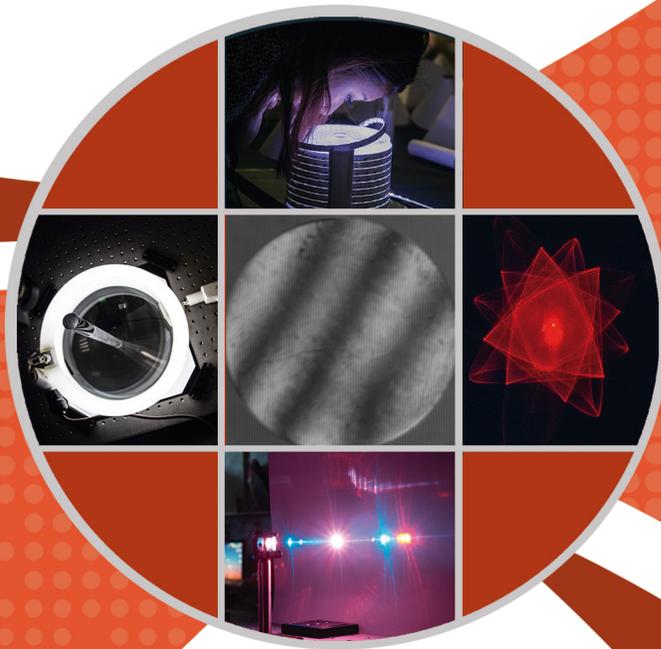


# 1. PRESENTACIÓN



## 1. PRESENTACIÓN

El Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología (ICAT), que en 2021 estará celebrando el 50 aniversario de su fundación, tiene como antecedentes históricos al Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico y al Centro de Instrumentos; este último, creado el 15 de diciembre de 1971 por el entonces rector de la Universidad Nacional Autónoma de México, Pablo González Casanova. El Centro de Instrumentos surgió inicialmente como un centro de servicios especializados, principalmente para diseñar y desarrollar equipo didáctico, promover el desarrollo de la instrumentación, así como para dar mantenimiento a equipos y aparatos de la UNAM; a lo largo de los años evolucionó, primero, a un Centro de Investigación (1996), y posteriormente, al Instituto que es hoy (2018). La entidad, a lo largo de su existencia, ha realizado importantes aportes en conocimiento básico y aplicado, en desarrollo tecnológico, en formación de profesionistas altamente capacitados, así como en difusión y divulgación en su ámbito de competencia, que está definido por los campos del conocimiento que cultiva.

El ICAT es actualmente un instituto interdisciplinario que reúne un amplio número de áreas especializadas, tanto en el ámbito de las ciencias como de las ingenierías, y se organiza en cuatro departamentos: Óptica, Microondas y Acústica; Micro y Nanotecnologías; Instrumentación Científica e Industrial; y Tecnologías de la Información y Procesos Educativos. Estos departamentos tienen una organización basada en grupos académicos, en los que se agrupan académicos con objetivos e intereses afines para crear las sinergias que les permitan impulsar la formación de profesionistas altamente capacitados, desarrollar líneas de investigación, así como proyectos y/o desarrollos tecnológicos novedosos. Con el fin de enfocar y dar coherencia a los esfuerzos de investigación y desarrollo de los grupos mencionados, se han definido cinco campos prioritarios del conocimiento, en los que convergen los trabajos del personal académico adscrito; estos campos son: Instrumentación Científica e Industrial, Micro y Nanotecnologías, Tecnologías Fotónicas, Tecnologías de la Información y Educación en Ciencia y Tecnología. Los esfuerzos en investigación, desarrollo e innovación que se realizan en el ICAT están dirigidos a aportar soluciones a problemas relevantes en las áreas de salud, educación, medio ambiente y energía.

El año 2020 estuvo marcado por el confinamiento causado por la pandemia del virus SARS-CoV-2, que causa la enfermedad COVID-19. Este año atípico en muchos sentidos representó diferentes retos en el quehacer tanto de la investigación, la docencia, la graduación de estudiantes, la difusión de los resultados de investigación y desarrollo tecnológico generados, y en general, en todos los ámbitos del quehacer académico y en la vida cotidiana de las personas. El informe que aquí se presenta representa el esfuerzo de la comunidad académica del ICAT por seguir realizando las labores que le han sido encomendadas, en situaciones que muchas veces distaron de ser las ideales.

### 1.1 Personal académico y administrativo

A finales del 2020, la plantilla académica del ICAT estuvo constituida por 114 académicos; 48 investigadores: 10 titulares C, 13 titulares B, 9 titulares A, 16 asociados C (Tabla 1); así como 66 técnicos académicos: 16 titulares C, 28 titulares B, 5 titulares A, 15 asociados C y 2 asociado B (Tabla 2); además de 20 becarios posdoctorales y 5 investigadores contratados en el programa de Cátedras CONACYT.

## PRESENTACIÓN

TABLA 1. INVESTIGADORES

GRADO			NOMBRAMIENTO				PRIDE					SNI				
Lic.	Maes.	Doc.	As. C	Ti. A	Ti. B	Ti. C	Sin	A	B	C	D	Sin	C	I	II	III
0	0	48	16	9	13	10	0	0	14	16	18	2	3	21	17	5

En relación con los investigadores, el 100% tienen el grado de doctor. En cuanto a los estímulos académicos, en lo que se refiere al Programa de Primas al Desempeño del Personal Académico de Tiempo Completo (PRIDE), 14 de ellos cuentan con el nivel B (29%), 16 con el nivel C (33%) y 18 con el nivel D (38%). En lo concerniente al Sistema Nacional de Investigadores (SNI), 21 de ellos tienen el nivel I (44%), 17 el nivel II (35%) y 5 el nivel III (11%); asimismo, 3 de ellos son candidatos (11%) y 2 más no pertenecen a dicho sistema (Tabla 1). Durante 2020 el número de investigadores aumentó de 47 a 48, debido a que el Dr. Alfonso Gastélum Strozzi solicitó el cambio de técnico académico a investigador, mismo que fue avalado por los órganos colegiados correspondientes.

La edad promedio de los investigadores a finales de 2020 fue de 50.2 años con la distribución por rango de edades que se muestra en la Figura 1. En cuanto a la distribución por género, si se toma en cuenta a los investigadores y catedráticos CONACYT, el 30 % de ellos son mujeres.

TABLA 2. TÉCNICOS ACADÉMICOS

GRADO				NOMBRAMIENTO					PRIDE					SNI				
Sin	Lic.	Maes.	Doc.	As. B	As. C	Ti. A	Ti. B	Ti. C	Sin	A	B	C	D	Sin	C	I	II	III
2	7	26	31	2	15	5	28	16	2	1	14	37	12	52	5	8	1	0

En lo referente a los técnicos académicos, el 86% tiene estudios de posgrado y 47% del total tiene estudios de doctorado. En relación con el nombramiento académico, la mayor parte se encuentra en los niveles más altos (Titular B y C), y 17 de ellos (la mayoría de reciente ingreso) cuentan con el nombramiento de técnico académico asociado. 74% de los técnicos académicos tienen los niveles más altos del PRIDE (C o D), y 14 de ellos (lo que representa el 21%) pertenece al SNI (ver Tabla 2). La edad promedio de los técnicos académicos es de 55 años; 33% de ellos son mujeres.

