel, transporte, impactos ambientales y contaminación; otro asunto importante ha sido el establecimiento de modelos mixtos de trabajo académico y de educación de las nuevas generaciones de investigadores. La inercia del proceso vivido en estos dos últimos años debe aprovecharse, para caminar a la digitalización de la sociedad y hacia un modelo sostenible de desarrollo.

Otra de las perspectivas de las que ha quedado clara relevancia, es el énfasis en la multi, inter y transdisciplina de las investigaciones —sin menoscabo de las disciplinarias—, así como de las posibilidades que tienen el SIC y las instituciones de educación superior (IES) para conjuntar y articular capacidades alrededor de problemas concretos.

Otro asunto relevante es que la Coordinación de Gestión para la Calidad de la Investigación (CGCI) obtuvo la acreditación ISO 17021-1:2015 para organismos que realizan auditoría y certificación de sistemas de gestión de la calidad, lo que la convierte en una entidad que puede otorgar certificaciones ISO 9001 a terceros como cualquier otro organismo nacional o internacional. Es la primera vez que una institución de educación superior logra esto. Al mismo tiempo, la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) se convirtió en la primera institución de educación superior del país en contar con 300 laboratorios y áreas certificadas y acreditadas con normas internacionales ISO.

COMPOSICIÓN

El SIC estuvo integrado en 2021, por 24 institutos y seis 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 cinco estados de la república: Ensenada y San Pedro Mártir en Baja California; en Morelia, Michoacán; en Oaxaca, Oaxaca; en Juriquilla, Querétaro; y en Sisal, Yucatán. 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 cinco programas universitarios: el de Investigación en Salud (PUI), el de Alimentación Sostenible (PUAS), el de Investigación en Cambio Climático (PINCC), y el Programa Espacial Universitario (PEU); y de reciente creación el Programa Universitario de Estudios Interdisciplinarios del Suelo (PUEIS), el cual propiciará la participación de equipos multidisciplinarios con el propósito de generar conocimiento para la evaluación, utilización y preservación del recurso suelo y el cuidado del planeta. Por otra parte, es importante hacer notar que el Programa Universitario de Alimentación Sostenible (PUAS), sustituyó al Programa Universitario de Alimentos (PUAL), con el objetivo de modernizarlo en sus estrategias e incluir en sus investigaciones el eje transversal de la sustentabilidad en el análisis de

los insumos y hábitos con que comemos. En ceremonia virtual, el coordinador de la Investigación Científica, William Lee Alardín, dio posesión del cargo a la doctora María Elena Trujillo Ortega, de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.

Asimismo, son parte de la CIC, la Coordinación de Plataformas Oceanográficas (COPO), con sus dos buques: "El Puma", con base en Mazatlán, Sinaloa, y "El Justo Sierra", con base en Tuxpan, Veracruz; y la Secretaría Ejecutiva de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel (SEREPSA), en Ciudad Universitaria.

A cargo de la Secretaría de Investigación y Desarrollo de la CIC están los Programas Universitarios ya mencionados y la Unidad de Proyectos Especiales en Apoyo a la Investigación y la Docencia (UPEID); esta última se integra, a su vez, por el Centro de Ciencias de la Complejidad, el Laboratorio Internacional de Investigación sobre el Genoma Humano, la Red de Apoyo a la Investigación, así como el Centro de Estudios en Computación Avanzada. El SIC cuenta además con 28 unidades, cuatro estaciones y cinco observatorios. En el ámbito de la divulgación cuenta con cinco museos: Universum, Museo de la Luz, Museo de Geología, Museo de Geofísica y Museo Regional Mixteco Tlayúa.

No obstante permanecer cerrado durante todo 2021, el Museo de Geofísica del Instituto de Geofísica (IGef), continuó sus labores a distancia, participando en la Noche de Museos de la CDMX, en reuniones con otros museos nacionales e internacionales; y mantuvo comunicación con el público por medio de diferentes redes sociales, así como también realizó contenido multimedia de diversos científicos que han aportado en temas de Ciencias de Tierra.

El Instituto de Matemáticas (IM), cuenta con un espacio interactivo generador de conocimiento dentro del Museo de Ciencias del Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Morelos (CCyTEM), donde niños, jóvenes y adultos se involucran en el mundo de la ciencia. Tiene tres salas permanentes: la de Agua, la de Energía y la de la Tierra. El IM, a través de su Unidad Cuernavaca y en colaboración con el CCyTEM, se encargó del diseño y montaje de una cuarta sala permanente dedicada a las Matemáticas, próxima a inaugurar.

En el Instituto de Radio Astronomía y Astrofísica (IRyA), uno de los logros en el área de divulgación de la ciencia durante el 2021 fue el término de la construcción de un sistema planetario a escala dentro del campus Morelia de la UNAM. Esta representación del sistema solar será utilizada para paseos guiados dirigido a escuelas que visiten el campus, así como para el público en general.

CRECIMIENTO INSTITUCIONAL

Nuevas instancias institucionales fueron creadas durante 2021: la primera, derivado del acuerdo entre autoridades de la UNAM y el gobierno de Pachuca, Hidalgo, se creó la sede de Pachuca del Laboratorio Nacional para la Producción y Análisis de Moléculas y Medicamentos Biotecnológicos del Instituto de Biotecnología (IBt). Su objetivo es vincular el conocimiento científico con el sector biotecnológico y la creación de capacidades en el ámbito local, lo cual generará beneficios a la salud de los mexicanos y el mejoramiento en áreas económicas y de capital humano para la entidad y la nación.

El IBt, en conjunto con las facultades de Medicina Veterinaria y Zootecnia (FMVZ) y de Química (FQ) formarán parte del laboratorio centralizado, con sede en la UNAM, que conjuntará las capacidades de las tres entidades universitarias y será clave en el desarrollo de vacunas contra la COVID-19 y otras enfermedades potencialmente pandémicas.

El pleno del Consejo Universitario aprobó por unanimidad modificar el Estatuto General de la UNAM, en sus artículos 9 y 9 bis del Título Segundo, y 106 fracciones I, del Título Octavo, derivado de la transformación del Centro de Ciencias de la Atmósfera (CCA) en Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático (ICAYCC).

Investigadores de los institutos de Biología (IB) y Ecología (IE), participaron en la inauguración del Pabellón Nacional de la Biodiversidad, construido por la Fundación Carlos Slim, el cual funciona como un espacio que enriquece la cultura, la ciencia y el conocimiento de la Ciudad de México. Autoridades universitarias e invitados al evento de inauguración coincidieron en que el Pabellón de la Biodiversidad es un espacio que refleja el compromiso de la UNAM con la agenda ambiental mundial; también es un lugar de comunicación científica con la sociedad sobre la problemática y los retos que enfrentan la biodiversidad a nivel mundial, así como un espacio donde se muestra el patrimonio natural de México.

Científicos del Instituto de Geofísica (IGef), que conforman el Laboratorio Nacional de Clima Espacial, en conjunto con el Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales de Brasil, la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires, y la Facultad de Ciencias de la Universidad de Chile, firmaron el protocolo de intenciones para colaborar en estudios y monitoreo de clima espacial en la región, lo cual permitirá posicionarse como líderes del área en Latinoamérica. Con esta alianza los firmantes formaron la Liga America Latina League for Space-Weather (ALL4Space). Se prevé integrar, en el mediano plazo, a más países de la región para continuar trabajando como una comunidad científica latinoamericana de nivel mundial en clima espacial.

Asimismo, se puso en marcha la Unidad de Educación Continua y a Distancia del Instituto de Geología (IGI), con la finalidad de contribuir a cubrir las necesidades de enseñanza-aprendizaje actuales en el área de ciencias de la Tierra. La Unidad fue diseñada e implementada en coordinación con la Red de Educación Continua de la Secretaría de Desarrollo Institucional de la UNAM.

El Centro de Geociencias (CGeo), inauguró el Observatorio Interactivo del Hundimiento y Fracturamiento del territorio en San Sebastián Tecoloxtitlán, resultado de la colaboración entre el CGeo y la Alcaldía de Iztapalapa, con el apoyo de Conacyt. Sobresale el importante incremento en recursos para la investigación a través de la aprobación de dos proyectos en el fondo institucional de Conacyt de transición energética sustentable para el bienestar socioambiental en México y de un proyecto internacional.

Investigadores del Instituto de Física (IF), son responsables del proyecto Lab-Chico, primer laboratorio subterráneo del país donde se realizarán investiga-

ciones de física de frontera e impulsarán proyectos educativos de vinculación con la ciencia. A finales de 2021 inició su construcción y estará ubicado en el interior de una mina en el estado de Hidalgo, para reducir el flujo de rayos cósmicos, lo cual permitirá detectar materiales contaminantes como plomo en agua e impurezas en el líquido, suelos y alimentos. El proyecto cuenta con la participación de la UNAM y del Consejo de Ciencia, Tecnología e Innovación del estado de Hidalgo. Con el grupo de científicos del IF colaboran colegas del Instituto de Ciencias Nucleares (ICN) y del ICAyCC.

El ICN ha venido incursionando en nuevas líneas de investigación, como óptica cuántica y micro y nanofotónica; también se ha complementado el trabajo de las técnicas experimentales de materia fría y espectroscopía de precisión con nuevas líneas de investigación y un nuevo laboratorio que estará dedicado al desarrollo de herramientas y sistemas de interferometría atómica para la creación de aplicaciones de metrología cuántica de precisión.

El Instituto de Radio Astronomía y Astrofísica (IRyA) creó en 2021 una nueva línea de investigación: la astronomía multifrecuencia, resultado de la contratación de un investigador con reconocimiento internacional en el área.

El Centro de Nanociencias y Nanotecnología (CNyN), con la aprobación reciente de su nuevo Reglamento Interno, consolida una reestructuración organizativa, que incluye la creación del Departamento de Modelación de Nanoestructuras, la Unidad de Docencia, las unidades de Nanocaracterización y Nanofabricación, así como las coordinaciones de Vinculación y de Extensión académica y el Área de gestión de calidad.

SERVICIOS

Diversos son los servicios que el SIC presta a la sociedad, entre los más destacados están: el Sismológico, el Mareográfico, el Magnético, el de Clima Espacial, el de Radiación Solar y de Geodesia Satelital, así como la producción y resguardo de información y de los datos generados por los mismos, cuya responsabilidad es del Instituto de Geofísica (IGef) de la UNAM. Durante 2021, a pesar de la contingencia, los servicios geofísicos siguieron funcionando, como parte del compromiso que el Instituto tiene con la sociedad. Además, el IGef ofreció asesoría técnica con el propósito de brindar soluciones a problemas relacionados con peligros por fenómenos geológicos. En este contexto, colaboró con las autoridades de Protección Civil de la Secretaría de Gobernación, con el gobierno de la Ciudad de México y con varios gobiernos de los estados y municipios de la república.

Por otra parte, el Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático (ICAyCC), antes Centro de Ciencias de la Atmósfera, proporciona servicios a la sociedad a través de bancos de información, modelos para pronósticos y redes de monitoreo de diversos contaminantes. Entre ellos están la Red Mexicana de Aerobiología (REMA), la Red Universitaria de Observatorios Atmosféricos (RUOA), el Programa de Estaciones Meteorológicas del Bachillerato Universitario (PEMBU), y la Unidad de Informática para las Ciencias Atmosféricas y Ambientales (UNIATMOS), así como los pronósticos meteorológicos de

dispersión de contaminantes y de cenizas volcánicas del Popocatepetl; todos producen información de libre acceso que está disponible en la página web del ICAyCC (<https://www.atmosfera.unam.mx/>). Además, se apoyó el proceso —en curso en 2021— de revalidación del Geoparque Mundial de la Unesco Comarca Minera.

La Unidad de Resonancia Magnética del Instituto de Neurobiología (INb) de la UNAM forma parte del Laboratorio Nacional de Imagenología por Resonancia Magnética (LANIREM) y cuenta con equipos de alta tecnología que permiten realizar estudios especializados para diferentes regiones del cuerpo humano. El moderno equipamiento y único en su clase en nuestro país, permite realizar estudios de alta especialidad y además fortalecer la investigación de frontera en el desarrollo de métodos tempranos de diagnóstico de daño cerebral en niños con antecedentes de riesgo pre y perinatal, así como de otros proyectos de investigación de los académicos. Con estos instrumentos se extiende y mejora el servicio de salud a la comunidad queretana y permite realizar estudios de alta especialidad.

El Instituto de Biología (IB) resguarda las Colecciones Biológicas Nacionales que son esenciales para el estudio de la disciplina en el ámbito mundial, y proporciona los servicios asociados a las mismas. Salvaguarda también las colecciones de plantas vivas del Jardín Botánico, que es uno de los más antiguos e importantes de México y conserva especímenes vivos de más de mil especies de plantas mexicanas, a la vez que mantiene un intenso programa de difusión y educación dirigido a un público diverso. Asimismo el IB, en sus dos estaciones de campo, realiza estudios que contribuyen a la creación de nuevos modelos de conservación para los ecosistemas tropicales, indispensables para su protección.

La Unidad de Irradiación y Seguridad Radiológica del Instituto de Ciencias Nucleares (ICN) mantiene un vínculo estrecho con varias dependencias de la UNAM y de otras universidades del país. Con esto se le da continuidad a los diferentes proyectos que involucran la investigación del comportamiento de materiales y equipos expuestos a un campo intenso de rayos gamma. Con el sector industrial se atienden las necesidades de esterilización de diversos productos.

Vale la pena destacar la labor desempeñada durante 2021 por algunos de los servicios señalados.

El Servicio Sismológico Nacional (SSN), operado por la UNAM en Ciudad Universitaria, incrementó sus estaciones de monitoreo de banda ancha en el país. Las cerca de 70 estaciones transmiten vía satélite gran cantidad de datos en tiempo real, cerca de mil muestras por segundo. Desde inicios de 2021 se continuó con los avances de construcción del Centro Alternativo de Monitoreo en Pachuca, Hidalgo.

Durante el año reportado se reactivó la operación de varias estaciones de la red nacional que, como consecuencia de la emergencia sanitaria, operaban parcialmente. También se realizaron varias acciones para el mantenimiento

correctivo y preventivo. Para finales del año estaban funcionando más del 90 por ciento de las estaciones. Se mejoró el nivel de detección con la cobertura nacional del Sismológico y con la pronta respuesta a la crisis sísmica en el país, como la que ocurrió el 7 de septiembre. Asimismo, terminó la obra negra del edificio que albergará el Centro Alterno de Monitoreo (CAM) del SSN en el estado de Hidalgo. En lo que respecta a la parte académica, el Sismológico se ha encargado de estudiar fenómenos sísmicos tales como los enjambres ocurridos en Michoacán, Guanajuato o en Chiapas asociados al volcán el Chichón, contribuyendo así al estudio de fenómenos de ocurrencia repentina y apoyando a las instancias correspondientes de gobiernos estatales y/o de Protección Civil. Se dio respuesta oportuna al sismo de Acapulco y se realizó la elaboración de múltiples informes en el marco de las secuencias que resultan tan importantes para el estudio de estos fenómenos. El personal académico del SSN fue capacitado para desarrollar un análisis FODA y para desarrollar la matriz de riesgos del Sismológico con el fin de dar seguimiento permanente y apoyo a los procesos de acreditación y certificación tanto nacionales como internacionales. Para alcanzar dicho objetivo, durante 2021 se realizaron reuniones semanales vía remota y se designó un responsable de la gestión.

Por su parte, el Servicio Mareográfico Nacional (SMN), pese a las complicaciones derivadas de la pandemia, logró funcionar al cien por ciento. El personal laboró desde casa durante el confinamiento y la red de monitoreo del nivel del mar continuó operando de forma ininterrumpida. Asimismo, se continuó cumpliendo con las labores sustantivas: se publicaron 11 reportes de eventos que alteraron el nivel del mar en el portal web del servicio, abarcando fenómenos tales como tsunamis, frentes fríos y mareas de tormenta. Se realizaron cuatro viajes de campo a las estaciones del Golfo y el Pacífico, y se reinstaló en su totalidad la estación de Zihuatanejo.

Durante los meses de junio y julio el SMN diseñó e impartió un curso especializado de modelación numérica de tsunamis, el cual se impartió en línea y tuvo una duración total de 22 horas. Este curso fue impartido a personal de la Secretaría de Marina, del Centro Nacional para la Prevención de Desastres (Cenapred), del Instituto Mexicano del Transporte y del Instituto Mexicano de Tecnologías del Agua (IMTA). Para complementar la información y la teoría enseñadas en el curso, se invitó a reconocidos investigadores, tanto de México como de Japón, a que impartieran pláticas y sesiones que completaran el contenido. Tanto los videos de las sesiones como las presentaciones, así como todo el material generado durante el curso se encuentra disponible en línea para que pueda ser consultado tanto por quienes asistieron como por cualquier persona con interés en el tema.

El SMN presentó ante el Comité Nacional del Decenio de las Naciones Unidas de las Ciencias Oceánicas para el Desarrollo Sostenible, sus acciones llevadas a cabo que se alinean con los siguientes objetivos del Decenio: Definir los conocimientos necesarios para el desarrollo sostenible, y afianzar la capacidad de las ciencias oceánicas para generar los datos e información sobre los océanos. Crear capacidad y generar un conocimiento y una comprensión globales del océano, incluidas las relaciones con el ser humano, así como las interacciones

con la atmósfera y la criósfera y la interfaz entre el mar y la tierra. Aumentar el uso de los conocimientos y comprensión oceánicos, y desarrollar la capacidad necesaria para promover soluciones para el desarrollo sostenible. Estos objetivos se han abordado con acciones tales como la disposición abierta de los datos recolectados por el Servicio, la digitalización de datos históricos, la modelación numérica y la impartición de cursos especializados.

Gracias a la participación del SMN en el proyecto *Hazard Assessment of Large Earthquakes and Tsunamis in the Mexican Pacific Coast for Disaster Mitigation*, se ha logrado implementar en el interior del Servicio un sistema de modelación numérica de tsunamis. Este sistema se ha visto enriquecido con un acuerdo que se estableció con la Secretaría de Marina, para que le proporcionaran al SMN datos de batimetría de alta resolución del Pacífico sur mexicano. Esta infraestructura permitió modelar exitosamente el pequeño tsunami ocurrido el día 7 de septiembre de este año como consecuencia del sismo de magnitud 7.1 ocurrido en la costa de Acapulco, Guerrero.

El SMN impartió 13 pláticas de divulgación y conferencias en 11 eventos y finalizó el proyecto *Actualización de las tendencias del nivel del mar en las costas de México*, realizado en conjunto con el Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático (ICAYCC) para el Programa de Investigación en Cambio Climático (PINCC) de la UNAM. En este proyecto se desarrolló una metodología para el control de calidad automatizado de datos de nivel del mar.

El SMN se ha capacitado para llevar a cabo el desarrollo de un análisis FODA, así como la matriz de riesgos del Servicio y el documento de partes interesadas, con el fin de dar seguimiento permanente y apoyo a los procesos de acreditación y certificación nacional e internacional de los servicios geofísicos.

La Red de Apoyo a la Investigación (RAI) prestó diferentes asesorías y servicios de alta tecnología, en particular en bioinformática y bioestadística, a investigadores del consorcio. En total se procesaron 4,407 especímenes, se dieron 7,667 horas de servicio y asesorías, se realizaron 115 servicios varios y se impartieron tres cursos formales.

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 una planta académica de 1,110 académicos [en 2020 había 1,105] en los *campi* regionales; los investigadores sumaron 668 [2020: 664] y los técnicos académicos 442 [2020: 441]. Las cifras señaladas significan que 37.2 por ciento de los investigadores y 31.9 por ciento de los técnicos académicos trabajan fuera de la capital del país.

La descentralización también se demuestra con la presencia de 16 unidades regionales, tres estaciones, dos observatorios y dos plataformas oceanográ-

ficas, abarcando 17 estados de la República Mexicana; si se toman en cuenta las estaciones del Sismológico Nacional y la RUOA (Red Universitaria de Observatorios Atmosféricos), se cubren los 32 estados. El Instituto de Astronomía (IA) tiene tres sedes: dos son del Observatorio Astronómico Nacional, una en San Pedro Mártir, Baja California, y la otra en Tonantzintla, Puebla, además de la sede de Ensenada, B.C. El Instituto de Biología tiene a su cargo dos reservas, una en Los Tuxtlas, Veracruz, y la otra en Chamela, Jalisco; además, en Tlaxcala, Tlaxcala, está el Laboratorio Regional de Biodiversidad y Cultivo de Tejidos Vegetales. El Instituto de Investigaciones Biomédicas (IIBo) tiene la Estación Científica La Malinche en el Parque Nacional La Malinche, entre los estados de Tlaxcala y Puebla. En el caso del IBt está el Laboratorio Nacional para la Producción y Análisis de Moléculas y Medicamentos Biotecnológicos en Pachuca, Hidalgo. Por su parte, el Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología (ICAT) tiene en Monterrey, Nuevo León, una parte del Laboratorio Nacional de Manufactura Aditiva y Digital (MADiT) cuya sede principal está en el campus de Ciudad Universitaria. El Instituto de Ciencias del Mar y Limnología (ICML) tiene dos unidades foráneas, la Unidad Académica en Mazatlán, Sinaloa, y la Unidad Académica de Sistemas Arrecifales en Puerto Morelos, Quintana Roo; asimismo, cuenta con la Estación El Carmen en Ciudad del Carmen, Campeche. El Instituto de Ecología (IE) logra presencia fuera de la capital del país con una sede académica en la Estación Regional del Noreste (ERNO), en Hermosillo, Sonora. El Instituto de Geología también tiene una sede en la ERNO. En tanto el Instituto de Geofísica tiene 10 laboratorios foráneos: el Laboratorio Universitario de Geofísica Ambiental (LUGA), el Laboratorio Interinstitucional de Magnetismo Natural (LIMNA), el Laboratorio Unidad de Geoquímica de Fluidos Geotérmicos (LUGFG) CeMIE_Geo-UNAM, el Laboratorio Unidad de Petrología Experimental (LUPE) (CeMIE_Geo-UNAM), el Laboratorio Unidad de Microanálisis LUMA (CeMIE_Geo-UNAM), el Laboratorio Unidad de Vulcanología y Granulometría (LUVG) CeMIE_Geo-UNAM, el Laboratorio Servicio Arqueomagnético Nacional (SAN), el Laboratorio de Petrografía (LPETRO), el Laboratorio de Análisis de Partículas y Separación de Minerales (LAPSM), y el Laboratorio de Electrónica-Sección Geofísica Aplicada (LEL), todos ellos en la Unidad Michoacán. Por otro lado, el Instituto de Geografía (IGg) y el Instituto de Matemáticas (IM) tienen sedes en Oaxaca, Oaxaca, el primero, la Unidad de Estudios Territoriales; el segundo, la Unidad Matemática. El IM tiene, asimismo, una Unidad en Querétaro y otra en Cuernavaca. Por otro lado, el Instituto de Ingeniería (II) cuenta con tres sedes: la Unidad Juriquilla en Querétaro, una Unidad con los laboratorios de Ingeniería y Procesos Costeros y el Laboratorio Nacional de Resiliencia Costera en el campus Sisal, Yucatán; y, la Unidad Monterrey en Monterrey, Nuevo León. El Instituto de Investigaciones en Materiales (IIM) tiene la Unidad Morelia en Morelia, Michoacán. El Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas (IIMAS) cuenta en la Sierra de Pacal, Yucatán, con una Unidad Académica; el Instituto de Química (IQ) cuenta con el Laboratorio de Microscopía y Fuerza Atómica, ubicado en Toluca, Estado de México y, por último, el Instituto de Física construye LabChico en el Geoparque Comarca Minera, laboratorio que realizará investigación básica y aplicada en física de frontera y con fines educativos en el estado de Hidalgo.

NUEVAS AUTORIDADES

En el Consejo Técnico de la Investigación Científica (CTIC) se presentaron y aprobaron las ternas para la designación de los directores de los institutos de Biotecnología, Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, Energías Renovables, Fisiología Celular y Geofísica, así como el listado de candidatos para la dirección del Centro de Ciencias Genómicas (CCG).

La destacada científica Laura Alicia Palomares Aguilera asumió la dirección del Instituto de Biotecnología (IBt) para el periodo 2021-2025. El coordinador de la Investigación Científica destacó la vinculación y transferencia de tecnología de ese Instituto al sector público y privado.

El doctor Jorge Zavala Hidalgo tomó posesión como director del Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático (ICAYCC) para el periodo 2021-2025. Durante su discurso invitó a la comunidad a revisar lo que se puede aprovechar en común y con otras entidades, dentro o fuera de la Universidad, para el uso de equipos y el desarrollo complementario de líneas de investigación con visiones concurrentes en entidades, programas y proyectos especiales.

La doctora Marina Elizabeth Rincón González fue designada directora del Instituto de Energías Renovables (IER).

La doctora María Soledad Funes Argüello fue nombrada titular del Instituto de Fisiología Celular (IFC).

El doctor Christian Sohlenkamp asumió por un segundo periodo la dirección del Centro de Ciencias Genómicas (CCG), con sede en Cuernavaca. El científico destacó que dará continuidad al proyecto de alta calidad académica, el cual constituye el reto de vislumbrar hacia el futuro el trabajo de un campo que avanza a grandes pasos en direcciones novedosas y sorprendentes.

El doctor José Luis Macías Vázquez fue nombrado nuevo director del Instituto de Geofísica; al darle posesión del cargo, el coordinador de la Investigación Científica exhortó a la comunidad del IGef a sumar esfuerzos y capacidades.

PERSONAL ACADÉMICO

Perfil de la planta académica

La planta académica del SIC a finales de 2021 estuvo compuesta por 3,178 individuos [2020: 3,185], lo cual representa un decremento de 0.21 por ciento con respecto a 2020, deteniendo así un aumento prácticamente continuo de la planta académica. Las explicaciones más probables para esta disminución son: el fallecimiento de los integrantes de edad avanzada de la planta académica, las jubilaciones y los decesos debido a la pandemia, así como la falta de recursos para crecer porque la demanda por las plazas es sin duda amplia. Los investigadores fueron 1,794 [2020: 1,796] y 1,384 los técnicos académicos (TA) [2020: 1,389].

Para dar una idea de la dimensión del SIC, que además de ser la comunidad científica más antigua del país, puede ser contrastada con el Sistema Nacional de Investigadores (SNI). En el ámbito nacional, el SNI contó con 36,114

académicos [2020: 35,178]. Al cierre de 2021 el SIC, por sí solo, representó el 5.17 por ciento del total de integrantes del SNI; en tanto que la UNAM, en su conjunto, representó el 14.47 por ciento [5,227]. A su vez, dentro de los integrantes de la UNAM en el SNI, los académicos adscritos al SIC representan el 35.73 por ciento.

La edad promedio de los investigadores aumentó de 55 a 56 años y en los TA se mantuvo en 52, pese al decremento.

Cuentan con nombramiento definitivo 1,383 investigadores [77.1 por ciento], lo que destaca una condición de estabilidad en el empleo de la mayoría de este conjunto; en este caso sí hubo aumento, estaba en 76.2 por ciento. Lo mismo ocurre en el caso de los 991 técnicos académicos, donde el porcentaje es de 71.6 por ciento. Dicha estabilidad también se refleja en la antigüedad, que se mantuvo en 23 años en los investigadores y subió de 20 a 21 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 2021, sumaron 245 [2020: 221], 189 investigadores y 56 TA, que representan 24 nuevos integrantes. El SIJA está asociado al Subprograma de Retiro Voluntario por Jubilación del Personal Académico de Carrera (REVOL-TC-DGAPA). Así, varias de las nuevas plazas se lograron gracias a las jubilaciones. La población de mujeres en estos nuevos ingresos fue de 101 [en 2020: 96, 73 investigadoras y 28 técnicas académicas], lo que equivale a 41.6 por ciento. Este dato es alentador en lo que a equidad de género se refiere, pero una vez más se contratan más TA que investigadoras, estas últimas en el año solo crecieron en una más y las TA lo hicieron en cuatro.

Investigadoras e Investigadores por México del Conacyt

A la planta académica del SIC se suman los investigadores contratados a través del antes llamado programa de Cátedras Conacyt y que ahora se conoce con el título Investigadoras e Investigadores por México, quienes para 2021 sumaron 106 [2019: 109]. El número disminuyó en tres participantes; no obstante, el número de mujeres se mantuvo en 44 [41.5 por ciento]. En relación con el total de Cátedras Conacyt, cuyo programa en 2021 sumó 1,076 en el ámbito nacional, el SIC logró el 9.8 por ciento de estos apoyos a la investigación.

Becas Posdoctorales

Otro grupo que se suma a las tareas de investigación son los becarios posdoctorales, que en el periodo sumaron 590 [2020: 506]; de éstos, financiados por DGAPA-UNAM fueron 300 [2020: 297] y con becas de Conacyt y otros sumaron 290 [2020: 210]; la población femenina fue de 227 [2020: 189][38.47 por ciento]. En relación con el año 2020 se tuvieron 84 posdoctorantes más. Este subconjunto representa 23.69 por ciento de los 2,490 investigadores integrantes del SIC —considerando a los investigadores de la planta académica, posdoctorales y Cátedras Conacyt—.

Avances en el tema de género

Acorde con los esfuerzos llevados a cabo por la UNAM en torno a la desigualdad entre los géneros, el Subsistema de la Investigación Científica realizó un estudio de las características de la planta académica y su avance desde 2000 a 2020, y en algunos ámbitos a 2021. Los resultados del estudio permiten comprender las conquistas y los problemas que aún se presentan. Con respecto a los avances, el ascenso de las mujeres en la carrera académica ha ido permitiendo su paso a las categorías más altas, particularmente en las técnicas académicas; así como el considerable número de directoras titulares de centros e institutos, que pasaron de seis a 12 en el periodo; notorio es también el ascenso de la participación de las mujeres en las Cátedras Conacyt, en las becas posdoctorales y en el ingreso de jóvenes a la planta académica del Subsistema. Sin embargo, permanece una mayoría de hombres en algunas áreas del conocimiento, el ascenso de las investigadoras en la carrera académica es lento, y más lento aún el grado de avance de la equidad ya que, al ritmo de las últimas dos décadas, llevará muchos años lograr la paridad. El estudio arroja la importancia de construir nuevas estadísticas que permitan nuevos análisis y estrategias.

Es importante mencionar también que todos los centros e institutos del SIC cuentan con una Comisión para la Igualdad de Género y un espacio en la *Memoria UNAM* para reportar sus tareas y logros.

Para 2021, la población femenina de la planta académica fue de 35.43 por ciento: las investigadoras representaron 28.7 por ciento, con un mínimo avance en relación con el año previo, y las técnicas académicas se sostuvieron en 44.1 por ciento.

En ocasión del Día Internacional de las Mujeres y las Niñas en la Ciencia, universitarias y directoras de los institutos de Ecología, Física, Ciencias Nucleares, Ingeniería, Neurobiología, Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático y de Investigaciones Biomédicas, así como del Centro de Geociencias, en conjunto con investigadoras de la Facultad de Ciencias y del Subsistema de Humanidades, motivaron a niñas y jóvenes a dedicarse a la ciencia en el marco del "Diálogo Magistral con las directoras científicas de la UNAM". Explicaron que ser científica significa prepararse y estudiar, pero también tener el poder de crear conocimiento para solucionar los problemas de la sociedad y, al mismo tiempo, enriquecer el conocimiento de la humanidad; además, la carrera científica es compatible con la familia. También señalaron que una de las características importantes para dedicarse a la ciencia es la curiosidad, la cual brinda orden y estructura, y un entendimiento paso a paso, que permite abordar los problemas científicos y cualquier aspecto de la vida diaria. *"Cometer errores no las debe detener; tenemos la capacidad de corregir y continuar"*.

