

Coordinación de la Investigación Científica

Dr. William Henry Lee Alardín

Coordinador ~ desde diciembre de 2015

Bajo el contexto de la pandemia por el virus SARS-CoV-2, la vida académica del Subsistema de la Investigación Científica (SIC) se trastocó, no sólo por el confinamiento al que sus integrantes se vieron obligados, como ocurrió en gran parte del mundo, sino también porque la emergencia sanitaria con sus retos y exigencias impactaron en los ámbitos de sus competencias, de tal suerte que con originalidad, ingenio, compromiso y sin duda con éxito, múltiples acciones se llevaron a cabo para contener el avance del Covid-19, que es la enfermedad que provoca. Adicionalmente se siguieron llevando a cabo las tareas y funciones cotidianas, como se demuestra con las acciones y datos que enseguida se describen.

Pese a la imposibilidad de ocupar los cubículos y laboratorios durante la emergencia sanitaria y contrario a lo ocurrido con la mayor parte de la ciencia desarrollada en las distintas geografías, donde el quehacer se detuvo, resulta que un significativo número de centros e institutos reportan la producción más alta en artículos científicos indizados en revistas de prestigio internacional, como veremos más adelante con los datos que respaldan este alcance.

Un segundo logro fue dar continuidad al desarrollo de instituciones científicas. Así, el Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología (ICAT) participó en el Laboratorio Nacional de Óptica de la Visión (LANOV), liderado por el Centro de Investigación en Óptica (CIO) en León, Guanajuato, al igual que en la propuesta de la UNAM para crear el Centro Mexicano de Innovación en Energía Solar, encabezado por el Instituto de Energías Renovables (IER) en Temixco, Morelos. También, se presentó y aprobó el proyecto de creación de la Unidad Académica Morelia del Instituto de Ingeniería.

En medio de la pandemia, las investigaciones del SIC impactaron en las políticas públicas en diferentes ámbitos del país, tales como la protección al medioambiente, las energías renovables, el cambio climático; analizaron las consecuencias de las nuevas tecnologías, argumentaron para garantizar los recursos para la ciencia —particularmente para la ciencia básica—, se abocaron a la construcción de normas y procedimientos para determinar la calidad de los productos que en México se producen y también participaron en la creación de leyes y reglamentos, por ejemplo, para la construcción; al mismo tiempo se propusieron ideas, razonamientos y los criterios para la propia ley de ciencia, tecnología e innovación. Para alcanzar tal impacto, fue necesaria

la participación en diversos foros que inciden en la consciencia de los actores de dichas políticas o en la consciencia de los ciudadanos que, al apropiarse del conocimiento científico, buscan aplicarlo.

El quehacer científico es en gran medida un trabajo en comunidad, porque es precisamente a través de los pares como se valida y demuestran los avances, se alcanzan acuerdos y se unen esfuerzos. De ahí la importancia de reconocer por parte de la Coordinación de la Investigación Científica (CIC) cuáles son las áreas que logran apoyos internacionales (que normalmente incluyen financiamientos y gran visibilidad). Reconocer dichas áreas, permite encausar la participación del SIC en ellas, no obstante, jamás se descuida la capacidad de innovación ni se descuidan las necesidades del país. En el SIC, la astronomía y sus distintas vertientes es la disciplina con mayor financiamiento internacional. Destacan también los proyectos en torno al cambio climático, y a los Objetivos de Desarrollo Sostenible, como son los estudios de los suelos, los océanos, la flora y la fauna. Se entiende por proyectos internacionales, aquellos en los que intervienen instituciones del extranjero o aquellos que se ven favorecidos con financiamiento del mismo origen o aquellos que tienen ambas condiciones.

Otro aspecto fundamental dentro de la tarea de investigación del SIC, son los proyectos que apoyan el desarrollo del territorio nacional, pues precisamente la UNAM es una institución pública, que opera con recursos del erario y que busca la solución de los problemas del país. Así, los proyectos del ámbito nacional son todos aquellos que atienden temas de la geografía de México y en el que intervienen varias instituciones además de la UNAM. Suelen ser de carácter interdisciplinario, es decir, reuniendo esfuerzos desde distintas perspectivas y saberes, a la vez que los actores sociales involucrados son pieza clave en la construcción del conocimiento, ya sea el gobierno federal, los estados, los municipios o el sector productivo de una región.

Un esfuerzo más del SIC son los desarrollos tecnológicos, cuyos resultados suelen ser aplicados y están asociados al avance del sector productivo, tanto público como privado. Las patentes, entre otros resultados, son un indicador del posible desarrollo tecnológico de los países y de sus capacidades de innovación con base en el conocimiento científico. Así, las patentes son un derecho que otorgan los Estados para que la creatividad de una persona, grupo o institución no pueda ser usufructuado por otros, sin el consentimiento y beneficio del propietario de la patente.

Otra tarea fundamental del SIC son los servicios que otorga en el interior de la propia Universidad, a otras instituciones y a la sociedad en general. Abarcan distintos ámbitos de aplicación y van de los servicios nacionales como el Servicio Sismológico Nacional, pasando por los servicios de radiación para desinfección de productos de la industria, hasta la atención en temas de salud, mismos que se ofrecen en los diferentes *campi*. Muchos de los servicios ofrecidos cuentan con procesos de certificación y acreditación internacional.

Más allá de las funciones sustantivas, pero vinculado profundamente a la vida universitaria, la UNAM y el SIC reconocieron ampliamente al movimiento feminista de las jóvenes estudiantes que en 2020 se sumaron a las protestas

nacionales para denunciar cómo este fenómeno de desigualdad y violencia permea también la vida de las aulas, de los laboratorios y de la administración, afectando y debilitando las capacidades de la institución. Múltiples acciones se llevaron a cabo en el ámbito universitario, en particular, el SIC realizó su propio esfuerzo con base en los lineamientos de la UNAM, pero también bajo sus propios criterios.

A modo de resumen se puede señalar que durante 2020 se trabajó en alrededor de 1,730 líneas de investigación, de las cuales se desprendieron 2,921 proyectos de investigación, así como 66 proyectos de otra índole: de infraestructura (24), vinculación (14), divulgación (9), docencia (44); resultado de los proyectos (que no de forma lineal), salieron a la luz 6,833 publicaciones, al tiempo que fueron solicitadas 40 patentes y otorgadas 23. En estos resultados participaron 3,190 académicos, 109 jóvenes investigadores bajo el Programa Cátedras Conacyt y 507 becarios posdoctorales (297 de la DGAPA y 210 con otros financiamientos como del Conacyt).

COMPOSICIÓN

Al inicio de 2020, el SIC estuvo integrado por 23 institutos y siete centros. Las entidades que se ubican geográficamente en la capital del país son 18 (en el campus de Ciudad Universitaria, CU), mientras que 12 están ubicadas en otros estados de la República. Las comunidades del SIC se agrupan en tres grandes áreas del conocimiento: ciencias físico-matemáticas (CFM, 13 entidades); ciencias químico-biológicas y de la salud (CQByS, 10 entidades), y ciencias de la tierra e ingeniería (CTel, siete entidades). Integran el SIC a su vez cuatro Programas Universitarios: el de Investigación en Salud (PUIS), el de Alimentos (PUAL), el de Investigación en Cambio Climático (PINCC), y el Programa Especial Universitario (PEU); asimismo, son parte del Subsistema, la Coordinación de Plataformas Oceanográficas (COPO) con sus dos buques: "El Puma", con base en Mazatlán, Sinaloa, y "El Justo Sierra", con base en Tuxpan, Veracruz; y la Secretaría Ejecutiva de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel (SEREPSA).

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

SERVICIOS

Diversos son los servicios que el SIC presta a la sociedad, entre los más destacados están los servicios: Sismológico, Mareográfico, Magnético, de Clima Espacial, 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 2020, a pesar de la emergencia sanitaria, los servicios geofísicos siguieron funcionando, como parte del compromiso que el Instituto tiene con la sociedad. Además, el IGef ofrece asesoría técnica con el propósito de brindar soluciones a problemas relacionados con peligros por fenómenos geológicos. En este contexto, el IGef colabora 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 Centro de Ciencias de la Atmósfera (CCA) 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 CCA (<https://www.atmosfera.unam.mx/>). Además, apoya el proceso (en curso en 2020) 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, el cual 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.

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 1,105 académicos (en 2019 había 1,084) en los *campi* regionales; los investigadores sumaron 664 (2019: 648) y los técnicos académicos 441 (2019: 436). Las cifras señaladas significan que 36.9% de los investigadores y 31.7% de los técnicos académicos trabajan fuera de la capital del país.

La descentralización también se demuestra con la presencia de 16 unidades regionales (en los estados), tres estaciones, dos observatorios, dos plataformas oceanográficas, 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, también cuenta con la sede de Ensenada, B.C. El Instituto de Biología (IB) tiene a su cargo dos reservas, una en Los Tuxtlas, Veracruz, y la otra en Chamela, Jalisco; además, en Tlaxcala está el Laboratorio Regional de Biodiversidad y Cultivo de Tejidos Vegetales. 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 CU. 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 (IGI) también tiene una sede en la ERNO. En tanto el Instituto de Geofísica (IGef) 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 Microanálisis (LUMA) CeMIE_Geo-UNAM, el Laboratorio Unidad de Petrología Experimental (LUPE) 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 Apli-

cada (LEL), todos ellos en la Unidad Michoacán. Por otro lado, el Instituto de Geografía (IGg) y el Instituto de Matemáticas (IM) tienen 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, por último, la Unidad Monterrey en Monterrey, Nuevo León. El Instituto de Investigaciones Biomédicas (IIBo) tiene la Estación Científica La Malinche en el Parque Nacional La Malinche. 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. Finalmente, el Instituto de Química (IQ) cuenta con el Laboratorio de Microscopía y Fuerza Atómica, ubicado en Toluca, Estado de México.

CRECIMIENTO INSTITUCIONAL

Dos nuevas instancias institucionales fueron creadas durante 2020: la primera, derivado del crecimiento del Instituto de Ecología (IE) y de la necesidad de incrementar el impacto social y su vinculación, se creó la Secretaría Técnica y de Gestión para apoyar los procesos de vinculación con la sociedad, la planeación y facilitar el impacto social de los proyectos que se desarrollan en la entidad; la segunda, después de un año de actividades de la nueva administración del Instituto de Investigaciones Biomédicas (IIBo), se llevó a cabo un análisis en torno al éxito de sus tareas primarias. Con base en dicho análisis, y con la finalidad de atender la urgente necesidad de dar seguimiento a cada uno de los procesos administrativos y académicos que se desarrollaban, se consideró que, para reencausar y potenciar el desempeño y el funcionamiento, era necesario crear la Coordinación de Gestión. Durante 2020, la experiencia resultó altamente satisfactoria ya que, a partir de su puesta en marcha, se obtuvieron resultados útiles en la solución de situaciones críticas.

PERSONAL ACADÉMICO

Perfil de la planta académica

La planta académica del SIC a finales de 2020 estuvo compuesta por 3,190 (2019: 3,163) individuos, lo cual representa un crecimiento de 0.85% con respecto a 2019. Los investigadores fueron 1,798 (2019: 1,771) y 1,392 los técnicos académicos (TA) (2019: 1,390).

Para dar una idea de la dimensión del SIC, que además de ser la comunidad científica más antigua del país, podemos contrastarla con el Sistema Nacional de Investigadores (SNI). En el ámbito nacional, el SNI cuenta con 35,178 académicos (finales de 2020). Al cierre de 2020 el SIC, por sí solo, representó el 6.06% del total de integrantes del SNI; en tanto que la UNAM, en su conjunto, representó el 14.85%. A su vez, dentro de los integrantes de la UNAM en el SNI, los académicos adscritos al SIC son el bloque de mayor proporción (45.01%).

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

Cuentan con nombramiento definitivo 1,368 investigadores (76.1%), lo que destaca una condición de estabilidad en el empleo de la mayoría de este conjunto; lo mismo ocurre en el caso de los 988 técnicos académicos, donde el porcentaje es de 71%. Dicha estabilidad también se refleja en la antigüedad, que, no obstante los recientes procesos de renovación, es de 23 años en los investigadores y de 20 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 2020 sumaron 231, 180 investigadores y 51 TA. 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 96 (72 investigadoras y 24 técnicas académicas), lo que equivale a 41.6%; este dato es alentador en lo que a equidad de género se refiere.

Cátedras Conacyt

A la planta académica del SIC se suman los investigadores contratados a través del Programa de Cátedras Conacyt, quienes para 2020 sumaron 109 (2019:109). En número se sostuvo en relación con el año previo, no obstante, el número de mujeres bajó de 46 a 44 (40.3%), dos menos que el año pasado, lo que se explica porque por un lado el programa fue suspendido por el Conacyt en 2019 y a los diversos movimientos de los académicos. En relación con el total de Cátedras Conacyt de la UNAM en 2020, el SIC logró el 87.4%.

Becas Posdoctorales

Otro grupo que se suma a las tareas de investigación son los becarios posdoctorales, que en el periodo fueron 507; de éstos, financiados por DGAPA-UNAM fueron 297 y con becas de Conacyt y otros sumaron 210, la población femenina fue de 190 (37.4%). En relación con el año 2019 se tuvieron 10 posdoctorales menos. Este subconjunto representa 21% de los 2,415 investigadores integrantes del SIC (considerando investigadores de la planta académica, posdoctorales y Cátedras Conacyt).

Avances en el tema de género

Continuando con la política institucional en el tema de género, durante 2020 las autoridades de la UNAM emprendieron un conjunto de iniciativas que han favorecido de manera sustancial la construcción del camino para lograr la igualdad entre los géneros, y a la toma de conciencia de su importancia en todos sectores de la Universidad. Por su parte, el Consejo Técnico de la Investigación Científica (CTIC) tomó un conjunto de decisiones que se suman a las

que la Universidad, en lo general, ha venido desarrollando, con el espíritu de mejorarlas día a día.

La población femenina en la investigación para 2020 representó 28.4%, mientras hace una década era de 26%. En el caso de las técnicas académicas (TA), en 2020 el porcentaje fue del 40%, mientras en 2010 era de 44.5%. Si se estudia el asunto por disciplinas las diferencias son importantes, por ejemplo, en las ciencias físico-matemáticas, las mujeres apenas llegan al 19.4% en las contrataciones de investigadores y a 30.5% en las de TA; en tanto en las ciencias químico-biológicas es menos desigual: en los investigadores alcanzan 37.5% y en los TA la composición es 55.7% de mujeres.

Se considera que será fundamental llevar a cabo novedosas estrategias para alcanzar la paridad entre los géneros. Estas son, por ejemplo: variar los límites de edad para hombres 35 años y mujeres a los 39 años en el ingreso de los SIJA (ocurre lo mismo en los premios Universidad Nacional: 40 H y 43 años M). En el Consejo Técnico de la Investigación Científica se establecieron criterios para flexibilizar, por ejemplo, la evaluación de informes de mujeres por gravidez. Adicionalmente, se han establecido criterios muy claros para los procesos de selección para la ocupación de nuevas contrataciones. Por otro lado, en prácticamente todas las entidades del SIC se cuenta con Comisiones para la Equidad de Género, mismas que recién comienzan a jugar un papel fundamental. Se impartió también, en septiembre de 2020, un curso para los funcionarios de la UNAM en el que el SIC participó activamente, con el fin de sensibilizar a la población sobre el tema.

La esperanza está en las generaciones futuras, ya que si se atiende a la composición de los SIJAS y de los posdoctorales, se aprecia que, desde la creación del programa ingresaron 96 mujeres (72 investigadoras y 24 técnicas académicas), cifra que representa 41.6% del total de contratados; en el caso de los posdoctorales el porcentaje de mujeres fue de 37.4%, porcentaje considerablemente arriba de la proporción de investigadores de 28.4%.

Habilitación de los cuerpos académicos, estímulos

En relación con los grados académicos y las distinciones, 98.9% de los investigadores tiene el grado de doctor; con respecto a los TA, 27%. Vale la pena hacer notar que a partir de 2013, el número de técnicos con maestría 534 (2018: 530) pasó a ser mayor que el de aquéllos con licenciatura (422), tendencia que se sostiene.

Referente a los estímulos, en el subconjunto de los investigadores 94.9% pertenecen al Programa de Primas al Desempeño del Personal Académico de Tiempo Completo (PRIDE) de la UNAM y en el caso de los TA el 91.16%.

Sistema Nacional de Investigadores

Los investigadores pertenecientes al Sistema Nacional de Investigadores (SNI) en 2020 fueron 1,641 (2019: 1,631), es decir 92.3% de la planta de investigadores en el SIC, de los cuales nivel III o Eméritos fueron 507 (2019: 506), cifra que

representa 30.89% del total; en lo referente a los TA fueron 204 (2019: 195 y uno de ellos con nivel III).

En resumen, el crecimiento del SIC tuvo tres vías: los investigadores posdoctorales, las Cátedras Conacyt, ambos preámbulos de posibles contrataciones y mecanismo para probar vocaciones y afinidades, y la tercera vía fue el Subprograma de Incorporación de Jóvenes Académicos, cuyo sostén es el Subprograma de Retiro Voluntario por Jubilación del Personal Académico de Carrera. En los tres casos se trata de rejuvenecer al conjunto de participantes con integrantes de probada calidad académica, al mismo tiempo que apoyar el desarrollo científico de las regiones y procurar un ingreso más equitativo de la población femenina en las áreas en las que se presentan como postulantes.

Premios y distinciones

Los académicos del SIC lograron 261 galardones (2019: 447), cuya distribución fue la siguiente: 72 premios, 101 distinciones, 66 reconocimiento, 21 medallas y un doctorado Honoris Causa. De todos éstos, de carácter internacional fueron 78 (29.9%). Los premios recibidos por los alumnos asociados al SIC sumaron 34.

Por su parte, las entidades del SIC otorgaron 44 premios: ocho a alumnos y 36 a académicos.

INVESTIGACIÓN

Proyectos

El trabajo de investigación del SIC está organizado mayoritariamente por proyectos, 3,079 en 2020; de este conjunto, proyectos de investigación fueron 2,921 y 158 de otros proyectos que se dividen en: de infraestructura (24), de vinculación (14), de divulgación (9), de docencia (58) y otros (53). Estos proyectos son la forma de organización principal en el SIC y está orientada a objetivos y metas concretos y en tiempos determinados cuando han competido por los recursos ante agencias de financiamiento internas y externas a la UNAM. En relación con los esfuerzos para atender temas de la agenda nacional, se desarrollaron gran número de proyectos para la atención de los problemas nacionales, dentro de los cuales destacan aquellos en torno al cambio climático y medioambiente, un número significativo a la salud, otros a la agricultura y alimentación, al estrés hídrico, unos más a las energías y energías alternativas y una gran parte a la ciencia básica.