## INFORME DE ACTIVIDADES 2020

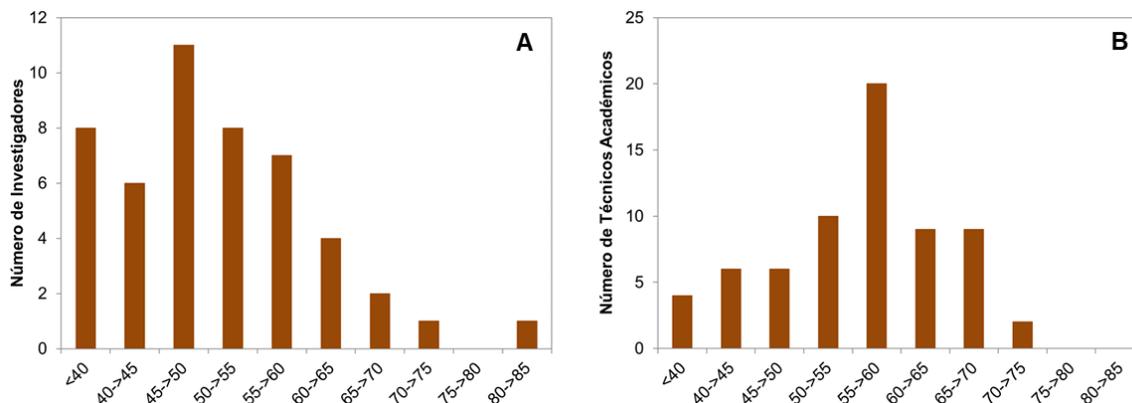


Figura 1. Distribución por rango de edades de: (A) los investigadores, y (B) los técnicos académicos, que laboraron en el ICAT durante 2020.

De manera global, la edad promedio de los académicos del ICAT durante 2020 fue de 53 años y 32% de la plantilla académica estuvo constituida por mujeres.

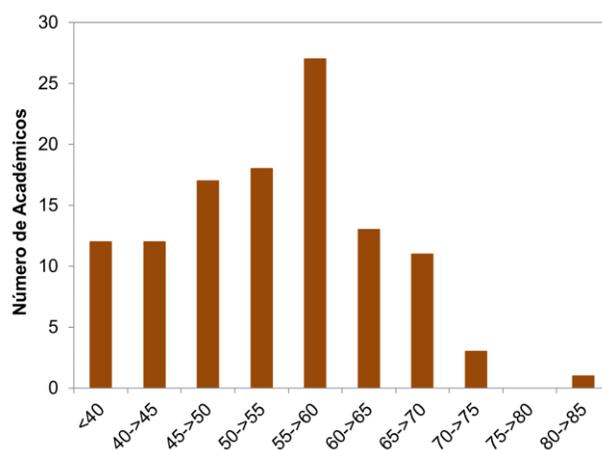


Figura 2. Distribución por rango de edades de los académicos que laboraron en el ICAT durante 2020.

Durante 2020 se incorporaron al Instituto dos nuevos académicos: la Dra. Ana Elizabeth Torres Torres, como investigadora asociada C, para trabajar en el área de Química Computacional, y el M. en C. Mario Ricardo Israel Rodríguez Varela, como técnico académico asociado C, en el área de Cromatografía de Líquidos y de Gases; ambos en la modalidad de obra determinada. En lo que concierne a bajas, tuvimos que lamentar el fallecimiento del Dr. Fernando Gamboa Rodríguez, que pertenecía al grupo de Espacios y Sistemas Interactivos para la Educación y quien lideró el exitoso proyecto del Aula del Futuro; asimismo, la Mtra. María Elena Leal Gutierrez, quien apoyaba a la Secretaría de Vinculación y Gestión Tecnológica, presentó su renuncia voluntaria a la plaza de Técnico Académico Titular A que ocupaba. Las dos plazas de técnico académico que se liberaron ya se encuentran en proceso de ser ocupadas en las áreas de Tecnología Educativa y Aprendizaje Colaborativo, así como en Desarrollo de Estudios de Gestión Tecnológica y Perfil de Negocios de Tecnologías, ello con base en los acuerdos del Consejo Interno.

## PRESENTACIÓN

Adicionalmente, el ICAT contó con el apoyo de 114 empleados de apoyo técnico y administrativo, de los cuales 13 son de personal de confianza y 101 personal de base.

## 1.2 Financiamiento recibido por proyectos y otros apoyos durante 2020

En la Figura 3 se muestra tanto el número de proyectos financiados como los montos totales obtenidos en dichos proyectos en el periodo 2014-2020. Como puede observarse, el número de proyectos realizados en el periodo se mantiene aproximadamente constante; sin embargo, a partir de 2018, se ha observado una disminución importante en el monto de los recursos recibidos, presentándose el mínimo en 2020, lo que se explica principalmente por una disminución muy importante en el número de proyectos, y sobre todo, en los montos financiados por CONACYT, por el sector público y por ingresos extraordinarios. Se observó también que en los últimos años se ha incrementado el número de proyectos financiados por la UNAM y, en algunos casos, el monto total de recursos recibido a través de dichos proyectos (principalmente los de las convocatorias emitidas por la DGAPA), lo que demuestra el esfuerzo que ha hecho la Universidad para tratar de paliar, hasta donde sea posible, la disminución de otras fuentes de financiamiento. A pesar de ello, la disminución en el monto total de los recursos, para financiar tanto la investigación como el desarrollo tecnológico, principalmente durante 2020, ha sido muy importante.

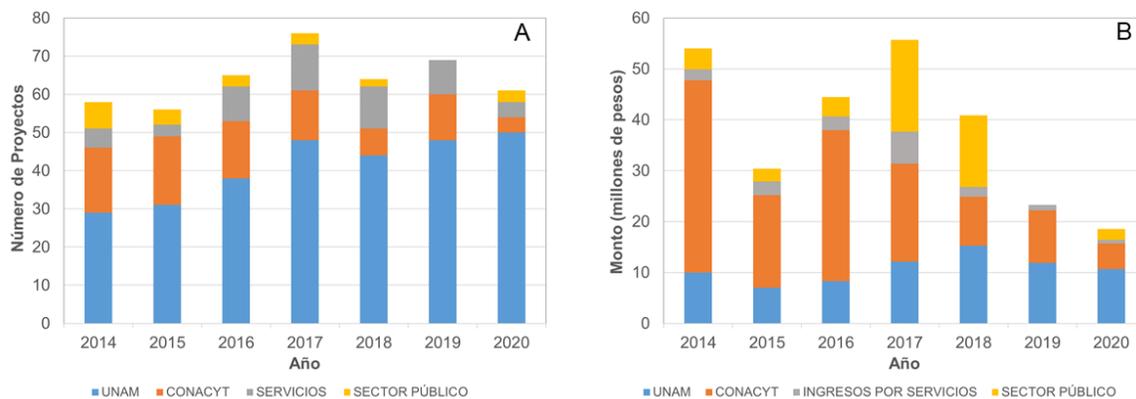


Figura 3. A) Número de proyectos financiado; B) montos financiados a los proyectos realizados en el periodo 2014-2020 por sectores de financiamiento.

Durante 2020 se recibió financiamiento a través de 71 proyectos y apoyos especiales o servicios; de ellos, 30 fueron financiados en la convocatoria PAPIIT y 20 en la convocatoria PAPIME (ambas de la DGAPA); 9 fueron apoyos especiales provenientes de otras instancias de la UNAM; 4 fueron proyectos CONACYT; 3 fueron proyectos de la SECTEI; y 5 fueron proyectos de servicios e ingresos extraordinarios. Los servicios fueron proporcionados principalmente por el Laboratorio Universitario de Nanotecnología Ambiental (LUNA), el Laboratorio Universitario de Caracterización Espectroscópica (LUCE), el Laboratorio Nacional de Manufactura Aditiva y Digital (MADiT), la Sección de Desarrollo de Prototipos y el Laboratorio de Metrología. En la Tabla 3 se muestra el desglose del número de proyectos y los montos obtenidos por las diferentes fuentes de financiamiento durante 2020. El financiamiento total para la ejecución de los proyectos del ICAT alcanzó la suma de 18,530,531.74 pesos.