El Centro de Ciencias Genómicas (CCG) y el Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias (CRIM) organizaron en dos ocasiones el ciclo de conferencias "Género, desigualdades y violencias", dirigido a estudiantes de licenciatura y posgrado, académicos, pero también abierto al público en general.

En el marco del Día Internacional de las Mujeres y Niñas en la Ciencia, científicas del Instituto de Astronomía (IA) recordaron que las mujeres aún luchan por ganar espacios en las disciplinas científicas y aunque se registra progreso en la apertura de nuevas oportunidades, las mujeres y las niñas continúan subrepresentadas en el campo de las áreas STEM, es decir, las relacionadas con ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas, hoy categorías laborales con una creciente oportunidad profesional. Datos de la Unesco indican que de las personas dedicadas a la investigación en el mundo menos de 30 por ciento son mujeres; algo similar ocurre en México y en el SIC [28 por ciento].

Expertas del Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas (IIMAS) y de la Dirección General de Cómputo y de Tecnologías de Información y Comunicación (DGTIC) coincidieron en que en el futuro, ocho de cada diez empleos mejor pagados estarán relacionados con tecnología, que las mujeres ocupan 30 por ciento de los puestos técnicos y sólo 11 por ciento se encuentran en áreas estratégicas y de planeación, además, 58 por ciento de quienes participan en eventos sobre habilidades tecnológicas se inscriben a ciencias físico-matemáticas e ingenierías. Hicieron un llamado a romper con roles sexistas en el hogar y las escuelas donde se les dice a las mujeres que los estudios de tecnología o ciencias son para los hombres; es necesario para que más niñas y jóvenes se interesen en licenciaturas relacionadas con estos campos del saber. Los académicos participan como consejeros en eventos globales como el Technovation Girls, donde jóvenes de bachillerato y licenciatura aprenden y aplican habilidades para resolver problemas reales a partir de la tecnología.

Habilitación de los cuerpos académicos, estímulos

En relación con los grados académicos y las distinciones, 98.7 por ciento de los investigadores tiene el grado de doctor, los TA el 27.7 por ciento. Vale la pena hacer notar que el número de técnicos con maestría [533] pasó a ser mayor que aquéllos con licenciatura [411], tendencia que se sostiene a partir de 2013.

Referente a los estímulos, en el subconjunto de los investigadores el 96.82 por ciento pertenece al Programa de Primas al Desempeño del Personal Académico de Tiempo Completo (PRIDE) de la UNAM y en el caso de los TA el 93.64 por ciento.

- **Evaluación**

En relación con la evaluación dirigida a los académicos, se advierte una nueva tendencia que comienza a reconocer cómo válidos viejos resultados que habían sido marginados y también a registrar nuevos esfuerzos académicos para ser contemplados. Dichos cambios se inscriben en el paso de la evaluación cuantitativa a la cualitativa, a los empeños de las investigaciones por el desarrollo nacional e institucional, entre otras tendencias. Durante 2021, tres comunidades reportan modificaciones al respecto realizadas por sus consejos internos y operando; éstos son los institutos de Ecología, Geografía y de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas.

El nuevo sistema de evaluación que parece instaurarse busca valorar la capacidad de algunos centros e institutos por salvar vidas, como es el caso con los fármacos innovadores que se han construido o con los nuevos métodos de detección de enfermedades; y a reconocer el trabajo de restauración y recuperación de amplios ecosistemas, así como el resultado exitoso en comunidades que, apoyadas por los científicos, encuentran modos sostenibles de vivir y preservar su entorno. Lo anterior no advierte demeritar los artículos, que son una puesta a la "vista" y a la discusión de los avances realizados. El problema ha sido que estos últimos fueron considerados como valores hegemónicos en un ámbito de evaluación individual, que dejaron fuera esfuerzos colectivos, como la posibilidad de investigaciones de largo aliento, por ejemplo, el empeño por erradicar la diabetes, una pandemia dolorosa y costosa para el país, y caminar hacia esfuerzos de colaboración, que a su vez busquen publicar sólo lo trascendente.

Sistema Nacional de Investigadores

Los investigadores pertenecientes al Sistema Nacional de Investigadores (SNI) en 2021 fueron 1,653 [2020: 1,640], es decir 92.1 por ciento, de los cuales nivel III o Emérito fueron 505 [2020: 507], cifra que representa 30.55 por ciento del total; en lo referente a los TA fueron 215 [2020: 203] y uno de ellos con nivel III.

Premios y distinciones

Para 2021 las comunidades del SIC informan haber obtenido 382 galardones [2020: 261], cuya distribución fue la siguiente: 157 premios, 86 distinciones, 89 reconocimientos, 49 medallas y un doctorado *Honoris Causa*. De todos éstos, de carácter internacional fueron 74 [19.37 por ciento]. Asimismo, sus alumnos recibieron 42 distinciones.

Se creó el Premio a la Investigación en Cambio Climático PINCC 2021 el cual busca reconocer las contribuciones al conocimiento en cambio climático hechas por la UNAM y promover la colaboración entre disciplinas y dependencias. Los ganadores de los premios impartieron conferencias magistrales del 11º Congreso Nacional de Investigación en Cambio Climático.

Científicos del Instituto de Biotecnología (IBt) de la UNAM recibieron el Reconocimiento al Mérito Estatal de Investigación (REMEI) en la categoría de divulgación y vinculación, por el desarrollo de macroscopios y microscopios educativos impresos en 3D que han ayudado a motivar a niños por la ciencia. Se trató de la iniciativa Educascope, nombre del proyecto de divulgación que dirige Christopher Wood, jefe del Laboratorio Nacional de Microscopía Avanzada del IBt. El proyecto recibió apoyo del Conacyt para poner en marcha una prueba piloto en 2019 en tres escuelas de Cuetzalan, en la sierra Norte de Puebla, en colaboración con la Universidad Iberoamericana de Puebla, donde probaron microscopios y macroscopios, además de materiales didácticos que presentaron los equipos a seis profesores y 200 alumnos.

Laura Alicia Palomares Aguilera, directora del Instituto de Biotecnología (IBt), es la primera latinoamericana en ingresar, junto al brasileño Marco Safadi, al

Comité Asesor Científico de la Coalición de Innovación en Preparación ante Epidemias (CEPI). La investigadora detalló que se trata de un grupo de científicos que apoya a CEPI dando respaldo científico-técnico y guía a las personas del organismo que toman las decisiones.

En el IBt, la doctora Susana López Charretón fue nombrada integrante de El Colegio Nacional.

En el Instituto de Ecología, tres académicos obtuvieron reconocimientos importantes a nivel nacional: Daniel Piñero Dalmau fue galardonado con el Premio Universidad Nacional en investigación en ciencias naturales, José Sarukhán obtuvo la Medalla José Vasconcelos por el Seminario de Cultura Mexicana de la Secretaría de Relaciones Exteriores y Ana Cecilia Espinosa García fue distinguida como uno de los 50 Líderes Mexicanos del Sector Agua en México por la revista *Líderes Mexicanos*.

En el Instituto de Química, sus académicos obtuvieron varios reconocimientos durante el año; el doctor Braulio Rodríguez Molina recibió el Reconocimiento Distinción Universidad Nacional para Jóvenes Académicos, mientras que el Gobierno del Estado de México otorgó al doctor Vojtech Jancik el Premio Estatal de Ciencia y Tecnología. El doctor Gabriel Cuevas González Bravo consiguió el Reconocimiento a la Excelencia Farmacéutica 2021. La patente "Mutantes de tamapina bloqueadoras de canales de potasio para la inhibición de la migración de células cancerosas", del doctor Federico del Río Portilla, alcanzó el primer lugar en el Programa de Fomento al Patentamiento de la UNAM y la doctora Patricia Cano Sánchez ganó el reconocimiento Sor Juana Inés de la Cruz. Asimismo, el estudiante de la FES Cuautitlán Luis Alberto Juárez Rodríguez, dirigido por la maestra Maricruz López López, conquistó el Premio al Servicio Social Doctor Gustavo Baz Prada.

El doctor Sergio Encarnación Guevara, del Centro de Ciencias Genómicas, fue miembro del grupo de investigación que obtuvo el Premio Nacional en Ciencia y Tecnología de Alimentos 2021 (PNCTA 2021), en la categoría profesional en ciencia de alimentos, otorgado por la Academia Mexicana de Ciencias.

La científica Marcia Hiriart Urdanivia, del Instituto de Fisiología Celular (IFC), fue designada integrante de la Junta de Gobierno de la UNAM. Fue directora del IFC de 2009 a 2017, entre varios logros creó la licenciatura en Neurociencias que incorpora a diversas entidades y facultades de la Universidad.

Otros académicos del IFC recibieron premios, reconocimientos y distinciones: el premio Canifarma que otorga la Cámara Nacional de la Industria Farmacéutica, en su edición 2021, fue otorgado a los doctores Luis Vaca y Salvador Uribe, primer y tercer lugar respectivamente por el desarrollo de nanopartículas que mejoran la liberación de medicamentos. El premio Maximiliano Ruíz Castañeda fue otorgado al doctor Jaime Mas; la doctora Violeta G. López Huerta recibió el *Early Career Award* por la International Brain Research Organization.

En el área de ciencia básica se reconocieron los trabajos de dos investigadoras del Instituto de Investigaciones Biomédicas, a la doctora Norma Araceli Bobadilla Sandoval por la identificación de un posible blanco terapéutico para

reducir la inflamación renal. También se reconoció a la doctora Ana Brígida Clorinda Arias con la tercera posición en la categoría de investigación básica por el trabajo que busca auxiliar a pacientes con Alzheimer a través del trabajo con las mitocondrias, mejor conocidas como las centrales energéticas para la célula.

El doctor Fernando Pérez Escamiroso, del Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología, fue ganador del Reconocimiento Distinción Universidad Nacional para Jóvenes Académicos 2021 en el área de innovación tecnológica y diseño industrial, por su trabajo en el área de desarrollo de simuladores para la adquisición y entrenamiento de habilidades y destrezas en cirugía laparoscópica, el desarrollo de asistentes robóticos y el diseño de instrumental quirúrgico ergonómico y articulado.

El doctor Horacio Martínez, del Instituto de Ciencias Físicas (ICF), recibió el Premio al Desarrollo de la Física en México, otorgado por la Sociedad Mexicana de Física. Este premio, otorgado en el marco del LXIV Congreso Nacional de Física, reconoce su destacada labor en el desarrollo de infraestructura en el campo de la física experimental, así como en la formación y fortalecimiento de grupos de investigación, tanto dentro como fuera de su institución. Asimismo, el doctor Bernardo Wolf del ICF, fue nombrado *fellow* de Óptica por la Optical Society of America.

El matemático José Antonio Stephan de la Peña Mena, del Instituto de Matemáticas, fue nombrado por el Consejo Universitario de la UNAM como investigador emérito. Asimismo, el doctor José Antonio Seade fue distinguido con la Medalla Solomon Lefschetz 2021, que otorga cada cuatro años el Mathematical Council of the Americas; la doctora Mónica Clapp y los doctores Javier Bracho, Luis Montejano y Alberto Verjovsky fueron distinguidos como investigadores eméritos del SNI.

En el Instituto de Investigaciones en Materiales, la doctora Monserrat Bizarro Sordo fue galardonada con el premio a la Innovación en Bionano Ciencia y Tecnología Cinvestav-Neolpharma 2021. El doctor Diego Solís Ibarra fue reconocido en el premio internacional de la American Chemical Society (ACS) Talented Twelve, y el doctor Octavio Manero Brito obtuvo la distinción de investigador emérito.

El doctor Laurent Raymond Loinard, científico del Instituto de Radioastronomía y Astrofísica (IRyA), fue distinguido por su trayectoria académica con el premio de la Academia de Ciencias para el Mundo en Desarrollo (TWAS) en la categoría de ciencias de la Tierra, espaciales y astronomía. El astrofísico participa actualmente en la colaboración internacional Telescopio del Horizonte de Eventos (EHT), una red de ocho radiotelescopios alrededor del mundo que en 2019 difundió la primera imagen real de un agujero negro. El National Radio Astronomy Observatory (NRAO) y las Universidades Asociadas, Inc. (AUI) de Estados Unidos otorgaron el 2021 el Karl G. Jansky Lectureship al doctor Luis Felipe Rodríguez Jorge, siendo el primer radioastrónomo mexicano en recibir esta distinción. En cuanto a premios y distinciones que otorga la UNAM, el doctor Enrique Cristián Vázquez Semadeni recibió el Premio Universidad

Nacional 2021 (PUN) y la doctora Omaira González Martín recibió el Reconocimiento Distinción Universidad Nacional para Jóvenes Académicos 2021 (RDUNJA), ambos en el área de investigación en ciencias exactas.

Autoridades del Instituto de Ciencias Nucleares (ICN) y familiares del reconocido científico Rafael Navarro celebraron la designación de una montaña en Marte que ahora lleva su nombre. En el homenaje a distancia también participaron autoridades de la UNAM y expertos del Centro de Investigación Ames, de la NASA. El rector Enrique Graue Wiechers destacó que México y su Universidad perdieron a uno de los mexicanos más brillantes y apasionados en el estudio de la vida y en la exploración del Universo. En su laboratorio estudió distintos aspectos atmosféricos y planetarios relacionados con el origen y evolución de la vida en la Tierra y en el Sistema Solar. Fue además un hombre que apoyó e inspiró a sus alumnos como pocos lo hacen.

En el ICN, el doctor Gustavo Medina Tanco recibió la medalla Fernando Alba; el Consejo para la Acreditación de la Educación Superior A.C. (COPAES), otorgó el Reconocimiento COPAES al doctor José Jiménez Mier; y el proyecto *Macti: Modelación computacional y enseñanza*, en el que colaboran Eduardo Murrieta y Luciano Díaz, fue premiado en el Concurso InnovaUNAM.

El artículo del doctor Eugenio Azpeitia del Centro de Ciencias Matemáticas (CCM), como primer autor, intitulado "Cauliflower fractal forms arise from perturbations of floral gene networks", fue la portada de la revista *Science*, Vol. 373, Issue 6551, del 9 de julio de 2021. Este trabajo ha sido reportado en más de 50 periódicos y revistas en todo el mundo, incluyendo el *New York Times*, *Le Monde*, *The Tribune*, *New Scientist*, *The Times of India*, *Al Jazeera*, entre otros.

También del CCM, la doctora Nelly Selem Mojica fue ganadora de Beca para las Mujeres en la Ciencia L'Oréal-Unesco-AMC 2021, así como del primer y tercer lugar en diferentes competencias de la ISCB Student Wikipedia competition por la edición y generación de contenido para la Wikipedia.

La investigadora Julia Tagüeña Parga, del Instituto de Energías Renovables (IER), obtuvo el premio The Public Understanding and Popularization of Science Award 2021 (Premio a la Comprensión Pública y la Popularización de la Ciencia 2021), que otorga la Academia Mundial de Ciencias (TWAS) y también fue reconocida con el Premio Nacional de Divulgación de la Ciencia Alejandra Jaidar 2020, por su trayectoria de cincuenta años en este campo.

También del IER, la doctora Karla Cedano Villavicencio fue considerada por la revista *Petróleo&Energía* como una de las 100 personas líderes más influyentes del sector energía por segundo año consecutivo. Igualmente del IER, el doctor Jorge Marcial Islas Samperio obtuvo el segundo lugar en la categoría 3 del Primer Premio a la Investigación en Cambio Climático PINCC 2021.

Científicos del Instituto de Ingeniería desarrollaron el Sistema Portátil de Adquisición de Datos Sísmicos en Disposición Concéntrica, mismo que ganó el primer lugar de la octava edición del Programa para el Fomento al Patentamiento y la Innovación (Profopi) de la UNAM.

La investigadora Irasema Alcántara Ayala, del Instituto de Geografía (IGg), fue distinguida por la Academia de Ciencias para el Mundo en Desarrollo (TWAS) en la categoría de ciencias sociales, por sus aportaciones a la investigación integrada del riesgo de desastres y su trabajo con asociaciones transdisciplinarias y multisectoriales en la tarea de salvaguardar la integridad de la población.

También del IGg, la doctora María José Ibarrola Rivas recibió el Reconocimiento Distinción Universidad Nacional para Jóvenes Académicos en el área de investigación en ciencias económico-administrativas.

En el Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental (CIGA), una investigadora fue reconocida por la Fundación Arbor Day y la FAO por el desarrollo del proyecto Treetlon Morelia.

Veintisiete científicas del Subsistema de la Investigación Científica recibieron el reconocimiento Sor Juana Inés de la Cruz 2020, ellas fueron: Elena Jiménez Bailón, Instituto de Astronomía; María Edelmira Linares Mazari, Instituto de Biología; Shirley Elizabeth Ainsworth, Instituto de Biotecnología; Rosario Castañón Ibarra, Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología; Susana Santiago Pérez, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología; María del Carmen Virginia Ortega Alfaro y Alejandra Ortega Aramburu, Instituto de Ciencias Nucleares; Laura Espinosa Asuar, Instituto de Ecología; Nicté Yasmín Luna Medina, Instituto de Energías Renovables; María Ester Brandan Siqués, Instituto de Física; Rosa Estela Navarro González y Rocío Alcántara Hernández, Instituto de Fisiología Celular; María Dolores Maravilla Meza, Instituto de Geofísica; Luz Fernanda Azuela Bernal, Instituto de Geografía; Bárbara Mary Martiny Kramer, Instituto de Geología; Judith Guadalupe Ramos Hernández, Instituto de Ingeniería; Gloria Soberón Chávez, Instituto de Investigaciones Biomédicas; Ana Cecilia Pérez Arteaga, Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas; Angélica Estrella Ramos Peña, Instituto de Investigaciones en Materiales; Angélica Guevara Villanueva, Instituto de Matemáticas; Aurea Orozco Rivas, Instituto de Neurobiología; Martha Lydia Macías Rubalcava, Instituto de Química; Rocío García Martínez, Centro de Ciencias de la Atmósfera; María de los Ángeles Pérez Oseguera, Centro de Ciencias Genómicas; Alejandra Patricia Larrazábal de la Vía, Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental; Katrin Quester, Centro de Nanociencias y Nanotecnología; y Consuelo Isabel Doddoli de la Macorra, Dirección General de Divulgación de la Ciencia (DGDC).

Tres jóvenes científicos de los institutos de Matemáticas, de Física y de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático recibieron las Cátedras de Investigación Marcos Moshinsky 2021, que reconocen e impulsan carreras exitosas en diversas áreas del conocimiento para continuar con sus proyectos innovadores. Las Cátedras son financiadas por la UNAM a través del Instituto de Física y por la Fundación Marcos Moshinsky, asociación civil que apoya la ciencia en México.

En el Instituto de Energías Renovables se obtuvieron el primer y tercer lugares en la segunda edición de los Premios AFIRME-FUNAM 2021 en la categoría de tesis de licenciatura. El primer lugar fue para Gabriela Ruiz Rendón, egresada de la licenciatura de Ingeniería en Energías Renovables (LIER), bajo el asesoramiento del doctor Sergio Alberto Gamboa Sánchez, y el tercero para Héctor

Samuel Ruiz Segoviano, egresado también de la LIER, con el asesoramiento del doctor Osvaldo Rodríguez Hernán.

Estudiantes del Instituto de Física (IF), fueron reconocidos por la Organización Europea para la Investigación Nuclear en el concurso organizado en conjunto con el CERN. El equipo TeoMiztli resultó ganador —junto con otro equipo italiano (entre 289 grupos de 57 diferentes países)—, en el desarrollo de un experimento de dos semanas en las instalaciones del DESY. El equipo estuvo formado por siete estudiantes de la Escuela Nacional Preparatoria, dos de la licenciatura de Física de la Facultad de Ciencias y uno del doctorado del IF.

Premios otorgados por el SIC

Los premios otorgados por las entidades a académicos fueron 33. Los premios que las entidades dieron a alumnos sumaron 31.

INVESTIGACIÓN

Proyectos

El trabajo de investigación del SIC está organizado mayoritariamente por proyectos, de los que en 2021 se desarrollaron 2,938; de este conjunto, las comunidades reportan que los proyectos de investigación fueron 2,838 y 100 de otros proyectos que se dividen en: 33 de infraestructura, 12 de vinculación, 10 de divulgación, 27 de docencia, siete de gestión institucional y otros 11 sin definir. Estos proyectos son la forma de organización principal en el SIC y está orientada hacia objetivos y metas concretas y en tiempos determinados cuando se han competido por los recursos ante agencias de financiamiento internas y externas a la UNAM. Este modelo de financiamiento puso a la investigación científica en semejanza con el modelo productivo de la empresa, cuando se trata de lógicas productivas muy diferentes, pues una investigación a fondo sí da resultados, pero no en el corto plazo. Por tal motivo, la comunidad científica, no sólo de la UNAM sino también del ámbito internacional (*Slow Science*) construye alternativas de evaluación diferentes para investigadores y profesores, proyectos e instituciones académicas; una evaluación que reconozca los tiempos para leer, pensar y discutir con los colegas, equivocarse, publicar sí, pero con mayor calidad y no cantidad, tiempos que eviten los errores que provocan las prisas y en el diseño de preguntas y sus posibles respuestas.

En relación con los esfuerzos para atender temas de la Agenda Nacional, si bien se desarrollaron gran número de proyectos, la comunidad del SIC en 2021 pugó por defender toda la ciencia, pues no es claro que la ciencia “aplicada” arroje resultados para la solución de problemas concretos solo con proponérselo, nunca se sabe cómo un avance científico impacta en el bien común. Los temas abordados por el SIC en torno a la llamada Agenda Nacional se enfocaron al cambio climático y medioambiente, un número significativo a la salud, donde sobresalen los aportes del SIC ante la emergencia sanitaria por la pandemia de COVID-19; otros a la agricultura y alimentación (estudios del suelo), al estrés hídrico, unos más a las ciudades y a los desastres y una gran parte a

la ciencia básica. El SIC también persigue la construcción de políticas públicas impulsadas desde sus hallazgos y a partir de las cuales persiguen impactar en el bien de la población.

Los proyectos de investigación con recursos provenientes de la UNAM fueron 1,968 [66.98 por ciento] y con recursos externos 722 [24.57 por ciento], dentro de los cuales se cuentan 12 que tuvieron financiamiento mixto [248 sin definir]. Siendo el SIC parte de una universidad pública, es consecuente que este sector haya sido el que mayores recursos aportara a los proyectos de investigación que desarrolló [97.71 por ciento] y específicamente el Conacyt en 2021 aportó 42.69 por ciento del total de los ingresos con 250 apoyos, por tal motivo, esta comunidad científica sigue sus lineamientos apostando al desarrollo de investigaciones financiadas. Del sector privado, el SIC recibió aproximadamente 1.75 por ciento de los recursos que ingresaron en 2021 (ver detalle en el apartado de la CSGCA, dicho porcentaje incluye financiamiento mixto entre el sector privado y el público) y, finalmente, del extranjero se lograron financiamientos que representaron 0.54 por ciento; es importante señalar que este ingreso no refleja la fuerte colaboración internacional que el SIC lleva a cabo. Destaca que en esta ocasión y, contrario a la tendencia de los dos años previos, del sector privado se recibió mayor apoyo que del extranjero, lo cual da cuenta que se avanza en el difícil proceso que ha sido lograr que en el país se invierta en ciencia y tecnología dentro de dicho sector.

Otro asunto a destacar en relación con los proyectos son sus vínculos con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS): Acción por el clima 44, Agua limpia y saneamiento 10, Alianza para lograr los objetivos de desarrollo sustentable 5, Ciudades y comunidades sostenibles 20, Educación de calidad 60, Energía asequible y no contaminante 11, Fin de la pobreza 2, Hambre cero 24, Igualdad de género 3, Industria, innovación e infraestructura 65, Producción y consumo responsable 12, Protección del patrimonio ecológico/geológico 40, Recursos naturales no renovables (conocimiento y manejo sostenible) 3, Reducción de las desigualdades 2, Salud y bienestar 171, Trabajo decente y crecimiento económico 3, Vida de ecosistemas terrestres 78, Vida submarina 109 (el resto de los proyectos no fue clasificado con relación a los ODS).

La investigación ante la COVID-19

En el SIC la atención a la pandemia logró mayor intensidad que durante el año previo, gracias a los procesos de organización y coordinación de esfuerzos, tanto internos como con instituciones del extranjero. Trabajaron tanto en las reflexiones filosóficas, sociales y económicas en torno al modelo de vida predominante que causó esta pandemia y otras que vendrán, como también en la creación de insumos, de vacunas, en diagnósticos más rápidos y tratamientos más efectivos, sin descuidar el comportamiento geográfico de la pandemia ni la divulgación con propósitos de seguridad pública.

Investigadores del Instituto de Ecología señalaron que para el futuro es importante prevenir las pandemias que vendrán. La primera línea de defensa es la conservación de los ecosistemas. Más de 90 por ciento de los virus son bac-

teriofagos, es decir, se alimentan de bacterias y matan hasta 50 por ciento. *“Si mañana perdemos a todos los virus del mundo, en una semana las bacterias nos comerían”*. Es imposible pensar en un mundo libre de virus; nos rodean y los necesitamos. Las pandemias se deben a una combinación de degradación de ecosistemas, comercio y consumo ilegal y no sustentable de animales silvestres, además de malas prácticas de producción animal. El culpable de la emergencia sanitaria se encuentra en todos los seres humanos y su modo de vida.

Científicos del Instituto de Biotecnología (IBt), continuaron con su labor apoyando el esfuerzo nacional de respuesta a la pandemia de SARS-CoV-2, siendo responsables o participando en cinco proyectos dentro de los Pronaces del Conacyt. Por ejemplo, en conjunto con las facultades de Medicina Veterinaria y Zootecnia (FMVZ) y de Química formarán parte del laboratorio centralizado, con sede en la UNAM, que conjuntará las capacidades de las tres entidades universitarias para el desarrollo de vacunas contra la COVID-19 y otras enfermedades potencialmente pandémicas. Este esfuerzo es parte de la estrategia internacional del Estado mexicano contra la pandemia, que a través de los empeños de la UNAM y la Secretaría de Relaciones Exteriores conformaron un grupo de investigadores que participan en la CEPI (Coalición para las Innovaciones en Preparación para Epidemias), y son miembros del grupo COVAX, organismo que busca la equidad en la distribución mundial de vacunas. Dicho proyecto pretende dar al país nuevas capacidades y liderazgo en el desarrollo de vacunas.

El IBt, el Instituto de Biología, el Laboratorio Nacional de Ciencias de la Sostenibilidad del Instituto de Ecología y el Centro de Ciencias de la Complejidad, así como investigadores de la FMVZ y de la Escuela Nacional de Estudios Superiores (ENES) Unidad Mérida, trabajan también en prevenir la próxima pandemia. Los científicos universitarios apoyan la transversalidad de todas las disciplinas y trabajan bajo la perspectiva de la eco salud, en la que deberían trabajar todos los países y el sector salud para replantear una estrategia que pueda prevenir; así como revisar problemas relacionados con lo social, la deforestación y el uso de suelo. Desarrollan investigación sobre zonas conservadas donde hay murciélagos, roedores, garrapatas, y en zonas urbanas para entender cómo enfermedades usualmente silenciosas han pasado al humano, como la COVID, el VIH o el ébola. Esta transmisión, que se conoce como zoonosis, es un proceso que lleva miles de años, como la tuberculosis, la brucelosis, la leptospirosis y la rabia. Cambios permanentes en la naturaleza ocasionan cada vez más la presencia de enfermedades transmitidas por especies silvestres.

El Instituto de Ingeniería se ocupó de la detección de fragmentos genéticos del SARS-CoV-2 en aguas residuales.

- **Vacunas y tratamientos**

En el Instituto de Biotecnología algunos de los esfuerzos de colaboración en el ámbito de la salud han derivado en la constitución de dos grupos de investigadores para trabajar con colegas de otras dependencias e instituciones en

investigación básica, diagnóstico molecular, tratamientos y seguimiento de la COVID-19, para avanzar en la producción de vacunas. En alianza con el estado de Hidalgo se trabaja en el establecimiento de una planta para fabricar vacunas con calidad para uso humano. Derivado de la colaboración con la Coalición de Innovación en Preparación ante Epidemias (CEPI), este organismo otorgará un financiamiento de 1.5 millones de dólares para dar soporte a las pruebas de las variantes, lo que eleva la inversión total para este trabajo a 17.5 millones de dólares en el mundo. Esto como parte de un esfuerzo para mitigar la amenaza que representa la COVID-19 y sus variantes, al mismo tiempo en que se buscan contramedidas que reduzcan o eliminen pandemias y epidemias futuras.

- **Detección**

La UNAM creó el primer Sistema Auxiliar para Diagnóstico de COVID-19, de acceso gratuito en el mundo, realizado por el Centro Virtual de Computación.

En el Instituto de Ciencias Nucleares los doctores Alfred U'Ren y Roberto León-Montiel colaboraron en el desarrollo de un algoritmo de *machine learning* (aprendizaje automático) que ha mostrado hasta un 93.5 por ciento de eficiencia para ayudar a los médicos a identificar pacientes prioritarios para atención médica debido a la COVID-19 y evitar un colapso en el sistema hospitalario, trabajo publicado en la revista *PLOS One*.

El Centro de Estudios en Computación Avanzada creó una herramienta de auxilio para la detección de la COVID-19, la que fue validada clínicamente mediante un protocolo de pruebas en el Hospital Centro Médico la Raza del IMSS. El sistema se utiliza en 26 estados de la república por más de 860 médicos, tanto del sector público como privado.

- **Monitoreo y estudio de la pandemia**

El Centro de Ciencias de la Complejidad (C3) desarrolló e implementó la Plataforma Universitaria de Inteligencia Epidemiológica sobre SARS-CoV-2 (Epi-Puma), con el potencial para proyectar en tiempo casi real la dispersión espacial y temporal de contagios, casos graves y defunciones esperadas, y de esta manera poder movilizar esfuerzos y recursos con antelación suficiente.

Asimismo, el C3 desarrolló el Sistema de Información Comunitaria en Núcleos Agrarios SICNA-COVID-19, cuyo objetivo es la atención temprana de casos sospechosos de esta enfermedad en sitios remotos de México.

Por otra parte, se cuenta con el Observatorio de Vacunas, ya que la vacunación de la población susceptible a infectarse con SARS-CoV-2 y desarrollar COVID-19 grave es una de las estrategias fundamentales para mitigar el impacto del coronavirus.

El Visualizador de Datos Geográficos del COVID-19 es una plataforma impulsada por la UNAM a través del Instituto de Geografía y con el apoyo de la Coordinación de la Investigación Científica. Tiene como características principales lograr la integración y normalización de datos de diversas fuentes, instituciones y organismos para consulta y análisis multiescalar y temporal;

provee información oportuna y respaldada en conocimiento científico para la comunidad y para la toma de decisiones. Apuesta también por el impacto del COVID-19 en el mediano y largo plazo y para el análisis de sus efectos en el ámbito socioeconómico.

El Instituto de Ciencias del Mar y Limnología trabajó en el proyecto *Pandemia COVID-19 Cero Turismo*, donde el personal académico de todas las sedes participa en un solo grupo de investigación, con un objetivo común de generar datos ante la disminución de la afluencia de las personas en los sistemas costeros de México.

Investigadores del Instituto de Investigaciones Biomédicas describieron las características clínicas, la mortalidad y los síntomas de los casos confirmados de COVID-19 registrados en América Latina, con especial énfasis en los síntomas gastrointestinales y las comorbilidades en relación con el desenlace de la enfermedad.