Los proyectos de investigación con recursos provenientes de la UNAM fueron 2,100 (68.2%) y con recursos externos 833 (27%), 10 tuvieron financiamiento mixto (136 sin definir). Siendo el SIC parte de una universidad pública, es consecuente que el sector público haya sido el que mayores recursos aportara a los proyectos de investigación que desarrolla (3,079), 83.8%, y específicamente Conacyt en 2020 aportó 18.8% del total de los ingresos en 576 proyectos, por tal motivo, esta comunidad científica sigue sus lineamientos apostando al desarrollo de investigaciones financiables. Del sector privado, el SIC recibió aproximadamente 1.4% de los recursos que ingresaron en 2020, apoyando 44

proyectos y, finalmente, del extranjero se lograron 82 proyectos con un porcentaje de financiamiento de 2.7%. Destaca que se recibieron mayores recursos del extranjero que del sector privado, lo cual da cuenta lo difícil que ha sido en el país, lograr que se invierta en ciencia y tecnología dentro de ese sector.

Otro asunto que destacar en relación con los proyectos son sus vínculos con los Objetivos de Desarrollo Sostenible: Acción por el clima (43), Agua limpia y saneamiento (19), Alianza para lograr los objetivos de desarrollo sustentable (17), Ciudades y comunidades sostenibles (20), Educación de calidad (72), Energía asequible y no contaminante (20), Fin de la pobreza (16), Hambre cero (30) Igualdad de género (4), Industria, innovación e infraestructura (136), Paz justicia e instituciones sólidas (1), Producción y consumo responsable (15), Protección del patrimonio ecológico/geológico (15), Recursos naturales no renovables [conocimiento y manejo sostenible] (9), Reducción de las desigualdades (3), Salud y bienestar (157), Trabajo decente y crecimiento económico (1), Vida de ecosistemas terrestres (108), Vida submarina (5) [el resto de los proyectos no fue clasificado con relación a los ODS].

La investigación ante el Covid-19

Contar con un sistema científico nacional robusto, permitió a las naciones afrontar con mayor capacidad la pandemia. Fueron aquellos países con alta inversión en ciencia, tecnología e innovación los productores de vacunas, como fue el caso de Alemania, China, EUA, Rusia, Reino Unido y sus alianzas.

Pese a los limitados recursos con los que opera el SIC, sus esfuerzos fueron relevantes para contender con la pandemia. A manera de un resumen, se presentan a continuación algunas de las acciones más destacadas.

La comunidad del SIC trabajó en diversos temas de investigación, algunos en alianza con investigadores de otros países, como en la detección y diagnóstico del virus, en el análisis de posibles tratamientos para las personas infectadas, en la creación de vacunas, en la modelación matemática de la pandemia, la distribución geográfica del virus, la fabricación de implementos para evitar el contagio, el estudio de la vinculación de la pandemia con problemas ambientales y el calentamiento global y su impacto en la economía, entre otros múltiples temas. En la sección de proyectos nacionales se presenta una mayor descripción de los mismos.

En el ámbito de la prevención interna, la UNAM vivió momentos de gran generosidad y solidaridad. Con el fin de prevenir el contagio y sostener las tareas esenciales, los centros e institutos, así como las diferentes entidades del SIC, incluida la CIC, en sus cinco *campi*, llevaron a cabo una serie de acciones:

- Dotación de cubrebocas, caretas y guantes al personal de vigilancia
- Filtros de ingreso para prevenir la propagación del Covid 19
- Limpieza exhaustiva, esterilización y desinfección
- Colocación de despachadores de gel antibacterial
- Difusión del protocolo para el regreso a las actividades universitarias en el marco de la pandemia de Covid-19

- Establecimiento de turnos en los laboratorios para el desarrollo de actividades esenciales
- Establecimiento de turnos para la firma de nómina
- Señalización para mantener la sana distancia y carteles sobre medidas preventivas
- Colocación de mamparas acrílicas en los escritorios de las oficinas administrativas
- Facilidad de acceso a pruebas de detección de Covid-19 a personal de base, académicos y estudiantes en laboratorios privados
- Ajuste de horarios para atender tareas esenciales y programación de presencia en horarios escalonados, entre muchas otras acciones

Proyectos internacionales

Dentro de los 86 proyectos internacionales, a continuación se destacan algunos. Si bien un número significativo apunta a la ciencia básica, se debe señalar que de dicha ciencia proviene gran parte de la tecnología que hoy en día disfrutan partes importantes de las poblaciones de los países:

Investigadores del Instituto de Ciencias Nucleares (ICN), del Instituto de Astronomía (IA), la Facultad de Ingeniería (FI) y el Programa Espacial Universitario (PEU) impulsan el proyecto Colmena, que será la primera misión de la UNAM a la Luna. Cuentan con el financiamiento de la Agencia Espacial Mexicana (AEM), el Conacyt y el Gobierno del estado de Hidalgo, así como de algunas empresas privadas.

Científicos del ICN hallaron información sobre el ciclo del carbono orgánico en Marte, elemento clave para la vida como se conoce en la Tierra. De acuerdo con los expertos es la primera vez que se conoce este ciclo en otro planeta.

Científicos del Centro de Geociencias (CGeo) y el Servicio Sismológico Nacional (SSN) —a cargo del Instituto de Geofísica (IGef)—, así como la Universidad Autónoma de Querétaro participan en un proyecto internacional convocado por expertos de Bélgica para observar la disminución del ruido antropogénico. En el proyecto intervienen más de 50 científicos de 26 países que utilizan datos de sismómetros instalados en ciudades como Londres, Nueva York y Los Ángeles. Los científicos destacaron que la cuarentena ha dado condiciones nunca vistas para poder estudiar la disminución de dicho ruido.

Científicos del Instituto de Geofísica (IGef) advirtieron sobre la amenaza a los glaciares mexicanos, pues son un indicador de que la temperatura en el planeta se está elevando. Los glaciares pueden compararse con instrumentos altamente sensibles. Los volcanes Iztaccíhuatl, Popocatepetl y Citlaltépetl con su altitud permiten la preservación de hielo. El volcán Iztaccíhuatl se encuentra en una situación vulnerable y en cualquier momento el hielo remanente puede deshacerse, la consecuencia en estos casos es que el clima del sitio también cambiará.

Científicos del Instituto de Geofísica (IGef) forman parte del Programa Internacional de Descubrimientos en los Océanos (IODP en inglés), del cual forman

parte 32 expertos de nueve países. El objetivo del grupo mexicano es estudiar el clima pasado, también conocido como paleoclima, en la Cuenca de Guaymas, cuyas condiciones son semejantes a las de la Tierra primigenia. Los científicos esperan obtener información de los últimos 500 mil años. Cabe destacar que la investigación se lleva a cabo a bordo del buque JOIDES Resolution del IODP.

Científicos del Instituto de Geofísica (IGef) utilizan bases de datos de la NASA para realizar trabajo teórico sobre las fuentes de meteoros que llegan a la Tierra. Dicha investigación es útil para realizar mapas de las zonas originarias de estos cuerpos. La diferencia entre un asteroide y un meteorito deriva de la fuente, un asteroide forma parte del Cinturón de Asteroides y de la familia de rocas que están en la vecindad de la Tierra, mientras que un meteorito es toda roca que proviene del espacio y que cae en la superficie de la Tierra.

Científicos del Instituto de Geología (IGI), en particular del Laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía (LANGEM), realizan estudios sobre los procesos básicos de la materia orgánica y los servicios ecológicos que brindan los suelos. Para realizar espectroscopia infrarroja, resonancia magnética nuclear y calorimetría diferencial de barrido, colaboran con la Universidad de Santiago de Compostela, lo que enriquece el conocimiento en el tema.

La información generada por el proyecto internacional Sloan Digital Sky Survey (SDSS), en el que participan expertos de los institutos de Física (IF), de Astronomía (IA) y de Ciencias Físicas (ICF), cuyo trabajo se realizó a lo largo de dos décadas con científicos de 10 países y la generación de 20 artículos. El proyecto tuvo como guía el experimento eBOSS, acrónimo en inglés de "Sondeo espectroscópico extendido de Oscilaciones Bariónicas" que tuvo como objetivo el estudio de la expansión acelerada del Universo a través de las mediciones de espectros de más de dos millones de galaxias y cuásares. El experimento eBOSS marca la culminación de un proyecto de investigación colaborativo de varias generaciones, para tener un análisis exhaustivo del mapa tridimensional más grande del Universo jamás creado. El proyecto SDSS ha permitido formar recursos humanos de primer nivel en todo el mundo, incluida la UNAM. Estudiantes de licenciatura de la Facultad de Ciencias y del Posgrado en Física y Astrofísica de la UNAM han aprendido cosmología con sondeos espectroscópicos analizando datos de SDSS-IV/eBOSS.

Científicos del Instituto de Astronomía (IA) realizan estudios de frontera. Entre una de las líneas de investigación destaca la observación de los denominados estallidos de rayos gamma (GRBs por sus siglas en inglés), eventos de altas energías muy poderosos. Un GRB puede emitir en pocos segundos la energía que emitirá el Sol durante toda su vida y llegar hasta los orígenes del Universo. Los GRBs permiten observarlos hasta épocas tempranas imposibles de rastrear con ningún otro fenómeno, pueden llegar hasta diez veces más cerca en tiempo al origen del Universo que cualquier otro trazador conocido.

Científicos del Instituto de Astronomía (IA) adscritos al Laboratorio Nacional HAWC de Rayos Gamma participaron en la detección de cuatro fuentes de rayos gamma en la Vía Láctea. El hallazgo tiene relevancia teórica y experimental, pues además de lograr la identificación de las partículas más energéticas del

Universo, comprueba la Teoría de la Relatividad de Einstein a escalas de altas energías. Los resultados del hallazgo describen la observación de fotones de cuatro fuentes de nuestra galaxia con fotones arriba de cien teraelectrovolts, una cantidad de energía cien veces mayor a la generada por el Gran Colisionador de Hadrones. En el HAWC participan 26 instituciones, académicos de los institutos de Física y Astronomía de la UNAM, así como expertos del Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE).

Científicos del Instituto de Astronomía (IA) lograron la detección de un exoplaneta (planeta fuera del Sistema Solar) utilizando ondas de radio. Se trata del exoplaneta denominado TVLM513b, un gigante gaseoso de tipo Saturno que gira en torno a una estrella enana ultrafría en un periodo de 221 días y su masa es, aproximadamente, 38% la de Júpiter. El hallazgo fue posible gracias a la técnica de astrometría absoluta que se logró en el sistema de diez radiotelescopios que conforman el Very Long Baseline Array (VLBA) ubicado en Socorro, Nuevo México.

Investigadores del Instituto de Astronomía (IA) coordinaron el proyecto internacional en el que participan 15 académicos del IA en conjunto con colegas de Suiza, Reino Unido y Bélgica. Gracias al telescopio Search And Characterisation of Transiting Exoplanets (SAINT-EX), ubicado en el Observatorio Astronómico Nacional (OAN) en San Pedro Mártir, se logró realizar la detección de dos nuevos exoplanetas.

Científicos del Instituto de Astronomía (IA) explicaron las razones por las cuales el choque de dos agujeros negros aportan nuevas pistas sobre el origen de las estrellas. Este choque, registrado por la reciente detección de una onda gravitacional que muestra la colisión ocurrida hace unos siete mil millones de años (antes de la formación del Sistema Solar) es trascendente para la ciencia, porque permite observar al Universo de una manera distinta, de una forma complementaria a la luz que nos llega de todos los objetos que se conocen. Las ondas gravitacionales, como las que se captaron, son pequeños temblores en el espacio-tiempo, como si fueran pequeñas piedras en la superficie de un estanque. El hallazgo es importante porque el rango de masas que presenta el objeto no se había detectado. A través de las ondas gravitacionales es posible conocer nuevos objetos.

Científicos de los institutos de Astronomía (IA) y de Física (IF) colaboraron con un grupo internacional de astrónomos que logró detectar rayos gamma provenientes de la Nebulosa del Cangrejo, utilizando un prototipo de Telescopio Schwarzschild-Couder (pSCT). Los científicos universitarios participaron en el diseño, fabricación e instalación de la Torre-Plataforma de Mantenimiento en pSCT, en particular miembros del Taller Mecánico de Precisión del IA en Ciudad Universitaria. Los expertos forman parte de la Red de Telescopios Cherenkov (CTA), una iniciativa global para construir el observatorio de rayos gamma de muy alta energía.

En el Subsistema de la Investigación Científica (SIC), los institutos de Astronomía (IA), de Física (IF), de Ciencias Nucleares (ICN), de Radioastronomía y Astrofísica (IRyA) y de Ciencias Físicas (ICF) realizan estudios con ondas gravi-

tacionales, agujeros negros y estrellas de neutrones para avanzar en el entendimiento del Universo.

Investigadores del Instituto de Astronomía (IA), del Instituto de Radioastronomía y Astrofísica (IRyA) en conjunto con colegas de España y Francia, estudian de las nebulosas planetarias elementos como oxígeno, helio, nitrógeno, azufre y argón para conocer cómo eran sus estrellas predecesoras. Las nebulosas son el estadio final de la evolución de las estrellas con rango entre una y ocho masas solares.

Científicos del Instituto de Radioastronomía y Astrofísica (IRyA) de la UNAM, con sede en Morelia, forman parte de un equipo internacional de 350 científicos de 20 países que lograron obtener la primera imagen de un "chorro relativista" o jet. Se trata de una red de ocho telescopios alrededor del mundo, del proyecto internacional Telescopio del Horizonte de Eventos (EHT) del que forma parte el Gran Telescopio Milimétrico a cargo del INAOE, y en el que expertos del IRyA participaron. La investigación es relevante debido a que es la primera vez que se ve un chorro relativista con alta resolución y complementa la información obtenida hace un año sobre un agujero negro en la región, así se avanza hacia conocer cómo se forman estos chorros y cuál es su estructura e interacción con un agujero negro.

Científicos del Instituto de Investigaciones Biomédicas (IIBo) obtuvieron un donativo del Global Consortium for Reproductive Longevity and Equality, que impulsa la investigación sobre la longevidad reproductiva femenina y la equidad. Las hormigas son aliadas en dicha investigación por su longeva fecundidad en el caso de las reinas, las cuales en algunas especies logran poner huevos por tres décadas, gracias a su plasticidad fenotípica, por lo que se busca entender los mecanismos celulares y moleculares que les permite mantener su fecundidad por largos periodos.

Científicos del Instituto de Biología (IB) en conjunto con investigadores de la Universidad de Nueva Gales del Sur concluyeron que la aparición de las plantas con flor hace 140 millones de años cambió la faz de la Tierra. Reconstruyeron un árbol evolutivo que incluyó, de forma inédita, al 100% de las familias de angiospermas modernas. La indagación reveló el surgimiento de las angiospermas y su dominancia ecológica. Se precisó que cada grupo de especies tiene dos edades: la de "origen o troncal" y la edad "corona", que corresponde al ancestro común más cercano de sus especies vivientes. Por ejemplo, las aves tienen una edad troncal que corresponde a su separación de los cocodrilos hace 240 millones de años, mientras que su edad corona, dada por el ancestro común más cercano de las aves vivientes, es de hace 100 millones de años.

En el Laboratorio de Interacción Planta-Animal del Instituto de Ecología (IE) trabajan en el estudio de las plantas, lo que ayuda a la comprensión de la vida y los ecosistemas terrestres. Dicho estudio los ha llevado a determinar que carecen de sentimientos, de acuerdo con un entendimiento antropocéntrico. Sin embargo, si se define sentir como la recepción de señales ambientales y su reacción a éstas, entonces las plantas sí perciben. De hecho, se defienden, tienen estrategias y llegan a experimentar estrés.

Científicos del Instituto de Investigaciones en Materiales (IIM), del Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología (ICAT) y de la Universidad de California, con bases teóricas de física de fluidos, experimentos y modelos numéricos del tiempo de vida de las burbujas, comprobaron que el proceso ancestral, que consiste en vaciar con un carrizo un chorro de la bebida en una jícara y observar cuánto tiempo se mantienen las burbujas en la superficie, es confiable para medir la adecuada cantidad de alcohol en el mezcal. Además de comprobar su efectividad, se abre la posibilidad de utilizarlo, por ejemplo, para identificar mezcal adulterado.

Científicos del Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas (IIMAS), en conjunto con investigadores del Instituto Santa Fe de Nuevo México, EUA, realizaron estudios sobre el comportamiento de los monos araña. Sus estudios determinaron que los monos araña tienen inteligencia social, deciden en grupo cómo alimentarse en la selva. Los científicos destacaron que su interacción se asemeja a una computadora colectiva debido a que realizan cálculos sobre cuál será la mejor manera de agruparse en respuesta a la comida. Cuando cambia el entorno de la cantidad de comida, modifican el modo de agruparse, formando más o menos subgrupos de diferente tamaño. Los primates se organizan en un sistema social llamado fisión-fusión, en el que se dividen en equipos para buscar comida, sin un líder que seleccione los grupos.

Proyectos nacionales

Los proyectos de carácter nacional son aquellos que atienden temas prioritarios para el país y aquellos que se trabajan con otras instituciones nacionales, ya sean gobierno federal, gobiernos locales, otras instituciones académicas, comunidades, privados, entre otros, tales como los que se destacan a continuación:

Académicos del Instituto de Geografía (IGg) y del Programa Universitario de Investigación en Salud (PUIS), en colaboración con la Coordinación de la Investigación Científica, pusieron en marcha el *Atlas de vulnerabilidad de zonas metropolitanas del país ante la Covid-19*.

Científicos del Instituto de Ciencias Nucleares (ICN) desarrollaron un ventilador para la emergencia sanitaria Covid-19, el cual se sometió a diversas pruebas en colaboración con el Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán (INCMNSZ) y en el Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias (INER), así como con la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Los científicos detallaron que diversas empresas cedieron componentes para la fase de desarrollo del ventilador y se dieron a la tarea de buscar más para la producción de por lo menos 100 instrumentos. El desarrollo universitario logró la aprobación de la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (Cofepris) para su uso en pacientes.

Durante la participación en el programa *La UNAM responde*, especialistas del Instituto de Investigaciones Biomédicas (IIBo) recomendaron a la población mantener control adecuado de peso, glucosa, presión arterial, colesterol y triglicéridos ante la crisis sanitaria, señalaron que en particular los adultos jóve-

nes de entre 20 a 40 años que padecen obesidad y diabetes (sin saberlo), son quienes tienen mayor posibilidad de enfrentar una situación compleja.