## INFORME DE ACTIVIDADES 2020

Tabla 3. Proyectos desarrollados durante 2020 con base en su fuente de financiamiento.

Fuente de financiamiento	Número de Proyectos	Monto ejercido en 2020
UNAM-PAPIIT	30	\$5,957,570.00
UNAM-PAPIME	20	\$2,707,609.00
UNAM-Apoyos Especiales	9	\$2,015,907.88
CONACYT (Sectoriales)	1	\$757,000.00
CONACYT (Laboratorios Nacionales)	1	\$1,000,000.00
CONACYT (Ciencia de Frontera)	1	3,135,000.00
CONACYT (Posicionamiento de Revistas)	1	\$128,154.00
SECTEI	3	\$2,156,000.00
Ingresos Extraordinarios (Servicios)	5	\$673,290.86
<b>Gran total</b>		<b>\$ 18,530,531.74</b>

### 1.3 Publicaciones y desarrollos

Durante 2020 se generaron 144 publicaciones indizadas en ISI o SCOPUS, cifra que es ligeramente menor a la obtenida en 2019 que había sido de 147 (Figura 4). De las publicaciones indizadas en 2020, 118 fueron artículos en revistas y 26 fueron memorias in extenso. Es importante destacar que el número de publicaciones indizadas fue muy similar al de 2019, a pesar de la disminución en el financiamiento obtenido por proyectos durante 2020, del cierre de los laboratorios y, en general, de las instalaciones del ICAT durante la mayor parte del año 2020, a causa de la emergencia sanitaria ocasionada por la pandemia causada por el virus SARS-CoV-2. Sin embargo, es posible que los mayores efectos de dicho cierre no se estén observando durante 2020 y que estos se observen en mucho mayor medida durante 2021 y los años subsecuentes.

El total de publicaciones indizadas durante 2020 equivale a 3.0 publicaciones indizadas por investigador por año; si se consideran solo los artículos en revistas indizadas, el promedio es de 2.46 artículos por investigador en el año.

PRESENTACIÓN

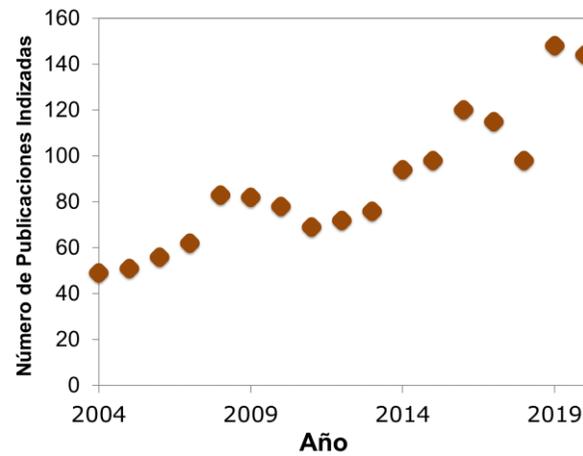


Figura 4. Número de publicaciones indizadas por año en el periodo 2004-2020.

El factor de impacto promedio de las revistas indizadas en las que se publicaron artículos durante 2020 fue de 3.1, que como puede observarse en la Figura 5, es el más alto en la historia del ICAT. El factor de impacto promedio más alto anterior había sido de 2.65 en 2018.

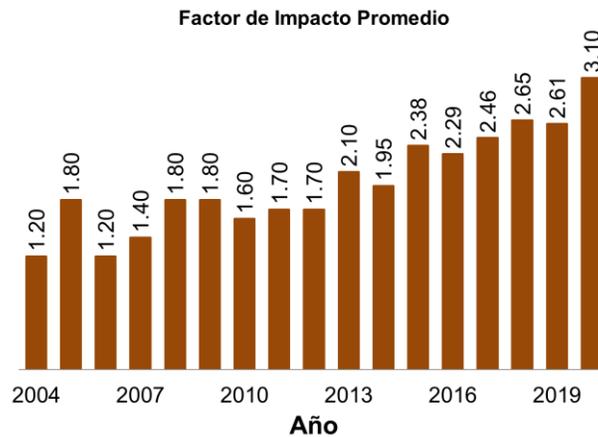


Figura 5. Factor de impacto promedio de las revistas en las que se publicaron artículos en el periodo 2004 a 2020.

En la Tabla 4 se presenta un desglose de las revistas indizadas en las que se publicó durante 2019, su factor de impacto y el cuartil. En la Figura 6 se grafica el porcentaje de artículos en función del cuartil al que pertenece la revista; como puede observarse en esta figura, el porcentaje de revistas en el cuartil 4 se mantuvo muy bajo, mientras que la suma de publicaciones en revistas de los cuartiles 1 y 2 incrementó a 76% respecto a 2019, que era del 67%; asimismo, aumentó el porcentaje de artículos que fueron publicados en revistas del cuartil 1.

## INFORME DE ACTIVIDADES 2020

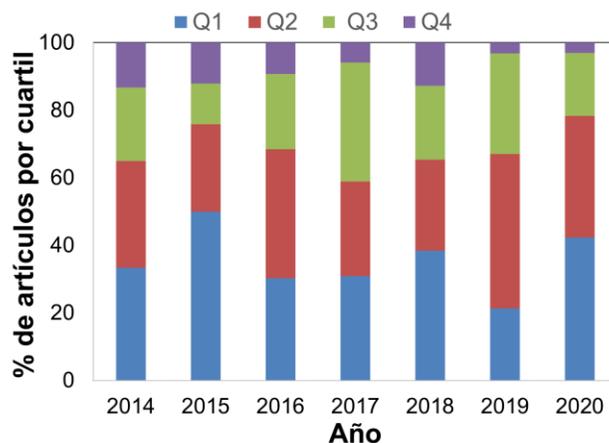


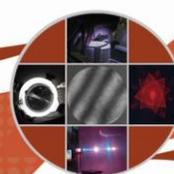
Figura 6. Porcentaje de artículos publicados, por cuartil en que aparece la revista en el Web of Science, de 2014 a 2020.

Tabla 4. Cuartil y factor de impacto de las revistas en las que se publicaron artículos durante 2020.

NOMBRE DE REVISTA	ÍNDICE	CUARTIL	FACTOR DE IMPACTO
AIP Advances	WOS	3	1.337
Analyst	WOS	1	3.978
Applied Catalysis B: Environmental	WOS	1	16.683
Applied Microbiology and Biotechnology	WOS	2	3.53
Applied Optics	WOS	3	1.961
Bioelectrochemistry	WOS	1	4.722
Biomedical Optics Express	WOS	1	3.921
Biosensors and Bioelectronics	WOS	1	10.257
Biotechnology, Agronomy and Society and Environment	SCOPUS		3.1
Bulletin of Materials Science	WOS	4	1.392
Campus Virtuales	SCOPUS		0.9
Catalysis Letters	WOS	3	2.482
Catalysis Science and Technology	WOS	2	5.721
Catalysis Today	WOS	1	5.825
Ceramics International	WOS	1	3.83
ChemElectroChem	WOS	2	4.154
Chemical Engineering Journal	WOS	1	10.652
Chemical Engineering Research and Design	WOS	2	3.35
Chemical Engineering Science	WOS	1	3.871
Chemico-Biological Interactions	WOS	1	3.723
Chemistry of Materials	WOS	1	9.567
Chemistry Select	WOS	3	1.811
Clinical Rheumatology	WOS	3	2.394
Creativity Studies	SCOPUS		1.3