El Centro de Investigación en Geografía Ambiental colaboró en la elaboración de la Plataforma de Información Geográfica de la UNAM sobre COVID-19 en México: <https://covid19.ciga.unam.mx/>, cuyo propósito es monitorear el comportamiento de la pandemia en tiempo real. También desarrolló un sistema de monitoreo espaciotemporal de la pandemia en Baja California a nivel de colonia y código postal, plataforma oficial del Gobierno de Baja California.

El Instituto de Matemáticas trabajó en modelos de pronóstico para aumento de presión hospitalaria (en colaboración con el CIMAT); modelación epidemiológica para manejo y control de la epidemia; realizó entrevistas a pacientes COVID y análisis semántico de datos. Por su parte, el Centro de Ciencias Matemáticas participa en el Consorcio de Vigilancia Genómica de SARS-CoV-2 mediante el procesamiento mensual de genomas del virus provenientes de distintas partes de la república.

- **Creación de insumos**

En el Instituto de Física se participó en el proyecto PAPIIT: *Desarrollo de insumos e instrumentación en atención a la emergencia sanitaria por el COVID-19*. En colaboración con la Facultad de Ingeniería y neumólogos se construyó un ventilador mecánico no invasivo, así como mil termómetros digitales que fueron distribuidos en la UNAM. A través del equipo de microscopía electrónica se dio apoyo a la Secretaría de Educación, Ciencia, Tecnología e Innovación de la Ciudad de México (SECTEI), y bajo una alianza de triple hélice con la empresa Alta Tecnología en Filtración de Aire (ATFIL) desarrollaron una mascarilla de alta eficiencia.

Proyectos internacionales

Dentro de los 113 proyectos internacionales, a continuación se destacan algunos. Si bien un número significativo apunta a la ciencia básica, no se debe olvidar que de dicha ciencia proviene gran parte de la tecnología con la que la población mundial opera. Se entiende por proyectos internacionales aquellos en los que el SIC participa con otros investigadores de instituciones extranjeras

o que reciben apoyos económicos de las mismas. Destacados por la prensa en 2021 se resumen 311:

Dos proyectos del Instituto de Biotecnología (IBt) fueron seleccionados por la convocatoria Expanding Global Access to Bioimaging de la Chan Zuckerberg Initiative para recibir financiamiento a su investigación. Se trata de los proyectos: *Connecting the Mexican Bioimaging Community*, en el que participan científicos del Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE) y del IBt, con el objetivo de sentar las bases para formar una comunidad mexicana de bioimagen mediante un programa educativo descentralizado basado en instalaciones de imagenología existentes en varias entidades del país que reúne el trabajo de investigadores de imágenes y biomédicos mexicanos. El segundo, *Fluorescence Nanoscopy in Bioimaging*, en el que colaboran científicos del Laboratorio Nacional de Microscopía Avanzada del IBt y del Instituto de Biología y Medicina Experimental de Argentina, tiene como objetivo abordar limitaciones críticas en el uso de microscopía de super-resolución en las ciencias biomédicas en América Latina mediante el establecimiento de programas científicos que respalden el intercambio de científicos biomédicos y de imágenes en México y Argentina.

Científicos del IBt, en conjunto con la Universidad de Stanford y el Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán (INCMNSZ), descubrieron, aislaron y sintetizaron dos moléculas nuevas de antibióticos a partir de precursores del veneno de alacrán. Se trata de dos benzoquinonas, una roja y otra azul identificadas como potentes antibióticos que matan bacterias (como *Staphylococcus aureus* y *Mycobacterium tuberculosis*) además de que son antineoplásicos contra varios tipos de células cancerígenas. El trabajo de investigación tripartita se encuentra en trámite de patente en cinco regiones del mundo. Cabe señalar que la investigación también obtuvo el segundo lugar del Programa para el Fomento al Patentamiento y la Innovación que organiza la Coordinación de Vinculación y Transferencia Tecnológica de la UNAM.

Científicos del Instituto de Investigaciones Biomédicas y del Instituto de Química (IQ) compartieron sus avances en investigación sobre cáncer. Los expertos intentan modificar una toxina producida con veneno de alacrán rojo de la India, llamada tan apiña, que es capaz de inhibir la metástasis y cuyas investigaciones han sido posibles debido a la colaboración que tienen con otros colegas, en particular con investigadores de la Universidad de Tours, Francia, quienes experimentaron con el tóxico y observaron que se puede bloquear el canal SK3 que se encuentra en células de cáncer de mama, piel y cerebro, principalmente.

El IQ y el Instituto de Ecología (IE) forman parte del Centro Latinoamericano-Alemán para la Investigación y Formación en Infecciones y Epidemiología denominado GLACIER (German-Latin-American Center of Infection and Epidemiology Research & Training), financiado por el Servicio Alemán de Intercambio Académico (DAAD), conjuntamente con el Instituto de Inmunología Médica de la Universidad Martin-Luther de Halle-Wittenberg, el Instituto Leibniz de Bioquímica Vegetal, el Instituto de Virología del Hospital Universitario

Charité de Berlín y la Universidad de La Habana. El IE es líder del proyecto y coordinará a más de 16 socios latinoamericanos y será sede de uno de los dos laboratorios en América Latina.

Científicos del IE y alumnos del posgrado participan en una investigación internacional de 16 científicos de diversas universidades del mundo, cuyo objetivo fue cuantificar áreas a nivel terrestre que tuvieran lo que se conoce como integridad ecológica. El estudio, que se publicó en la revista *Frontiers in Forest and Global Change*, asienta que estamos en un límite severo para conservar la biodiversidad en el planeta. El trabajo realizado en la UNAM muestra que solamente 2.8 por ciento de dichos sistemas naturales tienen integridad ecológica —humana, faunística y funcional—; es decir, contribuyen a la persistencia global de la biodiversidad.

Científicos del Instituto de Fisiología Celular, junto con colegas de Estados Unidos, Alemania y Polonia descubrieron que en el hígado se identifican procesos que causan comezón crónica, la que afecta gravemente a pacientes con colangitis biliar primaria (CBP), incapacitándolos y afectando su calidad de vida a tal grado que requieren de un trasplante de hígado. Dicho hallazgo tiene una patente internacional en trámite y se prevé que el hallazgo sea útil para el diseño de fármacos.

Científicos del Instituto de Neurobiología, en conjunto con investigadores de Alemania y Sudáfrica hallaron moléculas formadas por tres aminoácidos aislados de la vasoinhibina —un fragmento de la hormona prolactina— que frena el desarrollo de algunos tipos de cáncer de retina. La patente en trámite de dichas moléculas llevó a la obtención del tercer lugar del Programa para el Fomento al Patentamiento y la Innovación 2019, de la UNAM.

Científicos del Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad (IIES) y de la Facultad de Ciencias colaboraron en la investigación internacional que encabeza Lourens Poorter, de la Universidad de Wageningen, Países Bajos, y que revela que los bosques tropicales están desapareciendo a una velocidad alarmante debido a la deforestación. Sin embargo, tienen el potencial de volver a crecer de manera natural en terrenos abandonados que se usaron para actividades ganaderas o agrícolas. El estudio en el que participan 60 investigadores de diversas instituciones de América, Europa y África fue publicado recientemente en la revista *Science*.

Científicos de la Unidad Mazatlán del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología (ICML) estudian las vértebras del tiburón martillo común (*Sphyrna lewini*), las cuales les han revelado los patrones migratorios de esta especie, junto con otros elasmobranchios (tiburones y rayas). Las investigaciones indican que estas estructuras sirven como "caja negra" de los escualos y también de las rayas. Destacaron que el proyecto fue financiado por la UNAM, Fundación Slim y el World Wide Fund.

El ICML se integró al Decenio de las Naciones Unidas de las Ciencias Oceánicas para el Desarrollo Sostenible 2021-2030 con los primeros dos proyectos: *Integrated Coastal Management as an Adaptation to Climate Change Measure*

y *Resilience of the Ecosystem, Fisheries and Marine-Based Economy Under Persistent Anomalous Warm and Low-Productivity Regime in the Gulf of California*. Asimismo, el ICML participa en el Comité Mexicano del Decenio.

Científicos del Instituto de Geofísica, junto con investigadores del Instituto de Astronomía (IA) y de diversos países, participan en el proyecto TAOS II (Censo Automatizado de Ocultaciones por objetos Transneptunianos, por sus siglas en inglés). Esta colaboración internacional se encargará de medir la distribución de tamaños de objetos pequeños —1 km de diámetro aproximadamente— en el cinturón de Kuiper y más allá. Esta información encierra claves importantes acerca de la formación y la evolución dinámica del sistema solar y ayudaría a comprender el mecanismo por el cual un objeto en el cinturón de Kuiper es perturbado hacia una órbita cometaria.

Científicos del IA participan en el megaproyecto AGORA (Assembling Galaxies Of Resolved Anatomy), que tiene como propósito reproducir en meses de cómputo de alto rendimiento, el proceso de miles de millones de años de la formación y evolución de una galaxia similar a la Vía Láctea.

También del IA, un científico colabora en el proyecto internacional Observatoire de Paris-LESIA, que da seguimiento a la estrella Betelgeuse a través de instrumentos como SPHERE y Gravity del Very Large Telescope (VLT) en Chile. Las observaciones mostraron que Betelgeuse lució menos brillante debido a que fue parcialmente ocultada por una nube de polvo; la explicación de este fenómeno fue publicada en la revista *Nature*. Además, el científico universitario desarrolló un *software* que permitirá procesar la información de las observaciones del fenómeno, además de trabajar en algoritmos de reconstrucción de imágenes de calidad 10 veces mayor a las presentadas en el artículo publicado.

El IA y el Instituto de Radioastronomía y Astrofísica (IRyA), en conjunto con la Universidad de Guanajuato y de otras instituciones de México, España y Nicaragua, detectaron por primera vez, con luz óptica, el movimiento de dos diferentes tipos de nubes de gas en la galaxia NGC 7469. El descubrimiento contribuye a comprender la influencia de los agujeros negros supermasivos en la evolución de las galaxias.

Científicos del IRyA y del Instituto de Ciencias Nucleares participaron en el hallazgo mundial del Telescopio del Horizonte de Eventos (EHT), en el que se observaron por primera vez los campos magnéticos en el borde de un agujero negro. El trabajo involucró a más de 300 científicos de varios países y se publicó en la revista *The Astrophysical Journal Letters*.

También en el IRyA se presentó el estudio más grande realizado hasta hoy de chorros ionizados procedentes de estrellas masivas jóvenes. Fue llevado a cabo con el observatorio Jansky Very Large Array en la región de radio frecuencias a 56 fuentes asociadas con objetos estelares jóvenes masivos.

Científicos del IRyA colaboran en el experimento internacional que capturó la primera imagen de un agujero negro en la galaxia Messier 87 (M87) en alta definición. Con el Telescopio de Horizonte de Eventos (EHT) se obtuvieron las

imágenes del fenómeno ocurrido en dicha galaxia; también se estudia el hoyo negro que reside en el centro de la Vía Láctea y otras galaxias activas relativamente cerca.

En el IRyA a su vez, se caracterizó la emisión de rayos X duros provenientes de una estrella enana blanca sin compañera estelar. Este estudio permitió demostrar que estos rayos X son producidos por la presencia de un planeta que gira en torno a la enana blanca.

Académicos del IRyA, junto con colegas del Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE) y del Instituto de Astrofísica de Andalucía, España, localizaron más de cuatro mil estrellas masivas en un par de galaxias en colisión, conocido como Las Antenas o NGC 4038/39. Se llaman Wolf-Rayet (WR) y son estrellas que a decir de los expertos viven poco tiempo (entre dos y cuatro millones de años), pues los procesos de fusión que ocurren en sus núcleos son mucho más eficientes que para estrellas de baja masa. Estas estrellas son descendientes de las estrellas más masivas que puede haber, como algunas de menos de 25 veces la masa del Sol.

Científicos del Instituto de Ciencias Nucleares (ICN), del Instituto de Astronomía y del Instituto de Física forman parte del proyecto internacional DESI (Dark Energy Spectroscopic Instrument), que realizará un censo de galaxias para elaborar un mapa tridimensional del Universo. El proyecto DESI también busca saber si la energía oscura ha cambiado con el tiempo o siempre ha sido igual. Con algoritmos y tecnología inédita, la UNAM junto con 70 instituciones del mundo, iniciaron las operaciones científicas para el censo espectroscópico de galaxias DESI.

El ICN también mantiene colaboraciones en destacados proyectos internacionales, entre los que se pueden mencionar el proyecto del detector ALICE (A Large Ion Collider Experiment), con el laboratorio de la Organización Europea para la Investigación Nuclear (CERN), en Suiza, que estudia las colisiones de iones pesados relativistas; su participación en el observatorio Pierre Auger, ubicado en Argentina, que investiga la naturaleza de los rayos cósmicos ultraenergéticos; en el proyecto JEM-EUSO (Japanese Experiment Module-Extreme Universe Space Observatory), en un detector de rayos cósmicos en la Estación Espacial Internacional; así como en el proyecto HAWC (High Altitude Water Cherenkov Experiment), que es un observatorio de rayos gamma ubicado en el volcán Sierra Negra en Puebla. Se colabora a su vez en el desarrollo de experimentos para la detección de vida en Marte, como parte de la misión Mars Science Laboratory de la NASA y en los últimos años se ha desarrollado el Proyecto Colmena, la primera misión mexicana y de la UNAM de exploración lunar que está conformada por cinco pequeños robots que serán colocados en la superficie de nuestro satélite natural.

El Instituto de Física (IF) participa en varios proyectos de colaboración internacional, entre ellos: ALICE, DESI y SNOLAB-IF; el objetivo de este último es realizar investigación de física de astropartículas en laboratorios subterráneos para el estudio de la física de neutrinos y la búsqueda de materia oscura.

Los académicos del IF desarrollaron con éxito un detector de vanguardia para el CERN, como parte del trabajo de restauración de los detectores de partículas del Gran Colisionador de Hadrones. Fueron apoyados por personal del Taller Mecánico del mismo, trabajaron en la propuesta, desarrollo y colocación del FV0, uno de los componentes de ALICE. El diseño innovador del FV0 sienta las bases para la construcción de nuevos detectores.

En el IF, a través del proyecto del Laboratorio Nacional HAWC, se observó la aceleración mediante la detección de rayos cósmicos de altas energías y forma parte de la colaboración internacional que observó la aceleración de la Vía Láctea mediante la detección de rayos cósmicos de muy altas energías provenientes de la nebulosa del capullo en la constelación de Cygnus, hallazgo publicado en *Nature Astronomy*.

El Centro de Ciencias Matemáticas participa en un proyecto internacional financiado por la Templeton Foundation para estudiar la estructura de la información cuántica del espacio-tiempo.

Científicos del Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología y del grupo SensAvan, del Centro Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) de España, trabajan en el desarrollo de un dispositivo que, mediante el aliento, olfatea enfermedades (nariz electrónica). El dispositivo se ha utilizado de manera experimental en diagnóstico no invasivo de cáncer, asma y enfermedad pulmonar obstructiva crónica. Los científicos aún se encuentran probando varias matrices con diferentes tipos de sensores, a fin de aplicarlas en apoyo del diagnóstico médico y en el monitoreo del medioambiente.

Científicos del Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas participan en una investigación internacional en la que, junto con 15 instituciones de Europa y América, investigan cómo se desplazan y toman decisiones los primates para conseguir sus alimentos. El trabajo es coordinado por el Centro para el Estudio Avanzado de la Conducta Colectiva, de la Universidad de Konstanz, en Alemania y sus resultados iniciales se publicaron en la revista *Science*.

El Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático concluyó en forma exitosa la tercera etapa del proyecto interdisciplinario: *Implementación de redes de observación oceanográficas (físicas, geoquímicas, ecológicas) para la generación de escenarios ante posibles contingencias relacionadas a la explotación y producción de hidrocarburos en aguas profundas del Golfo de México*. Asimismo, coordinó y realizó el taller internacional en Investigación en Pronóstico de Calidad del Aire en línea (10th International Workshop On Air Quality Forecasting Research).

Proyectos nacionales

Los proyectos de investigación de carácter nacional [2,725] son aquellos que atienden temas prioritarios para el país, también de ciencia básica, y aquellos que se trabajan con otras instituciones nacionales, ya sean el gobierno federal, gobiernos locales, otras instituciones académicas, comunidades, privados,

entre otros, tales como los que se destacaron en la prensa académica y que se describen a continuación:

- **Políticas públicas**

En el Foro Interuniversitario: Jornadas de reflexión sobre el Sistema de Ciencia, Tecnología e Innovación que demanda el futuro, convocado por diez casas de estudio e investigación, los especialistas coincidieron que la ciencia es un bien que pertenece a los mexicanos, por lo cual es necesario contar con una ley general en la materia que sea coherente con ese mandato. Se propuso revisar el proyecto de ley de la Red Nacional de Consejos y Organismos Estatales de Ciencia y Tecnología, y Prociencia. Por su parte, el Coordinador de la Investigación Científica de la UNAM y la Presidenta de la Academia Mexicana de Ciencias (AMC) e investigadora del Instituto de Radioastronomía y Astrofísica coincidieron en que la libertad de investigación debe fomentarse con altos estándares científicos y éticos, así como con revisión por pares; además, destacaron que pretender dirigir el conocimiento con el fin del bienestar social en el corto plazo es extremadamente ineficiente.

El SIC analizó sus capacidades para desarrollar vacunas contra la COVID-19 y otros padecimientos, al tiempo que generó novedosos sistemas de detección de enfermedades y nuevas medicinas para combatir distintos padecimientos.

El SIC también se especializa en el estudio de los desastres, que acusan de no ser naturales sino socialmente contruidos, pues con estudios y nuevas metodologías y prevención pueden evitarse.

A su vez, en el SIC se estudian las causas de los contaminantes de las ciudades y por tanto cómo reducirlos; asimismo, conoce los devastadores efectos del cambio climático y puede advertir a los gobiernos y las poblaciones para ser resilientes ante sus embates. Asimismo, tiene capacidades y conocimientos para establecer políticas públicas en asuntos como la resistencia antimicrobiana, que es un tema de salud pública, o el estrés hídrico, la planeación de ciudades, la manera de enfrentar los sismos, los reglamentos de construcción.

- **Agricultura, ganadería y alimentación**

Científicos del Instituto de Biología (IB) destacaron que el uso de los hongos en la industria es vital para la economía mundial. En el IB se cuenta con una colección de más de 25 mil ejemplares.

Científicos del Instituto de Geografía advierten que los sistemas de producción agrícola actual requieren transformarse de forma rápida a nivel local y, de acuerdo con cada cultivo, hacia sistemas resilientes, más resistentes a las condiciones climáticas y de disposición de agua. Destacaron que la técnica de policultivos ayudaría a mejorar los sistemas de producción pues la homologación de sistemas actuales de producción los hace más vulnerables a las condiciones climáticas que ya se registran y que van a continuar en el futuro.

Especialistas en diabetes del Programa Universitario de Investigación en Salud (PUIS) advirtieron que México está entre los países con los primeros lugares

a nivel mundial con obesidad y sobrepeso y que existe relación entre los micronutrientes y ese padecimiento: la falta de vitaminas A, D, B, así como de minerales como el zinc, hierro y calcio incrementan el tejido adiposo y la actividad inflamatoria. Ante este panorama los especialistas sugieren implementar la dieta de la milpa, la cual se basa en la combinación de una leguminosa y un cereal (frijol y tortilla).

Investigadores del Centro de Ciencias Genómicas propusieron la existencia de un ciclo endofítico entérico a partir de la comparación de los estudios del microbiota vegetal y del microbiota intestinal de distintos animales herbívoros. Identificando qué bacterias y hongos de animales pudieran tener un origen en plantas. Enfocándose en aquellas bacterias que fijan nitrógeno y que pudieran contribuir a compensar la dieta pobre en nitrógeno de algunos herbívoros.

En el Instituto de Energías Renovables los proyectos Pronaces del Conacyt se encuentran en segunda fase de evaluación: el primero es el *Centro Comunitario para el deshidratado solar de productos agropecuarios de pequeños productores indígenas de Hueyapan, Morelos*; el segundo es el *Paquete energético para la mejora del proceso de producción del alcohol de agave y el aprovechamiento de residuos como biocombustibles*.

- **Agua**

Científicos del Instituto de Geología (IGI) y del Instituto de Geografía (IGG) coincidieron en que hay crisis mundial del agua debido al crecimiento poblacional, también coinciden en señalar que en México es necesario conocer más del tema: cuánta agua hay, de dónde viene y a dónde va; cómo y por qué se contamina; también establecer con claridad en la Constitución que las aguas subterráneas son propiedad de la nación.

Un proyecto del IGI se enfoca en un diagnóstico de la problemática hidrológica que afecta a la Cuenca de México, con un enfoque integral que considera cuencas vecinas y que, mediante la simulación de escenarios a 20 años, contribuye al plan de desarrollo hídrico de la Ciudad de México.

Científicos del Centro de Geociencias (CGeo) y del Instituto de Geofísica realizaron un mapa mundial para calcular los efectos de la extracción excesiva de agua en ciudades densamente pobladas. Junto con 20 colegas de 11 países que también pertenecen al grupo de la Iniciativa Internacional de Subsistencia del Terreno (LASII) de la Unesco, y en colaboración con el Servicio Geológico de España (IGME), publicaron el mapa como fruto de su investigación en la revista *Science*, donde se asienta que algunas subsidencias de ciudades ocurren por la extracción de fluidos o de sólidos. Este estudio se enfoca en la extracción de agua subterránea como problema principal que causa el fenómeno de subsidencia en el mundo, y también en México.

Científicos del CGeo, del IGG, de la Facultad de Ingeniería y la coordinación del Seminario Universitario de Riesgos Socioambientales de la UNAM abordan el tema de la gestión del agua, en el que revisaron la gestión del subsuelo destacando que siete de cada diez vasos que bebemos proviene del agua subterránea. Apuntaron que la investigación puede ayudar a tomadores de decisiones

sobre estrategias de mitigación y planeación territorial, por ejemplo, mediante el uso de métodos de ruido sísmico que ayudan a caracterizar el subsuelo.

Científicos del IGg destacaron, en conferencia virtual, que los mexicanos somos cada vez más vulnerables a las sequías. En 2020 la ONU reportó que 55 por ciento del territorio mexicano presentaba afectación por erosión hídrica y eólica, por lo que hizo un llamado a luchar contra la desertificación. Las aportaciones realizadas por la UNAM para generar nuevo conocimiento sobre la degradación de los suelos son múltiples. Los resultados de las investigaciones permiten comprender mejor el fenómeno, cómo avanza en diferentes regiones del país y presentar propuestas de solución.

- **Ambiente**

Científicos del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología (ICML) destacaron que los mares son claves y la solución para la vida en el planeta. De los 17 ODS, el 14 está dedicado a la vida en océanos. A una década de alcanzar el plazo, la ONU presentó el Decenio de las Ciencias Oceánicas para el Desarrollo Sostenible reconociendo que los mares están sujetos a amenazas sin precedentes como resultado de la actividad humana, y al mismo tiempo es una oportunidad para reflexionar sobre los mares como determinante de la vida futura en el planeta. El conocimiento sobre los mares en la UNAM cuenta también con la Unidad de Informática Marina (UNINMAR), uno de los repositorios de datos de los océanos de acceso abierto que apoyan la investigación, los sectores y la industria, y también con los institutos de Geofísica, Geología, Ciencias de la Atmósfera, Geografía, Biotecnología, Ecología, Biología y, desde las Humanidades, con las facultades de Ciencias, Iztacala, Zaragoza, la ENES Morelia y en Yucatán. Se anticipa que cada día se sumen más.

Investigadores del ICML y un estudiante del Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología, en colaboración con otros investigadores, demostraron que las concentraciones de plutonio en corales masivos pueden servir como marcadores para definir con mayor precisión el inicio del Antropoceno, época geológica que marcaría la alteración de los ciclos biogeoquímicos por la humanidad. Los arrecifes de coral alejados de sitios donde se realizaron pruebas de armas nucleares conservan registros temporales de depósitos de plutonio de este origen.

También en el ICML, el Catálogo de fitoplancton del Pacífico Central Mexicano, Crucero "Marear", reúne el trabajo de una serie de cruceros oceanográficos que se llevaron a cabo a partir de 2009 a bordo del buque oceanográfico "El Puma", con el propósito de estudiar las especies y comunidades de microalgas planctónicas, particularmente aquellas potencialmente tóxicas y nocivas y de investigar los factores hidrográficos y las condiciones climáticas y oceanográficas asociadas a las proliferaciones algales.

Investigadores del Instituto de Ingeniería buscan soluciones para preservar arrecifes de coral; para lograrlo simulan en el laboratorio algunos procesos hidrodinámicos que ayuden a su restauración como la filtración de sedimentos finos, que permiten que el agua sea transparente. Dichas acciones son importantes debido a que los arrecifes coralinos dependen en gran medida

de la calidad del agua, que tenga sus propiedades, no esté turbia y permita la entrada de luz para el proceso de fotosíntesis. De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), más de 70 por ciento del plástico no se recicla, lo cual ocasiona que cinco billones de fragmentos contaminen ríos y océanos, razón por la cual universitarios desarrollan materiales a partir de semillas de tamarindo, para generar envases biodegradables.

Científicos del Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático (ICAYCC) hallaron que los contaminantes vehiculares en el aire se redujeron en el último año, pero fueron reemplazados por solventes y derivados orgánicos provenientes de productos de limpieza y desinfección, los cuales reaccionaron con el aire y generaron casi la misma cantidad de ozono que antes de la emergencia sanitaria. Por ello, es fundamental reducir las emisiones de los vehículos automotores, de las casas, fábricas, incrementar las áreas verdes, controlar la invasión de predios, recuperar zonas de recargas de acuíferos, mejorar el transporte público, aumentar las ciclo vías.

Científicos del ICAYCC estimaron que reducir el metano (CH_4) es clave para el bienestar de nuestro planeta, ya que su capacidad para calentar la atmósfera es 25 veces mayor que el CO_2 . En la reciente Conferencia de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (COP26), un objetivo de los países firmantes fue sumar esfuerzos para reducir 30 por ciento las emisiones de este gas para 2030.

Científicos del Instituto de Geofísica, en conjunto con expertos del ICAYCC y del Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología, realizaron estimaciones a largo plazo sobre la temporada de incendios en los siguientes años. Se trata del primer pronóstico forestal a largo plazo en el mundo. Apoyados en ingeniería espacial e inteligencia artificial, pusieron en marcha algunos algoritmos para elaborar sus escenarios, que incluyen factores que inciden en los incendios, tales como la temperatura, humedad, precipitación, sequía, radiación solar, huracanes y los fenómenos de El Niño y La Niña. Sus pronósticos prevén una temporada alta de incendios que se va a incrementar de dos a tres años con pequeñas variaciones a la baja; en 2026 y 2027 la tendencia disminuirá y después de 2030 comenzará nuevamente una temporada alta que durará hasta 2033.

Investigadores del Instituto de Ecología (IE), conforme a sus trabajos de investigación indican que para detener la destrucción de la biodiversidad del país, una de las más grandes y variadas del mundo, se necesita integrar a la sustentabilidad el conocimiento rural y campesino, que tiene saberes ancestrales para convivir con sus ecosistemas, así como apoyarlos con conocimiento científico. Para proteger la biodiversidad también hay que invertir recursos gubernamentales y privados en proyectos de conservación y sustentabilidad, con el respaldo de las comunidades originarias y cercanas a los sitios donde habitan las diferentes especies. Las principales amenazas para la biodiversidad son la sobreexplotación de recursos, la destrucción de ecosistemas, la contaminación, el cambio climático y la comercialización de especies exóticas.

Investigadores del IE han estudiado, por más de 10 años, la denominada palomilla del nopal (*Cactoblastis cactorum*), un insecto invasor proveniente de

Sudamérica que se localiza en el Caribe, cerca de la frontera sur mexicana. Si el insecto llegara al centro del país habría más de 107 especies de nopales nativos y cultivados amenazados. Un programa de monitoreo y control intensivo en la zona más vulnerable, que es la frontera norte, el Golfo de México y la península de Yucatán, advierte que actualmente la palomilla se encuentra a 800 kilómetros de la frontera con Tamaulipas, en el Golfo de México. Este insecto fue paradigmático para el control biológico de las nopaleras ruderales en Australia, los ganaderos quisieron controlar esta plaga y buscaron un enemigo natural del cactus, y lo encontraron en Sudamérica, donde existen especies de nopales parecidas a las que hay en el resto de América.

Científicos del IE de la UNAM explicaron las razones por las cuales el alimento de la mariposa Monarca, que viajan de regreso a los santuarios en Estados Unidos de América y Canadá, se está reduciendo. En primer lugar, el uso de herbicidas y agroquímicos, porque reducen la cantidad de plantas de las cuales se alimentan, por otro lado, existen algunas flores y plantas que son consideradas "mala hierba" por algunos agricultores, las cuales podan sin considerar que son alimento de los lepidópteros. Recientemente la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (Conanp) reportó en 2021 la reducción de 26 por ciento de la presencia de Monarca en bosques de México, lo que se corresponde con la falta de alimento o néctar.

Científicos del Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad estimaron que los gatos domésticos son una plaga mundial que amenaza a otras especies. En algunos sitios de Estados Unidos, Europa y de islas del Pacífico, los gatos han mermado las poblaciones de aves silvestres en hasta en un 40 por ciento. En México se estima que los gatos con dueño matan a cerca de mil millones de pequeños animales silvestres al año. En la ciudad de Morelia se realizó el proyecto *Ecología del gato doméstico*, el cual indica que 15 por ciento de las casas tienen como mascota tres gatos en promedio. Si se asume un comportamiento de caza similar al de los gatos de Estados Unidos, implica que cazan más de dos millones de animales silvestres al año tan sólo en una ciudad de nuestro país.

Los responsables del Laboratorio 16 de Procesos de Transformación y Tecnologías Emergentes, de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, realizan estudios a partir de la línea "Procesos de separación de hidrocoloides, mucílagos, almidones y polisacáridos en el área de alimentos". En el proyecto también colaboran los investigadores del Instituto de Investigaciones en Materiales y del Centro de Física Aplicada y Tecnología Avanzada (CFATA).

- **Cambio climático**

Científicos del Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático (ICAYCC) analizan la velocidad con la cual caen las gotas de lluvia y su potencial capacidad para erosionar el suelo o terreno. El suelo es uno de los recursos naturales más valiosos del mundo, debido a que proporciona una matriz física, un ambiente químico y un entorno biológico permitiendo el intercambio de agua, nutrientes, aire y calor para muchos organismos que viven en él. En el caso de alimentos y fibra se requiere de suelo adecuado, toda vez que de 94

a 96 por ciento se obtienen de ahí, además del número de antibióticos que se elaboran con organismos que se generan en él.

Investigadores del ICAyCC alertaron sobre posibles repercusiones del calentamiento global en lluvias y sequías en el Valle de México, el cual podría pasar de una etapa de abundantes lluvias a un periodo seco. Destacaron que el fenómeno de La Niña que se presentó en el océano Pacífico —que consiste en el enfriamiento de sus aguas—, se aminora, toda vez que la superficie del agua se calentará y se registrarán más lluvias. Los especialistas aclararon que la sequía no es lo mismo que la aridez; ésta última significa que un lugar o región tiene un régimen pluviométrico bajo, es decir, que en el año llueve poco, como ocurre en las zonas desérticas.