Mediante colaboración interinstitucional, el Centro Virtual de Computación de la UNAM, el Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas (IIMAS), la Facultad de Ingeniería, los posgrados de Ciencia e Ingeniería de la Computación y de Ingeniería, así como de la carrera de Física Biomédica, lograron desarrollar un sistema auxiliar en el diagnóstico de Covid-19. Se trata de una herramienta que analiza, mediante técnicas de visión computacional e inteligencia artificial, imágenes de tomografía computarizada del tórax y proporciona resultados que junto con otros datos clínicos le ayudan al médico a emitir un diagnóstico; se echó a andar en colaboración con médicos del Centro Médico Nacional "La Raza" del IMSS. El uso de este sistema permitiría al personal médico, en combinación con los datos clínicos del paciente, detectar la enfermedad con mayor certeza y rapidez.

En el ámbito de la detección del virus, un esfuerzo más es el de los científicos del Instituto de Biotecnología (IBt), quienes desarrollaron un proceso para identificar la presencia del virus SARS-CoV-2 mediante saliva, disminuyendo el riesgo para el personal de salud, acelerando el diagnóstico, y reduciendo los costos en 50% respecto a la prueba RT-qPCR, la referencia para la detección del virus.

Fue creada por científicos de la UNAM, la plataforma <https://covid19.ciga.unam.mx/>, la cual cuenta con datos de la Dirección General de Epidemiología de la Secretaría de Salud, el INEGI, la Secretaría de Relaciones Exteriores, de los centros para el Control y la Prevención de Enfermedades, y el proyecto de seguimiento "The COVID Tracking Project at The Atlantic" de Estados Unidos, donde es posible contar con datos del estado de salud de la comunidad hispana en ese país.

Científicos del Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, (CIGA) y de las escuelas nacionales de Estudios Superiores (ENES) unidades Morelia y Mérida y el Laboratorio Nacional de Análisis y Síntesis Ecológica incorporaron a la Plataforma de Información Geográfica sobre Covid-19 nuevos recursos y módulos, tales como la visualización de indicadores de tendencia de casos y seguimiento del papel que juegan las comorbilidades en el número de defunciones.

Científicos del Instituto de Investigaciones Biomédicas (IIBo), la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia (FMVZ) en conjunto con el Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias (INER) y el Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán (INCMNSZ), trabajaron en el desarrollo de una vacuna para combatir el virus SARS-CoV-2. El equipo se integra por 50 investigadores clínicos y básicos (18 de ellos del IIBo), y estudiantes de distintas especialidades. Trabajaron en una vacuna denominada sintética, ya que sólo utilizan algunos de los componentes del virus que tienen la capacidad de inducir una respuesta inmune.

Un esfuerzo más en relación con la vacuna contra SARS-CoV-2 se desarrolla en el Instituto de Biotecnología (IBt) de la UNAM, la cual se encuentra en la pri-

mera fase de evaluación en modelo animal y se espera que para 2021 se inicien las pruebas clínicas en humanos. En conjunto con diversas instituciones y con el Gobierno de la Ciudad de México, expertos del IBt laboran a partir de una plataforma de vacuna que contaba con avances para otro tipo de virus. Autoridades de la Secretaría de Educación, Ciencia, Tecnología e Innovación de la Ciudad de México (SECTEI) señalaron que otros países podrían tener antes una vacuna, pero México debe tener una propia; aunque se invierta más tiempo, se proyecta ganar en efectividad.

Científicos del Instituto de Geografía (IGG) advierten que los incendios no brotan espontáneamente, son consecuencia de un mal manejo del fuego y de los recursos naturales y, apuntan, son un gran problema ambiental en México y el mundo, de ahí que alerten sobre la necesidad de políticas públicas en México que desincentiven el uso del fuego en la agricultura.

Como resultado del trabajo interinstitucional entre el Instituto de Geología (IGI), las facultades de Estudios Superiores (FES) Cuautitlán e Iztacala y de Medicina Veterinaria y Zootecnia (FMVZ), fue posible establecer un control de calidad de la miel que se produce en México.

Científicos del Instituto de Geología (IGI) participaron en el proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-033/1-SCFI-2019 Artículos de oro, plata, platino y paladio. La Secretaría de Economía solicitó la actualización de la NOM-033-SCFI-1994, por lo que pidió apoyo a la UNAM, al Centro Nacional de Metrología (CENAM) y diversas cámaras de comercio. Se trató de un proyecto en el que los científicos propusieron técnicas de análisis amigables con el medio ambiente para comprobar el contenido de metales costosos en diversos productos.

Científicos del Instituto de Ingeniería (II) en conjunto con el Gobierno de la Ciudad de México redactan una Ley de Edificación que establecerá cuáles son las responsabilidades de cada actor en el proceso de construcción de edificios en la Ciudad de México. También se trabaja para contar con un Reglamento de Construcciones. Ambos documentos contemplan el concepto de resiliencia: capacidad de recuperar su funcionamiento en cierto tiempo y que además de ser seguros, los edificios puedan recobrar su funcionalidad básica rápidamente.

Científicos del Instituto de Astronomía (IA) dictaron la conferencia "Los nuevos mundos" en el Instituto de Geología (IGI), donde advirtieron que una de las vías para terminar con la destrucción de la naturaleza es dar mayor inversión a la ciencia básica, la cual genera tecnología, además de apostar a un menor consumo de energía y productos.

Autoridades del Instituto de Geofísica (IGef) llamaron a mantener los recursos del Fondo de Desastres Naturales (Fonden) y el Fondo para la Prevención de Desastres Naturales (Fopreden) pues son clave para el desarrollo de proyectos que permiten a México avances en materia de protección civil.

En México y Centroamérica existe un importante potencial de biomasa (materia orgánica) proveniente de residuos agropecuarios y forestales que se podría aprovechar para reemplazar combustibles fósiles, de acuerdo con investigaciones del Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental (CIGA) y el

Laboratorio Nacional de Análisis y Síntesis Ecológica (LANASE) de la Escuela Nacional de Estudios Superiores (ENES), ambos de la UNAM campus Morelia. Para informar y organizar las posibilidades en este campo, crearon una plataforma que sea una herramienta de fácil uso y que impulsará el sector, tanto el tradicional como el moderno.

Científicos del Instituto de Ecología (IE) destacaron que el problema más importante que enfrenta la humanidad no es la pandemia de salud, luego entonces, lo es el cambio climático. De continuar sin tomar acciones el planeta se calentará más de 1.5 grados y para 2030 emitiremos 57 gigatoneladas de dióxido de carbono (CO₂). Para notar un cambio se tendrían que reducir las emisiones a 25 gigatoneladas, y en este momento se emiten alrededor de 37.

Científicos del Instituto de Geografía (IGg) forman parte del equipo que encabeza el Seminario Universitario de Estudios de Riesgos Socioambientales (SURSA), cuyo objetivo es construir nuevas alianzas con la sociedad, las organizaciones sociales y políticas, dependencias públicas, además de reforzar las redes de colaboración entre las instancias de la propia UNAM. El SURSA depende de la Secretaría de Desarrollo Institucional de la Universidad y busca incidir en la elaboración de políticas públicas, programas que disminuyan riesgos en la población y fomentar la cultura de la prevención.

La pérdida de la cobertura forestal es la principal causa directa de la degradación de los ecosistemas terrestres y de la disminución de la biodiversidad. Los datos son de relevancia para los científicos universitarios del Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad (IIES), debido a que la degradación de los bosques antes de perderse, registran un proceso de daño, y un ecosistema con un grado muy malo de conservación es más susceptible a desaparecer. En 2015 la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura destacó que 85.7 millones de hectáreas —44.9% del territorio mexicano— presentan algún nivel de degradación. Por su parte, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales estimó en el mismo año que la degradación de los suelos afecta a casi 90 millones de hectáreas. De ahí la importancia de este conocimiento para realizar estrategias que protejan estos ecosistemas y se generen políticas públicas de conservación.

Científicos del Instituto de Ecología (IE) estimaron que la transmisión de datos por internet genera en el mundo, cada 24 horas, de 25 mil a 35 mil toneladas de CO₂. Todos los dispositivos que permite utilizar la red contribuyen con esta contaminación a la atmósfera. Cuando alguien termina de usar su *laptop*, no la debe poner a dormir, es mejor apagarla, ya que sigue generando CO₂. Hay países que contaminan más por el empleo extensivo de internet como: Estados Unidos, seguido de Japón, Alemania, Francia y Reino Unido.

Publicaciones y otros resultados

- **Publicaciones**

En el SIC, durante 2020 se produjeron 6,833 publicaciones. De ellas 4,356 fueron artículos en revistas indizadas (4,134 en revistas publicadas en el extranjero y 219 en México de circulación internacional). Adicionalmente, se publicaron

141 artículos no indizados, 376 memorias en extenso, 158 libros, 459 capítulos de libro, 745 reportes técnicos, 65 mapas y 30 otras publicaciones (499 artículos de divulgación y siete artículos de docencia). Vale la pena destacar que los becarios posdoctorales participaron en la publicación de 199 artículos indizados.

Pese a la pandemia, el número de publicaciones aumentó. Si se revisan los artículos indizados, en 2019 éstos sumaron 3,917, mientras que en el año reportado alcanzan 4,356, esto es, 439 más (11.2%). De los 30 centros e institutos 25 aumentaron su producción, cinco la disminuyeron y una entidad la sostuvo.

- **Publicaciones destacadas**

México publicó en la afamada revista *Science* ocho artículos, de los cuales cuatro fueron publicados por académicos pertenecientes al SIC; en el caso de la revista *Nature* el país publicó 16 artículos, nueve de ellos fueron de académicos del Subsistema. En tanto el año pasado la suma total de los artículos del SIC en estas prestigiadas revistas fue de 11, es decir, que pese a la pandemia se publicaron dos artículos más.

Científicos del Instituto de Ciencias Nucleares (ICN) hallaron información sobre el ciclo del carbono orgánico en Marte, elemento clave para la vida como se conoce en la Tierra. De acuerdo con los expertos es la primera vez que se conoce este ciclo en otro planeta. El hallazgo fue publicado recientemente en la revista *Nature Astronomy*.

Científicos de los institutos de Ciencias del Mar y Limnología (ICML), Geofísica (IGef), Geología (IGI) y el Centro de Ciencias de la Atmósfera (CCA) participaron en el proyecto International Ocean Discovery Program (IODP) y publicaron sus hallazgos en la revista *Scientific Reports*, de *Nature*, en el cual se presentan los resultados de estudios acerca de las interacciones entre: el microbiota, los sedimentos y componentes químicos aportados por las ventilas.

Científicos del Instituto de Geofísica (IGef) señalaron que los sistemas de alerta temprana son perfectibles. Actualmente en México el alertamiento se basa en magnitud, pero debería ser por intensidad, es decir, cómo lo sentirá la gente: si está cerca del epicentro la intensidad es enorme, si está lejos, es bajo. Llamaron a trabajar en materia de cultura sísmica con alertas y simulacros y sensibilizar sobre el modo de respuesta ante las alarmas. Dichos tópicos son abordados de manera particular en el artículo "How low should we go when warning for earthquakes?" publicado en la revista *Science* junto con colegas de California que trabajan en el U.S. Geological Survey.

Científicos del Grupo de Sistemas Complejos del Instituto de Física (IF), de la Facultad de Ciencias (FC) y del Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas (IIMAS) aplican una tendencia actual dentro de la física, en la que se utilizan diversas metodologías de esta disciplina en otros campos, como el de las palabras. Los expertos publicaron un artículo sobre el tema en la revista *Physica A*, donde analizaron 20 palabras en seis idiomas (español, inglés, francés, alemán, italiano y ruso) y su evolución y estudiaron una propiedad del comportamiento a la que llamaron el rango.

Científicos del Instituto de Biología (IB) publicaron en las revistas *Frontiers in Ecology and Evolution* y *Ecography* un estudio donde refinan el modelo de distribución de la ruta de la mariposa monarca en México, incluidas sus interacciones bióticas (especies de plantas de las que se alimenta) y las especies de árboles donde percha. En su trayecto la mariposa monarca recorre cerca de 4,500 kilómetros entre México, EUA y Canadá. Esta ruta incluye sitios de hibernación hacia los dos últimos países y en ella participan de tres a cuatro generaciones de mariposas.

Científicos del Instituto de Investigaciones en Materiales (IIM), del Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología (ICAT) y de la Universidad de California, validaron el método artesanal empírico para medir la adecuada cantidad de alcohol en el mezcal. Los estudios universitarios se publicaron en la revista *Scientific Reports*.

Investigadores del Instituto de Química (IQ) producen nanopartículas hechas de proteína, para combatir el parásito que produce la enfermedad de Chagas. Los primeros datos de esta investigación se publicaron en la revista *Nucleic Acid Therapeutics*.

Científicos del Instituto de Biología (IB) en conjunto con investigadores de la Universidad de Nueva Gales del Sur concluyeron que la aparición de las plantas con flor hace 140 millones de años cambió la faz de la Tierra. Los resultados de dicha investigación se publicaron en el artículo "The delayed and geographically heterogeneous diversification of flowering plant families" en la revista *Nature Ecology & Evolution*.

Científicos del Instituto de Ecología (IE) advirtieron que la humanidad ya está viviendo la sexta extinción masiva del planeta. Existen 515 especies de vertebrados amenazadas. Los científicos han revisado especies en peligro de mamíferos, aves, reptiles, anfibios y peces, y confirmaron la grave pérdida de poblaciones de fauna en el orbe. Su indagación sobre el tema se destaca en el artículo de la revista *Proceedings of the National Academy of Sciences* (PNAS).

Los científicos del Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad (IIES), trabajando con la ciencia de datos, encontraron evidencia que, debido al cambio climático varias zonas del país se secan y como consecuencia está la merma de maíz. La mayor parte de las tierras producen poco y casi todo se dedica al autoconsumo. Dichos estudios se ha publicado en revistas internacionales como *Agricultural and Forest Meteorology*, *Climatic Change*, *Geophysical Research Letters* y *Plos One*.

Científicos del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología (ICML) describieron por primera vez la especie *Ophionereis commutabilis*/Ofiuros cavernícolas que habita en la cueva "El Aerolito", en Cozumel. El estudio que llevó al hallazgo se publicó en la revista *Subterranean Biology*.

Los hallazgos en torno al comportamiento social complejo del mono araña indican que es un sistema social llamado fisión-fusión. Estos estudios fueron realizados por científicos del Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas (IIMAS), en conjunto con investigadores del Instituto Santa

Fe de Nuevo México, EUA, y se publicaron en la revista *Frontiers in Robotics and Artificial Intelligence*, destacando la inteligencia social de esta especie.

Científicos del Instituto de Radioastronomía y Astrofísica (IRyA) de la UNAM, con sede en Morelia, forman parte de un equipo internacional de 350 científicos de 20 países que lograron obtener la primera imagen de un "chorro relativista" o jet. La investigación se publicó en la revista *Astronomy & Astrophysics*.

Investigadores del Instituto de Astronomía (IA) coordinaron el proyecto internacional que logró la detección de dos nuevos exoplanetas. El descubrimiento se publicó en la revista *Astronomy and Astrophysics*.

Científicos del Instituto de Astronomía (IA) participan en un nuevo estudio internacional aceptado para su publicación en *The Astrophysical Journal Supplement*, en conjunto con colegas en todo el mundo. Realizaron una muestra estadística de más de 440 rayos gamma (GRBs) de una clase particular, detalles físicos de una fase extendida de emisión en rayos X, describiendo una particular clase de GRBs que presentan una relación estrecha entre propiedades intrínsecas e independientes de la distancia.

Científicos del Instituto de Astronomía (IA) adscritos al Laboratorio Nacional HAWC de Rayos Gamma participaron en la detección de cuatro fuentes de rayos gamma en la Vía Láctea. Los hallazgos se publicaron en la revista *Physical Review Letters*.

El hallazgo de un exoplaneta (planeta fuera del Sistema Solar) utilizando ondas de radio, se publicó en la revista *The Astronomical Journal* en la que los científicos aclaran que los planetas no emiten mucha radiación, su emisión es muy leve y son difíciles de ver directamente. Los recursos que utilizan para observarlos son técnicas indirectas, lo que se estudia es la estrella y de ahí se infiere la presencia del planeta.

Una teoría sobre la existencia de una estrella de neutrones, predicha hace tres décadas por un científico del Instituto de Astronomía (IA), fue confirmada por un grupo de científicos de la Universidad de Cardiff, en Gales, Reino Unido. La confirmación de dicha teoría se publicó en la revista *The Astrophysical Journal* por un grupo de científicos de la Universidad de Cardiff. La teoría que planteó el astrónomo universitario fue en 1987, con modelos numéricos pre-concibieron su existencia y apariencia en el Instituto Max Planck de Astrofísica de Alemania y de las universidades Stony Brook y de Ohio, EUA. Su detección fue gracias a la utilización del telescopio Atacama Large Millimeter/Submillimeter Array (ALMA), ubicado en Chile.

Científicos del Instituto de Ciencias Nucleares (ICN) en conjunto con la Louisiana State University desarrollaron tecnología cuántica para identificar fuentes de luz (láser o ambiental) utilizando inteligencia artificial. El desarrollo se publicó en la revista *Applied Physics Reviews* y fue considerado un artículo destacado <https://aip.scitation.org/doi/10.1063/1.5133846>.

Científicos del Instituto de Geología (IGI), en conjunto con el Instituto de Investigaciones Antropológicas (IIA) y el Instituto Nacional de Antropología e

Historia (INAH), participaron en el descubrimiento de los vestigios más antiguos de hogueras usadas por los primeros habitantes de América, en la cueva inundada Aktun-Ha, cerca de Tulum, Quintana Roo. Dicho hallazgo se publicó en la revista *Geoarchaeology*, y confirma la hipótesis de que se trata de vestigios del uso de fuego de los primeros pobladores de la Península de Yucatán.

Científicos del Instituto de Geología (IGI) redescubrieron un zorro que vivió hace más de 4.5 millones de años, lo nombraron como *Ferrucyon*, en honor al paleontólogo Ismael Ferrusquia Villafranca, quien a finales de los 70 encontró la especie en Baja California Sur, en la localidad Rancho Algodones. Los estudios sobre este mamífero se publicaron en *Journal of Vertebrate Paleontology*, donde se da cuenta que esta especie está relacionada con el zorro norteamericano, *Metalopex macconnelli*, y con el euroasiático *Nyctereutes*, creando un vínculo o relación entre los del viejo y el nuevo mundo.