## PRESENTACIÓN

NOMBRE DE REVISTA	ÍNDICE	CUARTIL	FACTOR DE IMPACTO
Crystal Growth and Design	WOS	1	4.089
Diamond and Related Materials	WOS	2	2.65
Dyes and Pigments	WOS	1	4.613
E-Learning and Digital Media	SCOPUS		1.8
Environmental Science and Pollution Research	WOS	2	3.056
Environmental Toxicology and Pharmacology	WOS	2	3.292
Environments – MDPI	SCOPUS		0.7
Estudos em Comunicação	SCOPUS		0.1
Frontiers in Psychiatry	WOS	2	2.849
Icarus	WOS	2	3.516
International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery	WOS	2	2.473
International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology	SCOPUS		1.1
International Journal of Electrical and Computer Engineering	SCOPUS		2.3
International Journal of Emerging Technologies in Learning	SCOPUS		1.7
International Journal of Hydrogen Energy	WOS	2	4.939
Investigaciones Geográficas	SCOPUS		0.7
Journal of Analytical and Applied Pyrolysis	WOS	1	3.905
Journal of Biomedical Physics and Engineering	SCOPUS		1.5
Journal of Computational Chemistry	WOS	2	2.976
Journal of Coordination Chemistry	WOS	3	1.41
Journal of Fluorescence	WOS	3	2.093
Journal of Luminescence	WOS	1	3.28
Journal of Magnetism and Magnetic Materials	WOS	2	2.717
Journal of Materials Science	WOS	2	3.553
Journal of Physical Chemistry A	WOS	2	2.6
Journal of Physical Chemistry Letters	WOS	1	6.71
Journal of Materials Science: Materials in Electronics	WOS	2	2.22
Journal of Medical Systems	WOS	1	3.058
Journal of Nanoscience and Nanotechnology	WOS	4	1.134
Journal of Petroleum Science and Engineering	WOS	1	3.706
Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry	WOS	2	3.306
Journal of Soils and Sediments	WOS	2	2.763
LUMAT: International Journal on Math, Science and Technology Education	SCOPUS		0.2
Marine Pollution Bulletin	WOS	1	4.049
Materials	WOS	2	3.057
Materials Science in Semiconductor Processing	WOS	2	3.085
Materials Today Communications	WOS	2	2.678



INFORME DE ACTIVIDADES 2020

NOMBRE DE REVISTA	ÍNDICE	CUARTIL	FACTOR DE IMPACTO
Mathematical Problems in Engineering	WOS	3	1.009
Measurement Science and Technology	WOS	2	1.857
Meta: Avaliacao	SCOPUS		0.2
Micromachines	WOS	2	2.524
Nanotechnology	WOS	2	3.551
NeuroImage	WOS	1	5.902
Open Physics	WOS	4	0.963
Optical and Quantum Electronics	WOS	3	1.842
Optics Communications	WOS	3	2.125
Optics Express	WOS	1	3.669
Optics Letters	WOS	1	3.714
Physica E: Low-Dimensional Systems and Nanostructures	WOS	2	3.57
Physical Review A	WOS	2	2.777
Physics of Fluids	WOS	1	3.514
Pixel-Bit, Revista de Medios y Educacion	SCOPUS		0.5
Polymers	WOS	1	3.426
Regional Studies in Marine Science	WOS	3	1.183
Revista Electrónica de Investigación Educativa	SCOPUS		1
Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias	SCOPUS		0.3
Revista Mexicana de Ingeniería Química	WOS	3	1.139
Science of the Total Environment	WOS	1	6.551
Scientific Reports	WOS	1	3.998
Sensors	WOS	1	3.275
Sensors and Actuators, B: Chemical	WOS	1	7.1
Separation Science and Technology	WOS	2	0.779
Spectrochimica Acta - Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy	WOS	1	3.232
Spectrochimica Acta - Part B Atomic Spectroscopy	WOS	1	3.086
Surface and Coatings Technology	WOS	1	3.784
Surgical Endoscopy	WOS	1	3.149
Texto Livre	SCOPUS		0.1
Topics in Catalysis	WOS	2	2.406
Toxicology in Vitro	WOS	2	2.959
Turkish Online Journal of Distance Education	SCOPUS		1.4
Ultrasonics	WOS	1	3.065
Wave Motion	WOS	2	1.563

## PRESENTACIÓN

El mayor factor de impacto promedio histórico de las revistas en las que se publicaron los artículos del ICAT en 2020, el incremento a 53 en el índice H del ICAT, el incremento en el porcentaje de las revistas que aparecen en los cuartiles 1 y 2, así como el incremento continuo en el número de citas recibidas anualmente a los artículos publicados por el Instituto en los últimos años (Figura 7) son indicativos de una mayor calidad y relevancia del trabajo científico y de desarrollo tecnológico que se genera en el ICAT.

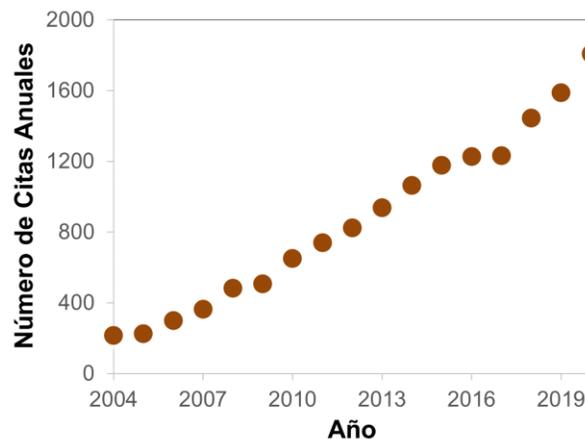


Figura 7. Número de citas anuales (no el acumulado) recibidas por los artículos generados por el ICAT de 2004 a 2020.

Como se puede ver en la Figura 8, además de las 144 publicaciones indizadas que ya se describieron líneas arriba, como cada año, durante 2020 los académicos del ICAT también documentaron su labor académica en otros productos, entre los que se pueden mencionar: 19 artículos en revistas no indizadas en ISI o Scopus; 5 libros especializados; 11 capítulos en libros igualmente especializados; 12 memorias *in extenso* en congresos internacionales; y 2 memorias *in extenso* en congresos nacionales. En cuanto a publicaciones técnicas, se elaboraron 31 informes tanto internos como externos; 6 manuales; 7 notas de curso; así como se desarrollaron o revisaron 4 normas. El total de publicaciones fue de 236, lo que se traduce en un promedio de 4.9 publicaciones por investigador por año o bien 2.1 publicaciones por académico por año.

Como puede observarse en la Figura 8, hubo una ligera disminución en el número total de productos obtenidos durante 2020; lo anterior como consecuencia, principalmente, de la cancelación de varios eventos en los que los académicos del ICAT suelen participar (como el Congreso de Instrumentación-SOMI), debido a la emergencia sanitaria, lo que disminuyó considerablemente el número de memorias *in extenso* en congreso generadas durante el año.

En lo que concierne a desarrollo tecnológico, en el 2020, el ICAT tuvo 2 patentes nacionales en trámite; un modelo industrial otorgado y 2 en trámite; un producto de *software* y un libro obtuvieron derechos de autor; 4 desarrollos de instrumentación fueron transferidos a los usuarios; 7 programas de computadora fueron desarrollados y, también, transferidos a sus usuarios; asimismo, se produjeron y transfirieron 4 multimedios. Además, se trabajó en el desarrollo de 4 prototipos que se encuentran en proceso.