Científicos del Instituto de Geología explicaron que una extinción masiva implica que deja de existir gran cantidad de organismos en un corto periodo, de dos o tres años, y de acuerdo con la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, están en riesgo de desaparición 37,400 especies. Destacaron que lo que ocurre en este momento en la Tierra es muy similar a lo sucedido en el periodo Pérmico: disminución de glaciares, acidificación del agua, aumento en la temperatura a nivel mundial, los volcanes no están tan activos, pero ahora nosotros somos los que liberamos el CO₂.

Los expertos hicieron referencia al trabajo de su colega del Instituto de Ecología, quien en 2019 publicó un estudio en la revista *Science Advances*, en el que asienta que la aniquilación de la naturaleza por las personas es tan grave que, expertos del Programa de Investigación en Cambio Climático (PINCC) hablaron, en conferencia virtual, sobre el retraso en torno a la mitigación del cambio climático; destacaron que la mayoría de las revisiones que se han hecho, incluyendo las del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC), tienen un problema de sesgo taxonómico y geográfico. Mientras existe información en las zonas del norte del mundo, el mayor déficit de datos se concentra en las zonas tropicales y marinas, donde es mayor la concentración de biodiversidad. Se sabe que el cambio climático afectará la seguridad alimentaria global, regional y local. En México el 59 por ciento del terreno agrícola es de temporal, en África subsahariana es el 90 por ciento y en América Latina la proporción es de 60 por ciento. Durante 1980 y 2008 los cambios en el clima disminuyeron aproximadamente cinco por ciento la producción global de maíz y trigo.

Científicos del Instituto de Ecología afirmaron que la pandemia por la COVID-19 ha traído un retroceso en educación ambiental. El miedo al contagio por el virus SARS-CoV-2 ocasionó que recurrieran a la utilización de productos de un solo uso; es urgente continuar con el uso de agua y jabón para lavar utensilios. En el marco del Día Mundial de la Educación Ambiental, que se celebra el 26 de enero, destacaron que el reto ahora es explicar el mecanismo de vida de los virus y cuáles son los materiales en los cuales sobrevive por menos tiempo.

- **Ciencia básica**

Investigadores del Instituto de Astronomía encontraron una nueva forma de explicar la expansión acelerada del Universo utilizando el cálculo fraccionario para explicar el comportamiento del Universo a gran escala.

En el Instituto de Radioastronomía y Astrofísica se presentó el estudio más grande realizado hasta hoy de chorros ionizados procedentes de estrellas masivas jóvenes, llevado a cabo con el observatorio Jansky Very Large Array en la región de radio-frecuencias a 56 fuentes asociadas con objetos estelares jóvenes masivos. También se analizaron datos en longitudes de onda de radio del chorro colimado y altamente ionizado localizado en la galaxia M87, lo que permitió delinear la configuración 3D del campo magnético del chorro, encontrando que su morfología es altamente helicoidal y que es alimentado por filamentos de material relativista que se crean por inestabilidades en el disco de acreción. Finalmente se caracterizó la emisión de rayos X duros provenientes de una enana blanca sin compañera estelar, este estudio permitió demostrar que estos rayos X son producidos por la presencia de un planeta que gira en torno a la estrella enana blanca.

Científicos del Instituto de Geofísica (IGef) continúan investigando la naturaleza del bólido que causó la extinción de los dinosaurios. En dicha investigación se han descartado hipótesis y se han aclarado otras. Gracias a los estudios en el sitio, actualmente se sabe que el cráter Chicxulub fue provocado por un asteroide y no un cometa, lo que ocasionó la extinción de los dinosaurios. Los científicos determinan si este bólido causante de cataclismo en la Tierra se trató de un asteroide proveniente de la Nube de Oort.

En el IGef se continuó con el proyecto de actualización y almacenamiento de información de diversas bases de datos, entre las que destacan el Catálogo digital de minerales y la Unidad informática de paleontología (UniPaleo) que se desarrolla en el marco del megaproyecto Sistemas de información sobre biodiversidad y ambiente (SIBA).

El Centro de Ciencias Genómicas se secuenciaron 76 genomas de *Acinetobacter baumannii* aislados en México y se construyó una base de datos que comprende 1,472 genomas de alta calidad pertenecientes a la especie *A. baumannii*. Estos avances permitieron la caracterización del contenido de genes de resistencia a antibióticos (Resistoma) de *A. baumannii*. También se secuenciaron y anotaron 64 genomas de *Stenotrophomonas*, avanzándose significativamente en la filogenómica y genómica comparativa de este género y es que, el análisis funcional mediante mutagénesis y expresión de genes codificantes para fimbrias y bombas de eflujo es importante en el análisis a la resistencia a antibióticos. Por último, se postuló que los sRNAs especie-específicos tienen un importante papel en la regulación de la interacción *Phaseolus vulgaris*-bacteria fijadora de nitrógeno, regulando inclusive el proceso de la fijación simbiótica del nitrógeno (FSN), y que la presencia o ausencia específica en diferentes variedades de frijol produce una variabilidad en el proceso del establecimiento de la FSN.

- **Ciudades**

En el marco del Segundo Foro Nacional de Geociencias, investigadores del Centro de Geociencias destacaron que el apoyo científico es esencial para la planeación de ciudades, la subsidencia, la sustentabilidad hídrica, la respuesta sísmica y puntos de análisis. Señalaron que mediante el trabajo conjunto con

tomadores de decisiones es posible impulsar que el conocimiento se integre en las políticas públicas, en reglamentos de construcción, planes de desarrollo urbano y en la prometida modificación de la ley de aguas, entre otros temas.

En la Feria de las Ciencias y las Humanidades 2021, científicos del Instituto de Geofísica y del Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, junto con colegas del Subsistema de Humanidades, destacaron que los catalizadores de los automóviles incrementan hasta 700 veces la concentración de platino. Agregaron que 65 por ciento de los metales en la atmósfera de la CDMX provienen de la difusión de polvos, sobre todo de la zona norte y que gran parte de los contaminantes en el país emanan principalmente del petróleo. De acuerdo con datos de la OMS; Monterrey, Toluca, Guadalajara, Salamanca, León, Irapuato y la capital son las más contaminadas del país. Por ello, los expertos sugieren ahorrar energía, disminuir el consumo de ropa y calzado, así como aprovechar la luz del día para realizar la mayor parte de nuestras actividades.

El Centro de Ciencias de la Complejidad trabaja en el Plan Integral de Movilidad para las Ciudades de Colima y Hermosillo. El proyecto es diseñar un modelo de movilidad para estos estados, destinado a resolver la problemática vial derivada del sector productivo, de la logística y del crecimiento. También se trabaja en la generación de biogás para la producción de energía eléctrica a partir del vertedero metropolitano de basura con el fin de proponer una tecnología óptima.

El Instituto de Ingeniería emprendió la actualización de las normas técnicas del reglamento de construcción de la CDMX. Asimismo, desarrolló el Plan Maestro de agua potable para la CDMX con perspectiva al año 2040.

- **Desastres**

Científicos del Instituto de Geografía reiteraron que los desastres no son naturales, sino que se construyen socialmente y su grado de afectación depende de la vulnerabilidad de las comunidades; de ahí la importancia de la comprensión y concientización del riesgo y su inaplazable reducción, dentro del ciclo previo al 2030. Diversos eventos causan graves estragos por la inadecuada urbanización, falta de planeación, desigualdad y pobreza. Destacaron que China, Estados Unidos e India fueron los países donde se registraron más desastres con 577, 470 y 321 eventos, respectivamente, México ocupó el lugar número ocho con 130.

En el Centro de Geociencias se desarrolla una gran variedad de estudios multidisciplinarios que abordan aspectos teóricos y aplicados entre distintas disciplinas de esta área de estudio. Las disciplinas se encuentran organizadas en 14 líneas de investigación, recientemente revisadas y actualizadas, las cuales se agrupan a su vez, en tres grandes campos de investigación: Tierra sólida, Geociencias ambientales, y Recursos naturales y energéticos. Para el Centro, los estudios enfocados al conocimiento de los procesos geológicos, geoquímicos y geofísicos, el estudio de los recursos naturales del territorio y el entendimiento de los peligros geológicos asociados a la actividad sísmica, volcánica,

así como al fracturamiento y hundimiento en zonas urbanas son investigaciones prioritarias.

En el marco del Día Internacional para la Reducción del Riesgo de Desastres, organizado por el Seminario Universitario de Riesgos Socioambientales (SURSA), en el que participaron expertos del Instituto de Geografía, del Centro de Geociencias, del Instituto de Geofísica, del Programa de Investigación en Cambio Climático (PINCC), del Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático y el Coordinador de la Investigación Científica, se afirmó que el tema requiere atención multidisciplinaria y preventiva que incida en el manejo de riesgos socioambientales y que desde una visión de la geografía física y humana se genere investigación relevante para su aplicación en el ordenamiento del territorio, la caracterización de la exposición a amenazas, los procesos de ocupación humana y resiliencia; así como de los nuevos campos como la Sociología del Riesgo, la Economía Ambiental, la Psicología del Riesgo, y los Estudios del Desarrollo y Análisis de Vulnerabilidad, entre otras áreas.

Investigadores del Instituto de Geografía (IGg) se enfocan en la investigación forense de desastres; es decir, el desarrollo de una perspectiva metodológica dirigida a identificar, comprender y atender las causas de fondo de los desastres, así como de los factores inductores que se manifiestan a través de la vulnerabilidad y exposición de las sociedades al consecuente impacto a las amenazas de origen diverso. La perspectiva forense funciona como una investigación integrada del riesgo de desastres a partir de un enfoque transdisciplinario, que incluye estructuras políticas, institucionales y sociales vinculadas con la reducción de riesgo de desastre, además de la participación de actores como la sociedad civil y la academia, con el objetivo de optimizar este proceso complejo de gestión. *“Analizan tanto, problemas derivados de la urbanización, como de las presiones sobre el uso del suelo que conducen al deterioro ambiental, del cambio climático, de la desigualdad, la pobreza, y la ausencia de una gobernanza informada del riesgo de desastres basadas en la gestión integral del territorio”.*

Un investigador del IGg, experto en cambio climático, urgió a pasar a otro nivel en los esquemas de protección civil, manejo del agua y recursos naturales, a fin de estar mejor preparados para prevenir desastres y emergencias sanitarias como la que se vive. *“Es necesario aprovechar lo que los investigadores de la UNAM y otras instituciones académicas desarrollan, y ver cómo se establece ese puente de comunicación entre los que toman decisiones, los que tienen el conocimiento para el beneficio de todos. Ese es el gran mensaje que nos dejan la pandemia y el cambio climático”.*

- **Salud**

Científicos del Instituto de Biotecnología (IBt), junto con la Universidad de Stanford y el Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán (INCMNSZ), descubrieron, aislaron y sintetizaron dos moléculas nuevas de antibióticos a partir de precursores del veneno de alacrán. Se trata de dos benzoquinonas, una roja y otra azul identificadas como potentes antibióticos que matan bacterias (como *Staphylococcus aureus* y *Mycobacterium tuberculosis*)

además de que son antineoplásicos contra varios tipos de células cancerígenas. El trabajo de investigación tripartita se encuentra en trámite de patente en cinco regiones del mundo y, cuando las licencias estén listas, los beneficios se dividirán en tres partes: 40 por ciento para la UNAM e igual porcentaje para la Universidad de Stanford, así como 20 por ciento para el INCMMyNSZ.

Investigadores del Instituto de Investigaciones Biomédicas (IIBo), publicaron la evaluación de más de 280,000 personas de diferentes linajes, mediante el uso de estudios de asociación del genoma completo (GWAS), de los niveles de lípidos en la sangre dando como resultado mejoras sustanciales en el mapeo fino de variantes funcionales y la portabilidad de la predicción poligénica. Los análisis de características genómicas, expresión de genes y conjuntos de genes revelaron firmas biológicas distintas, destacando diferentes vías biológicas subyacentes. Los resultados de estos estudios transancestrales aumentan la comprensión de la fisiopatología de la diabetes.

Asimismo, en el IIBo se analizan las posibles intervenciones que podrían permitir avanzar en la atención del cáncer en la región de Latinoamérica, así como las áreas que requieren mejoras, incluyendo la inversión insuficiente en el control del cáncer, la cobertura de salud no universal, los sistemas de salud fragmentados, la concentración inequitativa de servicios de cáncer, la existencia de registros inadecuados, las demoras en el diagnóstico e inicio del tratamiento y servicios paliativos insuficientes, así como la identificación de las barreras persistentes que requieren el compromiso de recursos adicionales para reducir la carga del cáncer en América Latina y el Caribe.

En el IIBo describen, a través de retratos de ADN y ARN, las características moleculares de los cánceres de mama en un conjunto de mujeres hispano-mexicanas y las comparan con conjuntos de datos públicos de ascendencia múltiple. Este estudio es un esfuerzo inicial para incluir pacientes de poblaciones hispanas en la investigación de la etiología y la biología del cáncer de mama para comprender mejor las disparidades de este tipo de cáncer.

También en el IIBo se estableció el papel del oncogen Myc en personas con anemia de Fanconi. Por medio de un perfil de transcriptoma unicelular describieron que además de la sobreexpresión de los genes de la vía p53 y TGF- β , se identificaron altos niveles de expresión de Myc. Demostraron que Myc promueve la proliferación al tiempo que aumenta el daño del ADN y produce una regulación a la baja de los genes de adhesión celular, por lo que concluyen que la sobreexpresión de Myc afecta la función de las células madre y progenitoras hematopoyéticas en pacientes con anemia de Fanconi, lo que contribuye al agotamiento de la médula ósea en estos pacientes.

Durante el cierre del Seminario Resistencia Antimicrobiana: Enfoque integral. *One Health*. Acciones necesarias urgentes, que coordinaron el Programa Universitario de Investigación en Salud (PUIS) y la Academia Nacional de Medicina de México, se emitió la Declaración para el Control de la Resistencia Antimicrobiana CDMX 2021, el cual consta de 13 señalamientos puntuales para alcanzar el control de la Resistencia Antimicrobiana (RAM) en nuestro país. Los especialistas convocaron a los tres órdenes de gobierno, instituciones educativas, agrupaciones gremiales, integrantes de industrias farmacéuticas y agro-

pecuarias, así como a organizaciones de la sociedad civil a unir esfuerzos para alcanzar las metas propuestas. Subrayaron la importancia del tema al destacar que mueren miles de personas cada año, en el mundo, por el uso inapropiado y abuso de antimicrobianos y ello también tiene altos costos en los sistemas de salud. Incluso la Organización Mundial de la Salud (OMS) incluyó a la resistencia antimicrobiana entre los 10 retos más importantes del mundo. Destacaron que durante la pandemia por la COVID-19 el tema ha resurgido debido a las estimaciones del exceso de uso de antimicrobianos, pues hay sugerencias de que tres de cuatro pacientes con SARS-CoV-2 recibieron un antimicrobiano de manera innecesaria.

El PUIS, entidad que impulsa el Plan Universitario de Control de la Resistencia Antimicrobiana (PUCRA), junto con investigadores de la Facultad de Medicina, destacaron que el uso indebido de antibióticos podría disparar una nueva crisis de salud, ya que la resistencia antimicrobiana causa cerca de 700 mil muertes al año en el mundo y que la OMS estima que en 2050 aumentará a 10 millones. Para contrarrestar parte de este problema la UNAM y la empresa Reckitt sumaron esfuerzos en torno al Proyecto de Educación sobre Resistencia Antimicrobiana en México (PERAM), el cual planea impartir capacitación a médicos, como parte de la iniciativa de la ONU para disminuir el 50 por ciento del consumo de antibióticos a nivel global.

El Centro de Ciencias Genómicas, en colaboración con grupos de investigación en el extranjero, revelaron un nuevo conjunto de condiciones que definen la estabilidad de plásmidos en comunidades bacterianas, observando que la persistencia de los plásmidos aumenta con la diversidad bacteriana y se vuelve menos dependiente de la conjugación. Estos resultados ayudan a explicar la alta prevalencia de plásmidos de resistencia a antibióticos en comunidades microbianas naturales muy diversas. También los investigadores de esta entidad descubrieron que los bacteriófagos juegan un papel importante en la composición, diversidad y evolución de las comunidades bacterianas. Los resultados obtenidos indican un papel clave de adaptación a las comunidades bacterianas, en la cual es fundamental la composición genética y fenotípica de los fagos, la cual sigue un patrón espacial similar de diversidad y coevolución al de la bacteria huésped.

El Centro de Física Aplicada y Tecnología Avanzada, en el Laboratorio de Nanomateriales Biofuncionales desarrolla estructuras fotoactivas con aplicaciones como sensores de especies de interés médico y ambiental, agentes de contraste para el diagnóstico de enfermedades mediante escaneo médico, y estrategias terapéuticas activadas con la luz infrarroja. Los resultados de estas investigaciones han permitido el desarrollo de nanomateriales para el marcaje específico y selectivo de células de cáncer de mama HER-2 positivas, y su inactivación simultánea mediante la producción de radicales libres a través de la terapia fotodinámica. Además, se desarrolló una estrategia analítica para medir sus interacciones con macromoléculas específicas, permitiendo con ello modular la formación de la corona de proteínas. Lo anterior representa un gran avance en el desarrollo de nuevos materiales fotoactivos y un paso significativo hacia sus aplicaciones en la práctica clínica.

Publicaciones y otros resultados

• Publicaciones

En el Subsistema de la Investigación Científica (SIC), durante 2021 se produjeron 6,877 publicaciones [2020: 6,838]. De ellas 4,600 fueron artículos en revistas indizadas —4,340 en revistas publicadas en el extranjero y 260 en México de circulación internacional—. Adicionalmente, se publicaron 184 artículos no indizados, 526 memorias in extenso, 141 libros, 415 capítulos de libro, 617 reportes técnicos, 15 mapas y 29 otras publicaciones —335 artículos de divulgación y 15 artículos de docencia—. Los becarios posdoctorales participaron en la publicación de 160 de los artículos indizados y las Cátedras Conacyt en 143.

Pese a la pandemia, el número de publicaciones aumentó: los artículos indizados en 2020 sumaron 4,354, mientras que en el año reportado alcanzan 4,600, esto es, 246 más —5.3 por ciento—. De los 30 centros e institutos, 26 aumentaron su producción de artículos indizados.

• Publicaciones destacadas

México publicó en la revista *Science* 15 artículos, de los cuales nueve fueron publicados por académicos pertenecientes al SIC; en el caso de la revista *Nature* el país publicó 19 artículos, seis fueron de académicos del Subsistema (Centro de Nanociencias y Nanotecnología, Laboratorio Internacional de Investigación sobre el Genoma Humano (2), Instituto de Astronomía (2), Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad, Instituto de Radioastronomía y Astrofísica, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Instituto de Ecología (2), Instituto de Geología, Instituto de Investigaciones Biomédicas, Centro de Geociencias-Instituto de Geofísica (uno en conjunto), Centro de Ciencias Matemáticas e Instituto de Fisiología Celular); en tanto el año pasado la suma total de los artículos del SIC en estas prestigias revistas sumaron 13; es decir, pese a la pandemia se publicaron dos artículos más, y comparado con el periodo previo a la pandemia [2019] un artículo más.

Científicos del Instituto de Investigaciones Biomédicas y del Instituto de Química compartieron sus avances en investigación sobre cáncer. Los hallazgos se publicaron en la revista *Medicinal Chemistry Letters* de la American Chemical Society.

Científicos del Instituto de Geofísica analizan la repercusión que los eventos solares débiles podrían tener sobre los satélites. Destacaron que no se deben menospreciar esos eventos porque se pueden formar nubes magnéticas que funcionan como embudos y redireccionan rayos cósmicos galácticos que pueden afectar los satélites de comunicaciones y naves espaciales. Los resultados de su estudio se publicaron en la revista *Astrophysical Journal* y todos los datos relacionados se obtuvieron gracias al Laboratorio Nacional High Altitude Water Cherenkov (HAWC).

Científicos del Instituto de Neurobiología y colegas de la Facultad de Ciencias, campus Juriquilla, diseñaron nueva tecnología para mejorar las imágenes por resonancia magnética, la cual cuenta con un artículo publicado en la revista *Journal of Magnetic Resonance*, que mereció la portada de febrero.

Investigadores del Instituto de Astronomía encontraron una nueva forma de explicar la expansión acelerada del Universo. El trabajo se dio a conocer en la revista *Journal of Geometric Methods in Modern Physics*.

Paleontólogos del Instituto de Geología, junto con investigadores de la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas hallaron, en 2018 en la cantera El Chango, Ocozocoautla de Espinosa, Chiapas, una nueva especie de pez de hace 95 millones de años. El hallazgo y la descripción del pez se publicó en la revista *Papers in Palaeontology*.

Científicos del Instituto de Fisiología Celular, junto con colegas de Estados Unidos, Alemania y Polonia descubrieron que en el hígado se identifican procesos que causan comezón crónica. Los resultados de la investigación se publicaron en la revista *Gastroenterology*.

Científicos del Instituto de Neurobiología e investigadores de Alemania y Sudáfrica hallaron moléculas formadas por tres aminoácidos aislados de la vaso-inhibina (un fragmento de la hormona prolactina) que frena el desarrollo de algunos tipos de cáncer de retina. El hallazgo se publicó en la revista de especialidad *Angiogenesis*.

Científicos del Instituto de Biotecnología de la UNAM, en colaboración con investigadores del Instituto Nacional de Medicina Genómica (Inmegen), encabezaron un estudio del genoma completo de poblaciones originarias de México, el cual se publicó en la revista *Plos One*.

Científicos del Instituto de Investigaciones Biomédicas y del Inmegen hallaron que una mutación genética propicia la proliferación celular y con ello el crecimiento de tumores de cáncer de mama. Los hallazgos obtenidos y el estudio se publicaron en la revista *Nature Communications* y fue catalogada como uno de los 50 artículos más interesantes.

Investigadores del Instituto de Geofísica destacaron, en conferencia virtual, que los últimos cuatro terremotos de gran magnitud en México estuvieron precedidos por sismos lentos. La investigación se publicó en el artículo "Short-term interaction between silent and devastating earthquakes in Mexico" en la revista *Nature Communications*.

Científicos del Centro de Ciencias Genómicas estudiaron la evolución y los genes de la bacteria *Acinetobacter baumannii*, que se consideraba exclusiva de hospitales, hallaron que puede habitar en otros nichos y diseminarse a través de plantas y animales. Sus hallazgos se publicaron en la revista *The Lancet Microbe*, en donde señalan que *Acinetobacter baumannii* y la resistencia a antibióticos es un problema que debe abordarse desde la salud humana hasta establecer los flujos de transmisión, a partir de los componentes humano, animal y ambiental.

El hallazgo de científicos del Instituto de Radioastronomía y Astrofísica y colegas del Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE) y del Instituto de Astrofísica de Andalucía, España, de más de cuatro mil estrellas masivas en un par de galaxias en colisión, conocido como Las Antenas o NGC

4038/39 se publicó en la revista *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*.

Científicos del Instituto de Geografía, en coedición con la Sorbonne Université publicaron *El mundo por descifrar: La perspectiva geográfica*, de Paul Claval, profesor emérito de Sorbonne Université, como parte de las actividades del Mes de México: Esplendores de ayer y hoy, organizado por Sorbonne Université y el CEM UNAM-Francia. La Sorbonne Université también coeditó el libro de *L'élegie du désastre. De l'archive à l'histoire* del Instituto de Investigaciones Históricas de la UNAM.

Científicos del Instituto de Ecología y alumnos del posgrado participan en una investigación internacional de 16 científicos de diversas universidades del mundo, cuyo objetivo fue cuantificar áreas a nivel terrestre que tuvieran lo que se conoce como integridad ecológica. El estudio se publicó en la revista *Frontiers in Forest and Global Change*.

Científicos del Centro de Ciencias de la Complejidad y alumnos del doctorado en Ciencias Biomédicas trabajaron con un enfoque multidisciplinario en la observación de la resistencia de las mujeres a las enfermedades en comparación con los hombres debido a que ambos organismos funcionan de manera distinta. El estudio se publicó en la revista *Frontiers in Physiology*.

Científicos del Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas diseñaron un modelo que imita características de la memoria humana. El trabajo se publicó en la revista *Scientific Reports*, además se publicó el libro *Racionalidad Computacional* con dicha investigación.

Autoridades del Instituto de Ciencias Nucleares, así como estudiantes del doctor Rafael Navarro se han dado a la tarea de publicar varios artículos del investigador mexicano, recientemente fallecido, que quedaron pendientes de publicación. En uno de ellos se explica porque la misión Curiosity no encontró evidencias más contundentes de vida pasada sobre suelo marciano; el estudio revela que las evidencias de materia orgánica en Marte podrían no estar presentes en la superficie del planeta y que para hallarlas será necesario buscar en las capas a 1.5 metros bajo el suelo marciano. Dicho texto fue recientemente publicado el 21 de abril en la revista *Astrobiology*. Debido a estas observaciones, el robot explorador ExoMars que se planea enviar el próximo año llevará un taladro con capacidad de perforar hasta dos metros en el subsuelo de Marte. En el trabajo llamado "Radiolytic Degradation of Soil Carbon from the Mojave Desert by ^{60}Co Gamma Rays: Implications for the Survival of Martian Organic Compounds Due to Cosmic Radiation" participaron también José de la Rosa y Paola Molina, Sergey Sedov, así como Christopher P. McKay, del Centro Ames de la NASA.

El trabajo científico sobre el óxido de grafeno y sus propiedades antivirales y bactericidas realizado por investigadores del Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología, del Instituto de Química y del Instituto de Ciencias Nucleares, fue incluido como uno más representativos de la ciencia química en México por la Royal Society of Chemistry (RSC) en los 72 artículos publicados en su revista *RSC Advances* de la Royal Society of Chemistry (RSC).

- **Patentes**

Otros resultados del SIC corresponden a las patentes, de las cuales 33 [2020:40] fueron solicitadas y otorgadas 57 [2020:23]; de las solicitadas, cinco fueron ante instancias extranjeras y 28 en el país; con respecto a las otorgadas, 53 fueron nacionales y cuatro fuera de México. Además, se realizaron 28 otros productos: 10 programas de cómputo fueron documentados y liberados, dos derechos de autor registrados, ocho prototipos documentados y otros ocho construidos.

En el marco de la novena edición del Programa para el Fomento al Patentamiento y la Innovación (Profopi) 2021, científicos del Instituto de Química destacaron que la UNAM es líder en patentes otorgadas y solicitadas ante el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (IMPI) con un total de 73 en el último año y medio, 41 de ellas se otorgaron en el primer semestre de 2021, detalló la Coordinación de Vinculación y Transferencia Tecnológica de la UNAM y destacó que cada año esta casa de estudios es la que cuenta con el mayor número de patentes otorgadas.

“En los últimos años, en nuestro país prácticamente la mitad de las solicitudes de patente provienen de instituciones de educación superior o centros de investigación; y el 60 por ciento de las patentes concedidas corresponden a estos ámbitos. La UNAM destaca por ser la institución que gestiona y obtiene el mayor número. Ejemplo de ello es que en 2018 esta casa de estudios presentó 59 solicitudes; en 2019 le concedieron 37 registros y en 2020, 26. Así, de 1976 a 2020 se contabilizó un total de 717 desarrollos, para los cuales se otorgaron 423 patentes y 259 continúan en trámite; 35 no fueron concedidas.”

Además, algunas entidades destacan por el número obtenidas: a los institutos de Biotecnología (48) e Ingeniería (40); y las facultades de Química (40), Medicina (29) e Ingeniería (28), se suman otras como la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán (24) y los institutos de Energías Renovables (19), de Investigaciones en Materiales (24) y de Investigaciones Biomédicas (14).

La Universidad, a diferencia de una empresa, *“no se dedica a producir y vender la tecnología que genera; requiere ponerla a disposición del tejido productivo de nuestro país e, incluso, de otros”* para que sea explotada y sus beneficios alcancen a la sociedad. También se crean empresas a partir de las innovaciones universitarias, en las cuales los creadores obtienen una licencia de la tecnología en la que participaron.

Sobresalen las patentes de académicos del Instituto de Biotecnología, primero del científico Lourival Possani Postay con 16; seguido por Antonio Sánchez Solís y Octavio Manero Brito del Instituto de Investigaciones en Materiales con diez y nueve, respectivamente; además de José Antonio del Río Portilla del Instituto de Energías Renovables y de Rosa María Ramírez Zamora del Instituto de Ingeniería, ambos investigadores con ocho patentes cada uno. De forma general se reconocen las patentes de los institutos de Energías Renovables (19), de Investigaciones en Materiales (24) y de Investigaciones Biomédicas (14).

- **Desarrollos tecnológicos**

En el marco del 10º Congreso de la Red OTT, en el que participaron investigadores del Instituto de Química y autoridades de la Coordinación de Vinculación y Transferencia Tecnológica (CVTT) y de la Coordinación de la Investigación Científica, se discutió sobre la importancia que tiene la articulación en investigación, innovación y transferencia tecnológica. La transferencia de tecnología es un paso crucial para el desarrollo de cualquier país, por ello, es importante articular las capacidades de innovación e investigación de los diversos sectores, a fin de lograr la viabilidad para las próximas décadas, como lo demandan los ODS. La academia, la industria, el sector público y la sociedad, en el ámbito de sus competencias deberán contribuir con los demás en una participación transversal y complementaria para lograr los objetivos. La Universidad pública requiere de la concurrencia de recursos humanos, materiales y financieros para cumplir con sus funciones en estos temas. Ninguno de los actores puede hacer esto por sí solo, por ello, hay que sumar esfuerzos. Implementando las estrategias adecuadas, la innovación, la transferencia tecnológica y el emprendimiento se vincularán para lograr que las soluciones a los diversos problemas salgan de los laboratorios y aulas universitarias, y se conviertan en aplicaciones. Por su parte, el Estado, deberá impulsar el crecimiento económico, la inversión y el empleo mediante la transferencia y adopción de tecnología en las empresas, con la finalidad de incrementar su actividad y competitividad en todos los sectores de la economía, y de este modo contribuir a una sociedad más justa e incluyente. A su vez, se requieren grupos de empresarios innovadores, capaces de emprender y apostar a más largo plazo, cuyo empeño apoyará la recuperación económica y el progreso sostenible, entendiendo a la innovación como la capacidad para generar valor sostenido, pero sobre todo mejor calidad de vida.

Algunas de las patentes destacadas en 2021:

A científicos del Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología le fueron otorgadas siete patentes nacionales durante el 2021, con lo cual batieron récord. Previamente el mayor número de patentes otorgadas había sido de cuatro en 2014 y 2015.

El Instituto de Ingeniería desarrolló una cámara dual para detección de temperatura en personas.

Al Instituto de Química le fueron concedidas 12 solicitudes de patente durante 2021. El IQ fue la sede virtual del 10º Congreso de la Red de Oficinas de Transferencia de Tecnología, México, con 610 inscritos de 14 países distintos.

A investigadores del Instituto de Fisiología Celular les fue otorgada la patente europea "Nasal vaccine against the development of atherosclerosis disease and fatty liver". Inventores: J. Mas Oliva, B.A. Delgado Coello, V. García González, A. Pérez Torres. EP2868327B1. Anteriormente había sido otorgada en México y en Estados Unidos.

El Centro de Ciencias Genómicas desarrolló una herramienta computacional (ReProMin) para diseñar experimentos que permiten estudiar la reducción del

proteoma, generando una primera interacción del ciclo diseño-construcción-evaluación de mutantes que reducen su carga proteómica y presentan un mejor desempeño de producción de funciones sintéticas.