Científicos del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología (ICML) fueron reconocidos por las editoriales John Wiley & Sons y Elsevier, por contar con los artículos más citados en los índices Scopus y Google Scholar. Los artículos abordan estudios sobre sedimentos costeros y mar profundo del Golfo de México y Pacífico mexicano; se publicaron entre 2017 y 2018. Uno de los artículos con más citas se publicó en la revista *Geological Journal*, en 2017, el cual se centra en la mineralogía y geoquímica de sedimentos para evaluar la composición de los sedimentos en las playas de Manzanillo y El Carrizal. "Mineralogy and geochemistry of sands along the Manzanillo and El Carrizal beach areas, southern Mexico: implications for palaeoweathering, provenance, and tectonic setting", fue citado en Scopus 69 veces y en Google Scholar 79. El segundo artículo aborda un estudio en la playa de Brujas, Campeche, para conocer la procedencia de sus sedimentos y la concentración de elementos de tierras raras, se publicó en la revista *Journal of South American Earth Sciences*.

- **Patentes**

Otros resultados del SIC corresponden a las patentes, de las cuales 40 fueron solicitadas y 23 otorgadas: de las solicitadas, nueve fueron ante instancias extranjeras y 31 en el país; con respecto a las otorgadas, 20 fueron nacionales, tres fuera del país. Además, se realizaron 22 otros productos: se transfirieron dos desarrollos tecnológicos, dos programas de cómputo fueron documentados y liberados, un diseño industrial, un registro y renovación de marca y dos derechos de autor registrados.

- **Arbitraje en revistas internacionales**

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

- **Edición de publicaciones periódicas de difusión**

El SIC durante 2020 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

LabUNAM representa una ventana importante para visualizar la infraestructura y capacidad experimental y de servicios de la UNAM. Esta concentración y organización de la información no tiene precedente. En la persecución de sus objetivos primordiales que son censar, divulgar y canalizar solicitudes de terceros a los laboratorios, se atendieron 48 solicitudes de servicios a terceros.

Con el rediseño de la plataforma en 2019, se actualizó la información de 55 microsítios previamente publicados y para 2020 se incluyeron dos más, con un total de 57 microsítios en la plataforma.

Debido a la pandemia provocada por el virus SARS-CoV-2, las actualizaciones al censo se hicieron a distancia o mediante solicitudes expresas de los responsables de laboratorio; asimismo, en el último trimestre se iniciaron trabajos para desarrollar una metodología que ayude a establecer indicadores de desempeño para su implementación en dicha plataforma.

A la fecha, en LabUNAM hay 368 laboratorios con información sustantiva de los distintos subsistemas: el de la Investigación Científica (SIC), el de Facultades y Escuelas (SFyE) y el de Humanidades (SH), así como de algunos laboratorios de la Dirección General de Cómputo y de Tecnologías de Información y Comunicación (DGTIC).

LabUNAM incorpora dos tipos de laboratorios: los de investigación que, además, son capaces de ofrecer servicios, y los laboratorios que cuentan con equipamiento de vanguardia para dar servicio tanto a la propia investigación como a las demandas de diferentes sectores.

En 2020, LabUNAM incluyó información renovada en torno a 368 laboratorios de la UNAM, clasificándose en laboratorios nacionales, laboratorios universitarios y unidades de apoyo a la investigación.

- » Los laboratorios nacionales, que sumaron 40, son aquellos que resultan de un esfuerzo coordinado a nivel federal entre varias instituciones para la adquisición de equipamiento de vanguardia para su operación y utilización; de éstos, la UNAM participa en 33 laboratorios como institución responsable y en siete como institución asociada. Cabe señalar que el Conacyt tuvo registrados y apoyó a 76 laboratorios nacionales en todo el país, cifra que indica que la UNAM está a cargo de 43% de dichos laboratorios.
- » Los laboratorios universitarios fueron 52. Se caracterizan también por un esfuerzo compartido con equipos e instrumentos modernos que se utilizan entre varias entidades de la UNAM.
- » Las Unidades de Apoyo a la Investigación alcanzaron la cifra de 276. Su especificación radica en que dan servicios y apoyos a la investigación tanto al interior de las entidades, como al exterior de las mismas.

La importancia de la infraestructura en el SIC

La infraestructura con la que cuenta el SIC le permite realizar investigaciones de punta y participar en proyectos internacionales que son empeños conjuntos por resolver problemas científicos y, por ejemplo, problemas mundiales y nacionales, como la seguridad alimentaria de los pueblos, la detección temprana del cáncer, la fecha de llegada de los humanos al continente Americano, estudios especializados de biotecnología de plantas, diseñar y fabricar caretas faciales para los médicos, crear un biosensor para el desarrollo de diferentes diagnósticos o ser capaces de analizar y advertir sobre la masa de polvo proveniente del desierto del Sahara para diferentes países de la región de América, entre muchos otros alcances durante 2020, gracias a su infraestructura.

La Unidad Académica Mazatlán del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología (ICML) puso en marcha un servicio de bioinformática para realizar análisis y procesos de investigación con rapidez. El nuevo equipo de bioinformática servirá para realizar análisis con una rapidez increíble para ensamblar genomas y hacer estudios de filogenia con alto poder computacional, pero también puede utilizarse para hacer modelaje ecológico y simulaciones climáticas, entre otras investigaciones.

Científicos del Instituto de Astronomía (IA) destacaron que con la tecnología de telescopios que hay en México es posible observar nuevos planetas. Con el telescopio SAINT-EX ha sido posible observar otros planetas donde podría haber vida.

El Laboratorio Nacional de Ciencias de la Sostenibilidad (LANCIS), del Instituto de Ecología (IE), participa en la iniciativa Bioleft (desarrollada y liderada en Argentina) que busca preservar la biodiversidad de los cultivos a través de una plataforma, la cual registrará las características de semillas y plantas, la historia de mejoramiento de las distintas variedades de los granos y las estrategias de manejo y cultivo. Bioleft cuenta con financiamiento del Global Consortium for Sustainability Outcomes (GCSO), y participan en conjunto con la Universidad Estatal de Arizona, EUA.

El Laboratorio Nacional de Espectrometría de Masas con Aceleradores (LEMA), del Instituto de Física (IF), halló mediante datación de radiocarbono y otras técnicas realizadas por laboratorios internacionales (como el Oxford Radiocarbon Accelerator Unit (ORAU), en el Reino Unido; el International Chemical Analysis (ICA), Beta Analytic y el PaleoResearch Institute (PRI), los tres en EUA), que la presencia de humanos en América data de entre 26 mil a 19 mil años atrás, y no de 13 mil años como se consideraba en la teoría del arribo. Se trata de un estudio liderado por la Universidad de Zacatecas, el cual tuvo una década de exploración en la cueva del Chiquihuite, en la misma región. La aportación del LEMA al estudio consistió en nueve dataciones válidas de siete muestras de carbón y una de sedimento. Una de las razones por las cuales se involucró a la UNAM en este proyecto se debió a que el LEMA cuenta con la certificación para la datación con radiocarbono, bajo la Norma ISO 9001:2015, y participa en comparaciones internacionales para comprobar la exactitud y reproducibilidad de sus resultados.

El Laboratorio Nacional de Manufactura Aditiva y Digital (MADiT), del Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología (ICAT), en conjunto con el Tecnológico de Monterrey y el Centro de Investigación Médica Aplicada (CIMA) del Hospital General "Doctor Manuel Gea González", desarrollaron una mascarilla protectora para personal de salud. Inicialmente se elaboraron 14 mil y se entregaron a diversas instituciones de salud pública. Para su elaboración se utilizó material de baja rugosidad y resistente a múltiples agentes desinfectantes; puede sanitizarse varias veces sin que pierda transparencia, se manche o se rompa. El MADiT desarrolló en siete días el diseño de la careta facial completa, la cual fue avalada por médicos del Hospital Gea. Su diseño es ligero, ergonómico y funcional.

Científicos del Centro de Ciencias de la Atmósfera (CCA) y del Laboratorio Nacional de Observación de la Tierra (LANOT) del Instituto de Geografía (IGg) de la UNAM aclararon que no hubo riesgos graves por el polvo proveniente de África. Cada año los desiertos africanos emiten casi 800 millones de toneladas métricas de partículas finas de polvo que viajan hacia el Caribe, la diferencia en 2020 es que la masa fue muy grande. Aunque la masa de polvo proveniente del desierto del Sahara estuvo por un periodo de tres a cuatro días, pudo haber causado alguna afectación para las personas con asma, por ello los expertos recomendaron el uso de cubrebocas y proteger los ojos en la zona del Caribe, Península de Yucatán y Campeche. Como parte del proyecto CALIMA-PH, liderado por la Universidad de Puerto Rico y la NASA y del cual la UNAM forma parte, se pudo conocer en tiempo real el impacto de este polvo en Puerto Rico, Barbados, México, Miami, Isla Guadalupe, la Guyana Francesa y Martinica, para tratar de entender cómo afecta a la región. Por su parte, el Laboratorio Nacional de Observación de la Tierra (LANOT) dio seguimiento a éste y otros fenómenos atmosféricos con ayuda del satélite GOES-16 de la NASA, obteniendo información que será clave para comprender más este tipo de eventos.

CERTIFICACIÓN Y ACREDITACIÓN

La pandemia causada por la enfermedad Covid-19 tuvo un impacto significativo en todas las actividades de la Coordinación de Gestión para la Calidad de la Investigación (CGCI). Con el cierre de las instalaciones universitarias por el estado de emergencia, las actividades en muchos de los laboratorios certificados y acreditados fueron suspendidas, lo que ocasionó un retraso en la renovación anual de sus certificados.

Pese a la pandemia, en 2020 pudo renovarse la certificación ISO 9001:2015 de 85 laboratorios y se renovó la acreditación ISO 17025:2017 de los 16 laboratorios que ostentan este reconocimiento en la Universidad. No obstante, en el primer trimestre de 2021 se renovará la certificación ISO 9001:2015 de 173 laboratorios, con lo que se mantendrán todas las certificaciones y acreditaciones que nuestra universidad tenía antes de la pandemia.

Es de destacar que en 2020 se certificaron seis nuevos laboratorios bajo la norma ISO 9001:2015: cuatro en la Red de Apoyo a la Investigación de la Coordinación de la Investigación Científica y dos laboratorios nacionales del Instituto de Biotecnología.

Adicionalmente, la CGCI implementó, junto con personal del Laboratorio Nacional de Soluciones Biomiméticas para Diagnóstico y Terapia (LANSBIODYT) de la Facultad de Ciencias, los requerimientos de la Norma Oficial Mexicana para Fabricación de Dispositivos Médicos (NOM 241) para la aprobación, por parte de la Comisión Federal de Protección para Riesgos Sanitarios (Cofepris), del biosensor para pruebas Covid-19.

De igual forma, la CGCI implementó en su sistema de gestión de la calidad, los requisitos de la NOM 241 para obtener la aprobación, por parte de la Cofepris, del Ventilador LINX.

Con la finalidad de apoyar la aprobación, por parte de la Cofepris, de dispositivos médicos realizados por académicos de la UNAM, se impartió el curso sobre la implementación de sistemas de gestión basados en la norma internacional ISO 13485 de Requerimientos Regulatorios para la Fabricación de Dispositivos Médicos y sobre la NOM 241.

También durante 2020, la CGCI tuvo una destacada participación en los Comités Internacionales de Normalización de la ISO de: Aseguramiento y Gestión de la Calidad (ISO/TC 176); Gestión de la Innovación (ISO/TC 279); Aprendizaje y Servicios Educativos (ISO/TC 232); y Aseguramiento de la Conformidad (ISO/CASCO). Es importante señalar que en los Comités ISO TC/232 e ISO/TC 279 la participación de los miembros de la CGCI fue en calidad de jefe de la Delegación Mexicana, teniendo entre otras responsabilidades, la de efectuar los votos en nombre de nuestro país.

Adicionalmente, la Dirección General de Normas de la Secretaría de Economía ratificó a la CGCI como Coordinadora del Comité Nacional de Normalización en Educación. Finalmente, se participó en las discusiones sobre el Proyecto de Ley de Infraestructura de la Calidad, que emitió el Congreso de la Unión el 1 de julio de 2020.

DOCENCIA

Diversos son los empeños en el ámbito educativo que lleva a cabo el SIC: además de asesorar y dirigir tesis en los diferentes niveles para graduar alumnos, actualiza y reestructura planes de estudios, invierte en variadas tareas y acciones para impulsar la formación temprana a la investigación, a través de diferentes programas como Jóvenes hacia la Investigación, Verano de la Ciencia, Días de Puertas Abiertas, Taller de Ciencia para Jóvenes, y Estancias de Investigación, e imparte cursos regulares y extraordinarios. Aún más trascendente es que se imaginan y crean las carreras del futuro que darán continuidad a la labor científica de las generaciones precedentes y a la vez innovan en las maneras de educar y transmitir el cómo hacer una nueva ciencia de frontera, interdisciplinaria, con nuevas preguntas y que se vinculan con los temas de la compleja agenda nacional.

Debido a la pandemia fue necesario renovar las estrategias educativas, no obstante, sin duda es una de las funciones que se vio impactada en tanto disminuyó el número de cursos, de graduados y de alumnos participantes, en comparación con el año previo.

Con información de los centros e institutos, para 2020 se reportan 9,010 alumnos atendidos, de los cuales 7,673 estuvieron realizando tesis o estancias en los laboratorios del SIC. Los que obtuvieron el grado fueron 1,337 (438 de licenciatura, nueve de especialidad, 589 de maestría y 301 de doctorado). De todos los alumnos atendidos, 3,472 contaron con alguna beca (38.5%).

Se impartieron 3,051 cursos regulares (1,581 de licenciatura, 25 de especialidad, 1,282 de maestría y 163 de doctorado), 386 cursos únicos, y 1,118 alumnos realizaron su servicio social en los centros e institutos del SIC.

La Unidad Cuernavaca del Instituto de Matemáticas (IM) puso en marcha el proyecto Siembra, el cual busca mostrar otras formas de entrar en contacto con las matemáticas más allá de los métodos tradicionales empleados en las aulas, desde nivel básico hasta preparatoria. Mediante dinámicas lúdicas y una serie de estrategias se planea mostrar el lado divertido de las matemáticas, no sólo en la ciudad de Cuernavaca, sino en los municipios más pequeños del estado. Al proyecto Siembra se une ArteMat, el cual busca rescatar algunos espacios públicos para combatir la violencia en zonas marginales de Morelos. Las autoridades de la Unidad Morelos contemplan dejar actuando permanentemente el programa e invitar a académicos, científicos y humanistas del campus a que se sumen a la iniciativa.

Los institutos de Geografía (IGg) y de Ciencias Aplicadas y Tecnología (ICAT), el Programa Espacial Universitario (PEU) y los laboratorios nacionales de Clima Espacial (LANCE), de Observación de la Tierra (LANOT) y de Manufactura Aditiva, Digitalización 3D y Tomografía Computarizada (MADiT) participan como entidades asesoras de la nueva licenciatura en Ingeniería Aeroespacial. Se trató de la carrera número 129 que ofrece esta casa de estudios. Se impartirá en la Facultad de Ingeniería (FI), en Ciudad Universitaria. La licenciatura contempla una especialización en gestión de proyectos museales en donde participará la Dirección General de Divulgación de la Ciencia.

Un estudiante de licenciatura del Centro de Nanociencias y Nanotecnología (CNyN) realizó una estancia de investigación en la NASA, específicamente en el Centro de Investigación Ames en el área de nanotecnología. Aprendió sobre el funcionamiento de los semiconductores y cómo la nanotecnología es esencial para el sector aeroespacial, mientras que en Silicon Valley se percató de la cultura de colaboración que hay entre academia e industria.

Científicos del Instituto de Biología (IB) destacaron que esta ciencia cobra fuerza frente a las presiones ambientales. La carrera de Biología es la decimosegunda licenciatura con mayor población escolar en la UNAM, con más de 5,800 alumnos. La biología comprende diversas rutas de acción: conocimiento de plantas y animales, descripción de la biodiversidad, comprensión de la relación entre especies, cómo ciertas especies y comunidades responden al cambio global, a la transformación de hábitats, estudia el tráfico de especies, la contaminación, entre otras líneas de indagación. También destacaron la participación de los biólogos como divulgadores por su capacidad de crear conciencia entre la población y promover cambios de costumbres que ayuden al cuidado del planeta.

Al participar en la cuarta edición del Taller Mesoamericano de Cosmología y Gravitación, organizado por el Instituto de Ciencias Nucleares (ICN) y en el que participaron científicos del Instituto de Radioastronomía y Astrofísica (IRyA), advirtieron que el apoyo a la ciencia y la tecnología que se deriva de ella son componentes indispensables para que un país sobreviva en el siglo XXI. En el Taller virtual participaron investigadores de Europa, Centro y Sudamérica, quienes abordaron temas sobre las nuevas teorías para revisar el comportamiento de la gravedad en las estrellas de neutrones, agujeros negros, entre otros temas de interés astronómico.

Los institutos de Geografía (IGg) y de Matemáticas (IM) participan en el diplomado universitario de la UNAM-Oaxaca, el cual tiene como objetivo abordar temas de arqueología, lingüística, ciencias de la tierra y sociología con una plantilla docente de diversas áreas del conocimiento. Asimismo, trabajan de manera conjunta con la Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca y la Fundación Harp, CIESAS Pacífico Sur y el Archivo Histórico de Oaxaca.

Un científico del Instituto de Biología (IB) fungió como tutor principal de la tesis "Las áreas verdes de la Ciudad de México y la relación con el bienestar percibido por sus usuarios", la cual graduó a la primera doctora del Posgrado de Ciencias de la Sostenibilidad. Asimismo, la recientemente doctora publicó un artículo sobre el tema en la revista *Landscape and Urban Planning*.

En el Instituto de Ciencias del Mar y Limnología (ICML) se graduó a distancia el primer maestro del posgrado en Ciencias del Mar y Limnología, el jurado otorgó mención honorífica. Su tesis fue considerada la mejor del año y recibió la Medalla Alfonso Caso. El trabajo del estudiante se centró en la cuenca media y baja del río Usumacinta (entre Guatemala y México), el principal sistema fluvial de México, con el objetivo de evaluar la concentración y el flujo de carbono orgánico e inorgánico, disuelto (COD, CID) y particulado (COP, CIP), en dos temporadas hidrológicas opuestas (lluvias 2017 y secas 2018).

SECRETARÍA ACADÉMICA

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

dos de las investigaciones y su impacto, modelos de financiamiento y estudios comparativos con otras instituciones nacionales e internacionales, entre otros; y la Secretaría Técnica de Comunicación y Difusión, que edita el boletín informativo de la Coordinación de la Investigación Científica, *El faro*.

La Secretaría Académica además coordinó la nueva etapa de la plataforma LabUNAM, en la que participaron diversas instancias internas a la CIC y todas las entidades que forman parte de los distintos laboratorios, incluyendo al Subsistema de Escuelas y Facultades y al Subsistema de Humanidades. Coordinó la renovación de LabUNAM que fue puesta en línea el 3 de diciembre de 2019 y continuó durante 2020.