INFORME DE ACTIVIDADES 2020

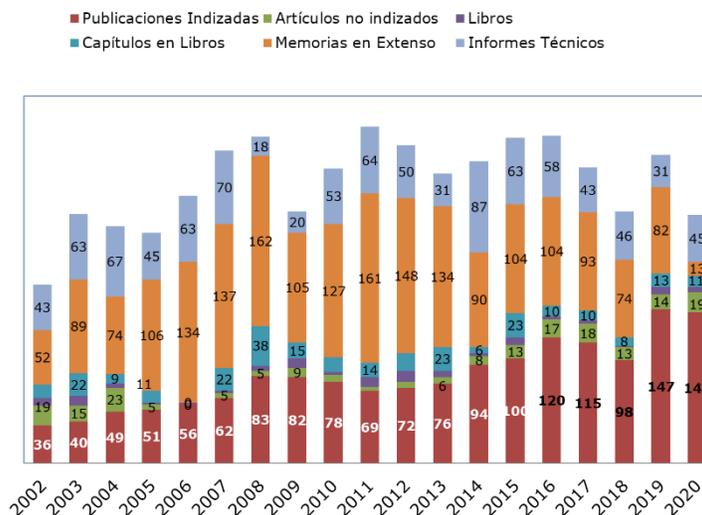
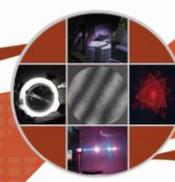


Figura 8. Producción total en el periodo 2002 a 2020.

Durante 2020 varios académicos del ICAT participaron en la elaboración de dispositivos e instrumentos para apoyar en la emergencia sanitaria. Entre otros, se trabajó en el desarrollo de hisopos por impresión 3D; en el diseño y la elaboración de oxímetros de pulso; en la elaboración de caretas de protección; así como en el desarrollo de tres soluciones (programas de computadora o aplicaciones en la nube) para apoyar a los especialistas clínicos para capturar y procesar los datos relativos a la COVID-19.

La concepción de los hisopos por impresión 3D surgió de una solicitud de la Facultad de Medicina de la UNAM, a través de la Dra. Yolanda Vidal, de realizar una propuesta de fabricación de hisopos como consecuencia de la falta de abasto por saturación de las empresas internacionales líderes en su fabricación y comercialización. El Grupo de Dispositivos Biomédicos del ICAT realizó una propuesta de uso de la impresión 3D para fabricar este insumo dada la facilidad y rapidez de diseño y manufactura que ofrecen. En pocos días realizaron varias propuestas de bastoncillos con el apoyo de médicos especialistas en el Hospital General de México “Dr. Eduardo Liceaga” (HGMEL), con lo que se estructuró un proyecto transdisciplinario tanto de investigación como de desarrollo tecnológico, teniendo como actores al ICAT (como líder), al IPN, al HGMEL, a la SECTEI y a las empresas TROKAR S.A. de C.V. y ADES 3D. El primer bastoncillo con cavidad hueca y agujeros se realizó con el biopolímero PLA (ácido poliláctico), que es un material biodegradable utilizado en prótesis y otros productos de uso médico. Este primer prototipo fue objeto de una solicitud de modelo de utilidad. Actualmente se tiene una versión de mayor flexibilidad utilizando un elastómero. A través de la SECTEI se acordó realizar pruebas de control analítico (esterilidad, prueba de pirógenos, inyección sistémica y reactividad intracutánea) por el Laboratorio de Investigación y Asistencia Técnica (LIAT) del IPN, que es un Laboratorio de Prueba Tercero Autorizado por la COFEPRIS para la realización de estos análisis, obteniéndose resultados favorables, lo que da certeza respecto al uso de los hisopos en personas. Se propuso también la validación de uso en clínica de los hisopos 3D como parte de un proyecto de investigación sometido en el HGMEL y aprobado por los comités de ética en investigación, bioseguridad e investigación (registro de autorización: DI/20/501/04/52). Como parte de este protocolo, se realizaron pruebas de funcionalidad de varios diseños de hisopos en laboratorio y con maniqués de adulto e infantiles. Se seleccionó el mejor modelo de hisopo orofaríngeo y nasofaríngeo, además de que se realizó la validación en clínica con la toma de muestra en 42 pacientes, de los cuales 20 fueron ambulatorios y 22 hospitalizados con cuadros graves y severos, comparando el resultado de detección con el



## PRESENTACIÓN

hisopo de referencia que usa ese hospital. El porcentaje de concordancia fue alto, y en la percepción de uso de los hisopos 3D, el 75% de los pacientes ambulatorios y el 81% de los hospitalizados los consideraron menos o igual de molesto que el hisopo de referencia. Este desarrollo ha sido financiado a través de fondos provenientes del ICAT, de la Coordinación de la Investigación Científica de la UNAM, un proyecto PAPIIT-DGAPA (IV100320), un proyecto SECTEI, así como financiamiento de las pruebas de fabricación, esterilización y acondicionamiento como producto médico por parte de las empresas ADES 3D y TROKAR S.A. de C.V. Estas últimas empresas se encuentran en fase de aprobación de un convenio de transferencia de uso de la tecnología de diseño y fabricación de los hisopos. En enero de 2021 se ingresó la solicitud de registro sanitario de los hisopos para su comercialización por la empresa TROKAR S.A. de C.V.

Durante 2020 se trabajó también en el desarrollo de un oxímetro conectado a un teléfono celular para monitorear remotamente la oxigenación de un paciente y almacenar o enviar los datos generados de manera remota a médicos, enfermeras o personal de apoyo de los pacientes. Esta fue una respuesta a una demanda específica de la Ciudad de México, por lo que se cuenta con financiamiento de la SECTEI y de un proyecto PAPIIT (IV100320). Hasta ahora se cuenta con un prototipo que es funcional y se han realizado ensayos de medición con un instrumento de calibración especializado y con personas participantes en el proyecto. Actualmente se está fabricando un primer lote de oxímetros en colaboración con una empresa en el Estado de México, para después buscar su certificación y comercialización. Esto forma parte de una colaboración "Triple Hélice" entre el gobierno de la CDMX, la UNAM y una empresa privada. En la segunda etapa del proyecto, durante 2021, se aplicarán nuevos modelos de procesamiento de señales, usando teorías de esparcimiento que se trabajan en el ICAT, para mejorar la confiabilidad de las mediciones. Se espera poder entregar un lote de 100 oxímetros a la SECTEI durante 2021.

Por otro lado, el Laboratorio Nacional de Manufactura Aditiva y Digital (MADiT), tanto en el ICAT como en el Tecnológico de Monterrey, en colaboración con el Centro de Investigación Médica Aplicada del Hospital General "Dr. Manuel Gea González", desarrolló una careta de protección facial completa (máscara-careta) para uso del personal de salud. La careta, nombrada "GEA-MADiT", fabricada en PET-G, sirve como una barrera protectora del rostro completo del personal de salud, ofreciendo la posibilidad de un perfecto ajuste a diversas formas de rostro, para cubrirlo desde la parte baja de la barbilla hasta la parte alta de la frente, los costados, así como ojos, nariz y boca, ofreciendo el nivel de protección necesario para su uso en ambientes de consulta, atención e incluso quirúrgicos. Gracias al apoyo de las compañías Eastman y Laminex, que donaron 1.3 toneladas de láminas de PET-G, se logró fabricar y donar aproximadamente 14,000 caretas a instituciones públicas de salud, entre las que destacan el Hospital General "Dr. Manuel Gea González", el Hospital General de México "Dr. Eduardo Liceaga", el Hospital de la Mujer, el Hospital Juárez de México, el Instituto Nacional de Perinatología y el Centro de Alta Especialidad "Dr. Rafael Lucio". También se donaron caretas a hospitales públicos y organismos de seguridad pública en el Estado de Nuevo León.