El Centro de Nanociencias y Nanotecnología desarrolló el proyecto UNAM-Psicofarma S.A. de C.V., convenio DGAJ-DPI-210421-934, que consiste en el "Desarrollo de un vector basado en partículas tipo virus para la entrega sitio-específica de psicofármacos en el Sistema Nervioso Central". Asimismo, consiguió dos patentes: 1) Derivadas de Virus de Planta con dsRNA Encapsidado y Método de Síntesis. Título de Patente No. 385484. 2) Proceso de fabricación de películas de perovskita por medio de técnicas de depósito por baño y evaporación químicos a bajas temperaturas, Folio: MX/E/2017/001797 aprobada 22 de abril, 2021.

El Instituto de Ciencias Nucleares, para posicionar a México en el sector espacial, puso en órbita el nanosatélite NanoConnect-2, diseñado y construido en el Laboratorio de Instrumentación Espacial LINX, en cooperación con el gobierno del estado de Hidalgo, en el marco del Laboratorio Nacional de Acceso Espacial (LANAE).

En el Laboratorio de Materiales Bidimensionales (2D) del Centro de Física Aplicada y Tecnología Avanzada se enfocan en la síntesis, estudio de procesos excitónicos y desarrollo de dispositivos optoelectrónicos de materiales 2D. De manera particular, se lleva a cabo la síntesis de heteroestructuras laterales entre dos o más semiconductores 2D mediante la técnica de depósito químico en fase de vapor (CVD). Asimismo, se estudian las propiedades estructurales y los fenómenos de recombinación electrón hueco en la interfaz de la unión mediante espectroscopía de micro fotoluminiscencia. Basados en los resultados de las diferentes caracterizaciones, se diseñan, se fabrican y caracterizan dispositivos optoelectrónicos (foto detectores o emisores de luz) usando las heteroestructuras 2D.

También en el CFATA, en el Laboratorio de Láseres Ultrarrápidos se desarrolla el proyecto de dinámica energética de mecanismos cuánticos en sistemas biológicamente inspirados, donde se han adaptado fuentes de luz visible pulsada con amplificación paramétrica óptica a sistemas de nanofluidos basados en solventes binarios agua-alcohol. Se desarrolló en este laboratorio una herramienta esencial para integrar dichos nanofluidos. Se basa en una técnica innovadora de baja potencia y de luz visible publicada recientemente: la microfabricación de microchips de polidimetilsiloxano (PDMS) con luz verde. Estos microchips o dispositivos de microfluídica se usan comúnmente en el diseño y estudio de sistemas biológicos cuando se requiere de microambientes controlados. Dicha integración llevará a estudiar mecanismos físicos que expliquen el proceso de absorción y utilización eficiente de la energía en dicho sistema biológicamente inspirado usando diferentes tipos de nanopartículas. En este laboratorio se abordan esos desafíos para entender fenómenos físicos de las nanoestructuras e incluirlas en un modelo de energía mediante la incidencia de luz, la presencia de agua y el uso de CO₂.

- **Arbitraje en revistas internacionales**

Académicos del SIC participaron como árbitros en revistas indizadas de prestigio internacional: 644 [2020: 644] investigadores elaboraron 2,413 [2020: 2,328] dictámenes.

- **Edición de publicaciones periódicas de difusión**

El SIC durante 2021 dio continuidad a la edición de 17 publicaciones periódicas 16 indizadas —siete en WoS, ocho en Scopus y una en Latindex— y de circulación internacional.

VISUALIZACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA Y EQUIPAMIENTO CIENTÍFICO

Para la visualización de las capacidades del equipamiento y las capacidades de servicios de la UNAM, la CIC construyó una plataforma desde el año 2014, misma que año con año avanza en sus potenciales. Durante 2021 sus logros fueron los siguientes:

En el marco del Sistema de Enlace LabUNAM (<http://labunam.unam.mx>) y con el objeto de conocer su potencial de vinculación para realizar servicios tecnológicos, se llevó a cabo la actualización y operación del sistema de 368 laboratorios con información validada con sus responsables, entre los que se encuentran 40 laboratorios de carácter nacionales, 52 universitarios y 276 unidades de apoyo, pertenecientes al Subsistema de la Investigación Científica, del Subsistema de Humanidades y de Escuelas y Facultades, gestionando 107 servicios tecnológicos y se llegó a la cifra de 66 microsítios en la plataforma en los cuales se informan las labores que los laboratorios desarrollan y ofertan.

Asimismo, se diseñó un sistema para establecer Indicadores de desempeño y su implementación en LabUNAM, conforme con los programas de Plan de Desarrollo Institucional 2019-2023, con objeto de incrementar su nivel de madurez tecnológica y utilidad hacia la toma de decisiones.

El diseño del sistema de indicadores considera cinco ejes temáticos: a) infraestructura, b) equipamiento, c) personas, d) recursos y e) resultados. El sistema permitirá en su implementación digital contar con información clave para una mejor relación con terceros interesados en las capacidades de investigación de la Universidad, así como la optimización en el uso de sus capacidades científicas y tecnológicas.

Algunas de las adquisiciones destacadas en el año 2021 en el SIC fueron las siguientes:

Con el objetivo de realizar evaluaciones preclínicas de vacunas contra la COVID-19 en el país, la Secretaría de Educación, Ciencia, Tecnología e Innovación del Gobierno de la CDMX otorgó apoyos para la infraestructura de proyectos multidisciplinarios. Los laboratorios beneficiados con dicha contribución fueron; laboratorios de nivel de Bioseguridad 3 (BSL3), ubicados en el Instituto de Investigaciones Biomédicas y en la Facultad de Medicina Veterina-

ria y Zootecnia, en los cuales también participan especialistas del Instituto de Biotecnología y la Facultad de Química.

El Instituto de Biología (IB) adquirió e instaló un servidor Beagle (Dell Power Edge R740), equipo de alto rendimiento destinado al cómputo científico capaz de realizar 80 procesos por nanosegundo y también procesar 900 Gb de información por segundo; ejecuta simulaciones de intercambios biomoleculares y estudios biosistemáticos con los llamados Big Data. El servidor se encuentra disponible para uso del personal académico y estudiantes que lo requieran.

Asimismo, en el IB se inauguró el Pabellón Nacional de la Biodiversidad y ya empezó la mudanza de las colecciones nacionales de vertebrados, se espera que en breve las salas de exhibiciones puedan ser abiertas al público.

En el Instituto de Investigaciones Biomédicas, uno de los principales logros del año fue el fortalecimiento y adecuación de la infraestructura institucional. Se resalta la reestructuración y actualización de las instalaciones del laboratorio de alta seguridad (BSL3) ubicado en la sede Circuito Escolar, único en su tipo en la UNAM, que permitirá llevar a cabo trabajos en donde se utilizan patógenos de riesgo, incluido el virus SARS-CoV-2. Por otra parte, se tuvo un avance importante en el proyecto de adecuación del edificio "Unidad de apoyo a la Investigación" ubicado en la sede Circuito Exterior; se finalizó la primera fase que incluye la generación final de planos y la obtención del presupuesto para llevar a cabo la obra, clave para el fortalecimiento de la vida académica del Instituto.

En el Instituto de Ecosistemas y Sustentabilidad, el Laboratorio Nacional para la Innovación Ecotecnológica para la Sustentabilidad recibió apoyos tanto de la UNAM como del Conacyt, consolidándose como un espacio de convergencia y sinergias para fomentar proyectos de investigación directamente vinculados con diferentes sectores de la sociedad.

El Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, adquirió el equipo Nicolet iN10 MX FTIR para impulsar la línea sobre el impacto de los microplásticos (MPs) en el ámbito de la biogeoquímica, ecología, y cambio global y climático. Este identifica la composición de partículas de hasta 10 micras, relevante para la reconstrucción histórica de la contaminación mediante núcleos sedimentarios (<150micras).

Se concluyó la primera etapa del nuevo edificio de laboratorios del Instituto de Biotecnología.

En el Instituto de Neurobiología (INb), con apoyo del Conacyt por 10 millones de pesos, se fortaleció la infraestructura de dos Laboratorios Nacionales, la Unidad de Análisis Conductual y dos grupos de investigación del INb. En el caso particular del Laboratorio Nacional de Resonancia Magnética se adquirió tecnología para toma de imágenes en paralelo con beneficio directo en la clínica y la investigación. También se fortaleció el estudio de las adicciones en modelos preclínicos y el de péptidos y proteínas con potencial farmacológico y biotecnológico.

También en el INb, a pesar de las circunstancias impuestas por la pandemia de COVID-19, el Bioterio incrementó en 50 por ciento el proceso de producción

de animales para experimentación, y así atender solicitudes de instituciones de investigación y educativas externas localizadas en diferentes estados del país.

En el Centro de Ciencias Genómicas se adquirió un citómetro de flujo para cubrir las necesidades de diversos grupos de investigación. Este equipo puede ser utilizado para estudiar la expresión génica mediante fusiones transcripcionales, identificar subpoblaciones con marcadores fluorescentes en cultivos mixtos, estudiar el proceso de transferencia horizontal en bacterias y cuantificar la dinámica intracelular de plásmidos multicopia, entre otras aplicaciones.

En el Instituto de Geofísica se terminó el edificio que albergará el Centro Alternativo de Monitoreo (CAM) del Servicio Sismológico Nacional en el estado de Hidalgo y se obtuvieron dos plazas de técnicos académicos.

En el Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático se adquirió equipo mayor: un ultracongelador vertical, un muestreador de polen automatizado, un baño seco, una centrífuga no refrigerada con rotor hermético, dos espectrómetros de doble canal, cuatro monitores de calidad del aire, un QuickTake 30 BioStage Pump Kit, y además dos servidores y equipo de cómputo.

En el Centro de Nanociencias y Nanotecnología, con financiamiento de diversos proyectos, se llevó a cabo la adquisición de una fuente de haz de electrones, un potenciostato Origaflex, una bomba criogénica y una cámara cilíndrica de vacío. La inversión fue de \$2'145,126 pesos.

En el Centro de Ciencias Matemáticas (CCM) se fortaleció la infraestructura física de la entidad con la entrega por parte de la Dirección General de Obras y Conservación de oficinas nuevas para investigadores y de un nuevo espacio que albergará la Biblioteca del CCM.

El Instituto de Ciencias Nucleares, con el crecimiento sostenido en los últimos años requería de nuevos espacios. Con apoyos y esfuerzos se concluyó una ampliación de 560 metros cuadrados de construcción, que albergará a 28 investigadores visitantes y 14 posdoctorales, y cuenta con una sala de juntas, una sala de convivencia abierta y un área secretarial, entre otros servicios básicos.

En 2021, en el Instituto de Ciencias Físicas se adquirió equipo mayor, como un analizador térmico simultáneo STA pt1600, un equipo de fluorescencia de rayos x, un espectrómetro termo científico Nicolet is10 FTIR y un láser de nitrógeno. También se adquirió una estación de trabajo LUFAC modelo fractal, una estación de trabajo supermicro XEON y un sistema de medición de nanopartículas (incluye laptop, partículas de calibración y filtro).

En el Instituto de Física (IF) se compró un espectrofotómetro infrarrojo con transformada de Fourier (FTIR) Bruker, modelo Vertex 70v, el cual es un sofisticado equipo óptico de última generación que permite trabajar en vacío, ayudando a eliminar la interferencia atmosférica de CO₂ y H₂O. Con este equipo se puede analizar cualquier tipo de muestra (sólida, líquida, gas) y brinda la posibilidad de adquirir un espectro IR medio y lejano completo de 6000 cm⁻¹ a 50 cm⁻¹. En la entrada y salida al estacionamiento del IF se puso en marcha el sistema de acceso de plumas con reconocimiento de placas de circulación.

El Instituto de Energías Renovables (IER) adquirió un reactor a presión manufacturado en Hastelloy C-276 modelo PIC5523, volumen: 600 ml, presión máxima de operación: 3000 psi (200 bar), temperatura máxima de operación: 350°C, cabezal móvil con sello plano de PTFE. Montado en soporte de mesa Motor de velocidad variable 1/17 hp con bloque de aluminio para el calentamiento con 1000 W de potencia. Alimentación eléctrica 115 V / 10 amps. El IER tiene, además, dos proyectos para Laboratorios Nacionales en Mantenimiento e infraestructura.

El Centro de Nanociencias y Nanotecnología logró la conclusión y entrega del edificio del Laboratorio de Catálisis e Hidrocarburos.

En el Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas (IIMAS) se lograron avances importante en los edificios de la Universidad Autónoma de Yucatán, en la ENES Mérida y el edificio de IIMAS-CU.

En el Instituto de Ingeniería se desarrolló infraestructura para la implementación de una red celular 5G utilizando un front haul basado en multiplexación por división de longitud de onda en fibra óptica.

CERTIFICACIÓN Y ACREDITACIÓN

De gran relevancia es que la Coordinación de Gestión para la Calidad de la Investigación (CGCI) obtuvo la acreditación ISO 17021-1:2015 para organismos que realizan auditoría y certificación de sistemas de gestión de calidad, lo que la convierte en una entidad que puede otorgar certificaciones ISO 9001 a terceros como cualquier otro organismo nacional o internacional. Es la primera vez que una institución de educación superior logra esto. Al mismo tiempo, la Universidad Nacional Autónoma de México se convirtió en la primera institución de educación superior del país en contar con 300 laboratorios y áreas certificadas y acreditadas con normas internacionales ISO.

La pandemia causada por la enfermedad COVID-19 tuvo un impacto significativo en todas las actividades de la CGCI. Con el cierre de las instalaciones universitarias por el estado de emergencia, las actividades en muchos de los laboratorios certificados y acreditados se vieron afectadas, lo que ocasionó un retraso en la renovación anual de sus certificados.

No obstante, en 2021 se renovaron todas las certificaciones ISO 9001:2015 y las acreditaciones ISO 17025:2017 de los laboratorios que ya contaban con estos reconocimientos internacionales y se obtuvieron 15 nuevas certificaciones:

- Cuatro laboratorios del Laboratorio Nacional de Geología y Mineralogía (LANGEM) del Instituto de Geología
- Laboratorio Nacional de Ciencias de la Sostenibilidad (LANCIS) del Instituto de Ecología
- Laboratorio de Refinamiento de Estructuras Cristalinas (LAREC) del Instituto de Física
- Laboratorio Nacional de Ciencias para la Investigación y la Conservación del Patrimonio Cultural (LANCIC) del Instituto de Física

- Laboratorio Nacional de Microscopía Avanzada del Instituto de Biotecnología
- Laboratorio Nacional de Apoyo a las Ciencias Genómicas del Instituto de Biotecnología
- Clínica de Trastornos del Dormir de la Facultad de Psicología
- Biblioteca Jorge Carpizo del Instituto de Investigaciones Jurídicas
- Proceso de detección de COVID-19 por PCR - Laboratorio Nacional de Soluciones Biomiméticas para Diagnóstico y Terapia (LaNSBioDyT) de la Facultad de Ciencias
- Laboratorio de Producción Animal de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia
- Laboratorio de Microbiología e Inmunología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia
- Laboratorio de Medicina Preventiva y Salud Pública de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia

Como parte del proyecto para el desarrollo de la vacuna para la COVID-19, se implementó el sistema de gestión, con base en las normas ISO 9001:2015 e ISO 35001:2017, del laboratorio de Bioseguridad (BSL3) del Instituto de Investigaciones Biomédicas y se capacitó a 76 académicos del Instituto de Biotecnología, del Instituto de Investigaciones Biomédicas, de la Facultad de Química y de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia en la norma ISO 35001:2017 de Gestión de Riesgos Biológicos.

En 2021, la CGCI tuvo una destacada participación en los Comités Internacionales de Normalización de la Organización Internacional de Normalización (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); Biodiversidad (ISO/TC 331); y Aseguramiento de la Conformidad (ISO/CASCO). Es de destacar que en los Comités ISO TC/232, ISO/TC 279, ISO/TC 331 e ISO/CASCO la participación de los miembros de la CGCI fue en calidad de jefe de la Delegación Mexicana, teniendo entre otras responsabilidades, la de votar a nombre de nuestro país.

Adicionalmente, la Dirección General de Normas de la Secretaría de Economía solicitó a la CGCI que asumiera la Coordinación Nacional de los trabajos en Normalización en Biodiversidad y ratificó a la Coordinación como Coordinadora del Comité Nacional de Normalización en Educación.

Finalmente, se participó en las discusiones sobre el Proyecto de Reglamento para la Ley de Infraestructura de la Calidad.

DOCENCIA

La función docente se ha desempeñado virtuosamente vinculada a la investigación en los diferentes niveles educativos, permitiendo a los jóvenes un acercamiento a las conjeturas, estrategias, metodologías, conceptos, experimen-

tos y demás actividades asociadas a la investigación. La actividad docente del SIC contempla la impartición de cursos regulares y cursos únicos, asesorías a los estudiantes, estancias de los alumnos en los laboratorios. Asimismo, crean o actualizan planes de estudio en los diferentes niveles educativos. El esfuerzo llega incluso, al grado del bachillerato, aun cuando no es un nivel naturalmente relacionado a la investigación. Esta creciente participación, empujada por los modelos de evaluación individual, ha transformado el peso en la carga laboral y dado una mayor presencia a la ciencia y su investigación en la formación de los futuros profesionales y en aquellos jóvenes que se encuentran en la etapa de la toma de decisión por la carrera que optarán.

El segundo año de pandemia afianzó los nuevos recursos logrados en el año previo y permitió reflexionar acerca de los nuevos modelos educativos e innovar, pues la emergencia sanitaria modificó las estrategias de enseñanza-aprendizaje, cambió a la utilización de recursos como Zoom y otras plataformas; los cursos se grabaron y podían ser vistos por los alumnos nuevamente, para solventar dudas y profundizar en aspectos particulares. Algunos docentes encontraron una vocación en impartir cursos interactivos utilizando las herramientas disponibles en internet y prepararon con gran capacidad didáctica sus contenidos.

Pese a la necesidad de regresar a la enseñanza presencial, el SIC se planteó la importancia de transformar la manera de educar hacia aprendizajes colaborativos e híbridos; la necesidad de flexibilizar el currículum, es decir, priorizar aprendizajes frente a la carga de información y trabajar de manera colegiada para desarrollar herramientas que se pudieran trasladar a la virtualidad y otras a las aulas. En consecuencia, se planteó implementar novedosos modelos de evaluar. La educación presencial es imprescindible para la socialización de los alumnos, el encuentro entre generaciones, orígenes y culturas y para desarrollar en clases todo lo que no puede hacerse virtualmente, empero, el modelo híbrido presenta ventajas, al evitar los traslados cotidianos con lo que adicionalmente disminuirían los niveles de contaminación. La UNAM tiene un reto muy importante por delante en este sentido con sus alumnos, particularmente con aquellos que viven a horas de distancia de su centro escolar. Las reflexiones anteriores se dieron entre científicos del Instituto de Biotecnología, del Centro Virtual de Computación de la UNAM y autoridades de Fundación UNAM.

Con información de los centros e institutos, para 2021 se reportan 8,792 alumnos atendidos [2020: 9,010], de los cuales 7,273 estuvieron realizando tesis o estancias en los laboratorios del SIC. Los que obtuvieron el grado fueron 1,519 —563 de licenciatura, 10 de especialidad, 599 de maestría y 347 de doctorado—. De todos los alumnos atendidos, 3,432 contaron con alguna beca (39 por ciento).

Se impartieron 2,988 [2020: 3,051] cursos regulares —1,381 de licenciatura, 32 de especialidad, 1,374 de maestría y 201 de doctorado—, 386 cursos únicos, y 1,270 [2020: 1,118] alumnos realizaron su servicio social en los centros e institutos del SIC. Por niveles, algunas de las actividades destacadas fueron las siguientes:

Bachillerato

El Instituto de Física (IF) celebró su día de Puertas Abiertas 2021 de forma virtual vía redes sociales como Facebook, YouTube, Instagram y Twitter, con una serie de textos, videos y elementos que el público interesado pudo consultar a través de la liga: https://www.dgcs.unam.mx/boletin/bdboletin/2021_1004.html, la cual incluyó una sección especial sobre el Premio Nobel de Física 2021, ya que, como en otras áreas, el IF es pionero en México en el estudio de los sistemas complejos.

En el Instituto de Geografía, por tercer año consecutivo se celebró el Festival Geópolis 3.0, dirigido a estudiantes de bachillerato y al público general. Éste es, sin duda, el evento de divulgación geográfica más importante en su tipo. El evento fue transmitido a través de redes sociales con diversas actividades realizadas en vivo. Se calcula que asistieron alrededor de 4,500 estudiantes. Se registró un alcance total de 60,000 personas.

Especialistas del Instituto de Matemáticas (IM) continuaron en 2021 apoyando en su preparación para las Olimpiadas de Matemáticas a alumnos de varias localidades del país y de la Ciudad de México. También participaron en la preparación de los competidores investigadores de la Facultad de Ciencias y el Centro de Ciencias Matemáticas en Morelia, cuya labor tiene un impacto significativo en la preparación para el éxito de estudiantes mexicanos.

También en el IM, los Círculos Matemáticos fueron un éxito, en los cuales se capacitó a docentes para implementar este programa en su región. Asimismo, se trabajó en 24 estados de la República y 10 países hispanoparlantes, incluidas actividades con 160 docentes de Oaxaca, Guerrero y Ciudad de México, ellos convocados por la Autoridad Educativa Federal en la Ciudad de México (Aefcm); se trabajó con 96 docentes de educación media superior de 61 municipios de Veracruz, con el apoyo de la Subsecretaría de Educación Media Superior y Superior del Estado.

A su vez, en el IM, colaboró en la dirección académica e impartición de diplomados en línea para profesores de bachillerato del país, con el objetivo de actualizarlos en el pensamiento matemático; contó con el apoyo de la Subsecretaría de Educación Media Superior, todos alineados con la filosofía y visión de la Nueva Escuela Mexicana, y han recibido a más de 13,000 profesores de toda la República

El Instituto de Geología puso en marcha la nueva Unidad de Educación Continua y a Distancia, con el objetivo de contribuir a cubrir las necesidades de enseñanza-aprendizaje actuales en el área de ciencias de la Tierra. Se trata de un instrumento que facilitará el acercamiento académico con las distintas instancias universitarias y con los sectores privados y gubernamental.

Licenciatura

Estudiantes de la licenciatura en Ciencia de Datos impartida por el Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas (IIMAS) egresaron mediante la modalidad de Totalidad de créditos y alto nivel académico. Se

trata de la primera generación de científicos de datos, quienes pueden seleccionar, preparar, analizar, evaluar y comunicar cantidades masivas de datos de cualquier tipo, de manera ética y responsable, para la toma de decisiones inteligentes y la resolución de problemas complejos en los sectores científicos, tecnológicos, empresariales y sociales.

Por otro lado, se aprobó la renovación del Comité Académico de la Licenciatura en Nanotecnología para el periodo 2021-2023.

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 el ciclo escolar 2022-1, 2022-2 y 2021-2, una solicitud de contratación complementaria para la licenciatura de Ingeniería en Energías Renovables para el periodo 2021-2 y una solicitud de contratación extemporánea de ayudantes de profesor para la LIER para el periodo 2022-1, así como una modificación al catálogo de apoyo académico para la contratación de ayudantes de profesor de la LIER.

En un hecho único, Geópolis 3.0, 111º Encuentro de Ciencias, Artes y Humanidades de la UNAM, entregó su “estafeta” a la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat), para dar paso a la creación del Primer Festival Nacional por el Agua y los Bosques, donde se replicará el modelo de los festivales universitarios y alcanzará a todas las entidades federativas. El director general de Planeación y Evaluación de la Semarnat calificó como un honor recibir esta estafeta.

En el marco del Día Mundial de la Creatividad y la Innovación, científicos del Instituto de Biotecnología destacaron que sin investigación de punta es difícil hacer descubrimientos de beneficio para el ser humano. También participaron directivos de Emprendimiento Universitario de la Coordinación de Vinculación y Transferencia Tecnológica, quienes destacaron que todas las personas tenemos la posibilidad de ser creativos e innovadores; la diferencia radica en cómo canalizamos el esfuerzo para serlo. Asimismo, señalaron que la creatividad, la originalidad y la iniciativa, así como el pensamiento analítico y la innovación, forman parte de una lista de las 10 principales habilidades laborales del futuro.

Posgrado

Se presentó y aprobó en el Consejo Técnico de la Investigación Científica la propuesta de creación del programa de posgrado de Maestría en Diseño Sustentable del Paisaje que presentan la Facultad de Arquitectura, el Instituto de Geografía y el Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental como entidades participantes.

Con el objetivo de formar profesionales contra pandemias se estableció la colaboración internacional con especialistas de México, Alemania y Cuba, concretada en la creación del Centro Alemán-Latinoamericano de Investigación y Formación en Infección y Epidemiología (GLACIER), bajo la dirección conjunta de la UNAM, el Instituto de Inmunología Médica de la Universidad Martin Luther de Halle-Wittenberg, el Instituto Leibniz de Bioquímica Vegetal, el Ins-

tituto de Virología del Hospital Universitario Charité de Berlín y la Universidad de La Habana. Sus tareas centrales incluyen aspectos relativos al surgimiento y prevención de pandemias y el desarrollo de vacunas y agentes anti-infecciosos adecuados para los países de la región. Por parte de la UNAM, el Instituto de Ecología (IE) es la entidad responsable del proyecto en el cual también colaboran expertos de seis entidades universitarias más: los institutos de Ingeniería, de Química y de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas; la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia; el Programa Universitario de Investigación en Salud y la ENES Mérida. La sede de GLACIER en la UNAM estará enfocada en la formación doctoral con actividades de investigación transdisciplinaria para el monitoreo de enfermedades emergentes, innovación en fármacos antimicrobianos, análisis masivo de datos y creación de política pública basada en evidencia científica, gracias al vínculo con instituciones públicas y privadas en materia de salud y producción farmacéutica.

El Centro de Física Aplicada y Tecnología Avanzada (CFATA) organizó la ICFO-UNAM-Uniandes International School on the Frontiers of Light: Quantum Challenges, escuela internacional llevada a cabo en línea con investigadores del más alto nivel académico de España, México, Colombia e Italia, con más de 350 participantes de 20 países. Fue organizada en colaboración del CFATA con el Instituto de Física y el Instituto de Ciencias Nucleares de la UNAM; el Instituto de Ciencias Fotónicas (Barcelona, España) y la Universidad de los Andes (Colombia).

El Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático (ICAyCC) coordinó y realizó el Taller Internacional en Investigación en Pronóstico de Calidad del Aire en línea (10th International Workshop On Air Quality Forecasting Research).

Otros

El ICAyCC fortaleció su infraestructura de cómputo para las clases en línea, gracias a una colaboración con el Posgrado de Ciencias de la Tierra, logrando mantener la impartición de cursos.

El Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad logró consolidar varios cursos de colaboración internacional con universidades e instituciones científicas de Costa Rica, Brasil y Estados Unidos de América.

SECRETARÍA ACADÉMICA

La Secretaría Académica (SA) de la CIC está 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 atención 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 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 CIC, *El faro*.

La SA también coordinó las continuas actualizaciones de la plataforma Lab-UNAM, en la que participaron diversas instancias internas a la CIC y las entidades que forman parte de los distintos laboratorios, incluyendo los subsistemas de Escuelas y Facultades y de Humanidades.

La Secretaría Académica dio seguimiento a los proyectos del Plan de Desarrollo Institucional 2019-2023 bajo la responsabilidad de la Coordinación de la Investigación Científica, así como de los proyectos conjuntos con la Coordinación de Humanidades, y coordinó la creación y mantenimiento de infraestructura y *software* para mejorar el funcionamiento de las áreas a su cargo.

La Secretaría Académica es también la responsable de coordinar el Programa de Becas Posdoctorales en la UNAM de las entidades académicas del SIC.

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

Consejo Técnico de la Investigación Científica (CTIC)

• Acuerdos del Consejo Técnico de la Investigación Científica

En las 21 sesiones ordinarias, en cumplimiento de las atribuciones que le señala el Estatuto del Personal Académico de la UNAM, el CTIC revisó, decidió y tramitó 5,400 asuntos académico-administrativos relacionados con el personal académico del Subsistema de la Investigación Científica (SIC). De estos asuntos, 3,713 correspondieron a decisiones tomadas directamente por el CTIC, incluidas 3,189 evaluaciones de informes anuales 2020; y los otros 1,687 a decisiones del CTIC sobre los asuntos delegados en los respectivos consejos internos y/o comisiones dictaminadoras de los institutos y centros del Subsistema, así como de la Unidad de Proyectos Especiales para la Investigación y Docencia (UPEID) y la Dirección General de Divulgación de la Ciencia. Entre el total de asuntos, 288 correspondieron a becas posdoctorales, 37 a periodos sabáticos —17 con goce de beca de la DGAPA y 20 sin beca— y 23 a concursos de oposición cerrados para obtener la promoción a investigador Titular "C".

Se llevaron a cabo cinco sesiones extraordinarias.

• Programa de estímulos académicos

El CTIC ratificó 1,424 dictámenes del Programa de Primas al Desempeño del Personal Académico de Tiempo Completo (PRIDE), 48 dictámenes del Programa de Estímulos de Iniciación de la Carrera Académica para Personal de Tiem-

po Completo (PEI), 40 dictámenes del programa de estímulos académicos por equivalencia (PEE) y resolvió 31 recursos de revisión. Asimismo, se actualizaron 33 comisiones evaluadoras y/o revisoras del PRIDE.

- **Acciones relevantes y aprobadas por el CTIC**

Se llevaron a cabo elecciones para elegir a los consejeros representantes del personal académico ante el Consejo Interno del Instituto de Energías Renovables, se realizaron elecciones en modalidad electrónica de los representantes de investigadores por departamento ante el Consejo Interno del Instituto de Geografía para el periodo 2020-2022.

Se llevaron a cabo las elecciones ordinarias para elegir al consejero o consejera representante propietario y suplente de los investigadores de las 30 entidades que integran el Subsistema de la Investigación Científica, para el periodo 2021-2025.

Debido a los resultados de empate o de su anulación, se realizaron elecciones extraordinarias en los Institutos de Ingeniería y Neurobiología, así como en el Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental.

Se efectuó la elección ordinaria para elegir a dos consejeros representantes propietario y suplente de los técnicos académicos del SIC ante el CTIC para el periodo 2021-2025 y el 17 de junio de 2021 quedó formalmente instalado el CTIC para el periodo.

Se nombró a la Comisión de Vigilancia para las Elecciones de consejeros universitarios investigadores representantes de los centros del Subsistema de la Investigación Científica (SIC) y de consejeros universitarios alumnos representantes de los programas de posgrado del SIC.

Por otro lado, se aprobó la renovación del Comité Académico de la Licenciatura en Nanotecnología para el periodo 2021-2023.

Se presentaron y aprobaron las ternas para la designación de los directores de los institutos de Biotecnología, Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, Energías Renovables, Fisiología Celular y Geofísica, así como el listado de candidatos para la dirección del Centro de Ciencias Genómicas.

El pleno del Consejo Técnico aprobó el dictamen de las comisiones para otorgar los siguientes estímulos especiales para técnicos académicos: Harold L. Johnson y Guillermo Haro Barraza, del Instituto de Astronomía; Doctora Heliya Bravo Hollis, del Instituto de Biología; José Ruiz de la Herrán, 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 la propuesta para otorgar la distinción de investigador emérito al doctor José Antonio Stephan de la Peña Mena del Instituto de Matemáticas.

Se aprobaron las propuestas para que 21 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, 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 y de la Dirección General de Divulgación de la Ciencia.