También 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. Además, coordinó la creación y mantenimiento de infraestructura y *software* para mejorar el funcionamiento de las tareas 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 Transparencia.

Consejo Técnico de la Investigación Científica (CTIC)

- **Acuerdos del Consejo Técnico de la Investigación Científica**

A partir de abril del 2020 todas las reuniones de las diferentes comisiones del Consejo Técnico de la Investigación Científica se realizaron por vía remota.

En las 20 sesiones ordinarias y en cumplimiento de las atribuciones que el Estatuto del Personal Académico de la UNAM le señala, el CTIC revisó, decidió y tramitó 5,721 asuntos académico administrativos relacionados con el personal académico del Subsistema de la Investigación Científica. De estos asuntos, 3,350 correspondieron a decisiones tomadas directamente por el CTIC, incluidas 3,154 evaluaciones de informes anuales 2019; y los otros 2,371 a las decisiones del CTIC sobre los asuntos que delegó en los respectivos consejos internos y/o comisiones dictaminadoras de los institutos y centros del Subsistema, así como de la DGDC. Entre el total de asuntos, 246 correspondieron a becas posdoctorales, 34 a periodos sabáticos (25 con goce de beca de la DGAPA y nueve sin beca) y cuatro a concursos de oposición cerrados para obtener la promoción a investigador titular "C". Asimismo, se llevaron a cabo cinco sesiones extraordinarias.

- **Programas de estímulos académicos**

El CTIC ratificó 213 dictámenes del Programa de Primas al Desempeño del Personal Académico de Tiempo Completo (PRIDE), 57 dictámenes del Programa de Estímulos de Iniciación de la Carrera Académica para Personal de Tiempo Completo (PEI), 62 dictámenes del programa de estímulos académicos por equivalencia (PEE) y resolvió 12 recursos de revisión. A su vez, se ac-

tualizaron las comisiones evaluadoras y/o revisoras del PRIDE de 17 entidades académicas.

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

Se llevaron a cabo elecciones para consejeros representantes del personal académico ante el consejo interno de los institutos de Biología, Biotecnología, Ciencias Aplicadas y Tecnología, Ciencias Nucleares, Geofísica, Ingeniería, Investigaciones en Materiales, Matemáticas, Neurobiología y de los centros de Ciencias Matemáticas y de Geociencias.

Se presentaron y aprobaron las ternas para la designación de los directores de los institutos de Astronomía, Ciencias Nucleares, Ecología, Geografía, Ingeniería, Investigaciones en Materiales, Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas, y Neurobiología.

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

El CTIC aprobó las comisiones *ad hoc* para otorgar la distinción de investigador emérito al doctor Jaime Humberto Urrutia Fucugauchi del Instituto de Geofísica y al doctor José Antonio de la Peña Mena del Instituto de Matemáticas.

Se aprobaron las propuestas para que 17 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 presentó y aprobó el proyecto de creación de la Unidad Académica Morelia del Instituto de Ingeniería.

Se propuso la integración de los jurados del Premio Universidad Nacional y Reconocimiento Distinción Universidad Nacional para Jóvenes Académicos correspondientes al año 2020.

Se aprobaron las propuestas de modificación de los reglamentos internos de los institutos de Biotecnología y de Ciencias Aplicadas y Tecnología.

Se aprobaron los criterios y lineamientos de evaluación para la contratación, promoción y definitividad de los investigadores del Centro de Física Aplicada y Tecnología Avanzada.

También se aprobaron los criterios para la evaluación del personal académico del Centro de Geociencias.

Se aprobó la propuesta del Consejo Interno del Instituto de Geografía para que el edificio anexo lleve el nombre de "Atlántida Coll Oliva".

Asimismo, se aprobó la contratación de profesores de asignatura y ayudantes de profesor de las licenciaturas de Ingeniería en Energías Renovables (LIER) y en Nanotecnología, para los ciclos escolares 2020-2, 2021-1 y 2021-2.

Secretaría Técnica de Generación y Análisis de Indicadores (SETGEAI)

Rendir cuentas es una obligación y un empeño relevante en la Coordinación y esta Secretaría tiene a su cargo dicha tarea. A través de un conjunto de informes, se expone a las autoridades universitarias, a las autoridades federales y al público en general, qué hace el Subsistema de la Investigación Científica, cómo lo hace, con qué recursos, para qué fines y cuáles son los resultados. Tal empeño contribuye al análisis del quehacer científico en el país, a reconocer la gran labor conceptual y de creación de ideas que están detrás de los trabajos cotidianos, y a generar estadísticas que describen sus logros, aportes y rumbos, así como sus desempeños históricos, de este, que es el más antiguo sistema científico de la nación.

Durante el año 2020, se elaboraron diversos informes relacionados con peticiones, y también aquellos formales asociados al Plan de Desarrollo Institucional, al Informe del Rector, a la Memoria UNAM 2019 y a la Auditoría Superior de la Federación y Transparencia donde se redactaron diversas justificaciones y explicaciones acerca de la diversidad y complejidad del desarrollo de los proyectos científicos, su financiación, avances, vínculos, etapas, entre otros.

Asimismo, se creó la estructura de un nuevo reporte en torno a los avances en términos de la equidad entre los géneros en el SIC para ser evaluado por las autoridades de la CIC.

Secretaría de Técnica de Seguimiento

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

Intercambio académico

En 2020 los intercambios académicos fueron una de las actividades que mayor impacto sufrió con el confinamiento, no obstante, algunos lograron darse.

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 9% de las actividades que los centros e institutos realizan (2020: 253 vs 29; 2019: 1,416 vs 269). Algunas de las instancias que contribuyen con recursos para apoyar los empeños de intercambio académico dentro de la UNAM son: la Dirección General de Cooperación e Internacionalización (DGEI), 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 63 visitas internacionales y 59 nacionales. Los investigadores del SIC salieron al extranjero en 80 ocasiones y a instituciones nacionales en 79, lo que da un total de 281 intercambios.

- **Intercambio con apoyo de la CIC**

Es importante señalar que para la realización del presente informe, se utilizó la información que en ese momento nos proporcionaron las entidades del subsistema, sin embargo las condiciones ocasionadas por la pandemia del SARS-CoV-2 que llevó a la UNAM, en principio, a la suspensión de los procedimientos de carácter académico-administrativo y, posteriormente, de todas las actividades de intercambio académico, complicaron significativamente la comunicación con las entidades y con ello, en algunos casos, poder obtener el soporte documental que se requiere para la validación de las mismas.

Asimismo, por primera vez, se logró gestionar y concretar que investigadores de la UNAM impartieran pláticas y conferencias a través de diferentes plataformas virtuales en temas de interés académico.

Cabe señalar que en respuesta a la emergencia sanitaria, que se prolongó durante todo 2020, algunas entidades del Subsistema decidieron reprogramar actividades para el año 2021.

- » **Intercambio nacional.** Se realizaron 26 actividades apoyadas que contemplaron la realización de 10 actividades virtuales, el viaje de 10 investigadores de la UNAM a instituciones de educación superior (IES) nacionales y la visita a la UNAM de seis profesores de diversas IES del país.
- » **Intercambio internacional.** Se apoyaron 27 actividades: 10 viajes de investigadores del SIC al extranjero y 17 visitas de investigadores extranjeros a la UNAM. La movilidad académica internacional fue la siguiente: Alemania (2), Argentina (1), Brasil (2), Chile (1), Colombia (2), Dinamarca (1), España (4), Estados Unidos (6), Francia (2), Grecia (2), Países Bajos (1), Reino Unido (2) y Sudáfrica (1).

Recursos

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

El presupuesto disponible total asignado a la Coordinación de la Investigación Científica (CIC) durante 2020, en conjunto con sus Plataformas Ocea-

nográficas (PO) fue de 377'270,961 pesos. Para salarios y prestaciones fueron asignados 167'864,076 pesos (44.49%), para la operación de los Programas Universitarios (PU) y para las diversas áreas y actividades de la CIC se otorgaron 25'344,025 pesos (6.72%), para la operación de las PO 28'499,377 pesos (7.55%), para infraestructura de las COPO 2.5 millones de pesos (0.66%), para el apoyo a la Investigación y Desarrollo, mobiliario, equipo y la colaboración académica 50'820,813 pesos (13.47%), en tanto el Programa de Becas Posdoctorales contó con un presupuesto acumulado de 101'211,708 pesos (26.83%) con el que se atendió el estipendio de 297 becarios tanto del Subsistema de la Investigación Científica, como de los Proyectos Especiales asociados a la CIC y 1'030,962 pesos (0.27%) para el otorgamiento de becas de maestría y licenciatura.

Adicionalmente, se obtuvieron por parte de la Secretaría Administrativa de la UNAM a través de la Dirección General de Presupuesto (DGPO): 45'364,482 pesos como la aportación UNAM en la figura de Fondos Concurrentes con el Conacyt, cantidad que se suma a los 6'256,296 pesos que aportó la CIC de su propio presupuesto, lo que suma un total de 51'620,778 pesos, destinados al desarrollo de los laboratorios nacionales. Asimismo, para la consecución de cinco proyectos PAPIIT Etapa 31, de la Red de Apoyo a la Investigación en el sector salud se asignaron 927,908 pesos.

Cabe destacar que derivado de la contingencia sanitaria, se recibió apoyo financiero adicional para hacer frente al Covid-19, que se ejerció para la realización de investigación científica específica, compra de materiales de laboratorio e insumos para la realización de pruebas, entre otros gastos relacionados. La DGPO aportó cinco millones de pesos y la CIC 680,472 pesos de su presupuesto 2020, para tal fin.

La CIC ejerció 30'268,260 pesos de su presupuesto e ingresos extraordinarios para el desarrollo de nuevas instalaciones y apoyos a entidades del Subsistema de Investigación Científica, y para la colaboración académica con facultades de la UNAM y otras organizaciones externas, de los cuales destinó 14'672,790 pesos para infraestructura, mantenimiento y equipo y 15'595,470 pesos para desarrollo de proyectos, intercambio académico, complemento al presupuesto operativo de las entidades y difusión científica. Asimismo, ejerció de su presupuesto asignado 11 millones de pesos para continuar con la colaboración y operación del Centro del Cambio Global y Sustentabilidad A.C., en Tabasco.

Los ingresos extraordinarios de la CIC captados durante 2020 ascendieron a 17'696,989 pesos, de los cuales 6'531,583 pesos fueron por proyectos con el Conacyt y el Fondo Sectorial, 3'514,238 pesos correspondieron a proyectos y convenios con diversas instituciones y organizaciones, 3'151,168 pesos por cursos y diplomados organizados por los Programas Universitarios y 4.5 millones de pesos para atender investigación Covid-19, entregados al Programa Universitario de Investigación en Salud (PUIS) por parte de la Secretaría de Relaciones Exteriores.

La CIC ejerció en 2020, de sus ingresos extraordinarios para desarrollo de diversos proyectos, lo siguiente: en remuneraciones personales 409,789 pesos,

en gastos de operación 8'124,065 pesos, en equipo 825,844 pesos y en colaboración académica 1'312,968 pesos; por su parte las PO ejercieron en remuneraciones personales 570,538 pesos, en gastos de operación 7'220,566 pesos y en equipo 116,523 pesos.

Coordinación de Servicios de Gestión y Cooperación Académica (CSGCA)

A través de la Coordinación de Servicios de Gestión y Cooperación Académica, en este periodo se difundieron 21 convocatorias para financiamiento de proyectos de carácter nacional y dos de premios. De las solicitudes presentadas en 2019 y 2020, con resultados publicados por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología en el periodo señalado, se aprobaron 338 por un monto de 496'758,722.75 pesos.

Es importante mencionar que en 2020 se extinguió el Fondo Institucional, y los programas que eran financiados por dicho fondo ahora forman parte del Fondo institucional para el desarrollo científico, tecnológico y de innovación Fordecyt-Pronace, a través del cual se aprobaron 316 solicitudes por 490'763,145.23 pesos. Entre los principales programas y apoyos se encuentran Ciencia de frontera 2019; el Programa nacional estratégico 2019 y el de 2020; apoyos para actividades científicas, tecnológicas y de innovación 2020; apoyos para acciones de mantenimiento de infraestructura científica en laboratorios nacionales Conacyt; Redes horizontales del conocimiento 2020; apoyo para congresos, convenciones, seminarios, simposios, exposiciones, talleres y demás eventos relacionados con el fortalecimiento del sector de CTI 2020; apoyos para proyectos de investigación científica, desarrollo tecnológico e innovación en salud ante la contingencia por Covid-19 2020; apoyos para el fortalecimiento de capacidades para el diagnóstico de Covid-19 2020; apoyos para fomentar y fortalecer las vocaciones científicas 2020; apoyos complementarios para estancias sabáticas vinculadas a la consolidación de grupos de investigación 2020, estancias posdoctorales por México 2020 y apoyo a madres mexicanas jefas de familia para fortalecer su desarrollo profesional 2020.

El Fondo de Cooperación Internacional en Ciencia y Tecnología (Foncicyt) también se extinguió en este año, y sus programas ahora son parte del fondo Fordecyt-Pronaces, que adoptó las convocatorias vigentes y, por medio del cual, se apoyaron 22 solicitudes por un monto de 5'995,577.52, que incluyen los programas ESRC Ciudades inteligentes 2018, Acuerdo México-Francia relativo a la formación y capacitación para la investigación científica y tecnológica SEP-ANUIES-Conacyt-Ecos Nord Francia 2019, UC Mexus-Conacyt 2019 y 2020 Proyectos de colaboración conjunta y 2020 ConTex-Conacyt Collaborative Research Grants.

Con la Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación de la Ciudad de México se aprobaron 12 proyectos por un monto de 42'158,150 pesos.

Con la Secretaría de Relaciones Exteriores, a través de la Agencia Mexicana de Cooperación Internacional para el Desarrollo, se aprobaron siete proyectos por un monto de 17'833,333 pesos.

Finalmente, con el resto de las contrapartes nacionales e internacionales se formalizaron 66 instrumentos jurídicos por un monto de 509'346,192.24 pesos.

Secretaría Jurídica

La Secretaría Jurídica de la Coordinación de la Investigación Científica atiende oportunamente los juicios, procesos y actos jurídicos en los que las entidades académicas o dependencias del Subsistema se ven involucrados, debiendo mantener actualizada la plataforma de la Oficina de la Abogacía General. Asimismo, se brinda apoyo jurídico y consultoría a 38 dependencias, de las cuales son: 23 institutos, siete centros y cuatro Programas Universitarios, así como a la Dirección General de Divulgación de la Ciencia (DGDC), la Coordinación de Plataformas Oceanográficas (COPO), la Secretaría Ejecutiva de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel y la Unidad de Proyectos Especiales en Apoyo a la Investigación y la Docencia (UPEID) y demás entidades pertenecientes al SIC.

En el área de convenios y contratos, se realizan los procedimientos de validación, registro y depósito de los convenios, contratos y demás instrumentos consensuales celebrados por esta casa de estudios, de conformidad con lo establecido en el punto 2º, numeral 4 del Acuerdo que delega y distribuye competencias para la suscripción de convenios, contratos y demás instrumentos consensuales en que la Universidad sea parte, de fecha 5 de septiembre de 2011, que permite al Coordinador de la Investigación Científica celebrar instrumentos jurídicos consensuales previo dictamen de la Secretaría Jurídica. Producto de estas labores, esta Secretaría tramitó un total de 699 instrumentos consensuales, de los cuales 239 fueron dictaminados por esta Secretaría en el marco del proceso de desconcentración administrativa y académica.

En 2020, se realizaron 133 trámites migratorios, de los cuales se concluyeron 127, quedando pendientes de resolución seis asuntos por parte del Instituto Nacional de Migración.

En materia laboral, el año se inició con 83 juicios ante la Junta Federal de Conciliación y Arbitraje, y se ingresaron 24 durante el transcurso del año, de los cuales se concluyeron 20, manteniéndose 87 en trámite.

En materia penal se continuó con 30 carpetas de investigación, iniciándose 16 más en el resto del año, de las cuales se concluyeron 33, continuando en trámite 13. En 2020 también se dio seguimiento a cinco juicios civiles.

En materia agraria continúa la defensa del juicio en contra de esta casa de estudios en el Tribunal Unitario Agrario número 38 en Colima, Colima, promovido por Fauna y Selvas S.A. de C.V., bajo el número de expediente 1406/2013, por conflicto de linderos con la Estación de Biología Chamela, el cual se encontró en proyecto de sentencia en el año 2020.

Durante 2019 hubo una invasión en una parte del predio de la estación de Biología Chamela, La Huerta, en Jalisco, por lo que se presentó la denuncia correspondiente por el delito de despojo y daño ambiental ante la Fiscalía Autlán de Navarro, Jalisco, radicada bajo el número de Carpeta de Investigación CI/

FED/JAL/AUTNA/0001236/2019, el cual se encontró en diligencia de inspección durante 2020.

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

Ciudad Universitaria tiene el privilegio de contar con un ecosistema original y único que alberga más de 1,500 formas de vida silvestre nativa de la cuenca de México. La conservación de las 237.3 hectáreas que abarca la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel de Ciudad Universitaria (REPSA-CU) representa una responsabilidad ante la sociedad mexicana en el escenario actual de deterioro ambiental, pandemia y pauperización de la calidad de vida, a la vez que responde a un programa de desarrollo institucional de una UNAM sustentable en todo sentido.

El objetivo de la REPSA-CU es conservar al ecosistema nativo (la roca volcánica, su vida silvestre y los procesos que permiten su existencia) a partir de investigar y compartir el proceso para fomentar el aprendizaje colectivo. La SEREPSA apoya las actividades de docencia e investigación y comparte el conocimiento generado sobre el socioecosistema, a través de su sitio web (www.repsa.unam.mx), para que la población conozca la vida silvestre del Pedregal, comprenda la interrelación entre su bienestar y el del ecosistema y, de esta manera, legitime su preservación.

En su trabajo, la Secretaría se basa en los fundamentos establecidos en su plan de manejo con seis programas que determinan líneas de acción (Gobernanza, Preservación, Factores de presión, Manejo integral del paisaje, Comunicación socioecológica, e Información y conocimientos) que facilitan la organización de todas las actividades que realiza el grupo de trabajo.

El logro más importante fue el trabajo en equipo para mantener una actividad regular de monitoreo presencial del ecosistema durante la pandemia, así como el trabajo conjunto a través de 30 reuniones virtuales grupales para la organización de actividades, además de otras 37 para dar continuación al plan de manejo definiendo líneas de acción en el marco de los programas.