Respecto a los programas de computadora o aplicaciones en la nube para capturar y procesar los datos relativos a la COVID-19, la aplicación SSEM (*Syndemic and Syndemogenesis Elements Modeler*), desarrollada inicialmente en 2018 para el análisis y modelado de datos médicos con un enfoque de manejo de Big Data y la introducción de metodologías que permitan el estudio de problemas médicos con un enfoque sindémico, extendió su alcance durante 2020, introduciendo técnicas de agrupación de datos para su análisis y nuevos métodos de simulado para la obtención de los descriptores de mayor importancia. Gracias a los resultados de la aplicación, se sentaron las bases para establecer un grupo de estudio de EULAR (*EULAR-Study Group Syndemics in Rheumatic and Musculoskeletal Disease*) con el objetivo de entender el impacto de la COVID-19 en pacientes con enfermedades reumáticas. Una segunda solución consistió en el desarrollo de una aplicación en la nube para el manejo de datos clínicos llamada Excelen-19, enfocada en el estudio del impacto de la pandemia producida por COVID-19 en los recursos hospitalarios, así como el seguimiento de pacientes para la

## INFORME DE ACTIVIDADES 2020

valoración de la eficacia de los tratamientos implementados desde marzo del 2020 a la fecha. Se desarrolló también un sistema de encuesta en la nube para la adquisición de datos de pacientes, llamado MEDEN. La aplicación tiene como objetivos reducir el manejo de papel durante las entrevistas clínicas y disminuir el tiempo necesario de contacto entre el especialista y el paciente. MEDEN cuenta con un módulo de análisis de los datos capturados que permite también estudiar resultados obtenidos por MEDEN o cualquier encuesta de la aplicación Limesurvey. Estas 3 soluciones fueron desarrolladas por académicos y alumnos del Grupo de Dispositivos Biomédicos del ICAT.

Asimismo, 4 académicos del ICAT de los grupos de Electrónica y Sensores, en colaboración con académicos de la Facultad de Ingeniería, participaron en la recuperación de equipos de respiración artificial, que habían sido dados de baja en diferentes hospitales del Instituto Mexicano del Seguro Social. Varios equipos fueron recuperados para su utilización en hospitales para atender a pacientes que enfermaron de la COVID-19.

Además, el Grupo de Catálisis y Procesos de Superficie trabajó en un proyecto relacionado con la detección en agua residual y suelo del virus SARS-CoV-2 y de los fármacos que se utilizan para su tratamiento, para predecir el potencial de diseminación ambiental del virus, en colaboración con la Facultad de Medicina y el Instituto de Geología ambos de la UNAM.

Adicionalmente, los académicos del ICAT trabajaron en otros prototipos no relacionados con la atención a la pandemia, algunos de ellos ya validados con el usuario, entre los que se pueden mencionar 3 fuentes conmutadas variables para su aplicación en un reactor de alta presión, un electroporador digital, una fuente hemiomnidireccional, una cámara dosificadora de gases para experimentos de adicción, el control electrónico de una bomba dosificadora para experimentos biomédicos, un simulador de extracción *in situ* de tejido corneal, un prototipo para la enseñanza de las ciencias consistente en un microscopio-telescopio, 7 productos de *software* validados con el usuario y 4 multimedios.

#### 1.4 Docencia y formación de profesionistas altamente capacitados

Como se muestra en la Figura 9, durante 2020 se impartieron 175 cursos curriculares frente a grupo (95 en posgrado, 77 en licenciatura y 3 en bachillerato). Adicionalmente, se impartieron 21 cursos de capacitación, además de 149 asesorías y tutorías a estudiantes de grado y posgrado. La docencia en el nivel de licenciatura se imparte fundamentalmente en las facultades de Ingeniería, Ciencias, Química y, en menor medida, en Contaduría y Administración, Arquitectura, Medicina y Filosofía y Letras; adicionalmente, se impartieron algunos cursos en entidades externas con las que el ICAT tiene firmados convenios de colaboración.

En el rubro de estudios de posgrado, el Instituto es entidad participante en los programas de posgrado en Ingeniería (Eléctrica, Química, Mecánica y Sistemas), Ciencias Físicas, Ciencia e Ingeniería de la Computación, Ciencia e Ingeniería de los Materiales y Música. Es importante señalar que un académico del ICAT es el presidente del SACC del Posgrado en Ingeniería Eléctrica, el cual forma parte del padrón de excelencia de CONACYT en los niveles de maestría y doctorado. Asimismo, diversos académicos del ICAT participan en otros posgrados, entre los que cabe destacar, el de Ciencias Químicas, Pedagogía, Economía, la Maestría en Docencia para la Educación Media Superior (MADEMS), Ciencias de la Administración, Informática Administrativa, así como Ciencias Políticas y Sociales.

PRESENTACIÓN

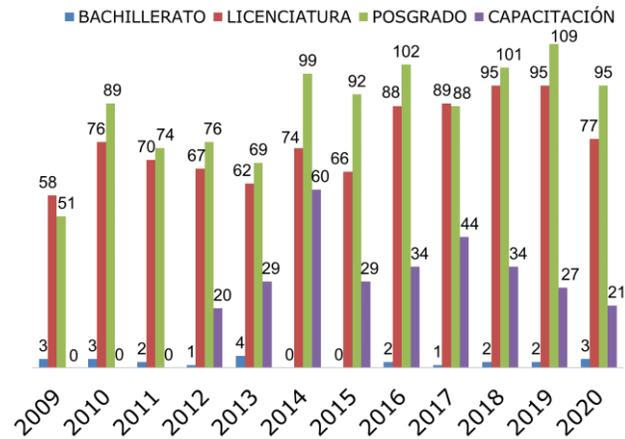


Figura 9. Cursos impartidos a lo largo de los últimos años por académicos del ICAT.

Con respecto a la formación de profesionistas altamente capacitados, se concluyeron 5 tesis de doctorado, 37 de maestría y 23 de licenciatura. En este periodo, el promedio de tesis doctorales concluidas por investigador y año fue de 0.11; considerando el conjunto de tesis de posgrado y licenciatura, el promedio fue de 1.34. Además, como parte de las actividades de formación de profesionistas altamente capacitados, el personal del ICAT participó en 164 comités tutoriales y 143 jurados en tesis de grado y posgrado, lo equivale a un promedio de 3.49 comités tutoriales por investigador y 3.04 jurados de exámenes de grado y posgrado por investigador. Se atendió a un total de 247 alumnos.

Durante 2020 se observa una fuerte disminución en el número de estudiantes titulados de licenciatura y graduados de doctorado respecto a los años recientes; esto en principio se explica por la suspensión total de exámenes tanto de licenciatura como de posgrado en la UNAM por varios meses durante el año, debido a la emergencia sanitaria causada por el virus SARS-CoV-2, además de que al retomarse los trámites de titulación y graduación en la última parte del año, estos fueron muy lentos debido a limitaciones de personal tanto en las facultades como en los posgrados, pero principalmente en la Dirección de General de Administración Escolar, lo que aunado al cierre del ICAT a partir de finales de marzo de 2020, tuvo un impacto negativo en la titulación y graduación de nuestros estudiantes.

Es de destacar que, en el caso de tesis concluidas de maestría, se logró un número récord de 37 tesis concluidas, que es el más alto en un año en la historia del Instituto.