Se aprobó el informe de la Comisión Especial Revisora para atender los recursos de revisión interpuestos por académicos de dos entidades del SIC, de acuerdo con lo establecido en el artículo 106 del Estatuto del Personal Académico.

Se presentó y aprobó la propuesta de transformación de Centro de Ciencias de la Atmósfera a Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático y el proyecto de creación del programa de posgrado de Maestría en Diseño Sustentable del Paisaje que presenta la Facultad de Arquitectura, y como entidades participantes, el Instituto de Geografía y el Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental.

Se propuso y aprobó la integración de los jurados del Premio Universidad Nacional y Reconocimiento Distinción Universidad Nacional para Jóvenes Académicos correspondientes al año 2021.

Se aprobaron las propuestas de modificación del Reglamento Interno del Instituto de Radioastronomía y Astrofísica.

Se aprobó la propuesta del Consejo Interno del Instituto de Geografía para que la Fototeca de este Instituto lleve el nombre de Doctor Mario Arturo Ortiz Pérez.

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 el ciclo escolar 2022-1, 2022-2 y 2021-2, la contratación complementaria para la licenciatura de Ingeniería en Energías Renovables para el periodo 2021-2 y de contratación extemporánea de ayudantes de profesor para la licenciatura de Ingeniería en Energías Renovables (LIER) para el periodo 2022-1, y una modificación al catálogo de apoyo académico para la contratación de ayudantes de profesor de la licenciatura de Ingeniería en Energías Renovables.

Secretaría Técnica de Generación y Análisis de Indicadores (SETEGEAI)

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, a la propia comunidad del SIC y al público en general qué hace el SIC, cómo lo hace, con qué recursos, para qué fines y cuáles son los resultados. Tal empeño contribuye al análisis del quehacer científico en el país, a reconocer la 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 cometidos históricos, de este, el más antiguo sistema científico de la nación.

Se elaboraron diversos informes relacionados con peticiones específicas, y también aquellos formales, tales como: el Informe al Rector 2020, las Memorias de los 30 centros e institutos, la memoria de la Dirección General de Divulgación de la Ciencia y la Memoria General de la CIC, también un informe en torno a las tareas realizadas por la UNAM frente a la pandemia; se actualizó la presencia del SIC en el territorio nacional, se revisó la prensa académica para recuperar los proyectos de investigación, las nuevas adquisiciones en equipamiento e infraestructura y los convenios destacados, así como también se seleccionaron los reportes en torno a los nuevos empeños en el ámbito de la docencia por niveles.

Además de los encargos cotidianos, se participó en la elaboración de un documento con los aspectos sustantivos de una política de Estado en materia científica, para la Comisión responsable de construir los lineamientos de una política de Estado en el ámbito de las ciencias, humanidades, tecnología e innovación; asimismo, se desarrollaron los resúmenes de las reuniones de dicha comisión para los dos informes semestrales al Plan de Desarrollo Institucional. Para el caso de la segunda Comisión constituida para afrontar temas universitarios, es decir, para la selección y creación de proyectos de investigación con las siguientes características: interdisciplinarios, en consecuencia colectivos, con atención a los problemas nacionales, bajo la modalidad de trabajo en redes, asociados a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y a los Programas Nacionales Estratégicos planteados por Conacyt, se llevó a cabo la revisión de la prensa académica para detectar y agrupar los proyectos destacados asociados a los objetivos de dicha comisión. Se elaboró también un informe sobre las cátedras Conacyt.

Sumándonos a la construcción de los índices de igualdad de género que se cimantan a nivel internacional en las instituciones de educación superior —y que abarcan los aspectos de legislación, corresponsabilidad, estadísticas, lenguaje, sensibilización— se actualizaron con datos de 2020 (los datos solo se pueden actualizar al concluir la *Memoria UNAM* a finales de abril de cada año) los indicadores y se presentó a las autoridades de la Coordinación el estudio sobre los avances en términos de la equidad entre los géneros en el SIC, el cual permitirá a dichas autoridades realizar estrategias oportunas para avanzar y modificar la actual situación de inequidad y para aportar datos a las comisiones creadas en cada centro e instituto el tema de la desigualdad y la prevención de la violencia.

Secretaría de Técnica de Seguimiento (STS)

La sistematización de la información, su organización, seguridad y los vínculos con los usuarios que integran información y aquellos que la utilizan es un proceso fundamental en los sistemas información y por tanto otra tarea central de la CIC y de 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.

Por acuerdo del Rector emitido en diciembre del 2020 y dada la situación de la pandemia por COVID-19, se instruyó a las entidades y dependencias universitarias para que los trámites se llevaran a cabo de forma electrónica. Atendiendo dicha instrucción, la STS desarrolló una plataforma para el registro de solicitudes para participar en convocatorias de concurso de oposición abierto. Después de casi año y medio de estar suspendidas las publicaciones de convocatorias, en agosto de 2021 se publicó el primer paquete de éstas, donde los interesados lograron registrarse a través de la plataforma.

También se liberó una segunda versión del Sistema para la Administración de Movimientos Académico-Administrativos (SAMAA).

Durante el 2021, se trabajó en la revisión y desarrollo de los sistemas SIGE-COOR, que permite llevar un registro de toda la correspondencia que ingresa a la CIC, y al Sistema Integral para la Gestión de Proyectos (SIGES), plataforma para la administración de los asuntos y trámites que la Coordinación de Servicios de Gestión y Cooperación Académica gestiona ante el Conacyt y otras instancias. El SIGES se está utilizando como piloto de una arquitectura de desarrollo implementado desde cero por el Departamento de Sistemas.

Otra de las tareas esenciales de la Secretaría fue la generación y seguimiento de la información e indicadores, tomando como base los diferentes sistemas que concentran información del quehacer académico del personal académico, de las becas posdoctorales y cátedras Conacyt.

Además, la STS se encarga de la custodia, administración, mantenimiento y respaldo de la mayoría de los servidores de la CIC, que concentran información valiosa.

Intercambio académico

En 2021 los intercambios académicos fueron una de las actividades que mayor impacto a la baja tuvieron; incluso disminuyeron en relación con el año previo [de 381 a 228].

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 incluyeron 45 por ciento de las actividades que los centros e institutos realizan [2021: 228 vs 104; 2020: 253 vs 29; 2019: 1,416 vs 269]. Algunas de las instancias que contribuyen con recursos para apoyar el intercambio académico dentro de la UNAM son: la Dirección General de Cooperación e Internacionalización (DGECI), la Dirección General de Asuntos del Personal Académico (DGAPA), el Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (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, para 2020.

Las cifras del CISIC indican 40 visitas internacionales y 47 nacionales sumando un total de 87 intercambios. Los investigadores del SIC salieron al extranjero en 57 ocasiones y a instituciones nacionales en 84, lo que da un total de 141 salidas y un total general de 228 intercambios.

- **Intercambio con apoyo de la CIC**

La suspensión de los procedimientos de carácter académico-administrativo establecidos por la administración central en 2020 se mantuvieron vigentes prácticamente durante todo el primer semestre del 2021, por lo que la movilidad académica presencial inició hacia el segundo semestre, programándose incluso algunas actividades para enero del 2022. Las actividades académicas presenciales también se vieron afectadas por las medidas restrictivas establecidas por los gobiernos de distintos países, tales como el tipo de vacuna aplicada y aceptada, el tiempo de aislamiento o cuarentena para ingresar al país, así como limitaciones y costos muy elevados para los vuelos.

En este 2021 la colaboración académica se mantuvo, principalmente por la participación de los investigadores de la UNAM en diversas plataformas virtuales, solicitadas por instituciones de educación superior (IES) del país, en las que se expusieron temas de interés nacional e internacional. Con base en lo anterior, el Programa Anual de Trabajo de Intercambio Académico de la Coordinación de la Investigación Científica, se integró con 104 actividades propuestas tanto por IES nacionales como por entidades del SIC, de las cuales 53 fueron nacionales y 51 internacionales.

Intercambio nacional: De las 53 actividades nacionales recibidas, se gestionaron y apoyaron 28 actividades, siendo 16 virtuales con El Colegio de Sinaloa (Colsin) y 12 presenciales con diversas IES nacionales: cuatro investigadores de la UNAM viajaron al interior del país y la UNAM recibió a ocho profesores de IES.

Intercambio internacional: Se recibieron 51 actividades de carácter internacional y se apoyaron 16 actividades: siete viajes de investigadores de la UNAM al extranjero y nueve visitas de investigadores extranjeros a la UNAM, mismas que están representadas de la siguiente manera: Argentina (1), Brasil (4), Colombia (1), Cuba (1), España (5), EUA (1) Francia, (1) Guatemala (1) e Italia (1).

- **Sabáticos**

Realizaron su sabático en el SIC dos investigadores de instituciones extranjeras y cuatro de entidades nacionales. Los investigadores del SIC llevaron a cabo 31 sabáticos en el extranjero y 16 en instituciones nacionales. Sumando un total general de 80.

Recursos

- **Ingresos y egresos de la Coordinación de la Investigación Científica**

De enero a diciembre del año 2021, la Secretaría Administrativa se encargó de proporcionar oportunamente los servicios de apoyo necesarios para el desarrollo de las actividades sustantivas de las distintas unidades que integran la estructura de la CIC.

Las actividades más relevantes fueron:

Con recursos presupuestales de la CIC se atendieron 112 apoyos financieros para el desarrollo de la investigación científica e intercambio académico por

un total de \$37'737,851.58 pesos; y con cargo a ingresos extraordinarios se dieron \$750,000 pesos como complemento a presupuesto operativo del Instituto de Investigaciones Biomédicas y de la Dirección General de Divulgación de la Ciencia.

Mediante apoyos financieros adicionales complementarios a la figura de Fondos Concurrentes con el Conacyt, se gestionaron y distribuyeron a través de la Dirección General de Presupuesto, recursos para 34 proyectos destinados al desarrollo de los Laboratorios Nacionales de Investigación Científica, por la cantidad de \$48'226,211.40 pesos. De ese total, \$6'163,211.40 pesos provienen del presupuesto de la CIC.

Mensualmente se realizaron las acciones de control, revisión, registro, seguimiento y pago del Programa de Becas Posdoctorales del SIC, para atender 300 becarios, para lo cual se contó con una asignación total anual de \$104'754,118 pesos en el presupuesto 2021.

Se obtuvieron ingresos extraordinarios por un monto de \$26'449,819 pesos; de esta cifra, \$10'691,633 pesos corresponden a la CIC y \$15'758,186 pesos a la Coordinación de Plataformas Oceanográficas (COPO).

Se administraron 13 proyectos Conacyt por un importe total autorizado de \$23'525,078.72 pesos.

Cabe destacar que, derivado de la contingencia sanitaria, nuevamente recibimos por parte de la DGPO \$3'004,000 pesos como apoyo financiero adicional para hacer frente al COVID-19 y para el Plan Universitario de Control de la Resistencia Antimicrobiana (PUCRA), los cuales se ejercieron en la realización de investigación científica específica, así como la compra de materiales de laboratorio e insumos, a la vez que en la realización de pruebas COVID, entre otros gastos relacionados.

Respecto del control de proyectos y distribución de los fondos PAPIIT, se administraron tres proyectos por un total de \$386,114 pesos dentro de la Unidad de Proyectos Especiales en Apoyo a la Investigación y la Docencia: Red de Apoyo a la Investigación en el sector salud.

Se atendió el apoyo especial por convenio para el Centro del Cambio Climático Sustentabilidad por un total anual de \$11'000,000 de pesos, a través de cuatro aportaciones vía transferencia bancaria y, además, un apoyo adicional en una sola exhibición por la cantidad de \$2'000,000 de pesos para el cierre del ejercicio.

Se contrataron 134 prestadores de servicios profesionales, para apoyar diversas áreas de la CIC, incluyendo los Programas Universitarios y las Plataformas Oceanográficas; 29 por ciento de ellos se cargaron al presupuesto de la CIC y 71 por ciento a ingresos extraordinarios, por lo que durante el ejercicio 2021 se tramitaron de enero a diciembre un total de 682 pagos para la prestación de servicios profesionales.

El Centro de Física Aplicada y Tecnología Avanzada (CFATA) atendió dos auditorías al Sistema de Gestión de la Calidad; una interna, realizada por la Coordi-

nación de Gestión para la Calidad de la Investigación y una externa, de renovación de la certificación, realizada por Certificación Mexicana, S.C. El resultado en ambas auditorías fue excepcional, al no obtener ningún hallazgo que generara observaciones, oportunidades de mejora o no conformidades, resultado del excelente trabajo en equipo a diferentes niveles.

Coordinación de Servicios de Gestión y Cooperación Académica (CSGCA)

Dentro de la CIC, la CSGCA atiende los asuntos de colaboración entre el SIC y las facultades y escuelas afines con otras instituciones, organismos, entidades y/o empresas públicas; así como organismos y empresas privadas, tanto nacionales como internacionales, además de gestionar los convenios correspondientes. El resultado en 2021 significó la captación de 498 nuevos apoyos por un monto de \$649'419,903 pesos como ingresos extraordinarios. Las fuentes de financiamiento del total registrado en este año se clasifican como sigue: del sector público 19 organizaciones con las que se formalizaron 467 compromisos por un monto de \$634'560,561.76 pesos (97.71 por ciento); con la iniciativa privada, 12 instituciones, de las cuales se obtuvieron 16 apoyos por un monto de \$10'980,230.16 pesos (1.69 por ciento). Del financiamiento mixto, sector público-iniciativa privada, se obtuvo un apoyo por un monto de \$400,000 pesos (0.06 por ciento). A través de 14 organismos internacionales se gestionaron 14 apoyos, por un monto de \$3'476,111.08 pesos (0.54 por ciento). El organismo público del gobierno federal del que se obtuvo el mayor financiamiento fue del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt).

En las convocatorias del Conacyt 2020 y 2021, de las solicitudes presentadas con resultados publicados en 2021 se aprobaron a la UNAM, para las entidades académicas representadas por la CIC, un total de 365 apoyos por un monto de \$327'280,364.14 pesos, correspondiendo al SIC 250 apoyos por un monto de \$277'245,882.79 pesos, para las escuelas y facultades afines correspondieron 115 apoyos por un monto de \$50'034,481.35 pesos. Los resultados registrados provienen de los diversos programas que se detallan a continuación:

Del Fondo Institucional para el Desarrollo Científico, Tecnológico y de Innovación Fordecyt-Pronaces, en Ciencia de Frontera 2019 se formalizaron 52 convenios de colaboración por un monto de \$30'950,147 pesos, en los cuales la UNAM funge como corresponsable.

Cabe destacar que en el 2021, el financiamiento obtenido en el marco de las convocatorias de los Fondos Institucionales del Conacyt aglutinados en el Programa Presupuestario F003 "Programas Nacionales Estratégicos de Ciencia, Tecnología y Vinculación con los Sectores Social, Público y Privado", en el Programa de Ciencia de Frontera se aprobaron 17 solicitudes en la convocatoria de Apoyos a la Ciencia de Frontera: Fortalecimiento y Mantenimiento de Infraestructuras de Investigación de uso común y Capacitación Técnica 2021 por un monto de \$61'614,286 pesos.

En los Programas Nacionales Estratégicos (Pronaces), se apoyaron 12 solicitudes por un monto de \$41'658,389.96 pesos, distribuidos en los siguientes

programas: en el marco del Pronace-Energía se obtuvieron tres aprobaciones por la cantidad de \$286,820 pesos; a través del Pronace-Salud se aprobó un proyecto por un monto de \$1'708,780 pesos; en el Pronace-Vivienda, dos proyectos aprobados por un monto de \$200,000 pesos; en Pronace-Cambio Climático, dos proyectos por un monto de \$27'064,172.48 pesos; a través del Pronace-Soberanía Alimentaria, un proyecto semilla por un monto de \$100,000 pesos y tres proyectos nacionales por \$12'298,617.48 pesos.

En el Programa de Desarrollo Tecnológico e Innovación Abierta se adjudicaron 28 Apoyos para Acciones de Mantenimiento de Infraestructura Científica en Laboratorios Nacionales Conacyt (Líder) por un monto de \$35'587,000 pesos y dos como socio por un monto de \$677,500 pesos; en el Programa Estratégico Nacional de Tecnología e Innovación Abierta se obtuvo un convenio en colaboración por un monto de \$100,000 pesos; en la Convocatoria 2021 Desarrollo de Innovaciones Tecnológicas para una Agricultura Mexicana Libre de Agroinsumos Tóxicos se aprobó un proyecto con un monto de \$1'407,770 pesos y se formalizó un convenio en colaboración por un monto de \$150,000 pesos. Adicionalmente se otorgaron cuatro asignaciones directas por un monto de \$72'543,830 pesos, a través de la Dirección Adjunta de Desarrollo Tecnológico, Vinculación e Innovación.

En el Programa de Acceso Universal al Conocimiento, en el Establecimiento de una Red de Espacios de Acceso Universal al Conocimiento Científico, Tecnológico y Humanístico a través del Arte 2020, se gestionaron tres apoyos por un monto de \$4'450,000 pesos y en la Convocatoria para la Elaboración de Propuestas de Proyectos para el Fomento y Fortalecimiento de las Vocaciones Científicas se formalizaron tres convenios por un monto de \$1'041,453 pesos.

En el Programa Fortalecimiento de las Comunidades de Humanidades, Ciencia, Tecnología e Innovación se otorgaron 232 apoyos, de los cuales corresponden a 17 proyectos aprobados por un monto de \$9'900,061.84 pesos y 215 aprobaciones para los programas de becas, conforme a la siguiente descripción: en el marco del Acuerdo SEP-Conacyt-ANUIES-ECOS Francia-México se obtuvieron dos aprobaciones por la cantidad de \$1'020,000 pesos; a través del Programa UC Mexus-Conacyt fueron 12 apoyos por un monto de \$1'517,001.84 pesos; en la Convocatoria Newton Fund Impact Scheme Conacyt-British Council 2019, dos proyectos aprobados por un monto de \$6'060,060 pesos; en la convocatoria del Programa para la Incorporación de Estudiantes con Discapacidad a Posgrados Nacionales, una por un monto de \$1'303,00 pesos. En los apoyos complementarios para Estancias Sabáticas Vinculadas a la Consolidación de Grupos de Investigación se autorizaron tres solicitudes; para las Estancias Posdoctorales por México se otorgaron 167 apoyos; en relación con la COVID-19 y en mujeres indígenas, se obtuvieron siete y dos becas, respectivamente; para el segundo año de Continuidad de Estancias Posdoctorales Modalidades 1 y 2 se aprobaron 15 solicitudes y, por último, 21 aprobaciones para Madres Mexicanas Jefas de Familia para Fortalecer su Desarrollo Profesional. Es importante mencionar que el pago de estos estímulos es depositado por el Conacyt directamente a la cuenta bancaria personal de cada investigador o becario, según corresponda.

A través de los Fondos Sectoriales se aprobaron nueve solicitudes por un monto de \$67'199,926.34 pesos. En el marco de Fondo Sectorial Conagua-Conacyt se apoyó un proyecto por un monto de \$15'000,000 de pesos; con el Fondo Sectorial SS/IMSS/ISSSTE-Conacyt se formalizó un convenio de colaboración por un monto de \$730,000 pesos, y con el Fondo Sectorial Sener-Conacyt Sustentabilidad Energética se aprobaron siete proyectos en colaboración por un monto de \$51'469,926.34 pesos.

Es importante señalar que el 17 de diciembre, la Secretaría de Energía notificó al Coordinador de la Investigación Científica, Representante Legal de la UNAM ante el Conacyt, sobre la extinción del Fondo Sectorial Secretaría de Energía-Conacyt, fecha a partir de la cual el Conacyt es el único responsable de los compromisos vigentes contraídos con ese fondo.

En el 2021 se presentaron en las diferentes áreas de esta Coordinación un total de 1,207 solicitudes; de las cuales, hasta diciembre del mismo año solo se habían aprobado 412, por un monto de \$535'155,560.94 pesos. La evaluación, resultados y formalización de convenios de las solicitudes pendientes continuarán en el 2022. Es importante resaltar que a través de la Secretaría de Educación, Ciencia, Tecnología e Innovación de la Ciudad de México, la UNAM continúa obteniendo financiamiento mediante la invitación para presentar proyectos específicos, científico, tecnológico, de innovación y divulgación, y con la que se formalizaron 13 convenios por un monto de \$32'215,275.77 pesos.

Finalmente, con el resto de las contrapartes se formalizaron 75 instrumentos jurídicos por un monto de \$280'687,866.83 pesos. Cabe mencionar que 41 instrumentos jurídicos adicionales fueron tramitados a través de la Secretaría Jurídica de la CIC para su gestión.

Secretaría Jurídica

La Secretaría Jurídica de la CIC tiene la encomienda de velar por los intereses de nuestra máxima casa de estudios en todos aquellos juicios, procesos y actos de carácter jurídico en los que las entidades académicas o dependencias del Subsistema se ven involucradas, debiendo mantener actualizada la plataforma de la Oficina de la Abogacía General, brindando el apoyo y consultoría jurídica a más de 45 entidades y dependencias, entre las que destacan: 24 institutos y seis centros; así como a la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, la Coordinación de Gestión para la Calidad de la Investigación, la Coordinación de Gestión de Calidad Productiva, la Coordinación de Plataformas Oceanográficas (buques oceanográficos), la Coordinación de Servicios de Gestión y Cooperación Académica, la Dirección General de Divulgación de la Ciencia: Universum, Museo de las Ciencias de la UNAM; la Secretaría de Investigación y Desarrollo y sus cinco Programas Universitarios; la Unidad de Proyectos Especiales en Apoyo a la Investigación y la Docencia, de la que forman parte el Centro de Ciencias de la Complejidad, el Centro de Estudios de Computación Avanzada, el Laboratorio Internacional de Investigación sobre el Genoma Humano y, la Red de Apoyo a la Investigación.

En el área de Instrumentos Consensuales se trabajaron un total de 668 solicitudes para revisión de convenios y contratos, realizándose los procedimientos

de validación, registro y depósito, de conformidad a lo establecido en el punto tercero y sexto del Acuerdo por el que se establece el procedimiento de validación, registro y depósito de los convenios, contratos y demás instrumentos consensuales en que la Universidad sea parte. De la cifra total recibida, se efectuaron 256 dictámenes en la Secretaría Jurídica, producto de las labores desempeñadas en el marco del proceso de desconcentración administrativa y académica.

En materia laboral se atendieron 116 juicios ante la Junta Federal de Conciliación y Arbitraje, de los cuales se concluyeron satisfactoriamente 12, manteniéndose en trámite 104. En materia penal se dio atención a 16 carpetas de investigación y/o averiguaciones previas, de las cuales se concluyeron dos, continuando en trámite 14. En materia migratoria se realizaron 90 trámites ante el Instituto Nacional de Migración. Se llevaron a cabo seis juicios civiles y mercantiles, de los cuales concluyeron dos.

En materia agraria, se prosiguió con la defensa del juicio instaurado en contra de esta casa de estudios en el Tribunal Unitario Agrario en Colima, Colima, por conflicto de linderos con la Estación de Biología Chamela. En el mes de mayo el Tribunal Agrario emitió la sentencia de primera instancia, favorable a los intereses de la UNAM. Actualmente, el asunto se encuentra en trámite, al haberse inconformado la contraparte con la sentencia dictada.

Como parte del trámite y seguimiento al asunto de la invasión en una parte del predio de la Estación de Biología Chamela, La Huerta, en Jalisco, se realizaron diversas diligencias de inspección y periciales dentro de la denuncia iniciada ante la Unidad Especializada en Delitos Ambientales de la fiscalía general de la República.

Secretaría Ejecutiva de Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel (SEREPSA)

La REPSA resguarda un espacio que preserva parte de la historia geológica y biológica del territorio que abarca, por lo que constituye un geo- y biopatrimonio. Se caracteriza por tener la más alta biodiversidad de los ecosistemas de la Cuenca de México, y eso es posible porque se desarrolla sobre el derrame lávico del Xitle, que formó una superficie rugosa con otras superficies planas, promontorios, grietas, hondonadas, oquedades y cuevas que dan lugar a una gran variedad de microambientes con condiciones diferenciales de luz, temperatura, humedad y nutrimentos, todo lo cual permite el desarrollo de especies tanto de ambientes secos, como húmedos, albergando más de 1,500 formas de vida silvestre nativa. Es un territorio que aporta al bienestar de los universitarios, por los múltiples servicios ecosistémicos que provee.

Los logros más relevantes en 2021 fueron: la organización de un conversatorio sobre los fundamentos éticos en los que se basa su manejo como parte de los 38 años de existencia de la reserva.

Que los universitarios identifiquen cada vez más que los espacios de la reserva apoyan las funciones esenciales de la Universidad (investigación, docencia y

divulgación), ya que son un laboratorio de estudio para muchos académicos y estudiantes, con 40 proyectos de investigación vigentes en este año. También es un aula viva en el cual se reciben alumnos de servicio social de varias carreras y en estancias de rotación de la especialidad en fauna silvestre de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, dando la oportunidad de poder entrenarse en el manejo de fauna de vida libre.

Se logró dar seguimiento jurídico a tres casos de delitos ambientales sucedidos en la reserva (tala clandestina e incendio por quema intencional) haciendo la evaluación del daño y estableciendo medidas de compensación.

El Centro de Atención de Fauna (CAF) liberó un tercer ejemplar de zorra gris en la Zona Núcleo Poniente de la reserva y con ello intentar que se restablezca la población de esta especie.

En el marco del programa de Comunicación Socioecológica se mantiene el proyecto de Colaboradorus que existe desde 2016 y que tiene el objetivo de establecer una colaboración que canalice los intereses en beneficio de la vida silvestre de Ciudad Universitaria en acciones informadas y constantes. Este año el proyecto tuvo 42 personas de múltiples áreas del conocimiento.

Todo esto aporta al cumplimiento del programa de Universidad sustentable, del eje estratégico 1 del Programa de Desarrollo Institucional.

Coordinación de Plataformas Oceanográficas (COPO)

Durante el año 2021 se realizaron importantes trabajos de mantenimiento y modernización, servicios y calibraciones en los buques, así como certificaciones por parte de la casa clasificadora Burea Veritas, lo que permitió realizar campañas oceanográficas en el Golfo de México, siguiendo un estricto protocolo de mitigación. Las principales actividades fueron:

Proyectos de reingeniería y modernización de los buques. Se concluyó el Proyecto de modernización del sistema de winches eléctricos en el B/O "Justo Sierra". El proyecto tuvo una duración de cinco años (2017-2021), con una inversión total de \$19'769,581.56 pesos.

Se inició la etapa 2 del Proyecto para la modernización y automatización del sistema de alarmas y del sistema de seguridad de la máquina principal del B/O "Justo Sierra", el cual culminará en junio de 2022, la inversión fue de \$5'449,680 pesos.

Como parte del Proyecto multianual (2020-2023) sobre la modernización de sistemas hidroacústicos en el B/O "El Puma", se adquirieron: 1) ecosonda multihaz EM 2040c KMII con estación de trabajo para aguas poco profundas, 2) el Perfilador paramétrico de fondo TOPAS PS18 y 3) la Unidad de sincronización K- Sync con estación de trabajo.

Certificaciones. Se actualizaron los certificados del buque y fueron aprobados por parte de la Autoridad Marítima. Ambos buques fortalecieron su infraestructura, equipo y mejoraron sus capacidades.

Campañas oceanográficas. Se realizaron seis campañas en el B/O "Justo Sierra", dos de tiempo UNAM dedicadas a pruebas en sitio de equipos científicos y cuatro campañas de fletamento, navegando un total de 56 días en el Golfo de México, en aguas mexicanas, de Estados Unidos y Cuba.

Se siguió un estricto protocolo de mitigación COVID-19 (<http://www.buques.unam.mx/wp-content/uploads/2021/08/Protocolo-de-Mitigación-COVID-19-para-las-campañas-en-los-buques-oceanográficos-de-la-UNAM-r3.pdf>).

No hubo contagios a bordo durante las campañas.

Bases de operación. En colaboración con la Dirección General de Obras y Conservación (DGOC) se llevó a cabo la licitación, evaluaciones y entrega del Proyecto ejecutivo para la construcción del nuevo muelle del B/O "El Puma" en Mazatlán, Sinaloa.

Se realizó la batimetría y el dragado del muelle del B/O "Justo Sierra", en Tuxpan, Veracruz.

Asignación de recursos y gastos. La asignación presupuestal en 2021 para partidas directas fue de \$4'878,320 pesos. La inversión en mantenimiento fue de \$11'241,322 pesos y en equipo de \$7'741,113 pesos. El ejercicio total de 2021 incluyendo presupuesto, ingresos extraordinarios, recursos adicionales y gastos indirectos fue de \$104'722,661 pesos.

Difusión. Se actualizó la página, incluyendo los listados de nuevos equipos, estadísticas, campañas, así como una versión en inglés. Se abrió una sección especial sobre información relacionada con el COVID-19. A través de las redes sociales se dio difusión a seminarios en línea, convocatorias y proyectos relacionados con ciencias del mar.

ACTIVIDADES DE VINCULACIÓN, COOPERACIÓN Y COLABORACIÓN

Convenios

Se formalizaron 433 convenios en 2021, de los cuales 65 fueron con instituciones extranjeras. Así, el SIC se empeñó a través de sus investigaciones en trabajar de forma conjunta con otras 189 instituciones académicas [2020: 101], pero también con empresas 52 [2000:77], gobiernos locales 92 [2000: 65] y el gobierno federal 57 [2000: 41], y con organizaciones no gubernamentales 23 [2020: 22]. Además, investiga desde las regiones y para las regiones del país.

Organización de eventos académicos

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 1,633 actividades de difusión en las que expusieron 9,439 ponentes. Se calcula que en dichos eventos participaron más de cuatro millones; a su vez, participaron en 1,393 conferencias por invitación: 958 en México y 435 en el extranjero; otras ponencias y presentaciones fueron 3,023, de las cuales 2,165

se dieron en el país y 858 en otras latitudes. En total, el SIC presentó 4,416 ponencias [en 2020 fueron 3,186; en 2019 fueron 6,490] o presentaciones en diferentes eventos, cifra que confirma el impacto de la pandemia en muchas de las actividades académicas asociadas a la presencia y la movilidad geográfica en relación con el año 2019.

Adicionalmente, el SIC editó 32 publicaciones periódicas; como árbitros de revistas indizadas, participaron alrededor de 733 académicos realizando un total de 2,413 dictámenes y, como se señaló previamente, produjo 6,527 publicaciones dirigidas a pares, las que aumentaron con relación al año previo.

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 dedica 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 televisión, radio e internet, y también en los periódicos. Además, se organizó y participó en diversos eventos de divulgación llevados a cabo por otras instituciones y 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 482 [2020: 649] actividades de divulgación en las que expusieron 3,542 ponencias y lograron llegar a una audiencia aproximada de 10 millones de personas; a su vez, participaron en 1,908 [2020: 1,324] eventos organizados por otras instituciones, en 1,402 actividades en internet, 454 participaciones en medios impresos, 262 en radio, 237 en televisión.

Edición de publicaciones periódicas de divulgación

El SIC reporta en el ámbito de la divulgación 10 proyectos y 335 [2020: 499] artículos de divulgación, 20 producciones editoriales periódicas, además, reportan 2,358 otros productos editoriales en radio, televisión e internet y demás.

El Faro

En abril de 2021 se cumplieron 20 años de difundir en forma breve, precisa y ágil los proyectos implementados en los institutos, centros y programas del Subsistema de la Investigación Científica de la UNAM.