Otro logro fue que, entre las actividades del Departamento de protección de flora y fauna se encuentra el atender y manejar la fauna feral exótica invasora (perros y gatos) y, en el ámbito nacional, es la primera área natural protegida en erradicar de manera exitosa los perros asilvestrados que existían en REPSA. Este proceso es un ejemplo y muestra del trabajo de nueve años de intervención continua en dicho fenómeno, hasta su actual mantenimiento libre de perros ferales y de libre rango.

Entre las actividades y productos que reflejan el trabajo de protección, investigación y difusión de la SEREPSA, se pueden mencionar: 1) el manejo y atención de 65 animales silvestres (principalmente tlacuaches y víboras de cascabel), esfuerzo reflejado en la publicación de un artículo en una revista nacional indexada; 2) el manejo y control de 15 animales exóticos (perros, gatos, ardillas e iguanas); 3) la impartición de 22 pláticas en diversos foros y con distintos

temas, por ejemplo: Prevención, manejo y erradicación de especies ferales; Entendiendo a los tlacuaches y cacomixtles: el caso de la UNAM; ¿Qué es un ecosistema nativo?; El papel de la REPSA en el resguardo de la biodiversidad en el sur de la Ciudad de México; 4) Se llevó a cabo un evento en línea para festejar el 37 aniversario de la REPSA, con la participación de 10 ponentes.

En relación con investigación, docencia y formación de recursos humanos se registraron 30 actividades de docencia, en las que participaron 597 alumnos de diversas carreras; se apoyaron con acceso y trabajo de campo 30 proyectos de investigación, dos de los cuales estuvieron enfocados en realizar exposiciones artísticas. Se llevaron a cabo 21 tesis con temas relacionados con el ecosistema del pedregal de San Ángel (11 de licenciatura, cuatro de maestría, seis de doctorado). A la vez, se recibieron nueve estancias de rotación de la especialidad en fauna silvestre de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.

También, se mantuvo el programa de colaboradores REPSA, programa de vinculación social para el conocimiento, manejo y protección del Pedregal y la vida silvestre de Ciudad Universitaria. Se realizaron 66 actividades, de las cuales 31 fueron en campo, nueve en aula presencial y 26 a distancia; en este programa participaron 41 personas voluntarias. Se impartieron 18 cursos de bioseguridad, así como un curso sobre manejo de fototruampas para biólogos de campo.

Por último, se llevó a cabo el proyecto con recursos extraordinarios "Diagnóstico y propuesta de manejo de las poblaciones caninas dentro de la planta de composta del bordo de Xochiaca", al que fue convocado el equipo de la SEREPSA por la experiencia en el tema.

Coordinación de Plataformas Oceanográficas (COPO)

Durante 2020 se realizaron importantes trabajos de mantenimiento y modernización de los buques, procesos de certificación y destacadas actividades de divulgación.

- **El buque "Justo Sierra"**

Servicio y mantenimiento de la infraestructura y el equipo. Se llevó a cabo el servicio y mantenimiento mayor en dique seco en el Astillero de TNG, en el Puerto de Veracruz. De los aproximadamente 50 trabajos ejecutados, el más significativo fue la calibración y cambio de acero de la obra viva en diversas áreas del buque. A partir de entonces, los espesores del acero están dentro del rango definido internacionalmente, lo que hace que el buque esté estanco y en condiciones seguras para la navegación.

Otros servicios realizados fueron: Mantenimiento integral a las claraboyas (realizado por primera vez en los 38 años del buque); verificación de la alineación del sistema de propulsión y de los sistemas de gobierno; limpieza y pintura a la obra viva y a la obra muerta; y limpieza de tanques. A lo largo del año se llevaron a cabo servicios especializados como la reparación del tambor del *winch* geológico, la limpieza de la propela y la reparación de las anclas, por citar algunas.

Certificados y certificación. Se obtuvo la certificación anual de equipo del buque, así como el refrendo de diversos certificados estatutarios que acreditan que el buque cumple los lineamientos de la ley marítima para navegar en aguas nacionales e internacionales, así como el certificado de cambio de placa. Se cumplieron las recomendaciones del Ship status (2020) observadas por la casa clasificadora Bureau Veritas, quien emitió el Certificado de Clase al B/O "Justo Sierra".

Asimismo, se definieron las especificaciones del sistema de alarmas de la máquina principal y de los sistemas de seguridad; se llevó a cabo el levantamiento por varias empresas, de las cuales tres enviaron sus propuestas de proyecto y se cuenta con el cuadro comparativo. En marzo de 2021 se iniciará el procedimiento para adquirir el servicio y llevarlo a cabo durante el año.

Mantenimiento y calibraciones del equipo científico. Se dio mantenimiento al equipo hidroacústico marca Kongsberg por contrato de servicios programados y se llevaron a cabo calibraciones de equipo hidrográfico (por ejemplo, sensores CTD's) e hidroacústico.

Adquisición de equipo. Se adquirieron los siguientes equipos: Girocompás marca Anschutz, sistema de apoyo para la navegación; nucleador de gravedad de caja, tipo Reineck, manufacturado en el ICAT, para la recolección de sedimentos superficiales (alcance 80 cm de profundidad); definición de especificaciones (espacios, materiales e instrumentos acoplados) para la instalación del equipo Contros HydroC CO₂, sensor para la medición de dióxido de carbono en aguas superficiales.

- **El buque "El Puma"**

Servicio y mantenimiento de la infraestructura y el equipo. Se dio mantenimiento a las cubiertas y se atendieron diversas recomendaciones de la casa clasificadora relacionadas con trabajos del cambio de acero en áreas específicas, también se dio mantenimiento al equipo de seguridad.

Certificados y certificación. Se obtuvo la certificación anual de equipo, así como el refrendo de diversos certificados estatutarios que acreditan que cumplen los lineamientos de la ley marítima para navegar en aguas nacionales e internacionales. Asimismo, se cumplió con las recomendaciones de la casa clasificadora, por lo que la casa Bureau Veritas emitió el Certificado de Clase al B/O "El Puma".

Adquisición de equipo. Se compraron compresores para los sistemas de aire acondicionado y de arranque de la máquina principal. Se adquirió un nucleador de gravedad de caja, tipo Reineck, manufacturado en el ICAT, para la recolección de sedimentos superficiales (alcance 80 cm de profundidad), con posible fecha de entrega en abril de 2021.

Instalación de equipo. Se llevaron a cabo la definición de especificaciones (espacios, materiales, instrumentos acoplados) para la instalación del equipo Contros HydroC CO₂, sensor para la medición de dióxido de carbono en aguas superficiales.

En relación con los recursos, la asignación presupuestal para partidas directas fue de 5'598,500 pesos; la inversión en mantenimiento fue de 11'659,313 pesos y en equipo 1'139,537 pesos.

En la base de operaciones Pacífico se dio mantenimiento (impermeabilización) al edificio principal.

Difusión. Se dio mantenimiento continuo a la página web con información relevante sobre ciencias del mar y, se actualizó información técnica del equipo sobre cubierta en ambos buques; además, se compartió información importante sobre la Covid-19 por las redes sociales; al mismo tiempo, se llevó a cabo el ciclo de conferencias Perspectivas de ciencias del mar: 40 aniversario del buque oceanográfico "El Puma".

Covid-19. Se elaboraron los protocolos de seguridad y los lineamientos generales para el regreso a las actividades universitarias en el marco de la pandemia de Covid-19 para los buques y las bases.

ACTIVIDADES DE VINCULACIÓN, COOPERACIÓN Y COLABORACIÓN

Convenios

Los vínculos con los diferentes sectores se formalizan a través de convenios de colaboración, 306 convenios en 2020, de los cuales 40 fueron con instituciones extranjeras. Así, el SIC se empeñó a través de sus investigaciones en trabajar de forma conjunta con otras instituciones académicas (101), pero también con empresas (77), gobiernos locales (65), el gobierno federal (41) y con organizaciones no gubernamentales (22). Además, investiga desde las regiones y para las regiones del país.

Organización de eventos académicos

- Difusión de la ciencia

Diversos son los caminos del SIC para la difusión de los avances y resultados. En el año que se reporta el SIC publicó, editó, reeditó, asistió a congresos y organizó un conjunto de eventos dirigidos a pares. Los centros e institutos organizaron 1,335 actividades de difusión en las que expusieron 3,615 ponentes. Se calcula que en dichos eventos participaron más de 130 mil asistentes; a su vez, participaron en 1,154 conferencias por invitación: 288 en México y 866 en el extranjero; otras ponencias y presentaciones fueron 2,032, de las cuales 1,417 se dieron en el país y 615 en otras latitudes. En total, el SIC presentó 3,186 ponencias (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.

Adicionalmente, en el ámbito de la difusión el SIC editó 19 publicaciones periódicas; como árbitros de revistas indizadas, participaron alrededor de 733 académicos realizando un total de 2,328 dictámenes y, como se señaló previamente, produjo 6,323 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 dedican el empeño de instituciones y universitarios expertos, y en donde la Dirección General de Divulgación de la Ciencia tiene un papel central. La divulgación se lleva a cabo en los diferentes medios de comunicación masivos, como la televisión, la radio y el internet, también en los periódicos. Además, se organizó y participó en diversos eventos de divulgación llevados a cabo por otras instituciones, también abrió sus puertas a distintos sectores para dar a conocer lo que realiza. La propia Coordinación contó con varias instancias de divulgación, como su página electrónica, la revista *El faro* y su participación en *Toda la UNAM en Línea*, estrategia de esta casa de estudios para difundir en internet la mayor parte del quehacer universitario que alcanza a amplios sectores de la población.

Así, investigadores de los centros e institutos organizaron 649 actividades de divulgación en las que expusieron 3,139 ponencias y lograron llegar a una audiencia aproximada de cinco millones de personas; a su vez, participaron en 1,324 eventos organizados por otras instituciones, en 857 actividades en internet, 307 participaciones en medios impresos, 293 en radio y 273 en televisión.

Edición de publicaciones periódicas de divulgación

El SIC reporta en el ámbito de la divulgación nueve proyectos y 499 artículos de divulgación, 18 producciones editoriales periódicas, además, reportan otros 1,732 productos editoriales en radio, televisión e internet y demás.

- ***El Faro***

Desde 2019 y en consonancia con el proyecto *Toda la UNAM en Línea*, *El faro* dio comienzo a una nueva etapa. A través de una edición mensual digital en formato PDF interactivo, disponible en la página elfaro.cic.unam.mx, se ha dado a la tarea de comunicar la ciencia de forma más accesible y llegar a un mayor público estudiantil y de académicos, con el fin de que se conozca eficientemente la labor desarrollada por los investigadores del SIC. En esta tesitura se generaron productos audiovisuales, a partir de las entrevistas videograbadas hechas a los integrantes del Subsistema, que tuvieron a bien compartir sus respectivos proyectos de trabajo. En 2020 se aumentó este tipo de materiales, en consonancia con la línea general marcada por la Universidad de difundir el conocimiento generado.

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

Por otra parte, y debido al impacto que *El faro* ha tenido en su versión impresa durante 17 años, y con el objetivo de dejar una memoria de acontecimientos como el 90 aniversario del Instituto de Biología, los 75 años del Instituto de Geofísica y los principios que obligan a preservar la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, en 2020 se preparó la edición de tres números especiales impresos, en atención a las solicitudes formuladas por las direcciones de dichas dependencias. Los tirajes de dichas versiones van de los 2,500 hasta los 5,400 ejemplares, cuyas ediciones, a su vez, estarán disponibles en un micrositio y en formato PDF en la página electrónica elfaro.cic.unam.mx para su consulta.

Durante 2020 se continuó trabajando en el esquema que incluye a los comunicadores de todos los institutos, centros y programas del SIC, con el propósito de integrar un equipo que alimente continuamente la página de *El faro* y que, en concordancia con la Dirección General de Divulgación de la Ciencia, se den a conocer más efectiva y ampliamente las investigaciones realizadas en el SIC.

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

SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

La Secretaría de Investigación y Desarrollo (SID) de la Coordinación de la Investigación Científica tiene como misión consolidar las capacidades institucionales de la investigación, tecnológica y de los servicios de apoyo, con miras a desarrollar proyectos con carácter prioritario para la UNAM y para la nación. Los trabajos se dividieron en las siguientes actividades:

Con respecto a la coordinación de la gestión de los Programas Universitarios de Investigación en Salud (PUIS), Alimentos (PUAL), Cambio Climático (PINCC) e Investigación Espacial (PEU), en términos generales, se buscó integrar y articular las actividades de estos programas mediante la definición de proyectos transversales en los que participen los diferentes programas, orientándolos de manera preferente a temas de sostenibilidad y en apoyo del cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

Se analizó la conveniencia de crear el Programa Universitario de Estudios Interdisciplinarios de Suelos (PUEIS), redactándose una propuesta de acuerdo de creación.

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 en el Genoma Humano, el Centro de Ciencias de la Complejidad, la Red de Apoyo a la Investigación y el Centro de Estudios de Computación Avanzada, se les apoyó con los requerimientos académico-administrativos, también para el caso de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel y de la Coordinación de Plataformas Oceanográficas. Esta gestión comprende desde los movimientos académicos de sus integran-

tes hasta la planeación del desarrollo académico e institucional de las distintas unidades que integran la UPEID, por lo que se atendieron más de 100 solicitudes relacionadas con la firma de convenios, licencias y contrataciones.

Por otra parte, junto con la Dirección General de Evaluación y la Coordinación Universitaria de la Sostenibilidad, se trabajó en el acompañamiento técnico para completar el Times Higher Education University Impact Ranking, un instrumento de evaluación que mide el cumplimiento de la UNAM respecto a los ODS. Derivado de este acompañamiento, se creó una plataforma que reporta el avance de la Universidad en programas y acciones en investigación, divulgación y administración, en las que están integrados los ODS. Así, la UNAM ocupó el sitio 62 en el ámbito mundial, con una calificación general de 86.5 puntos, entre 766 universidades de 85 países.

En el contexto de la pandemia, la SID conformó cuatro grupos de trabajo en atención a la enfermedad de la Covid-19: uno de insumos, que atiende demandas de desarrollo de dispositivos médicos y partes o refacciones para esos dispositivos; otro en torno al medio ambiente, que desarrolla estudios y proyectos asociados a los efectos sobre el medio ambiente derivados de la pandemia; uno más en salud y diagnóstico, enfocado en desarrollar estrategias para lograr una mayor eficiencia en la toma de pruebas para la detección del SARS-CoV-2; por último, el de geografía y arquitectura de datos, que desarrolla modelado y visualización de información para apoyar la toma de decisiones estratégicas ante la pandemia. Asimismo, se creó y mantuvo la página Grupos Covid-19: <https://gruposcovidunam.mx/> que recopiló, en tiempo real, el trabajo efectuado por estos cuatro grupos y participó en su difusión ante diferentes sectores sociales.

En el caso de la Red de Soluciones para el Desarrollo Sostenible, como parte de sus actividades en este periodo resalta la coordinación del Capítulo México de la Red SDSN en apoyo al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030, ámbito en el cual se trabajó en torno a la estrategia legislativa para la Agenda 2030, a solicitud de la Cámara de Diputados y con la iniciativa conjunta de la Oficina de la Presidencia, la SID, a través de la CGCP, y como parte de su labor en la Red SDSN formó parte del equipo de trabajo intersectorial que elaboró la Estrategia legislativa para los ODS. Esta estrategia se plasmó en un documento que representa una hoja de ruta que analiza las leyes que requieren ser reformadas en el corto, mediano y largo plazo, a la luz de los 17 ODS y de sus respectivas metas, al mismo tiempo que identificó los vacíos normativos existentes en la legislación federal para lograr el cumplimiento efectivo de la Agenda 2030.

Adicionalmente, se lanzó el Banco de proyectos de la Red SDSN. La iniciativa brinda acompañamiento a 65 proyectos que buscan ser sostenibles, además de estar alineados al cumplimiento de los ODS y la Agenda 2030. De los proyectos que integran el banco, 40% son postulados por alguna entidad de la UNAM.

Es importante resaltar la convocatoria ExpertODS, se trata de una iniciativa que se diseñó para agrupar y apoyar a especialistas de alto nivel, con el fin de que intercambien sus conocimientos y articulen sus capacidades a favor

del desarrollo sostenible del país. A través de esta convocatoria se conforman grupos de investigación para el desarrollo e innovación y brindan asesoría, opinión y consultoría a los diferentes sectores de la sociedad que buscan integrar el desarrollo sostenible en sus operaciones. La convocatoria recibió más de 500 solicitudes de postulación. Actualmente está en fase de evaluación para organizar los grupos, crear alianzas y verificar que cumplan con los lineamientos publicados.

Otro asunto que destacar es la elaboración de un catálogo de fuentes de financiamiento, que responde a la importancia que representa el conseguir recursos para la consecución de proyectos orientados al desarrollo sostenible. El documento se compartió con la comunidad académica y contiene una selección de oportunidades para los fondos de convocatorias en América Latina; e incluye información clave para acceder y aplicar a ellas.

Por último, la Red SDSN México coordina la participación del sector académico para crear alianzas estratégicas dentro de diversas instancias, entre las que se encuentran el Consejo Nacional para la Implementación de la Agenda 2030, así como sus comités de trabajo y el comité técnico de la estrategia de la Cámara de Diputados sobre dicha Agenda. Participan más de 60 universidades miembro a nivel nacional, que se centran en promover el desarrollo sostenible en sus instituciones.

Programas Universitarios

La CIC siguió teniendo a su cargo cuatro Programas Universitarios que, en relación con sus temas de competencia, reúnen esfuerzos de los centros e institutos para atender demandas de diversos sectores sociales y académicos, a la vez que ofrecen las capacidades del SIC a las entidades gubernamentales y privadas con demandas potenciales. Particular importancia jugó el PUIS en el contexto de la pandemia, como se apreciará enseguida.

- **Programa Universitario de Alimentos (PUAL)**

El PUAL participó en 11 eventos académicos; nueve de ellos realizados en entidades universitarias como las facultades de Ciencias Políticas y Sociales, de Medicina y de Química, así como en el Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología. La participación comprendió dos actividades: como ponente en la iniciativa que busca combatir la obesidad infantil en el Foro Pobreza y obesidad infantil, organizado por el Senado de la República; y como expositor de los temas Complementos de la NOM-051: ¿cuáles son los cambios en la lista de ingredientes y en la información nutrimental?, y en el curso avanzado de Actualización de la NOM-051 Etiquetado de alimentos y bebidas, organizado por el Instituto Nacional de Salud Pública.

Se dio continuidad a las actividades de los seminarios permanentes sobre agricultura, alimentación y nutrición, donde se impartió la conferencia: “Los insectos comestibles de México y su valor nutritivo”. En el tema de obesidad y diabetes se llevó a cabo la sesión Ensanut 100k: El estado de salud y nutrición en población de menos de 100,000 habitantes.