## INFORME DE ACTIVIDADES 2020

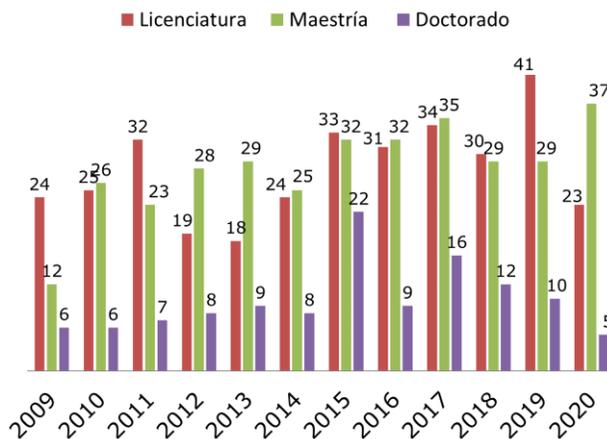


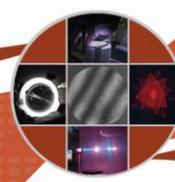
Figura 10. Tesis totales dirigidas por nivel académico de 2009 a 2020.

### 1.5 Vinculación, cooperación, colaboración y servicios

En el año se establecieron 11 nuevos convenios con distintos sectores, un convenio de donación y un convenio de prórroga, así como 6 bases de colaboración interinstitucionales y un acuerdo de confidencialidad (ver Anexo 3 para mayores detalles); además, se continuó colaborando con alrededor de 20 entidades y dependencias de la Universidad. Adicionalmente, se sostuvieron trabajos conjuntos con una veintena de instituciones académicas nacionales y con alrededor de 25 universidades y centros de investigación internacionales.

El ICAT presta servicios tecnológicos avanzados a otras dependencias de la UNAM, a organismos externos y a empresas privadas a través del desarrollo de prototipos, diseño y manufactura avanzada, servicios de metrología, caracterización de nanomateriales, análisis por cromatografía de compuestos orgánicos y análisis de carbono orgánico total, así como en el desarrollo y asesoría para sistemas de cómputo y telecomunicaciones. Asimismo, a partir de 2018 el ICAT forma parte del Laboratorio Nacional de Óptica de la Visión (LaNOV) como institución asociada, siendo la institución sede el Centro de Investigaciones en Óptica A. C. En el LaNOV-ICAT participan 4 académicos; su objetivo es realizar investigaciones científicas que permitan ampliar el conocimiento del sistema visual humano, desarrollar métodos e instrumentos ópticos que permitan atender problemas de salud relacionados con el sistema visual, así como apoyar a instituciones y a la industria de la visión para atender sus necesidades de medición y calibración. Sus objetivos específicos en el corto y mediano plazo incluyen el desarrollar un prototipo funcional de un topógrafo corneal cónico, un prototipo experimental de un topógrafo corneal que utiliza objetivos dinámicos y un método para evaluar cuantitativamente los parámetros de diseño de lentes progresivas. Para alcanzar dichos objetivos, en el edificio principal del ICAT se acondicionó un espacio dedicado que consta de dos laboratorios, uno de investigación básica y otro de investigación clínica, y se han adquirido varios equipos y accesorios con financiamiento tanto del CONACYT como de la UNAM. Actualmente se desarrollan dos prototipos de topógrafos corneales: uno compacto con una pantalla nula cónica y con un celular como cámara fotográfica; el segundo se basa en el uso de pantallas nulas dinámicas, donde el objetivo puede ser modificado según convenga, además de que el muestreo sobre la superficie corneal se puede hacer más denso para aumentar la precisión de la medición. Sobre este último desarrollo se ha solicitado una patente ante e IMPI.

Por otro lado, en lo que se refiere a colaboración y relaciones con el exterior, durante 2020, un académico realizó una estancia sabática internacional, en la Universidad del Valle de Cali en Colombia y uno más estuvo



## PRESENTACIÓN

de comisión durante todo el año en la Universidad de California-Riverside; además, un investigador de la Escuela Nacional Preparatoria, Plantel No. 6, realizó una estancia sabática en el Instituto. Adicionalmente, se realizaron dos estancias cortas de investigación internacionales por parte de académicos de la entidad en laboratorios e instituciones de investigación, en Estados Unidos de América y en Perú; también se recibió un profesor visitante de Alemania; asimismo, dos profesores nacionales realizaron estancias en el ICAT.

### 1.6 Actividades editoriales

El Instituto edita la revista *Journal of Applied Research and Technology*, que se encuentra indizada en *Scopus* y en el padrón de revistas de excelencia de CONACYT; adicionalmente, en colaboración con el Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades (CEIICH) y el Centro de Nanociencias y Nanotecnologías (CNyN), edita la Revista Interdisciplinaria en Nanociencias y Nanotecnología *Mundo Nano*, que se encuentra en el padrón de revistas de excelencia de CONACYT; asimismo, varios miembros de la plantilla académica del Instituto participan como editores asociados en revistas como *Applied Optics*, *Journal of Vibroengineering* y *Polibits*; además, los académicos del ICAT participaron, durante 2020, en 169 revisiones de artículos y otros productos académicos como libros, capítulos en libro, memorias en congresos, así como 119 evaluaciones de proyectos.

### 1.7 Difusión, divulgación, organización y participación en eventos académicos

Durante 2020, los académicos del ICAT participaron en la organización de 12 eventos, casi todos ellos virtuales, entre los que sobresalen el *International Conference on Artificial Neural Networks 2020*, el XXXIII Simposio Internacional de la Sociedad Mexicana de Computación en la Educación (SOMECE), el *International Conference on Neuroinformatics*, el *1st International Online Meeting on Laser Induced Breakdown Spectroscopy (IOMLIBS)*. Durante 2020, la labor de investigación y desarrollo tecnológico de la plantilla académica del ICAT fue dada a conocer en 35 notas difundidas en medios impresos, digitales, radio y televisión, las que fueron replicadas 169 veces en otros medios. Debido a la emergencia sanitaria, muchas de las ferias y eventos de divulgación que se organizan todos los años fueron canceladas, pero el personal académico del Instituto participó de manera virtual en eventos tales como la *Fiesta de las Ciencias y las Humanidades Virtual 2020*, el *Seminario de Orientación de Ingeniería en Sensores* del Universidad Tecnológica del Centro en Yucatán, *Sábados de la Ciencia* de la Universidad Autónoma Metropolitana y la Academia Mexicana de Ciencias, así como en el *Día de Puertas Abiertas 2020* del ICAT, que se realizó de manera virtual. Además, el personal académico del ICAT colaboró con información para el desarrollo de material de divulgación para redes sociales en forma de infografías, videos, *gifs* infográficos, entre otros.

A lo largo de 2020, la Coordinación de Difusión y Divulgación del ICAT proporcionó servicios y apoyo en diferentes actividades, entre las que se pueden mencionar: atención a 94 solicitudes de difusión internas, a 193 solicitudes de difusión externas y 39 solicitudes de apoyo para difusión de asuntos de interés vario, lo que implicó dar difusión en la página web del ICAT, redes sociales, correo electrónico y/o Agenda UNAM; asimismo, coordinó la conceptualización, planeación y realización de acciones de difusión de información sobre el ICAT, sobre todo mediante la producción de 7 series de publicaciones periódicas para redes sociales; apoyó en la coordinación y logística de participación del ICAT en 7 eventos y actividades de divulgación, por ejemplo en la Fiesta de las Ciencias y las Humanidades Virtual 2020, en la Noche de las Estrellas Virtual 2020, en programas radiofónicos y en el evento de Puertas Abiertas Virtual ICAT 2020; así como en otras acciones de divulgación como una serie de Infografías-ICAT a la que se les dio difusión en redes sociales. Entre los temas que se abordaron se puede mencionar *Sistema para purificación del agua*, *Ojo con tus ojos*, *¿Problemas de la vista?*, *Audífonos y el oído*, *¿Por qué moja el agua?*, *¿Qué es la luz?*, *¿Qué es la física?*, *Si usas mucho tus audífonos puedes perder la audición*, *¿Por qué el cielo es azul?*, *Enseñando el cobre*, *Reología: No te estreses, sólo fluye*, *¿Cómo*

## INFORME DE ACTIVIDADES 2020

*hacemos para oír?, ¿Por qué nos reflejamos en los espejos?, ¿Por qué no reconocemos nuestra voz en una grabación?, ¿Qué es un líquido? y ¿Qué es la reología?* Para mayores detalles sobre las acciones de difusión y divulgación realizadas durante 2020, consultar el Anexo 4 de este documento.