Desde que *El faro* migró de la versión impresa a la digital en 2017, sus esfuerzos se han enfocado a la construcción de una novedosa página web. En consonancia con el proyecto Toda la UNAM en línea, *El faro* dio continuidad a la ta-

rea de comunicar la ciencia de forma más accesible y llegar a un público más amplio, fuera del marco de referencia que representa la Universidad Nacional Autónoma de México.

Así, además de los habituales lectores de los grupos estudiantil, de investigación y académico pertenecientes o adscritos a la UNAM, se cuenta con la página elfaro.cic.unam.mx.

En esta tesitura, se generaron productos audiovisuales, a partir de las entrevistas videograbadas hechas a integrantes del SIC, donde compartieron los avances de sus respectivos proyectos de trabajo.

Asimismo, en 2021 se incrementó su presencia en redes sociales, ya que la información de *El faro* en línea se actualiza con periodicidad y se destacan las investigaciones del Subsistema, así como anuncios de actividades organizadas por los institutos y centros de investigación. La cuenta de Facebook [Boletín ElfaroUNAM](https://www.facebook.com/BoletinElfaroUNAM) tiene actualmente 1,800 seguidores, mientras que la de Twitter [@ElfaroUNAM](https://twitter.com/ElfaroUNAM) tiene cerca de mil seguidores. Gracias a este contenido multimedia, así como de materiales sonoros y visuales, además de infografías, *El faro* en línea ha llegado a un público más amplio y diverso.

Durante 2021 se le dio puntual seguimiento a la información generada por investigadores e instituciones de la UNAM en torno a la COVID-19, incluyendo el desarrollo de proyectos específicos para la elaboración de vacunas recombinantes y de vacunas basadas en nanopartículas genéticamente codificadas, además de otros esfuerzos desplegados por la comunidad científica de la UNAM, para ofrecer soluciones a esta situación de emergencia. Un caso particular fue la entrevista hecha al doctor Rodrigo Medellín, especialista en murciélagos, cuyas colaboraciones han ayudado a combatir la infodemia en torno a esos mamíferos.

De igual manera, a través de la página de *El faro* se dio seguimiento a trabajos relacionados con el estudio y exploración del Cosmos; los reportes sobre cambio climático; el cuidado del medio ambiente; la extinción de especies; los movimientos sísmicos; el funcionamiento del cerebro; la memoria; la propagación del cáncer; la biodiversidad del país, tan rico en su biota. También ha abordado los retos que plantea la gestión del agua, las aportaciones de la ingeniería hecha en la UNAM, la clonación, el presente y futuro del uso de las células troncales y los transgénicos y muchos otros más, plasmados en más de 100 artículos.

En las páginas de la revista se ha tratado de atrapar a la naturaleza toda a través de poco más de 1,500 artículos producidos a lo largo de 20 años.

SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO (SID)

Durante 2021 la Secretaría de Investigación y Desarrollo de la CIC impulsó acciones orientadas a: desarrollar mecanismos de apoyo que mejoren la eficiencia en la gestión académico-administrativa de las instancias a su cargo; crear plataformas de colaboración y articulación entre la academia y otros sectores de la sociedad para el desarrollo de soluciones a problemas naciona-

les; desarrollar estrategias de comunicación y socialización del conocimiento científico hacia tomadores de decisiones y, finalmente, identificar y formalizar fuentes alternativas de financiamiento para la implementación de proyectos de impacto social y ambiental. Se presentan a continuación los principales logros del periodo.

Operación académico-administrativa de la UPEID

En relación con la gestión académico-administrativa de la Unidad de Proyectos Especiales para la Investigación y Docencia (UPEID), integrada por el Laboratorio Internacional de Investigación para el Genoma Humano (LIIGH), el Centro de Ciencias de la Complejidad (C3), la Red de Apoyo a la Investigación (RAI) y el Centro de Estudios de Computación Avanzada (CECAv), la SID dio seguimiento a más de 80 trámites académico-administrativos que evalúan los órganos colegiados de la UPEID, así como a la formalización de instrumentos consensuales y convenios de colaboración. En 2021 se inició la sistematización de los procedimientos de la UPEID, con la intención de fortalecer sus actividades sustantivas, sus operaciones administrativas y trámites internos. Como resultado de este proceso se contará con la creación de un repositorio de documentación virtual que permita una mayor agilidad en los procesos.

Consolidación de la Red de Soluciones para el Desarrollo Sostenible (Red SDSN México)

Desde 2019, la Red SDSN México es coordinada por la SID con el objetivo de articular a las universidades mexicanas para el desarrollo de soluciones basadas en conocimiento científico en beneficio de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la ONU. En 2021, a dos años de su establecimiento, la Red tuvo el mayor crecimiento de membresía con la afiliación de 81 instituciones nacionales. Adicionalmente, se ha mantenido el trabajo de acompañamiento y soporte a las 66 iniciativas presentadas en el Banco de Proyectos en 2020; como resultado del fortalecimiento a los proyectos de la plataforma, se logró la formalización de un financiamiento otorgado por la empresa Johnson&Johnson para el proyecto *Bienestar integral para cuidadores de enfermos*, de la Universidad Autónoma Metropolitana. Asimismo, se conformó una red multisectorial de 330 especialistas en desarrollo sostenible para aplicar su experiencia en la implementación de soluciones que contribuyan a avanzar en el cumplimiento de los ODS.

Durante el año, se dio continuidad a la participación de la Red SDSN México en el Consejo Nacional para la Implementación de la Agenda 2030 del gobierno federal. Como resultado, se participó en la preparación del Tercer Informe Nacional Voluntario que presentó el Gobierno de México ante la ONU. En específico, se desarrolló el informe sobre las acciones realizadas para implementar los ODS desde el sector académico y el de innovación social. De igual manera, se coordinaron las actividades relativas a la elaboración de la estrategia legislativa para la recuperación de la pandemia por COVID-19 con Agenda 2030, una visión desde FOPREL (Foro Parlamentario de Presidentes de Poderes Legislativos de Centroamérica y la Cuenca del Caribe). SDSN México

apoyó con la participación de ExpertODS, quienes presentaron la visión desde la academia sobre áreas de oportunidad en materia de empleo, gasto público, seguridad alimentaria, agua potable y saneamiento, cambio climático, manejo de residuos y energía renovable.

Finalmente, la SID a través de la Red SDSN México, obtuvo una beca de investigación por parte la Agencia Alemana para la Cooperación Internacional (GIZ) y la Red SDSN Global, planteada en conjunto con la doctora Ali Ruiz Coronel del Instituto de Investigaciones Sociales, para desarrollar una serie de estrategias que garanticen el acceso a la salud de personas en situación de calle en la Ciudad de México, y al mismo tiempo aportar evidencias que permitan generar recomendaciones para el diseño de políticas públicas e intervenciones en materia de salud centradas en programas de prevención, reducción de riesgos y tratamientos específicos para esta población, que sean susceptibles de escalar a otras poblaciones vulnerables.

Desarrollo de estrategias de comunicación para la CIC

La Coordinación de la Investigación Científica, a través de la Secretaría de Investigación y Desarrollo, con la participación de grupos académicos de la UNAM con amplia experiencia y trayectoria, llevó a cabo dos pronunciamientos públicos sobre temas estratégicos de la agenda pública: transición energética y gestión sostenible del suelo. Desde un enfoque interdisciplinario, cada grupo dio recomendaciones basadas en evidencias científicas para tomadores de decisión en la definición de políticas públicas. Esta iniciativa sienta un precedente en la forma de hacer política científica desde la academia y visibiliza la importancia de la investigación en la Universidad orientada a una participación para la solución de problemas nacionales, sin demeritar la investigación básica.

Por otro lado, la Secretaría de Investigación y Desarrollo junto con la Secretaría Académica de la CIC, elaboraron una propuesta de mejora de la comunicación de las actividades de la CIC a través de dos ejes de acción: el primero, un nuevo sitio web con categorías simplificadas y contenidos diversificados y el segundo, la implementación de un modelo de comunicación que visualice hacia el exterior el trabajo realizado por la Coordinación de la Investigación Científica.

Impulso al financiamiento y a la investigación colectiva

La SID se integró como uno de los representantes del Subsistema de la Investigación Científica en las comisiones que se conformaron para dar respuesta a proyectos del Plan de Desarrollo Institucional. El Comité está enfocado en varios aspectos: definición de los grandes temas que responden a la agenda nacional y promoción de proyectos de investigación, colectivos e interdisciplinarios, que puedan acceder a los Pronaces de Conacyt y a fondos internacionales; fortalecimiento de la relación con el Conacyt y los consejos estatales; creación de redes de instituciones de educación superior en temas emergentes como sustentabilidad, autonomía, cambio global, pandemia, migración, pobreza, violencia de género, entre otros. La SID participó en la definición de la hoja de ruta del trabajo de las comisiones; elaboró y aplicó una encuesta a

entidades del Subsistema de la Investigación Científica para recopilar y analizar información que permita proponer las grandes líneas de intervención en que la UNAM da respuesta a los problemas nacionales, y contribuyó a esbozar las líneas de financiamiento que impulsarán el desarrollo de proyectos específicamente seleccionados.

Aunado a lo anterior, la SID, a través de la Red SDSN, ha conformado una base de datos para la búsqueda de fondos, nacionales e internacionales, en las áreas de investigación relevantes para la UNAM. De estas se han identificado y categorizado más de 90 convocatorias; al mismo tiempo, se está concluyendo la guía de financiamiento que contiene estrategias para la aplicación de estos fondos. La guía será publicada en 2022, junto con un programa de difusión y capacitación.

PROGRAMAS UNIVERSITARIOS

La CIC tuvo su cargo cinco Programas Universitarios que, en relación con sus temas de su 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. Particular importancia jugó el PUIS en el contexto de la pandemia, como se aprecia adelante.

Coordinación de los Programas Universitarios a cargo de la SID

En 2021, se dio soporte estructural a los Programas Universitarios para cumplir con sus tareas sustantivas e impulsarlos a la generación de proyectos de impacto social y ambiental en los temas que estudian.

Destaca el apoyo en la puesta en marcha del Programa Universitario de Estudios Interdisciplinarios del Suelo (de reciente creación) y del Programa Universitario de Alimentación Sostenible, este último en sustitución del Programa Universitario de Alimentos. La SID brindó acompañamiento en la generación de los acuerdos de creación, generación de la imagen institucional, desarrollo de plataformas digitales e instrumentación de los planes de trabajo de ambos Programas.

Por otro lado, la SID en conjunto con el Programa de Investigación en Cambio Climático presentaron, en la convocatoria Conacyt, el proyecto *Herramientas y estrategias para la toma de decisiones en cambio climático, calidad del aire y desarrollo sostenible en la megalópolis del Valle de México*, por el que obtuvo un financiamiento derivado de los Programas Nacionales Estratégicos (Pronaces) dentro del eje Energía y cambio climático. El objetivo de este proyecto, con duración de tres años, es transformar la manera en que cualquier persona interesada pueda tener acceso gratuito, ágil y flexible a datos de alta calidad y escenarios climáticos de la megalópolis del Valle de México. Son tres las herramientas que se van a crear, mismas que integran aspectos socioambientales urbanos de alto impacto que son claves tanto para la toma de decisiones como para el diseño de estrategias en la adaptación de la ciudad y sus zonas

conurbadas ante el cambio climático y la calidad del aire. El plan de trabajo considera un modelo de colaboración de penta hélice multiactor, en el que participan 38 instituciones procedentes de diferentes sectores.

- **Programa Universitario de Estudios Interdisciplinarios del Suelo (PUEIS)**

El 11 de febrero de 2021, por instrucciones del rector, doctor Enrique Graue Wiechers, la UNAM establece el acuerdo por el que se crea el Programa Universitario de Estudios Interdisciplinarios del Suelo (PUEIS) bajo la perspectiva de realizar un esfuerzo universitario conjunto, para la atención y el estudio de los suelos, por lo que se construyó un eje rector que fije las prioridades al respecto. La doctora Blanca Lucía Prado Pano fue nombrada coordinadora e inició actividades con la aprobación, por parte del Comité Directivo, tanto de los siete integrantes que conforman el Consejo Consultivo como del Reglamento Interno. Al mismo tiempo, generó un plan de trabajo de acuerdo con los objetivos específicos en el acuerdo de creación, en estrecha colaboración con los miembros del Consejo Consultivo y consolidó un grupo compacto de colaboradores que contribuyeron en los cimientos estructurales y operativos para el logro de las tareas sustantivas que se programaron, entre las que destacan:

Publicación de la convocatoria dirigida a la comunidad científica. Realizada dentro del ámbito de investigación en suelos para determinar, en una primera aproximación, las capacidades en ciencias del suelo con las que cuenta la UNAM; se ejecutó una estrategia para conformar un equipo con 44 académicos procedentes de 41 entidades de la UNAM, que se convirtieron en el primer grupo de aliados comprometidos firmemente en participar dentro de las actividades que detone el PUEIS para impulsar su consolidación. Aunado a este primer grupo, se han registrado, a través del sitio web, 236 académicos de la UNAM y 540 estudiantes, de los cuales 70 por ciento procede de la UNAM y 30 por ciento es externo. Con los primeros grupos constituidos, el PUEIS participó con una ponencia en el 45º Congreso Nacional de Ciencias del Suelo; en la revisión coordinada por la Comarnat del anteproyecto de la NOM con la opinión técnica para el confinamiento controlado de residuos sólidos; en la revisión de la NOM para la Regulación Forestal de la Semarnat; en la revisión dentro del panel de expertos de informes técnicos contenidos en la Estrategia Nacional de Suelo para la Agricultura Sostenible 2021 y en el Programa Estratégico de Áreas Verdes, Suelos y Ordenamiento Territorial; en la opinión del tema de suelos dentro del Plan Integral para la Sustentabilidad de la UNAM; en mesas de diálogo especializadas sobre temas estratégicos en los que incidirá el PUEIS; en la elaboración de propuestas de proyectos de investigación e incidencia para la sustentabilidad de los sistemas socioecológicos dentro de la convocatoria Fordecyt-Pronaces junto con la Coordinación Universitaria para la Sustentabilidad de la UNAM.

Implementación de una estrategia de comunicación para posicionar al PUEIS y las actividades que realiza. El primer paso fue la habilitación del sitio web, con campañas de difusión y visibilización enfocada en los diferentes segmentos que atenderá como son los interinstitucionales, intersectoriales, intergubernamentales tanto de carácter nacional como internacional, sin desaten-

der audiencias más amplias no especializadas y jóvenes en formación. Entre los logros destacan: un posicionamiento en política pública titulado Por una gestión sostenible del suelo que promueva su reconocimiento, recuperación, preservación y gobernanza; la publicación de la página de Facebook que contribuye en la construcción de comunidad del PUEIS, cuenta con un poco más de 650 seguidores; publicación de ocho videos de posicionamiento del PUEIS por parte del Consejo Consultivo y la Coordinación con el mensaje central de sumarse al PUEIS; creación de los elementos de identidad visual como el logotipo y lineamientos editoriales base; impartición de un taller a 32 comunicadores y divulgadores de la ciencia con actividades teórico-prácticas acerca del suelo; en pláticas para público general que contribuyen a la visibilización de la importancia del suelo y sus problemáticas así como la creación de vocaciones científicas, principalmente de niñas y adolescentes, por ejemplo, durante la Noche Iberoamericana de l@s investigador@s o con la campaña "Ponte la camiseta por los suelos" que se efectuó durante la conmemoración del Día Mundial del Suelo; con publicaciones electrónicas de comunicación como el libro digital interactivo de las *Memorias de la Noche Iberoamericana de l@s Investigador@s* o las que se difundieron en el sitio web como noticias, notas o recomendaciones a sitios de interés en temáticas de suelo.

Generación de actividades para comenzar a estructurar programas docentes.

Se busca que estos programas fomenten la formación de recursos altamente capacitados en el país en materia de suelos. Las acciones se enfocaron en dos aspectos: el primero en compartir experiencias con académicos o docentes cuyas aportaciones resultaron en un esbozo del tipo de contenidos curriculares y competencias en ciencias del suelo que necesita la población estudiantil para su aprendizaje; el segundo, el contacto directo a través de charlas con jóvenes estudiantes de bachillerato y licenciatura, con quienes se promovió el valor del recurso.

Vinculación con sectores estratégicos del país. Se llevó a cabo un conversatorio titulado "Gobernanza y manejo sostenible del suelo, ¿qué significa?, estrategias para lograrlo", con el cual se abre el diálogo, principalmente en el sector gobierno. El PUEIS estableció una alianza para México con la FAO y la SADER para capacitar en el programa Doctores del Suelo, del que se obtuvieron 30 certificaciones que permitirán escalar el proyecto en el 2022. Además, se presentó en diversos escenarios, por ejemplo, ante la Alianza Mundial por el Suelo, el Colegio de Postgraduados y el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias; finalmente, fue el firmante latinoamericano junto con 50 instituciones en el nivel mundial para posicionarse ante el llamado de la WASWAC y el IUSS en el Paper on the Interlinkages of Soil and Climate Change "Protecting the Soil is Protecting the Climate" en el que todas las sociedades científicas se unen en una causa común para la existencia de la vida en la Tierra: suelos fértiles y preservación del agua.

Ejecución de la primera etapa de gestión de recursos extraordinarios. Orientada a que el PUEIS se pueda convertir en socio académico del proyecto *Towards Healthy, Resilient and Sustainable Agricultural Soils*, que pertenece a un programa de la Unión Europea.

Conformación de procedimientos de sistematización de procesos técnico-administrativos para la operación del PUEIS. Se elaboró el Manual Organizacional con un organigrama compacto y cinco áreas estratégicas que se convierten en los pilares operativos para el logro de resultados, un documento con lineamientos de perfiles de puesto y el Plan Estratégico del PUEIS 2021-2025 alineado al PDI de la UNAM.

- **Programa Universitario de Alimentos (PUAL)/
Programa Universitario de Alimentación Sostenible (PUAS)**

El 9 de septiembre se creó, por acuerdo del Rector, el Programa Universitario de Alimentación Sostenible (PUAS) y se canceló el Programa Universitario de Alimentos.

Organización y participación en eventos académicos. El Programa Universitario de Alimentos (PUAL) participó en seis eventos académicos; cuatro realizados en entidades universitarias, entre ellas, el Instituto de Investigaciones sobre la Universidad y la Educación, la Facultad de Estudios Superiores Iztacala y la Coordinación Universitaria para la Sustentabilidad, y en dos en espacios extrauniversitarios: ponente en la mesa de discusión "Retos para la innovación y desarrollo de alimentos más saludables", organizada en el marco del conversatorio "Amaranto en la nutrición infantil: perspectivas, experiencias y retos", organizado por el Instituto Nacional de Salud Pública; y ponente de la conferencia "Agricultura y alimentación en México, algunas consideraciones actuales", organizada por el Instituto Tecnológico de Roque, Celaya, Guanajuato.

En el marco de la celebración del Día Mundial de la Alimentación 2021, el Programa colaboró en la difusión de información elaborada por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) con el propósito de invitar a la reflexión sobre el lema de este año: "Nuestras acciones son nuestro futuro. Mejor producción, mejor nutrición, un mejor medio ambiente y una vida mejor."

Se impartió el programa de capacitación "Desarrollando hábitos saludables para generar bienestar y prevenir enfermedades", para personal del Instituto de Investigaciones en Materiales, mismo que consistió en tres pláticas tituladas Diagnóstico y riesgo, Abatiendo los riesgos desde la inocuidad alimentaria, y Cambio de hábitos de consumo.

Actividades de divulgación científica. Se realizaron diez actividades de divulgación en la radio, la televisión y otros medios, tanto impresos como electrónicos, sobre temas relacionados con la política alimentaria y el futuro de la alimentación en México y en el mundo, la seguridad alimentaria, la educación en gastronomía y el sector restaurantero en México durante la pandemia, el consumo de jugos y frutas, pérdida y desperdicio de alimentos, entre los principales temas abordados. Otras actividades de divulgación fueron realizadas a través de las redes sociales.

Actividades de vinculación, cooperación y colaboración. El Programa participó en actividades institucionales mediante presencia virtual en diversos eventos organizados por otras entidades y dependencias como la Coordinación de

Difusión Cultural y el Instituto de Investigaciones Sociales; en sesiones organizadas por la Comisión de Normatividad de la Red de Educación Continua y en reuniones del Comité Técnico de las Unidades Mixtas de Servicio, Investigación y Docencia de la Facultad de Medicina, con la representación del Coordinador de la Investigación Científica, y del Comité de Vinculación Universitaria y de Transferencia de la Coordinación de Vinculación y Transferencia Tecnológica de la Universidad. Asimismo, se participó en diversas reuniones de trabajo del Comité Consultivo de Normalización de la Secretaría de Economía, del Diálogo Nacional de la Cumbre Mundial de Sistemas Alimentarios y del grupo de trabajo para la discusión de la Norma Oficial Mexicana NOM-187-SSA1/SE-2020 "Productos y servicios. Masa, tortillas, tostadas y harinas preparadas para su elaboración y establecimientos donde se procesan. Especificaciones sanitarias. Información comercial. Métodos de prueba".

Se tuvieron 19 acciones de vinculación con instituciones de los sectores privado, público y social, consistentes en asesorías y consultorías a empresas, así como colaboración en iniciativas específicas del sector público. Dentro de estas últimas cabe resaltar la integración del Programa al nodo de vinculación en sostenibilidad; en el Programa Salud en tu vida, Salud para el Bienestar y al Seminario Permanente del Grupo Obesidad y Diabetes, todos ellos organizados por la Secretaría de Educación, Ciencia, Tecnología e Innovación del Gobierno de la Ciudad de México. El PUAS también se integró al nodo de vinculación en sostenibilidad organizado por la misma dependencia del Gobierno de la Ciudad de México y participó como jurado de los Premios Comecarne 2021.

Se impartió el curso "El nuevo etiquetado frontal de advertencia en alimentos y bebidas en México: Conceptos fundamentales", como parte de las actividades de capacitación interna a miembros del Senado de la República.

En el Diplomado en Nutrición Clínica se impartieron los temas correspondientes al Módulo VII "Educación integral, manejo gastronómico, etiquetado, normatividad y control de calidad en alimentos". Asimismo, el Programa, junto con el Programa Universitario de Investigación en Salud, emitieron y entregaron los diplomas a quienes terminaron satisfactoriamente el Diplomado. Por otra parte, el PUAL colaboró en la organización y como jurado del Premio a la Investigación en Cambio Climático PINCC 2021.

- **Programa Universitario de Investigación en Salud (PUIS)**

El PUIS desarrolló sus actividades durante 2021 con base en los objetivos de su constitución: fomentar la investigación a partir de acciones articuladas con instituciones del Sistema Nacional de Salud; vincular el trabajo de investigación universitario con el realizado en las mismas; propiciar un impacto académico con acciones dirigidas a la comunidad universitaria; apoyar acciones relevantes para la medicina y la práctica clínica; y fortalecer y optimizar los recursos de la investigación en salud de manera interinstitucional.

Fortalecimiento de la investigación en salud. Coordinó y participó con Avimex para el proyecto *Vacuna para COVID-19*, con el grupo interinstitucional con apoyo del Conacyt y la Amexcid (Agencia Mexicana de Cooperación Inter-

nacional para el Desarrollo). También colaboró para el proyecto *Tratamiento antiviral con sofosbuvir y glecaprevir para SARS-CoV-2*.

Con apoyo de Amexcid y la Secretaría de Relaciones Exteriores, fomentó la investigación a través del otorgamiento de seis premios —en las áreas de parasitología, oncología, genómica aplicada a la salud, neurociencias, salud pública y especialidades médicas—, cuyos nombres son los siguientes: Lola e Igo Flisser-PUIS; Aida Weiss PUIS-UNAM; Doctor José Noriega Limón; Gea-PUIS a la investigación de la especialidad médica; INNN-PUIS a la investigación de neurociencia clínica; y el de Investigación Clínica en Resistencia Antimicrobiana. Dichos reconocimientos contemplan una constancia de la UNAM, un incentivo económico y una medalla de plata.

Vinculación y cooperación académica. Se llevó a cabo un conjunto de eventos, como el Simposio anual de la Red Nacional del Plan Universitario de Control de la Resistencia Antimicrobiana (PUCRA), para abordar el tema “La resistencia antimicrobiana y la pandemia COVID-19: suma de desastres”. Se coordinaron y realizaron dos seminarios en línea: La pandemia silenciosa. La resistencia antimicrobiana, y Resistencia antimicrobiana-*Call to Action*. También se colaboró con la Academia Nacional de Medicina, el Global Respiratory Infection Partnership (GRIP) y la Embajada Británica en México. Asimismo, se transmitieron a través de la red social YouTube los programas de nombre unampuis, con alcance nacional y hacia América Latina (Nicaragua, El Salvador, Honduras, República Dominicana, Perú, Chile, Brasil, Colombia, Argentina y Ecuador). Igualmente, se fortaleció a la Red PUCRA a partir de la participación de instituciones de salud que proporcionaron información relacionada con la Resistencia Antimicrobiana (RAM) y con las cepas de referencias para investigación, así como la integración de grupos de profesionistas de diversas disciplinas relacionadas con la RAM. Se emitió la Declaración para el Control de la Resistencia Antimicrobiana CDMX 2021, en la cual representantes de diversas disciplinas e instituciones relacionadas con la salud humana y animal en México reconocen y plasman la prioritaria y urgente necesidad de realizar acciones por parte de todos los sectores implicados, gobierno en todos los niveles, instituciones educativas, agrupaciones gremiales, integrantes de las industrias, farmacéutica y agropecuaria, organizaciones de la sociedad civil y medios de información, para el control de este problema de salud pública. Con ello, México, a través de la UNAM, se suma a la campaña de la OPS y la OMS: Semana Mundial de Concientización sobre el Uso de los Antimicrobianos 2021. Además, se estableció el portal web: Observatorio de Vacunas contra la COVID-19: México (<https://observatoriovacunas-covid19.unam.mx/>) gracias a la colaboración con la Coordinación de la Investigación Científica, el Centro de Ciencias de la Complejidad-UNAM y el Instituto Nacional de Salud Pública. También se instituyó el portal web Alimentación para la Salud (<https://alimentacionysalud.unam.mx/>) colaboración del PUIS-UNAM, con el Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán y la Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud del TecSalud, que ofrece información nacional e internacional y para todo público, pacientes y sus familias, y profesionales de la salud. Al mismo tiempo se emitieron cinco sesiones en vivo del Seminario Alimentación para la Salud, a través de YouTube unampuis. En esta misma red se transmitieron

sesiones mensuales en vivo del Seminario Permanente de Bioética, el 4º Congreso anual de Bioética y el tema "Violencia y Bioética" donde participaron expertos en los temas de violencia y justicia, violencia y género, violencia y salud, violencia en trabajadores de salud; y finalmente, la conferencia magistral a cargo del doctor Raúl Trejo Delarbre "La nueva intolerancia".

Educación continua en línea. Impartió en línea el Diplomado Nutrición clínica, cuarta edición, en colaboración con Facultad de Medicina, UNAM y el Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán; el Diplomado Epidemiología hospitalaria y control de infecciones asociadas a la atención de la salud, en su primera edición, en colaboración con el Hospital Infantil de México Doctor Federico Gómez, el Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán, y la Asociación Mexicana para el Estudio de las Enfermedades Nosocomiales A.C, y se impartió en línea el Diplomado Gestión y liderazgo en servicios de salud, cuarta edición. En este caso el aval académico lo otorgan la UNAM y la Escuela de Salud Pública de la Universidad de California, Berkeley. Implementó e impartió en línea el Diplomado Actualización y educación en diabetes, primera edición y el curso "Metodología de la investigación y estadística básica aplicada a la salud", integrado por tres módulos.

Divulgación y difusión en salud. Produjo la serie *Hipócrates 2.0 - Investigación y vanguardia en salud* del cual se produjeron 52 programas grabados y en vivo con la colaboración de Radio UNAM. Se transmitieron a través del 96.1 de FM y en internet: www.radiounam.unam.mx, la retransmisión por la red social YouTube: unampuis, y también disponibles en el *podcast* de Radio UNAM. Difundió temas relevantes de investigación en el área de la salud a través de diversos medios de comunicación masiva, redes sociales y plataformas virtuales. Organizó, coordinó y realizó varios webinar: Trombosis: Riesgo post-vacunación contra COVID-19; La gestión de la pandemia en México un estudio de caso; La vacunación contra COVID-19 en América Latina: hechos, proyectos y alternativas; Resistencia antimicrobiana: enfoque integral. *One Health*. Acciones necesarias urgentes; Resistencia antimicrobiana *Call to Action*; La pandemia silenciosa. La resistencia antimicrobiana.

Producción editorial. Editó las siguientes versiones electrónica sobre los temas: *Las Vacunas. Información para familias, educadores y personal de salud*, PUIS-UNAM; *Guía para el control de infecciones asociadas a la atención en salud*; *Estado actual de la resistencia antimicrobiana en México. Reporte de los Hospitales de la Red PUCRA: resistencia antimicrobiana y consumo de antibióticos*; y el catálogo *Investigación en la UNAM*, que integra líneas y proyectos de investigación en el área de la salud. www.puis.unam.mx.

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

En 2010 se creó el PINCC y sus tareas buscan proveer información relevante y científicamente sólida 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. El PINCC es parte del Comité Ejecutivo del Pronaces-Cambio Climático y Calidad del Aire de Conacyt/Semarnat. Junto con otras dependencias, se logró la aprobación de un proyecto sobre cambio climático, calidad del aire y desarrollo sostenible, para el cual se formó una red de académicos de la UNAM y de otras universidades nacionales e internacionales, así como actores de gobierno, sociedad civil e industria. En el ámbito regional se mantiene la colaboración con la iniciativa University Coalition for Climate Change y también se mantuvo la vinculación con la Red de Patrimonio Biocultural de Conacyt.

Proyectos de investigación. A través de un proceso de convocatoria pública se autorizó el financiamiento de siete nuevos proyectos enfocados a analizar diferentes elementos del problema climático y se concluyeron los proyectos de investigación: *Comportamiento térmico de los edificios universitarios; Cuerpos acuáticos epicontinentales: papel en la dinámica del carbono y emisiones de gases de efecto invernadero en México; Índice de riesgo al cambio climático para mamíferos en México; Resiliencia de socioecosistemas costeros de Yucatán: vulnerabilidad y capacidad adaptativa ante el cambio climático; Consecuencias del cambio climático global sobre las interacciones ecológicas como procesos ecológicos clave en el mantenimiento e integridad de los ecosistemas; Intercambio de CO₂, agua y energía en ecosistema costero para fines de conservación y mitigación de los efectos del cambio climático: colaboración con el ejido Sisal en Yucatán; Vulnerabilidad de los vertebrados terrestres de México al cambio climático: propuestas de corredores para mantener el flujo y la diversidad genética de las poblaciones silvestres; Atlas de enfermedades infecciosas para evaluaciones de riesgo en escenarios de cambio climático en México (AEIRCC); Actualización de las tendencias del nivel del mar en las costas de México; Mirar al pasado para darle sentido al futuro: el cambio climático en México durante el último siglo y su impacto sobre la biodiversidad; Modelación de la captura de CO₂ en un yacimiento geotérmico; Efectos de cambio climático y perturbación antrópica sobre diferentes componentes de un ecosistema propenso a sequías en el noreste de México (Cuenca El Potosí) a escala anual, decadal y milenaria; Desarrollo de una herramienta computacional para evaluar y visualizar cambios en biodiversidad frente a escenarios de cambio climático.*

Durante este año se autorizaron los siguientes proyectos de investigación: *Cuerpos acuáticos epicontinentales: papel de la dinámica del carbono y emisiones de gases de efecto invernadero en México; Modelo de evaluación integrada para evaluar el riesgo de extinción en biodiversidad frente a escenarios de cambio climático; Atlas de enfermedades infecciones para evaluaciones de riesgo en escenarios de cambio climático en México (AEIRCC); Patrones de conectividad de los anfibios en la Faja Volcánica Transmexicana bajo escenarios de cambio climático; La Megalópolis mexicana en la crisis climática: ¿Existen oportunidades para la conservación de la biodiversidad?; Efectos del manejo agrícola en el almacén de carbono de ansodoles silándicos cultivados de la Sierra del Chichinautzin y Análisis transdisciplinario de la seguridad hídrica ante el cambio climático de la Zona Metropolitana del Valle de México mediante el uso de mapas cognitivos difusos.* Dentro de la convocatoria de

proyectos de Investigación e Incidencia, Adaptación y Mitigación del Cambio Climático y la Mejora de la Calidad del Aire en Ciudades Mexicanas, el Conacyt aprobó el proyecto *Herramientas y estrategias para la toma de decisiones en cambio climático. Calidad del aire y desarrollo sostenible en la megalópolis del Valle de México*; el PINCC participó en su diseño y es parte de la coordinación del proyecto.