Se continuó el ciclo de Cine COMENTado, organizado en colaboración con la Fundación UNAM, donde se proyectaron dos películas con temáticas relacionadas con la alimentación.

Para la celebración del Día Mundial de la Alimentación 2020, el PUAL auxilió en la difusión de información elaborada por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, y con el cartel alusivo al lema del Día Mundial de la Alimentación 2020 “Cultivar, nutrir, preservar. Juntos. Nuestras acciones son nuestro futuro”; también con el cartel del Día Mundial de la Alimentación 2020; y con los videos *Héroes de la Alimentación* y *Día Mundial de la Alimentación*. Asimismo, se difundió el cartel 16 de octubre, Día Mundial de la Alimentación, de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, así como el cartel y, ¿tú qué puedes hacer por la alimentación?, del Servicio Nacional de Inocuidad y Calidad Alimentaria. En cuanto a la difusión en medios masivos de información no electrónicos, se participó en una entrevista en radio vía telefónica sobre el Día Mundial de la Alimentación.

Se impartieron cuatro pláticas a expendedores de alimentos en la UNAM, miembros del padrón de expendios autorizados por la Dirección General del Patrimonio Universitario.

Adicionalmente, se realizaron 10 actividades de divulgación en radio, televisión y otros medios, tanto impresos como electrónicos, sobre temas relacionados con la obesidad en México, el nuevo etiquetado de los alimentos industrializados, la pandemia de la Covid-19 y el futuro de la alimentación en nuestro país, el hambre, la alimentación para la prevención de enfermedades y el desperdicio de alimentos, entre los principales temas abordados.

La participación en actividades institucionales incluyó la presencia virtual en diversos eventos organizados por otras entidades y dependencias, como la Facultad de Medicina, el Instituto de Química y la Dirección General de Computo y de Tecnologías de Información y Comunicación. El PUAL también participó 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. Asimismo, el Programa participó en la integración del comité de vinculación universitaria y de transferencia, de la Coordinación de Vinculación y Transferencia Tecnológica de la Universidad.

En cuanto a la vinculación con instituciones de los sectores privado, público y social, se brindaron 18 asesorías y consultorías a empresas; de éstas, cabe resaltar la integración del grupo al Programa de trabajo del comité consultivo de normalización de la Secretaría de Economía y al grupo de trabajo encargado de la revisión del anteproyecto de modificación a la NOM-187-SSA1/SCFI-2020 Productos y servicios: Masa, tortillas, tostadas y harinas preparadas para su elaboración y establecimientos donde se procesan, así como la especificaciones sanitarias, la información comercial y los métodos de prueba. Asimismo, se participó en la elaboración del informe “La legislación mexicana y los objetivos de desarrollo sostenibles: Una visión desde la academia”, y su colaboración en el ODS 2. Hambre cero.

Durante el año también se sostuvieron 51 reuniones de trabajo para el análisis de posibilidades de colaboración.

En 2020 se impartieron dos cursos, el primero, enfocado en promover hábitos para un consumo responsable de alimentos y, el segundo, sobre los conceptos básicos para construir una historia de la alimentación en México.

Como parte de la participación del Programa en el Diplomado en nutrición clínica, se impartieron las temáticas correspondientes al módulo VII Educación integral, manejo gastronómico, etiquetado, normatividad y control de calidad en alimentos.

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

El PUIS atendió durante el año 2020 dos grandes objetivos, el primero, dar continuidad a sus actividades cotidianas y, el segundo, coordinar varios de los esfuerzos de la UNAM para afrontar la pandemia.

El 6 de enero de 2020, el rector, doctor Enrique Graue Wiechers, delegó al doctor Samuel Ponce de León Rosales, responsable del Programa Universitario de Investigación en Salud, coordinar e integrar la Comisión Universitaria para la Atención de la Emergencia Coronavirus Covid-19.

A partir del 23 de marzo se suspendió la asistencia física a las instalaciones de la UNAM, para continuar laborando desde los hogares en las responsabilidades y actividades del PUIS y de la Comisión, apoyados en la plataforma virtual.

La Coordinación de la Comisión Universitaria para la Atención de la Emergencia Coronavirus Covid-19 fue integrada por tres grupos principales: el de asesorías, el abocado al análisis epidemiológico y el de los voceros. Para organizar el trabajo, cada semana se realizaron reuniones con el propósito de observar los acontecimientos y tomar decisiones de manera oportuna. Múltiples fueron las actividades llevadas a cabo para contender con la emergencia sanitaria:

Reuniones de trabajo presencial y virtual con autoridades de la Comisión Coordinadora de Institutos Nacionales de Salud y Hospital de Alta Especialidad (CCINSHAE), Secretaría de Salud y Consejo de Salubridad General.

Cursos modalidad presencial y virtual: para el Manejo adecuado de cubrebocas, mascarillas, guantes y materiales durante la atención clínica; de Medidas preventivas para evitar contagio de Covid-19, dirigido a médicos y personal de salud adscritos a los planteles, colegios, entidades y dependencias de la UNAM, con sede en la Dirección General de Atención a la Salud.

Estableció la Clínica universitaria para prueba molecular diagnóstica para coronavirus SARS-CoV-2 con servicio gratuito que se ofreció a la comunidad universitaria, dando prioridad a universitarios que dan servicio médico en clínicas, hospitales, y que permanecen en contacto con pacientes infectados o posibles contagiados, alcanzando la cifra de siete mil estudios.

También se llevó a cabo el diseño de encuestas de opinión en línea, como lo fueron: vivencias de profesionales de la salud dirigida a personal de salud; re-

acciones de la población ante la pandemia Coronavirus Covid-19, dirigida a la población mexicana del país.

Participación con el Instituto de Ingeniería de la UNAM para la elaboración de la Guía Práctica en torno a las medidas para mejorar la ventilación en espacios cerrados de edificaciones en Ciudad Universitaria, durante la pandemia por Covid-19.

Elaboración semanal del reporte epidemiológico sobre la evolución de la pandemia en México.

Proyecciones estadísticas, a partir de búsquedas de información sobre Covid-19 en bases de datos especializadas, con la participación del Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas (IIMAS) donde se analizó:

- » La revisión y representación gráfica por entidad federativa, durante la semana epidemiológica 12 del año 2019 a 2020 en torno a las Infecciones respiratorias agudas (IRA) y casos reportados por Covid-19 tomados del *Boletín de Epidemiología* de la Dirección General de Epidemiología.
- » Comparación de la curva de crecimiento de casos Covid-19 entre los siguientes países: China, Italia, España, Corea del Sur, Francia, Estados Unidos, Reino Unido, Alemania, Japón, Irán y México.
- » Elaboración de las gráficas comparativas del tiempo transcurrido de los primeros 1,000 casos de Covid-19 entre México, España, Italia, Alemania y Estados Unidos.
- » Elaboración gráfica de los casos por entidad federativa y alcaldías de casos Covid-19.

También se colaboró participando en reuniones de trabajo con el Comité Nacional de Investigación del IMSS, en los protocolos de investigación.

Se trabajó en la planeación de acciones y programas, así como en la integración de contenidos de cursos virtuales, folletos, grabación y edición de videos para la reapertura de actividades en la UNAM (estrategias dirigidas a estudiantes de bachillerato y de licenciatura...)

Se llevaron a cabo consultorías permanentes con entidades de la UNAM, sobre dudas ante casos y problemas, así como de entidades hospitalarias del sistema nacional de salud; por ejemplo, se realizó el análisis de la situación de la pandemia en el estado de Guerrero, con la implementación de recomendaciones a la Secretaría de Salud del estado para la ampliación de la capacidad hospitalaria.

Por otra parte, se dictaron más de 60 ponencias en diversos foros, tales como El Colegio Nacional, El Colegio de México, la embajada China, la embajada Británica, la Academia Nacional de Medicina, la Academia Mexicana de Ciencias, la Fundación UNAM, la Asociación Mexicana de Cirugía General A.C., la Coparmex, la Asociación Mexicana para el Estudio de las Infecciones Nosocomiales A.C., en Médica Sur, en el Instituto Nacional de Salud Pública y en entidades de la UNAM; además se publicaron 11 artículos.

Con el objetivo de disipar dudas sobre la pandemia por Covid-19, analizar su impacto y proponer alternativas para dar solución a los retos que se derivan de la misma, se realizaron las siguientes acciones: se estableció, con apoyo de la DGTIC (Dirección General de Cómputo y de Tecnologías de Información y Comunicación), una cuenta de correo electrónico: covid19@unam.mx, para atender dudas y consultas de la comunidad universitaria y población en general. Se estableció un plan de comunicación y enlace del PUIS con la Dirección General de Comunicación Social de la UNAM (*UNAM Global*, *Gaceta UNAM*, Dirección de Información, Radio UNAM, TV UNAM), para generar y difundir boletines para medios de comunicación; también se realizaron ruedas de prensa, la producción y edición de videos cortos, el diseño de sitios para internet, notas y cápsulas informativas para radio y redes sociales, con información actualizada día a día. Día a día se llevó a cabo la revisión y actualización de contenidos apegados a fuentes oficiales para su inserción en el portal sobre Covid-19: www.puis.unam.mx, www.unamglobal.unam.mx/. Asimismo, se integraron contenidos con medidas preventivas para personal de salud y población en general, para evitar el contagio, obtenidos de fuentes oficiales (OMS, Secretaría de Salud, Subsecretaría de Prevención y Promoción de la Salud, etcétera). Se diseñaron y elaboraron contenidos para carteles, folletos, infografías, grabación de cápsulas radiofónicas, grabación y edición de video, impresos y en formato digital, para distribución y difusión en el interior de Ciudad Universitaria y en los hospitales del país, y fueron publicados en diversas plataformas virtuales como redes sociales, gacetas, boletines, páginas de internet de la UNAM, de instituciones del Sistema Nacional de Salud y medios de comunicación nacionales e internacionales; a su vez, se participó en el programa especial *La UNAM responde*, de TV UNAM y en Radio UNAM, a través de la serie *Hipócrates 2.0*, el noticiero *Prisma Universitario* y programas especiales; se incursionó en la serie *Pan y Circo* de Diego Luna, primer programa transmitido por Amazon Prime con el tema: "Crónicas de la pandemia Covid-19 y sus consecuencias"; también se participó en *Contra Riesgos Sanitarios* en Radio Nacional de Salud (IMER/Cofepris, Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios) se transmitieron de lunes a viernes las "Recomendaciones para evitar Riesgos Sanitarios"; a la vez, se participó con "¿Cómo vamos frente a la pandemia?", en *Primer Círculo* con Carlos Elizondo y Federico Reyes Heróles en ADN 40. Se llevaron a cabo más de mil entrevistas a medios de comunicación (radio, prensa, televisión, agencias) nacionales e internacionales, de manera presencial y virtual. Finalmente, se dio seguimiento diario de publicaciones y noticias médicas presentadas respecto a acciones preventivas y atención de casos con la enfermedad Covid-19.

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

El Programa de Investigación en Cambio Climático tiene como objetivos promover la investigación de frontera en cambio climático con un enfoque multidisciplinario e integral, generar conocimiento útil para la toma de decisiones e involucrar al gobierno y la sociedad en la ciencia del cambio climático.

El PINCC forma parte del comité ejecutivo del Pronaces Cambio climático y calidad del aire de Conacyt/Semarnat. En el ámbito internacional se mantiene la

colaboración con la iniciativa University Coalition for Climate Change, así como con diversas entidades académicas nacionales y de América Latina que cada año participan en el Congreso de investigación en cambio climático del PINCC.

Proyectos de investigación. A través de una convocatoria para los académicos de la UNAM, se otorgó financiamiento a 12 nuevos proyectos enfocados a generar conocimiento sobre diversos aspectos del cambio climático. En ellos se abordan temas centrales como impactos en sistemas naturales y humanos, emisiones, dinámica y captura de gases de efecto invernadero, documentación de cambios observados en el nivel del mar, estimación de la vulnerabilidad social y la generación de herramientas de apoyo para la toma de decisiones. En estos proyectos participan académicos de 12 dependencias de la UNAM, así como diversas instituciones de investigación del país.

Se concluyeron cuatro proyectos que servirán como insumo para el desarrollo de la Estrategia Universitaria de Cambio Climático y de Hacia un Plan de Acción Climática de la UNAM.

Se participó en diversos foros convocados por la Oficina de la Presidencia de la República, el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático y la Secretaría de Relaciones Exteriores.

También se participó en siete grandes eventos, entre los que destacan: Avances y retrocesos en el régimen climático en la COP25, con miras a impulsar el debate académico en torno al tema previo a la COP26 (Glasgow, Reino Unido); Foro Innovación 2020: Primer encuentro de Innovación de la Comunidad de Estados de América Latina y el Caribe; participación de México en el 8º diálogo de acción para el empoderamiento climático de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, y 11º Conversatorio de alto nivel de la Agenda 2030, evento coordinado por la Oficina de la Presidencia de la República.

Se participó en la elaboración del informe de investigación "La legislación mexicana y los objetivos de desarrollo sostenible: una visión desde la academia" ODS13.

Eventos académicos. Se llevó a cabo el Décimo Congreso Nacional de Investigación en Cambio Climático y el Segundo Congreso Latino de Investigación en Cambio Climático, que se realizó en formato digital. Se trabajó con las coordinaciones en siete sedes regionales y cuatro sedes temáticas. En el ámbito latinoamericano se trabajó para tener organizadores en Perú, Colombia y Venezuela, y la coordinación de Guatemala tuvo un alcance de organización a todo Centroamérica.

Se realizó el Segundo Coloquio Estudiantil de Investigación en Cambio Climático, así como tres sesiones del Seminario permanente del PINCC, y seis sesiones del Círculo de estudios de la Red universitaria de cambio climático.

Con el Instituto Mora, se organizó otra edición del diplomado en Desastres y cambio climático, y se participó en el diplomado sobre Derecho del cambio climático y gobernanza.

Difusión. Junto con otras dependencias universitarias, se colaboró en la coordinación y desarrollo del Climatón. En marzo se inauguró la muestra *Tic Tac, El cambio climático es ahora* en el Museo Memoria y Tolerancia, donde personal del PINCC apoyó en la asesoría científica.

Asimismo, se participó en los siguientes espacios de difusión: en el seminario La perspectiva socio- jurídica del medioambiente, realizado en la Escuela Nacional de Trabajo Social de la UNAM; en el foro El fracaso de la COP25 y los impactos para el cambio climático, realizado por la División de Ciencias Sociales y Humanidades de la Universidad Autónoma Metropolitana.

El PINCC participó en varios eventos exponiendo diversos temas, como Emergencia climática post pandemia; Límites planetarios ¿Quién decide sobre el futuro del planeta?; Bioética y cambio climático; La política climática en tiempo de la 4T; Cambio climático y gestión del riesgo, tema que formó parte del taller internacional Innovaciones científicas, tecnológicas y sociales para el alcance de la seguridad hídrica en México, organizado por la Red del Agua UNAM con el apoyo del Centro Regional de Seguridad Hídrica bajo los auspicios de la Unesco, la Alianza para la Formación e Investigación en infraestructura para el desarrollo de México A.C. y el Conacyt.

En la Fiesta de las ciencias y las humanidades, coordinada por la Dirección General de Divulgación de la Ciencia de la UNAM, se impartió la conferencia: Después de la Covid-19, ¿aprenderemos la lección? Por último, a finales del año se concedieron entrevistas a El Heraldo Radio y RadioUNAM.

- **Programa Espacial Universitario**

El Programa Espacial Universitario (PEU) adaptó exitosamente sus tareas al trabajo remoto, de tal forma que cumpliera sus objetivos y siguiera con las recomendaciones de salud pública derivadas de la pandemia por el virus SARS-CoV-2.

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

En materia de cultura espacial, formación de recursos humanos y proyectos espaciales, el PEU organiza anualmente un concurso de satélites enlatados. Para la edición 2020 se decidió que fuera internacional, por lo que se convocó al Concurso Iberoamericano de Satélites Enlatados 2019-2020, logrando una amplia participación al contar con 871 estudiantes distribuidos en 144 equipos, 131 asesores, 53 universidades y ocho países latinoamericanos. El concurso llegó a consolidar tres etapas y reconoció los proyectos mejor integrados.

Con el fin de divulgar el conocimiento en materia espacial y tomando en cuenta las condiciones de distanciamiento social, se creó el programa en línea *El espacio desde casa*, el cual logró 18 transmisiones en dos temporadas. Adicionalmente, con la Sociedad de Alumnos de Medicina Aeroespacial, se creó el primer programa sobre medicina espacial, el cual tuvo ocho transmisiones. Una actividad importante en la comunidad de Ciencia y Tecnología Espacial (CTE) es la Semana mundial del espacio, en la que se transmitieron nueve conferencias sobre diferentes temáticas del área, impartidas por especialistas nacionales y latinoamericanos. Es importante destacar que las transmisiones en conjunto alcanzaron a 225,309 internautas.

Con el objetivo de impulsar los proyectos de CTE en la comunidad universitaria y contribuir con los Objetivos del Desarrollo Sostenible establecidos por la ONU, se lanzó la convocatoria para propuestas de proyectos bajo la temática Soluciones espaciales a dos problemas nacionales. Como resultado se impulsaron cinco nuevos proyectos en temáticas que abarcan desde las ciencias atmosféricas y las ciencias médicas, hasta las ciencias económicas, pasando por problemas de contaminación, pobreza y energía sustentable.

Taller satelital universitario. Como resultado del taller se decidió diseñar un sistema de monitoreo remoto empleando tecnología espacial capaz de detectar y emitir alertas de "zonas de riesgo", con resolución media hacia alta (20 m por pixel), con un área mínima de detección de 20 por 20 m. Para lograr el objetivo se decidió desarrollar un satélite tipo Cubesat, de entre tres y seis unidades. Con este sistema será posible contribuir con alguna de las siguientes tareas: 1) detección de puntos calientes generados por incendios, empresas, accidentes, etcétera; 2) monitoreo de la presencia o ausencia de vegetación y estimación de la densidad y madurez de cultivos en áreas agrícolas; 3) monitoreo de la formación de nuevos asentamientos irregulares en zonas de riesgo; 4) monitoreo de fugas masivas de agua; 5) monitoreo remoto de la invasión de zonas verdes protegidas y/o la eliminación clandestina de árboles y vegetación en áreas de la CDMX; 6) presencia de cuerpos de agua y/o vegetación en zonas de riesgo de aludes, y 7) presencia de daños por eventos naturales.

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

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 con el propósito de alcanzar los objetivos planteados, 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); de reciente creación está el Centro de Estudios en Computación Avanzada (CE-CAv). En seguida los reportes anuales de 2020 de dichos proyectos especiales:

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

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 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.