En relación con las redes sociales, durante 2020: en Facebook, se realizaron 654 publicaciones y el ICAT contaba a finales del año con 7,344 seguidores; en Twitter, se realizaron 867 tweets y la red contaba con 6,934 seguidores; en Instagram, se realizaron 198 publicaciones y el Instituto contaba con 505 seguidores; en YouTube, se realizaron 56 publicaciones y el canal del ICAT contaba con 743 suscriptores; y finalmente, en LinkedIn se realizaron 111 publicaciones y el ICAT contaba en esa red, también a finales de 2020, con 344 contactos.

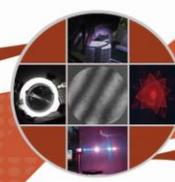
Por otra parte, durante el 2020 se instaló la Comisión Interna para la Igualdad de Género del ICAT y se comenzó a realizar actividades de difusión relacionadas con esta importante temática.

### 1.8 Premios y reconocimientos

Algunos de los galardones más destacados en 2020 fueron los siguientes: el Dr. Fernando Pérez Escamiroso ganó el Premio Nacional de Diseño otorgado por el Consejo Certificador de la Innovación y el Diseño, A.C.; la Dra. Rosario Castañón Ibarra recibió el Reconocimiento Sor Juana Inés de la Cruz por la UNAM; la Dra. Elsi Violeta Mejía Uriarte recibió un reconocimiento otorgado por la Universidad Nacional de Trujillo por ser el Investigador Titular del proyecto Ganador “Estudio de la superfibras de alpaca y vicuña: Mejoramiento por nanotecnología para su uso como material multifuncional”, financiado por el FONDECYT-CONCYTEC-Banco Mundial, otorgado por la Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Perú; asimismo, el Dr. Miguel Ángel Padilla Castañeda y el M.D.I. Juan Salvador Pérez Lomelí ganaron un segundo lugar con el trabajo de investigación presentado en el Cuarto Encuentro Internacional de Simulación Clínica, SIMex 2020.

### 1.9 Comentarios finales sobre los logros más relevantes en 2020

La vocación del Instituto por integrar ciencia, tecnología e innovación se refleja en los productos de su trabajo, los cuales incluyen tanto los típicos de investigación (publicaciones en revistas internacionales y nacionales, memorias in extenso en congresos, libros y capítulos en libro) como los de desarrollo tecnológico (informes técnicos, manuales, prototipos, desarrollo de software y multimedios, patentes, modelos de utilidad, diseños industriales, transferencias tecnológicas, entre otras). En este contexto, es importante señalar el número creciente de investigadores involucrados en el desarrollo y la construcción de prototipos y dispositivos, quienes trabajan en equipo con técnicos académicos de su área de especialidad o de áreas complementarias. Entre los logros principales en este periodo resaltan el apoyo que varios grupos del ICAT proporcionaron para tratar de proveer soluciones a la emergencia sanitaria causada por el virus SARS-CoV-2. El Grupo de Dispositivos Biomédicos diseñó un prototipo de hisopo y su frasco transportador para toma de muestras de diagnóstico de la COVID-19. Estos hisopos, producidos de manera sencilla con impresión 3D, representan una alternativa con posibilidad de fabricación en México, por lo que su uso en hospitales de todo el país podría ser accesible y rápido. Este desarrollo está en proceso de ser transferido a una empresa mexicana para su comercialización. Académicos de este mismo grupo, que también forman parte de la Unidad de Investigación y Desarrollo Tecnológico del ICAT en el HGMEI, desarrollaron programas de computadora o aplicaciones en la nube para capturar y procesar los datos relativos a la COVID-19; una primera aplicación se desarrolló con el objetivo de entender el impacto de esta en pacientes con enfermedades reumáticas; una segunda solución consistió en el desarrollo de una aplicación en la nube para el manejo de datos clínicos, enfocada en el estudio del impacto de la pandemia producida por COVID-19 en los recursos hospitalarios, así como el seguimiento de pacientes para la valoración de la eficacia de los tratamientos implementados, además de un sistema de



## PRESENTACIÓN

encuesta en la nube para la adquisición de datos de pacientes para reducir el manejo de papel durante las entrevistas clínicas y disminuir el tiempo necesario de contacto entre el especialista y el paciente.

Los grupos de Fotónica de Microondas y Sensores desarrollaron un prototipo de un oxímetro conectado a un teléfono celular para monitorear remotamente la oxigenación de un paciente y almacenar o enviar los datos generados de manera remota a médicos, enfermeras o personal de apoyo de los pacientes, por encargo del gobierno de la Ciudad de México, a través de la SECTEI. En breve se producirá un lote de 100 oxímetros para ser evaluados por la mencionada secretaría.

El Laboratorio Nacional de Manufactura Aditiva y Digital (MADiT) del ICAT, en colaboración con el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey y el Centro de Investigación Médica Aplicada (CIMA) del Hospital General Manuel Gea González (HGMGG), diseñó y construyó una máscara-careta como equipo de protección para el personal médico atendiendo a pacientes con COVID-19. Más de 14,000 de estas caretas fueron entregadas gratuitamente a instituciones públicas de salud del país.

Aunado a lo anterior, durante el 2020 los académicos del ICAT produjeron el número de artículos indizados más alto de su historia. Este año se publicaron 118 artículos indizados en ISI/SCOPUS, que es el número más alto de artículos publicados por el ICAT en un año, superando los 106 del 2019, que era el valor más alto obtenido previamente. El factor de impacto promedio de las publicaciones indizadas del ICAT durante el 2020 fue también el más alto de la historia. Para el 2020 este indicador fue de 3.1, y el valor de 2.65, en el 2018, era el valor más alto alcanzado previamente. Además, el promedio de los cuartiles de las revistas en las que se publicaron los artículos del ICAT durante 2020 fue de 1.82, que es el valor más bajo desde el 2014, cuando se comenzó a reportar. En este caso, los valores más bajos representan una mayor calidad de las revistas en las que se publicaron los artículos generados en el ICAT. El valor más bajo previamente reportado fue de 1.96 en el 2015.

Durante el 2020 se graduaron 37 estudiantes de maestría, que es el valor más alto en la historia de la entidad académica. El valor más alto previo había sido de 35 en el 2017. Este logro es más notable dada la emergencia sanitaria del 2020, que afectó severamente el trabajo de tesis de los estudiantes, y es un reflejo del gran esfuerzo de los académicos y los estudiantes del ICAT para seguir con sus proyectos de investigación y desarrollo, aún en las situaciones adversas que supuso dicho año.

2020 fue un año de grandes retos; el personal académico, los funcionarios y personal administrativo de confianza estuvieron a la altura de los mismos; gracias a ellos podemos presentar los productos de investigación, desarrollo tecnológico, docencia, formación de profesionistas altamente capacitados, así como de difusión y divulgación que se reseñan detalladamente en las siguientes páginas. ¡Muchas gracias a todos ellos por su esfuerzo y dedicación!