Se creó el Premio a la Investigación en Cambio Climático PINCC 2021 el cual busca reconocer las contribuciones al conocimiento en cambio climático hechas por la UNAM y promover la colaboración entre disciplinas y dependencias. Los ganadores de los premios impartieron las conferencias magistrales del 11º Congreso Nacional de Investigación en Cambio Climático.

Participación en foros gubernamentales. Se participó en diversos foros convocados por el Banco de México, el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático y la Secretaría de Relaciones Exteriores y por el Consejo de Cambio Climático del gobierno federal. Asimismo, participó en los siguientes eventos: reuniones de trabajo con el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático para la realización de Reportes Especiales de Cambio Climático en México, para mejorar el sitio oficial “México ante el cambio climático” y para la actualización la plataforma Ciudades Sustentables. Con el Banco de México y la Comisión Nacional Bancaria y de Valores se colaboró en temas de los impactos del cambio climático en el sector financiero y la valuación económica de la biodiversidad. También se colaboró con el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) y la Embajada Británica en un encuentro binacional sobre cambio climático, agua, agricultura y economía. A la vez, se realizó una conferencia sobre atribución del cambio climático en Servicio Meteorológico Nacional y participó en un evento sobre Cambio Climático y Vulnerabilidad Costera, organizado por la Embajada de Italia.

Eventos académicos. Se llevó a cabo el 11º Congreso Nacional de Investigación en Cambio Climático y el Tercer Congreso Latino de Investigación en Cambio Climático, que se realizó en formato digital. Participaron siete sedes regionales —Hermosillo, Sonora; Tampico, Tamaulipas; Campeche, Campeche; Coquimatlán, Colima; Jalapa, Veracruz; Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, y la Ciudad de México— y seis sedes temáticas —Universidad Autónoma de Chiapas, Universidad Autónoma de Chihuahua, Flacso-México, Universidad Pedagógica Nacional, Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, y Benemérita Universidad Autónoma de Puebla—. El evento contó con organizadores en Perú, Colombia, Venezuela y la coordinación de Guatemala tuvo un alcance de organización a todo Centroamérica, y se trabajó desde la Universidad Nacional de Costa Rica. Se impartieron 10 conferencias magistrales —de las cuales nueve fueron de los ganadores del Premio a la Investigación en Cambio Climático PINCC 2021— y 105 ponencias individuales.

Docencia. Se realizó el Tercer Coloquio Estudiantil de Investigación en Cambio Climático, que contó con la participación de 48 estudiantes de educación media superior, licenciatura y posgrado. Se realizaron cinco sesiones del Espacio Académico Interactivo del PINCC, en el que estudiantes de posgrado

de la UNAM reciben retroalimentación sobre sus temas de investigación, y en el que se impartieron dos cursos especializados. Se realizaron siete sesiones del Conversatorio Permanente de la Red Universitaria de Cambio Climático, así como cuatro módulos del ciclo de conferencias "¿Qué sabemos sobre el cambio climático?", sobre temas de biodiversidad, clima, agricultura y divulgación de la ciencia. En total se impartieron 14 conferencias temáticas y cuatro conversatorios.

En conjunto con el Centro de Estudios Mexicanos UNAM en el Reino Unido y en Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, se realizó el Foro Diálogos de la UNAM ante la COP26 y el Clima Futuro.

Difusión y divulgación. Explorando nuevas formas de difusión y divulgación del cambio climático, se impulsó un concurso de memes climáticos y se han transmitido ocho episodios del *podcast* CliMitología, en el que se pretende acercar a los jóvenes al estudio del cambio climático.

Se participó en eventos de difusión organizados por el Centro Tepoztlán Víctor Urquidi; el Seminario Universitario de Riesgos Socioambientales, la Coordinación Universitaria para la Sustentabilidad, el Programa Universitario de Estudios Interdisciplinarios del Suelo y el Instituto de Ciencias Ambientales y Cambio Climático, todos ellos de la UNAM; Clacso, la Universidad Autónoma de la Ciudad de México (UACM), ICA-Flour, la Universidad Nacional de Colombia y la Universidad de Sussex, entre otros.

En colaboración con la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología de Chihuahua, el Instituto Chihuahuense de la Juventud, la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez y el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático se realizó el ciclo temático sobre Cambio climático. A la vez, se llevaron a cabo dos conferencias de prensa con UNAM Global TV y diversas entrevistas para medios de comunicación como Radio UNAM, Bloomberg Línea, Latam Investor, Milenio, El País, Technology Review, Gaceta UNAM, Radio Universidad de Guanajuato, France24 TV y la Coordinación de Universidad Abierta, Innovación Educativa y Educación a Distancia (CUAIEED).

- **Programa Espacial Universitario (PEU)**

El Programa Espacial Universitario promueve la concreción de proyectos para el desarrollo de ciencia y tecnología espacial (CTE); además, trabaja en la construcción de un ambiente adecuado para la formación multidisciplinaria. También se encarga de difundir y divulgar el conocimiento en materia espacial.

Cultura espacial y comunicación social de la CTE. El PEU creó en el 2020 el programa en línea *El espacio desde casa*; en el 2021 fueron transmitidas dos temporadas más, con un alcance de 34,202 personas y 5,931 visualizaciones. La tercera temporada de *El espacio desde casa* fue planificada para que los grupos seleccionados en la convocatoria Soluciones Espaciales a Problemas Nacionales dieran a conocer sus proyectos a la comunidad universitaria y a la población en general. La cuarta temporada trató diversos temas, todos abordados desde una perspectiva sobre los beneficios en la vida cotidiana el uso de CTE. Participaron especialistas del Servicio Sismológico Nacional, la Unidad de

Alta Tecnología de la Facultad de Ingeniería, instituciones extranjeras como la NASA y organizaciones de fomento de cielos oscuros de España.

La Fiesta de la Cosmonáutica es una actividad de comunicación social de CTE organizada por agrupaciones estudiantiles pertenecientes a diversas universidades de México y el PEU. En la edición 2021 se transmitieron 16 programas, con un alcance de 58,983 personas y 16,992 visualizaciones.

El Segundo Congreso Nacional de Actividades Espaciales, mediante conferencias magistrales, paneles, foros, posters y sesiones técnicas, tuvo como objetivo promover el intercambio del conocimiento y el crecimiento de redes de Programa Espacial. Se logró colaboración del sector espacial mexicano en las cuatro hélices: academia, industria, gobierno y la sociedad civil organizada. Para fortalecer la presencia del PEU, comunicar sus estudios y compartir sus estrategias se participó en el congreso con tres ponencias relativas a innovación espacial y tecnología satelital.

Innovación y proyectos espaciales. La CTE históricamente ha aportado información sobre lo que ocurre en nuestro planeta y fuera de él, además de proporcionar recursos y herramientas que facilitan y permiten muchas de las actividades que posibilitan el funcionamiento de la sociedad hoy. Sin embargo, algunas de las aplicaciones que pudieran mitigar las afectaciones de fenómenos naturales o sociales, pueden no ser aprovechadas plenamente. La tecnología espacial puede ser aprovechada en tierra en funciones distintas para las que inicialmente fue concebida. Por ello, el PEU ha creado una cartera de proyectos que reciben apoyo, principalmente en las áreas de vinculación y gestión.

La formación del portafolio de proyectos del Programa Espacial Universitario tiene como una de sus estrategias encontrar e impulsar proyectos universitarios que tengan una propuesta clara de acción que permita mitigar problemas nacionales. Partiendo de la visión que la UNAM tienen la capacidad de generar conocimiento propio de utilidad para encontrar vías de solución innovadoras, en el marco temático señalado en la hoja de ruta establecida por la ONU mediante los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030, el PEU publicó la convocatoria "Soluciones espaciales a problemas nacionales".

Como resultado de esta convocatoria se impulsan cinco nuevos proyectos en temáticas que abarcan las ciencias atmosféricas, ciencias médicas, hasta las ciencias económicas, pasando por problemas de contaminación, pobreza y energía sustentable.

Proyectos satelitales. 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. Semanalmente se realiza una sesión del taller con participación de estudiantes y profesores. Hasta ahora se han incorporado permanentemente académicos del Instituto de Geografía, Instituto de Geofísica, Instituto de Astronomía y la Unidad de Alta Tecnología de la Facultad de Ingeniería.

Respecto a la misión en desarrollo en el TSU: Misión Ixaya, se decidió diseñar un sistema de monitoreo remoto capaz de detectar y emitir alertas de “zonas de riesgo”, con resolución media hacia alta (20 m por píxel), con un área mínima de detección de 20 por 20 m. Para lograr el objetivo se desarrolla un satélite tipo Cubesat de tres unidades. Con este sistema será posible contribuir con alguna de las siguientes tareas: (i) detección de puntos calientes, que sean generados por incendios, empresas, accidentes, etcétera; (ii) monitoreo de la presencia o ausencia de vegetación y estimación de la densidad y madurez de cultivos en áreas agrícolas; (iii) monitoreo de la formación de nuevos asentamientos irregulares en zonas de riesgo; (iv) monitoreo de fugas masivas de agua; (v) monitoreo remoto de la invasión de zonas verdes protegidas y/o la eliminación clandestina de árboles y vegetación en áreas de la CDMX; (vi) presencia de cuerpos de agua y/o vegetación en zonas de riesgo de aludes y, (vii) La presencia de daños por eventos naturales. En el diseño se ha definido la carga útil y realizado multitud de simulaciones numéricas para escoger las órbitas más apropiadas para los objetivos del proyecto. Se avanza ahora en el diseño y concreción de los demás sistemas que integrarán el Cubesat (potencia, antenas, computadora de a bordo, estabilización, etcétera).

El gobierno de la Ciudad de México, mediante la Secretaría de Educación, Ciencia, Tecnología e Innovación, con el fin de apoyar su desarrollo ha integrado el proyecto satelital al HUB Infraestructura para una ciudad inteligente.

Unidad de Proyectos Especiales en Apoyo a la Investigación y la Docencia

En años recientes se creó, por acuerdo del Rector, la Unidad de Proyectos Especiales en Apoyo a la Investigación y la Docencia (UPEID), dentro de la Coordinación de la Investigación Científica, con las funciones de fomentar la investigación multi e interdisciplinaria en áreas emergentes con un enfoque de vanguardia, promoviendo la interacción entre entidades universitarias y con otras instituciones y organismos nacionales e internacionales. Forman parte de la UPEID la Red de Apoyo a la Investigación (RAI), el Laboratorio Internacional de Investigación sobre el Genoma Humano (LIIGH), y el Centro de Ciencias de la Complejidad (C3) y, de reciente creación, el Centro de Estudios en Computación Avanzada (CECAv). En seguida los reportes anuales de 2021 de dichos proyectos especiales:

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

Origen, función y composición. La Red de Apoyo a la Investigación (RAI) inició sus actividades el 15 de enero del 2015 y fue oficialmente inaugurada el 15 de junio del mismo año. Su función es proveer servicios de alta tecnología en investigación multidisciplinaria mediante la interacción de diferentes profesionales del ámbito médico y universitario, generar nuevos conocimientos y sistemas de diagnóstico, prevención y tratamiento de enfermedades con base en la aplicación coordinada de los resultados de investigaciones de frontera que empleen tecnología de punta. La RAI está integrada por un Consorcio de instituciones médicas y académicas constituido por cuatro Institutos Naciona-

les de Salud —Instituto Nacional de Cancerología, Instituto Nacional de Cardiología “Ignacio Chávez”, Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición “Salvador Zubirán” (INCMNSZ) e Instituto Nacional de Medicina Genómica— y la Coordinación de la Investigación Científica de la UNAM.

Objetivos. Proveer servicios y asesorías en alta tecnología, bioestadística y bioinformática a investigadores de las instituciones pertenecientes al Consorcio, a través de la ejecución y análisis de datos de estudios *in vivo* e *in vitro*, a nivel celular y molecular; generar nuevos conocimientos derivados de la investigación en genómica, proteómica, biología molecular y celular, bioquímica, microscopía, farmacología, bioinformática y bioestadística, mediante el desarrollo de proyectos de investigación interdisciplinaria desarrollados por investigadores y técnicos adscritos a la RAI o a las instituciones del Consorcio; promover y facilitar la interacción entre diversos campos del conocimiento y entre los investigadores pertenecientes al Consorcio INS-UNAM y, capacitar y formar recursos humanos calificados en las diferentes áreas de la investigación clínica y biomédica que requieran de la aplicación de tecnología de punta.

Capacidad experimental. La RAI opera con las unidades y laboratorios ubicados en sus instalaciones: Laboratorio de Genómica; Laboratorio de Biología Molecular; Laboratorio de Cultivo Celular; Unidad de Citometría de Flujo; Unidad de Microscopía —ubicada tanto en la RAI como en el Instituto Nacional de Cancerología—; Laboratorio de Metabolómica y Proteómica —ubicado en la RAI y en el Instituto Nacional de Medicina Genómica—; Laboratorio de Espectrometría de Masas; Unidad de Bioinformática, Bioestadística y Biología Computacional; y Área Creativa de Difusión y Divulgación de la Ciencia.

Actividades de investigación. Durante el 2021 el personal de la RAI estuvo formado por ocho investigadores —dos titulares y cinco asociados pertenecientes a la CIC, y una investigadora comisionada por uno de los institutos del Consorcio— y nueve técnicos académicos. Todos los integrantes del personal académico fungieron como responsables de los diferentes laboratorios y unidades.

Se diseñaron y prepararon proyectos de investigación para ser sometidos a convocatorias para financiamiento externo y se continuó o inició el desarrollo de 19 proyectos de investigación, con diferentes fuentes de financiamiento incluyendo Conacyt, PAPIIT y recursos de la dependencia.

Proyectos Conacyt. *Hacia un bloqueo efectivo de KRas mutante en cáncer: venciendo la resistencia a la inhibición de Mek y PI3K; Identificación de subpoblaciones en moléculas asociadas a linfocitos B como biomarcadores de nefropatía lúpica; Biología de Sistemas para explorar la actividad metabólica en microbiota intestinal y su asociación con diabetes tipo 2.*

Proyectos PAPIIT. *Biología de sistemas y el estudio del metabolismo en microbiota; Mapas interactivos de enfermedades de importancia nacional; Identificación de linfocitos abcs con potencial biomarcador en el seguimiento de pacientes con nefropatía lúpica; Estudios preclínicos en fases sólidas fármaco-fármaco conteniendo clorhidrato de pioglitazona en presencia de estatinas; Detección, análisis y validación funcional de variantes genéticas germinales*

causales de neoplasias neuroendocrinas en pacientes mestizos mexicanos; Caracterización de linfocitos B humanos "no convencionales" DN1/DN3 y sus implicaciones clínicas en COVID-19.

Proyectos con recursos de la dependencia. *Regulación de la transcripción del gen de la uteroglobina en células de cáncer de mama MCF-7. Identificación de cis-elementos y trans-factores que bloquean la transcripción inducida por estrógenos; Análisis de la función de receptores de la hormona estimulante del folículo con defectos de plegamiento y de su tráfico intracelular. Rescate funcional por pequeñas moléculas con actividad alostérica moduladora; Reconocimiento de la microbiota por los subtipos de IgA secretora en saliva de pacientes con Lupus Eritematoso Generalizado; Identificación de sitios de regulación metabólica cuando se emplean estatinas y metformina como moduladores del metabolismo o como anticancerígenos en líneas celulares; * Desarrollo y evaluación de un método multiplexado para la detección de anticuerpos en pacientes con infecciones agudas virales prevalentes en México: enfoque diagnóstico diferencial para COVID-19; * Determinación de alteraciones en los metabolitos séricos en pacientes infectados por SARS-CoV-2 sin comorbilidades de alto riesgo para enfermedad moderada o grave/crítica; * Caracterización de la respuesta de células B de pacientes con COVID-19; Perfil proteómico de células de cáncer colorrectal con KRas mutante; Difusión de mapas interactivos de enfermedades no-transmisibles en México en una plataforma en línea; Bases genéticas y moleculares de los tumores neuroendocrinos hipofisarios. *Proyectos COVID-19*

Además, los investigadores y técnicos académicos de la RAI participaron en un total de 32 proyectos de investigación en colaboración con investigadores de las instituciones del Consorcio o externos.

La producción científica durante el año 2021, con créditos al personal académico de la RAI sumó 32 artículos de investigación publicados, un artículo aprobado en revista líder, cinco artículos de divulgación, así como dos capítulos de libro y la edición de un libro.

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

El LIIGH se creó con el objetivo de proporcionar las mejores condiciones de trabajo a jóvenes académicos que formarán parte de los nuevos líderes de investigación en el área. Estos investigadores pueden desarrollar sus propias ideas ya que se consideran como independientes a partir de su incorporación al LIIGH. Hasta la fecha se han incorporado ocho investigadores jóvenes: doctoras Alejandra E. Medina Rivera, Lucia G. Reyes Morales, María del Carmen Ávila Arcos, C. Daniela Robles Espinoza, Claudia Gonzaga Jauregui y Mariana Gómez Schiavón, así como los doctores Vicente Diego Ortega del Vecchyo y Christopher Van Hout. Además, el LIIGH cuenta con dos grupos de investigadores establecidos: el del doctor Rafael Palacios y la maestra Margarita Flores, y el del doctor Guillermo Dávila. La función principal de los tres últimos investigadores es el de organizar los programas académicos con objeto de brindar ayuda a los investigadores jóvenes. Es en este contexto que los logros

académicos del LIIGH deben medirse en función a los logros académicos de sus jóvenes investigadores.

Durante 2021 se obtuvieron los siguientes logros institucionales: se continuó la consolidación de las principales líneas de investigación del LIIGH; de igual modo, se dio continuidad al Programa de Profesores Visitantes, de forma virtual, y se lograron colaboraciones con investigadores e instituciones de alto prestigio internacional. También se desarrolló el programa *Frontiers in Genomics Sciences* para los estudiantes de la licenciatura en Ciencias Genómicas de la ENES Juriquilla, que reúne la experiencia de investigadores líderes internacionales de diferentes áreas de la genómica con las ideas y entusiasmo de los jóvenes.

Los investigadores jóvenes contaron con ocho estudiantes de doctorado, seis de maestría y 15 de licenciatura; 10 donativos internacionales y seis donativos nacionales; 12 publicaciones en revistas de prestigio internacional.

También organizaron un evento científico (virtual): ISMB 2021, RegSys, Encuentro Nacional de Bioinformática; la Edición, junto con el doctor James Lupski, del libro *Genomics of Rare Diseases*. Elsevier; la organización del 1^{er} Simposio Internacional del Día de las Enfermedades Raras de forma virtual; la creación de la Comisión de Ética del LIIGH; y se formó parte del Foro de Tecnología de la Industria y Desarrollo Profesional de la Sociedad Americana de Genómica Humana.

- **Centro de Estudios en Computación Avanzada (CECAv)**

Durante el año 2021, el Centro de Estudios en Computación Avanzada desarrolló diversos proyectos en torno a áreas emergentes de la computación, como el Blockchain, el cómputo cuántico, el aprendizaje profundo y la ciencia de datos.

Investigación y sus resultados. El CECAv lleva a cabo varios proyectos en el contexto de la emergencia sanitaria (SARS-CoV-2). Actualiza constantemente la Herramienta de auxilio al diagnóstico de COVID-19 que fue desarrollada en el año 2019 y está siendo utilizada en 26 estados de la República; también desarrolla el proyecto *Análisis de imágenes médicas para la detección y el seguimiento de COVID-19*, a partir del cual se generaron dos publicaciones en revistas indizadas y dos en memorias de conferencias internacionales.

El CECAv participó en la convocatoria "Inteligencia Artificial en el Espacio de Innovación UNAM-HUAWEI 2021", planteando el proyecto *Prototipo de un sistema web de asistencia médica para la clasificación de estudios mamográfico utilizando métodos de aprendizaje profundo*.

Vinculación con la sociedad, cooperación, colaboración y servicios. El trabajo conjunto con otras dependencias universitarias, con empresas, con otras universidades y con diversas instancias de gobierno, han permitido que muchos de los proyectos del CECAv tengan éxito.

En el año 2021, el CECAv colaboró con la empresa MOEN y el Hospital Médica Sur para plantear el proyecto *Prototipo de un sistema web de asistencia*

médica para la clasificación de estudios mamográfico utilizando métodos de aprendizaje profundo.

EL CECAv colaboró también con la CUAIEED brindando apoyo logístico y técnico para el desarrollo del Sistema de Tutoría Inteligente para el Sistema de Bachillerato a Distancia de la UNAM.

Finalmente, resultado de la vinculación con la Universidad Robert Gordon, el Centro Médico 20 de Noviembre del ISSSTE y el Hospital ABC, se realizó el registro ante Indautor del *software* Syscardio: Sistema para auxilio al diagnóstico médico de enfermedades cardíacas.

Organización y participación en eventos académicos. Uno de los objetivos centrales del CECAv es organizar el Seminario de Computación UNAM, dirigido a la comunidad nacional. Para contribuir en la formación de profesionistas y graduados de alto valor y demanda, el Seminario se realiza alrededor de áreas emergentes de la computación. En el año 2021 se abordaron los siguientes temas:

Analítica del aprendizaje: el uso de técnicas de visualización y minería de datos para ayudar a comprender cómo aprenden y colaboran las personas en entornos físicos de aprendizaje, como salones de clase y simuladores para trabajo en equipo en el ramo de la salud.

Cómputo cuántico: este evento consistió en cinco ponencias por parte de especialistas en el área, con el objetivo de dar a conocer el cómputo cuántico como una tecnología innovadora que aprovecha las propiedades de la mecánica cuántica, para generar algoritmos capaces de realizar ciertas tareas a una velocidad mucho mayor que los algoritmos clásicos que utilizan las computadoras actuales. Otro de los objetivos del evento fue fomentar en la UNAM el desarrollo de nuevas líneas de investigación y la generación de nuevas asignaturas alrededor del cómputo cuántico.

Blockchain: un *blockchain* es el equivalente digital de un libro de contabilidad cuyos registros (bloques) constituyen una base de datos distribuida, segura, auditable y abierta. Inicialmente fue utilizada para implementar el Bitcoin, pero ahora existen diversas implementaciones con múltiples aplicaciones, que van desde la realización de transacciones económicas, criptomonedas, y todo tipo de situaciones donde es importante el monitoreo de transacciones.

En este seminario se difundió la tecnología *blockchain* desde el perfil de la academia y la industria, para dar a conocer sus aplicaciones en los dos ámbitos y motivar a la comunidad universitaria y nacional a adentrarse en esta área.

Debido a la emergencia sanitaria (SARS-CoV-2) todas las sesiones del seminario se realizaron en formato virtual

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

El C3 continúa con su labor integradora como sitio de encuentro de diversos grupos de investigación, cuyo propósito es resolver problemas complejos, bajo un enfoque de trabajo multi y transdisciplinario. Llevó a cabo varios proyectos

de investigación en temas con impacto social y científico, fruto de los cuales surgieron convenios de colaboración con diferentes entidades académicas y gubernamentales, publicaciones arbitradas en revistas indizadas, a la vez que permitieron una formación de calidad a los alumnos, tanto a los jóvenes que realizaron su servicio social, como aquellos que llevaron a cabo prácticas profesionales, sus tesis de licenciatura, así como a los alumnos de posgrado y a los investigadores posdoctorales que participaron en los proyectos liderados por los académicos asociados al C3. Asimismo, se realizaron diversos eventos que cubren divulgación científica, difusión de investigaciones, seminarios, y cursos especializados en todos los niveles.

La distintiva conectividad del C3 le permite ser la incubadora de proyectos en el que se involucran investigadores de diversas entidades destinados a solucionar problemas de alcance nacional. A continuación, se mencionan algunos de ellos.

COVID-19

La crisis de la pandemia requiere del mejor uso de datos para llegar a políticas públicas basadas en evidencia y poder hacer predicciones informadas y lo más robustas posibles usando modelos modernos que respetan las heterogeneidades inherentes en la propagación de la enfermedad, que principalmente están relacionados con la complejidad de la conducta humana. Por ello, en el C3, se organizaron diferentes grupos de investigación: *Monitoreo continuo de variables fisiológicas en personal de salud de alto riesgo por exposición a pacientes con COVID-19 en el Hospital General de México*, proyecto apoyado por Conacyt en la convocatoria especial de respuesta a la pandemia y en éste colaboran, en el C3, investigadores de la UNAM, la UAEM y el Hospital General de México (HGM). A través de un reloj inteligente se están monitoreando 108 trabajadores del HGM que laboran en la primera línea de atención a pacientes con COVID-19. Las señales se han adquirido desde finales de agosto de 2020 registrando continuamente el ritmo cardíaco, la actividad —a través del número de pasos— y la calidad del sueño. El objetivo es monitorear a través de estas series de tiempo fisiológicas cambios que puedan deberse a dicha enfermedad.

La *Plataforma Universitaria para la Inteligencia Epidemiológica de SARS-CoV-2 (Epi-Puma)* está basada en algoritmos de aprendizaje automático que conjuntan miles de datos climáticos, sociodemográficos y socioeconómicos, para predecir asuntos clave de la pandemia como casos positivos, hospitalizaciones, tasas mortalidad y letalidad, para cada uno de los municipios del país

Observatorio de vacunas. La vacunación de la población susceptible a infectarse con SARS-CoV-2 y desarrollar COVID-19 grave es una de las estrategias fundamentales para mitigar su impacto. Brindar a la población general y especializada con información confiable sobre la vacunación contra el COVID-19 y sus avances, es clave en impulsar la vacunación en México.

Análisis de series de registros fisiológicos: datos del sistema cardiovascular respiratorio y neuronal. Se trabaja con colaboradores externos al C3: la UAEM,

el Instituto Nacional de Cardiología, la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa, Cova, participan postdoctorantes Conacyt y asociados al HGM, las facultades de Ciencias y de Medicina, estudiante del doctorado en Biomédicas, todos estos últimos de la UNAM.

Epi-Species. Plataforma Universitaria de inteligencia epidemiológica de SARS-CoV-2, apoyada por PAPIIT en la convocatoria especial de respuesta a la pandemia, que permite probar diferentes hipótesis de propagación epidemiológica de la pandemia.

Dinámica epidémica basada en ciencia de datos y redes de contactos: estudio de la infección por SARS-CoV-2. Se desarrolló un sistema de información geográfico que integra y compila de una base de datos sobre la epidemia, la población y la movilidad, a nivel municipal.

Proyectos sobre movilidad

Plan integral de movilidad para las ciudades de Colima y Hermosillo. El proyecto es diseñar un nuevo modelo de movilidad para estos estados, con la finalidad de resolver la problemática vial derivada del sector productivo, de la logística y del crecimiento de la población. En el Plan integral de Movilidad para el estado de Colima se integró la problemática logística del Puerto de Manzanillo y su efecto en el ámbito económico, ambiental y social en la ciudad de Manzanillo y regionalmente. En el desarrollo del plan de movilidad sustentable para Hermosillo, Sonora, se hace un estudio para la liberación de espacios de estacionamiento para movilidad peatonal en el área del centro de la ciudad. También se trabaja en la generación de biogás para la producción de energía eléctrica a partir del vertedero metropolitano de basura con el fin de proponer una tecnología óptima.

Biología de sistemas

Redes regulatorias relacionadas con la fecundación en invertebrados marinos y mamíferos, un enfoque de sistemas complejos. Colaboradores externos al C3, posdoc Conacyt asociado al Hospital General de México (HGM), Universidad de Kentucky, Instituto Gulbenkian, Portugal, Instituto de Biotecnología de la UNAM

Complejidad y arte

Análisis estadístico de partituras. Colaboradores externos al C3, Universidad de Pensilvania, Universidad de Londres. Análisis de imágenes. Colaboradores externos, Ciencias, Física, UAEM.

Proyectos sobre salud

El tema de salud es primordial para el C3, por ser el arquetipo de un problema complejo. En esa área hay un trabajo muy intenso desde diversos enfoques de nuestros investigadores asociados: *Plataforma Chilam*: un sistema para el modelaje de la biodiversidad y desarrollado en colaboración con la Conabio. *Proyecto 42*, un sistema para el modelaje de la obesidad y enfermedades metabólicas. Estas plataformas permiten cosechar e integrar datos de diversas fuentes para ayudar a solucionar problemas globales.

El *Conductoma*, dentro del proyecto *Un nuevo paradigma*, se obtuvieron registros encefalográficos y electrodérmicos de una muestra de jueces mediante el equipo Emotiv conectado al sistema E prime y fueron procesados mediante el *toolbox* EEGLAB de Matlab, para obtener registros electrodérmicos, mediante la aplicación de una tarea computarizada sobre toma de decisiones en casos que implican dilemas morales y jurídicos, se evaluaron las respuestas conductuales y electrodérmicas de 12 jueces —de los cuales siete tenían un cargo como juez y cinco como secretarios proyectistas— con una media total de 44.4 años (D.E=7.3) de edad y una experiencia laboral media de 12.4 años (D.E=7.2). Uno de los objetivos principales de esta base final es poder usarla para aplicarle los algoritmos del sistema Epi-Species desarrollado como parte central del proyecto *El Conductoma* con el fin de identificar correlaciones entre los metadatos, las respuestas conductuales y las respuestas fisiológicas.

Biomarcadores basados en series de tiempo no invasivos. El C3 ha promovido la colaboración de especialistas de distintas ramas del conocimiento científico, con médicos de distintas instituciones públicas, para establecer biomarcadores de salud usando series de tiempo no invasivas que permitan detectar alertas tempranas para enfermedades basándose en una medicina personalizada. Actualmente se ha trabajado con sujetos de control y pacientes con obesidad, síndrome metabólico, diabetes mellitus tipo 2, acalasia, Parkinson, epilepsia, tuberculosis, zoonosis y enfermedades transmitidas por vector.

Redes fisiológicas. Se ha desarrollado una herramienta para construir redes fisiológicas a partir de datos antropométricos, de biometría hemática, tomografías y otras señales. Estas redes son distintas para hombres y mujeres jóvenes, cambian al envejecer y también al enfermar. El C3 ha promovido la interacción de diversos grupos de la Facultad de Medicina, el Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición y el Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias, para la construcción de redes fisiológicas con el fin de entender mejor distintas enfermedades como obesidad, síndrome metabólico, diabetes mellitus tipo 2, asma, dislipidemias, hipertensión, entre otras.