Está integrada por un consorcio de instituciones médicas y académicas constituido por cuatro Institutos Nacionales de Salud: Instituto Nacional de Cancerología, Instituto Nacional de Cardiología Ignacio Chávez, Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán, y el Instituto Nacional de Medicina Genómica, así como por la Coordinación de la Investigación Científica de la UNAM.

Sus objetivos son:

- » Proveer servicios y asesoría en alta tecnología, bioestadística y bioinformática a investigadores de las instituciones pertenecientes al consorcio, a través de la ejecución de estudios, caracterizaciones y análisis de datos y muestras provenientes de estudios *in vivo* e *in vitro*, en los niveles celular y molecular, así como la interpretación de los resultados de investigación.
- » Generar nuevos conocimientos derivados de la investigación en genómica, proteómica, biología molecular y celular, bioquímica, microscopía, farmacología, bioinformática y bioestadística, mediante la ejecución de proyectos de investigación interdisciplinaria, desarrollados por investigadores y técnicos académicos adscritos a la RAI o a instituciones del consorcio.
- » Promover y facilitar la interacción entre diversos campos del conocimiento y entre los investigadores pertenecientes al consorcio INS-UNAM, a través del desarrollo de proyectos de colaboración interinstitucionales.
- » 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.

La RAI opera con las siguientes 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; Área Creativa de Difusión y Divulgación de la Ciencia.

Durante 2020 el personal de la RAI estuvo conformado por nueve investigadores (dos titulares y cuatro asociados adscritos a la CIC, y tres investigadores comisionados por 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. Se participó en tres convocatorias del Conacyt. Se continuó o inició el desarrollo de 17 proyectos de investigación con diferentes fuentes de financiamiento: Conacyt (2), PAPIIT (5), con recursos de la dependencia (10).

Proyectos Conacyt: Hacia un bloqueo efectivo de KRas mutante en cáncer: venciendo la resistencia a la inhibición de Mek yPI3K; Identificación de subpoblaciones en moléculas asociadas a linfocitos B como biomarcadores de nefropatía lúpica.

Proyectos PAPIIT: Posibles rutas complementarias de la señal oncogénica en el cáncer de páncreas: pruebas sobre el proteoma resistente; 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.

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; Modelos espaciales de incidencia de cáncer en México; Papel de la fosfatasa PTP1B en la transición epitelio-mesénquima inducida por IL-6 en cultivos primarios de cáncer de mama; Papel de la metformina en la reversión de resistencia a fármacos de quimioterapia en células de cáncer de mama; 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 del microbiota por los subtipos de IgA secretora en saliva de pacientes con lupus eritematoso generalizado; Estudio del microbioma intestinal y su asociación con respuestas a terapias en pacientes con prediabetes; Identificación de sitios de regulación metabólica cuando se emplean estatinas y metformina como moduladores del metabolismo o como anticancerígenos en líneas celulares.

Proyectos Covid-19: 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.

Los investigadores y técnicos académicos participaron en proyectos de investigación sobre diversos temas biomédicos y clínicos en colaboración con investigadores de las instituciones del consorcio o externos.

Se llevaron a cabo otras actividades como el entrenamiento a usuarios para el manejo de los equipos de alta tecnología de los diferentes laboratorios, así como la provisión de servicios. La actualización de la página web <http://rai.unam.mx/>, incluyendo la actualización de los costos de los servicios y producción científica de cada laboratorio.

Como resultado de las actividades descritas se tuvieron los siguientes resultados: se prestaron diferentes asesorías y servicios de alta tecnología, bioinformática y bioestadística a investigadores del consorcio y externos: Laboratorio de Genómica: 14 servicios de secuenciación de nueva generación con el procesamiento de 1,590 muestras en total y preparación de tres librerías y se realizaron tres asesorías; Laboratorio de Biología Molecular: 1,348 muestras de secuenciación capilar, 11 servicios del Quant Studio corridas para genotipificación a gran escala, y 25 servicios de extracción de ADN; Unidad de Citometría de Flujo: 399 horas de servicios de citometría de flujo y, además, varias asesorías y mediciones para el proyecto de la Facultad de Ciencias del desarrollo de un sensor para la detección de SARS-CoV-2; Unidad de Proteómica y Metabólica: seis servicios del Biacore con procesamiento de 92 muestras, 246 horas de servicios de ultracentrifugación y 30 horas por otros procesos de centrifugación, tres servicios del Bioplex con procesamiento de 292 muestras, y se procesaron 70 muestras para cromatografía de gases, incluyendo la extracción y organificación de cada una; Unidad de Bioinformática, Bioestadística y Biología Computacional: ocho servicios y dos cursos de "R".

La producción científica sumó 22 artículos de investigación publicados, tres artículos aprobados en revistas líderes, así como tres capítulos de libro. Además, se enviaron tres artículos de investigación (en 2020 sometidos a revisión editorial) y se publicaron cinco artículos de difusión. Se diseñó un video educativo y un informativo sobre Covid-19 para niños de 6 a 12 años.

Se presentaron siete trabajos en congresos nacionales o internacionales y se impartió una conferencia en un congreso internacional.

La RAI participó en la formación de recursos humanos asesorando tesis en los niveles de especialidad, licenciatura, maestría y doctorado (35 alumnos en total) de diferentes instituciones. De ellos, se graduaron dos alumnos de maestría.

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

El Laboratorio Internacional de Investigación sobre el Genoma Humano se creó con el objetivo fundamental de proporcionar las mejores condiciones de trabajo a los jóvenes académicos, aquéllos que formarán parte de los nuevos líderes de investigación en el área de ciencias genómicas. Cuenta con dos grupos de investigadores establecidos, cuya función principal es organizar los programas académicos institucionales con el propósito de brindar ayuda a los jóvenes, los cuales pueden desarrollar sus propias ideas, ya que cuentan con autonomía de decisión en torno a sus investigaciones, a partir de su incorporación. Hasta la fecha se han incorporado ocho investigadores jóvenes. En este contexto, los logros del Laboratorio pueden medirse en función de los logros de sus investigadores jóvenes.

Durante 2020 se continuó la consolidación de las principales líneas de investigación: Estructura y dinámica del genoma, Evolución experimental del genoma en tiempo real, Evolución natural del genoma, Regulación de la expresión del genoma, Aspectos genómicos de la predisposición y de las causas genéticas del cáncer, Genética de poblaciones y paleogenómica.

Se iniciaron nuevas líneas de investigación: Genómica de enfermedades monogénicas o mendelianas, Genómica de enfermedades multigénicas, y Biología de sistemas.

Se generó el protocolo de regreso a las actividades universitarias, el cual fue aprobado por el comité de seguimiento de la UNAM.

A partir de la segunda quincena de marzo las actividades académicas se realizaron a distancia, permitiendo el ingreso a las instalaciones sólo para llevar a cabo actividades esenciales. Se suspendieron los programas de profesores visitantes Horizons in Genomics y el coloquio internacional Horizons in Genomic Sciences.

Se estructuró el nuevo programa institucional virtual Frontiers in Genomics, que consistió en la realización de seminarios virtuales con investigadores de gran prestigio en la materia. Durante 2020 participaron 16 líderes académicos.

Se continuó en forma virtual con el plan de estudios de la licenciatura en Ciencias Genómicas de la ENES Juriquilla, coordinada académicamente por el Laboratorio. En el año que se reporta, se realizó el concurso de selección de la tercera generación de esta licenciatura, que inició cursos en agosto de 2020.

En este periodo el LIIGH contó con dos investigadores posdoctorales, cinco estudiantes de doctorado, dos de maestría y diez de licenciatura; además, se contó con 28 estudiantes de la licenciatura en Ciencias Genómicas de la ENES Juriquilla.

Los investigadores jóvenes publicaron 10 artículos de investigación original en revistas de prestigio internacional con un alto factor de impacto. Se presentaron ponencias (virtuales) en reuniones científicas nacionales e internacionales. El LIIGH graduó a un estudiante de doctorado.

Durante 2020 el Laboratorio contó con donativos tanto de México como del extranjero, todos ellos adjudicados a los investigadores jóvenes. Estos fueron: cinco de PAPIIT, dos de Conacyt, uno de UC Mexus Conacyt, uno del International Centre for Genetic Engineering and Biotechnology, entre otros.

Entre los logros de investigación destacan los siguientes: se utilizó el algoritmo Panorama genómico de identidad absoluta (PMGL, por sus siglas en inglés) para refinar distintos genomas de organismos pertenecientes a los tres dominios biológicos.

Se inició un estudio sobre evolución experimental en microorganismos. Como modelo se utilizó la bacteria *Escherichia coli*, el cual se cultivó en presencia de concentraciones crecientes de nueve antibióticos y se secuenció el genoma completo de colonias resistentes a cada uno de ellos.

Se identificaron las variantes genéticas que tienen potencial de afectar la función de los elementos regulatorios de la expresión génica conocidos como “*enhancers-promoters*”. Se determinaron las enfermedades genéticas asociadas a las variantes identificadas. Se inició el empaquetamiento de los métodos utilizados para ser liberados como paquetería bioinformática accesible a la comunidad científica.

Se identificaron factores de riesgo genético y mutaciones somáticas conductoras en tumores de pacientes mexicanos con melanoma acral lentiginoso, el subtipo de melanoma más común en México y el cual ha sido poco estudiado.

Se continuó el estudio del legado genético que dejó en México el comercio transatlántico de esclavos entre los siglos XVI y XIX. Se caracterizó la ascendencia genética africana en población afromexicana en la región de la Costa Chica de Oaxaca y Guerrero y en el estado de Veracruz.

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

El C3 continúa con su labor integradora como un centro de encuentro de diversos grupos de investigación que estudian y analizan las soluciones a los problemas complejos, con un enfoque de trabajo multi y transdisciplinario, lo cual lo ha caracterizado hasta la fecha. En 2020 se llevaron a cabo varios proyectos de investigación en temas con gran impacto social y científico, fruto del cual surgen convenios de colaboración con diferentes entidades académicas y gubernamentales, publicaciones arbitradas en revistas indizadas, formación de alumnos con habilidad específicas en la inter y transdisciplina, a través de la realización de servicios sociales, prácticas profesionales, tesis de licenciatura, alumnos de posgrado (maestría y doctorado) e investigadores posdoctorales liderados por los investigadores asociados al C3, y se llevan a cabo diversos eventos académicos 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 los que se involucran investigadores de diversas entidades destinados a solucionar problemas de alcance nacional. A continuación, se mencionan algunos de ellos:

- » Proyectos sobre la enfermedad Covid-19. La crisis actual de la pandemia de Covid-19 requirió del mejor uso de datos para llegar a políticas públicas basadas en evidencia y poder hacer predicciones lo más informadas y robustas posibles, usando modelos modernos que respetan las heterogeneidades inherentes en la propagación de la Covid-19, que principalmente están relacionados con la complejidad de la conducta humana. Teniendo esto en cuenta, en el C3 se organizaron diferentes grupos de investigación para enfrentar la pandemia:
 - 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. Este proyecto fue apoyado por Conacyt en la convocatoria especial de respuesta a la pandemia. Colaboran investigadores de la UNAM, la UAEM y del Hospital General de México (HGM). Consiste

en monitorear, a través de un reloj inteligente, a 108 trabajadores del HGM que laboran en primera línea de atención a pacientes con Covid-19. Las señales se han adquirido desde finales de agosto de 2020 registrando continuamente el ritmo cardiaco, 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.

- Epi-Species: Una plataforma universitaria de inteligencia epidemiológica de SARS-CoV-2. Proyecto apoyado por PAPIIT en la convocatoria especial de respuesta a la pandemia. Se trata de la generación de una plataforma alojada en los servidores de cómputo del C3, 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 integró y compiló una base de datos sobre la epidemia, la población y la movilidad en el nivel municipal.
 - Aplicación digital UNAM Covid-19 (<https://coronavirusapoyamexico.c3.unam.mx/>). Su objetivo es desarrollar modelos matemáticos que tomen en cuenta las características particulares de la población de nuestro país; además, permitió evaluar cómo cambian los patrones de comportamiento de los mexicanos durante y después de la epidemia, así como la generación de patrones de movilidad y contagio de la población mexicana.
 - Aplicación digital SolidaridadUNAM (<https://solidaridadunam.c3.unam.mx/landing.html>). Esta herramienta es una página web responsiva que funciona como un sitio de intercambio con un componente geo-referenciado, lo que permite identificar a aquéllos que están más cerca unos de otros. Lo que hace especial a esta herramienta es que no sólo se diseñó para intercambiar productos, sino que también puede ofrecer servicios, “como ayudar a otros”, al contactar a quienes ofertan servicios y productos con aquellos que los requieren.
 - Colaboración Waze-Grandata-C3 para la compilación de información y el análisis de movilidad por las medidas tomadas por la cuarentena de la enfermedad Covid-19.
 - Observatorio de análisis epidemiológico de la Covid-19 del C3 en colaboración con el Programa Universitario de Investigación en Salud (PUIS) de la UNAM y la Subdirección de Prevención y Vigilancia en Enfermedades Infecciosas del Instituto Nacional de Salud Pública.
- » Proyectos sobre movilidad. PumaMóvil es un proyecto interdisciplinario originado en el Centro de Ciencias de la Complejidad en 2016, y que vincula el trabajo de varias instancias internas y externas a la UNAM para mejorar la movilidad de la comunidad universitaria de forma integral, fomentando su participación y solidaridad. La primera versión de Puma-

Móvil ofreció una solución de movilidad más eficiente, más incluyente y solidaria, más segura, más atractiva y participativa; actualmente cuenta con cerca de once mil usuarios registrados y durante las tres primeras semanas registró más de dos millones de *clicks*. Esto facilitó el lanzamiento exitoso de la segunda versión de la aplicación, que incorporó funcionalidades para promover el uso compartido de vehículos entre los usuarios (*carpool* comunitario). Durante 2020 surgió la colaboración con Waze Carpool para compartir viajes en auto y con el Banco Interamericano de Desarrollo BID-BID Investment para la integración de datos económicos en una multiplataforma, en el apoyo a la recuperación de micro y pequeñas empresas. Se seguirán modelos implementados en Brasil y Chile para promover la reactivación de la actividad económica.

- Plan integral de movilidad para las ciudades de Colima y Hermosillo. El proyecto consiste en diseñar un nuevo modelo de movilidad para estas entidades federativas, 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 sumó 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 la ciudad de Hermosillo, Sonora, se hace un estudio para la liberación de espacios de estacionamiento para movilidad peatonal en el área del centro de la ciudad.
- » 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:
 - Dentro del proyecto “El conductoma: 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. Posteriormente se realizó una depuración de los datos mediante ERPLAB. Con respecto a los registros electrodérmicos, mediante la aplicación de una tarea computarizada sobre toma de decisiones sobre casos que implican la solución de dilemas morales y jurídico-morales, 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 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 usarla para aplicar 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 matemáticos, físicos y computólogos con médicos y fisiólogos del IMSS, ISSSTE, Hospital General de México, Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias, Instituto Nacional de

Ciencias Médicas y Nutrición, entre otras instituciones públicas de salud, 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 trabaja con sujetos de control y pacientes con obesidad, síndrome metabólico, diabetes mellitus tipo 2, acalasia, Parkinson, epilepsia, tuberculosis, zoonosis, 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 e hipertensión, entre otras.

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

En septiembre de 2020 el Centro Virtual de Computación (CViCom) cambió de nombre y de orientación académica al Centro de Estudios en Computación Avanzada (CECAv), y durante 2020 dio continuidad a los proyectos de formación de recursos humanos, de divulgación y de investigación.

Destaca que a causa de la Covid-19 surgió un proyecto emergente de desarrollo tecnológico llamado "Herramienta de auxilio al diagnóstico de Covid-19", misma que fue utilizada en el Hospital de La Raza. De este modo, en colaboración con otras dependencias de la UNAM, el CECAv desarrolló un sistema de cómputo para el auxilio al diagnóstico médico de la Covid-19 a partir del análisis automatizado de imágenes médicas. La iniciativa fue desarrollada en coordinación con el Centro Médico Nacional La Raza del IMSS.

Derivado del desarrollo de esta herramienta, a partir de imágenes médicas y de acuerdo con la convocatoria extraordinaria de la DGAPA para proyectos que atiendan la problemática generada por la pandemia del SARS-CoV-2, se planteó el proyecto de investigación y desarrollo tecnológico "Análisis de imágenes médicas para la detección y el seguimiento de Covid-19", el cual fue aceptado. Dio inicio la primera de tres etapas, correspondientes a cada año de vigencia del proyecto. En este proyecto participan el Laboratorio Avanzado de Procesamiento Digital de Imágenes de la Facultad de Ingeniería, el Departamento de Computación del IIMAS y el Grupo de Imagenología Biomédica del Instituto de Biotecnología.

En relación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), se registró el proyecto para crear un "Sistema inteligente para el diagnóstico médico asistido para enfermedades cardiovasculares", el Syscardio. Patrocinado por SECTEI y por el Consejo Británico bajo la convocatoria Newton Fund, contempla el diseño de un prototipo para prevenir de forma temprana enfermedades cardio-

vasculares, específicamente la hipertensión pulmonar. Participan, el CECAv, la Facultad de Ingeniería y el IIMAS de la UNAM; la School of Computing Science and Digital Media de la Robert Gordon University, Aberdeen, Escocia, y el Centro Médico Nacional 20 de Noviembre del ISSSTE.

Respecto a los eventos académicos, el CECAv retomó la organización del Seminario de Computación UNAM, dirigido a la comunidad nacional. Se realiza alrededor de áreas emergentes de la computación que contribuyen a la formación de profesionistas y graduados de alto valor y demanda, así como a la solución de problemas multidisciplinarios de trascendencia para la sociedad. A lo largo del año se realizaron cuatro sesiones del seminario.

Además de las colaboraciones con el Centro Médico La Raza y el Newton Fund, se estableció vinculación con la compañía NXP, generada a partir del desarrollo de la herramienta de auxilio al diagnóstico de la Covid-19. La colaboración ha consistido en intercambio de código y datos bajo el marco de un acuerdo de confidencialidad entre la UNAM y la compañía. Asimismo, con la compañía Thyrona, empresa vinculada con hospitales que ha desarrollado un sistema comercial de detección de Covid-19, se firmó un acuerdo de confidencialidad para el uso de su sistema para fines de comparación con el nuestro, a cambio de compartir algunos datos.

De igual modo, los proyectos de investigación, desarrollo y docencia han favorecido la colaboración con grupos académicos de diversas entidades y dependencias, como el Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas (IIMAS), la Facultad de Ingeniería, el Instituto de Astronomía, el Instituto de Física, el Instituto de Biotecnología y el Instituto de Ingeniería.

