



GOBIERNO DE  
MÉXICO



CONACYT  
Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología



# INSTITUTO NACIONAL DE ASTROFÍSICA, ÓPTICA Y ELECTRÓNICA (INAOE)

## Reporte de Autoevaluación 2021



**CONTENIDO**

**Introducción ..... 3**

**1. Planta Académica..... 4**

**2. Producción Científica ..... 6**

**2.1 Cátedras que participan en publicaciones ..... 7**

**3. Proyectos de Investigación ..... 8**

**3.1 Proyectos externos por investigador..... 9**

**3.2 Proyectos interinstitucionales. .... 10**

**4. Formación de Recursos Humanos..... 11**

**5. Desarrollo tecnológico ..... 15**

**6. Vinculación ..... 18**

**7. Indicadores del Anexo III del CAR..... 22**

**8. Convenios de colaboración..... 23**

**9. Premios ..... 24**

**10. Reporte GTM y Laboratorio Nacional HAWC 2021 ..... 25**





GOBIERNO DE  
MÉXICO



CONACYT  
Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología



## INTRODUCCIÓN

El Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE) es uno de los 26 Centros Públicos de Investigación (CPIs) del CONACYT en México. El decreto de creación del INAOE, menciona que las actividades sustantivas del INAOE son; 1.- la investigación, 2.- el desarrollo tecnológico, 3.- la formación de capital humano, y 4.- la vinculación con la sociedad. Las funciones sustantivas arriba mencionadas tienen, como uno de sus objetivos, resolver los problemas nacionales del país, además de mantener la relevancia internacional de la ciencia mexicana. Lo anterior, por medio de la identificación y solución de problemas científicos y tecnológicos y la formación de especialistas en las áreas de Astrofísica, Óptica, Electrónica, Ciencias Computacionales y campos afines. Con este fin, el Instituto ha definido objetivos y metas específicas dentro de su Plan Estratégico de Mediano Plazo. Durante los últimos años el INAOE ha mantenido una productividad constante en la investigación, desarrollo tecnológico y formación de recursos humanos.

En el año 2021, el número de artículos publicados por investigadores del INAOE en revistas con arbitraje fue de 258 contra la meta de 230, lo cual da un rendimiento del 112 % con respecto a lo planeado. Dicha producción científica se llevó a cabo con 164 investigadores, de los cuales 119 se rigen por el Estatuto de Personal Académico (EPA), 24 provienen del programa cátedras CONACYT, y 19 son tecnólogos con actividad académica. El 90% de los 119 investigadores regidos por el EPA están en el SNI, el 84% de las cátedras son miembros del SNI, mientras que el 15% de los tecnólogos están registrados en el SNI. La razón de publicaciones por investigador en el año 2021 arroja un valor de 1.57 (258/164). El denominador aumenta a 164 porque se consideran a todo el personal que ha publicado.

La vinculación derivada de proyectos científicos y tecnológicos arroja un total de 119 proyectos externos contra 141 proyectados, con lo que sólo se consiguió un 84% de avance en el año 2021. La productividad, medida como el número de proyectos por investigador resultó en un número de 0.72 (119/164). Consideramos que estos es una consecuencia negativa de la contingencia sanitaria del COVID-19.

De gran relevancia para los planes de articulación de la ciencia con la tecnología y su derivación en innovación abierta, ha sido la aprobación del proyecto interinstitucional "Plataforma para el desarrollo y fabricación de sensores y actuadores inteligentes aplicados en energía, salud, y seguridad -ISensMEX-" aprobado en septiembre de 2021 por CONACYT. Es un proyecto con un monto total, en números redondos, de 234 millones de pesos (~10.6 millones de dólares), en el cual participan 6 centros públicos de investigación (INAOE, CIMAV, CIDESI, CIATEQ, CIDETEQ, y COMIMSA). Es un proyecto que articula y complementa las capacidades de investigación humanas y de laboratorios para el desarrollo de una tecnología nacional de fabricación de sensores inteligentes, que tiene como objetivo particular al año 2024 el desarrollo de soluciones para un sistema de monitoreo de creatinina, otro sistema de detección de bacteria E. Coli, detección de arsénico, y sistema para detección de vibraciones mecánicas para el sistema de transporte colectivo METRO de la ciudad de México.

El INAOE cuenta con catorce programas de posgrado y una especialidad en trámite. En el año 2021 la maestría de Ciencias y Tecnologías Biomédicas ingreso al PNPC, por lo que 11 de los catorce posgrados de INAOE están en el PNPC. En el año 2021, los posgrados institucionales egresaron 30 doctores y 61 maestros en ciencias. La meta establecida para el año 2021 es de 20 doctores y 45 maestros en ciencias, con lo cual se ha cumplido en el rubro de formación académica.



## 1. PLANTA ACADÉMICA

En cuanto a la planta de investigadores tenemos un total de **164** investigadores, los cuales se encuentran distribuidos de la siguiente manera: **119** regidos por el Estatuto de Personal Académico (EPA), **26** cátedras CONACYT, y **19** tecnólogos con actividad académica.

La planta del personal académico por categorías y áreas queda integrada al 2021 tal como se indica en las Tablas 1.1, 1.2 y 1.3.

	Asociado "C"	Titular "A"	Titular "B"	Titular "C"	Titular "D"	Total
Astrofísica	0	7	12	10	4	33
Óptica	2	6	11	12	2	33
Electrónica	0	1	17	14	1	33
Ciencias Computacionales	1	0	9	9	1	20
<b>Total</b>	<b>3</b>	<b>14</b>	<b>49</b>	<b>45</b>	<b>8</b>	<b>119</b>

TABLA 1.1 Personal regido por el Estatuto del Personal Académico (EPA)

	Ingenieros						Tecnólogos			Total
	Asociados			Titulares			Asociado	Titulares		
	"A"	"B"	"C"	"A"	"B"	"C"	"A"	"A"	"C"	
Astrofísica	0	0	0	1	0	0	0	1	0	2
Óptica	0	0	0	1	0	0	1	0	0	2
Electrónica	0	0	0	1	1	0	0	0	0	2
Desarrollo Tecnológico	1	1	1	4		2	1	2	1	13
<b>Total</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>7</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>19</b>

TABLA 1.2 Personal de desarrollo tecnológico por categorías

	Astrofísica	Óptica	Electrónica	Ciencias Computacionales	Desarrollo Tecnológico	Total
<b>Cátedras</b>	<b>10</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>8</b>	<b>3</b>	<b>26</b>

TABLA 1.3 Personal del programa de Cátedras CONACYT

### Distribución del S.N.I

Nuestro personal de investigación se encuentra conformado por científicos y científicas de alto nivel y prestigio internacional, muestra de ello es la pertenencia que tienen dentro del SNI.

De los 119 investigadores regidos por el EPA, **108** pertenecen al Sistema Nacional de Investigadores (SNI) lo que hace un **90%** de la planta total de investigadores; de la población de 26 cátedras, **22** están el SNI (**84%**); En cuanto a los tecnólogos **3** de 19 están registrados en el SNI (**15 %**).



Área (2020)	Candidato	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Emérito	Sin SNI	Total
Astrofísica	0	11	12	6	1	3	33
Óptica	2	9	7	7	1	7	33
Electrónica	0	17	14	1	0	1	33
Ciencias Computacionales	0	8	10	2	0	0	20
<b>Total</b>	<b>2</b>	<b>45</b>	<b>43</b>	<b>16</b>	<b>2</b>	<b>11</b>	<b>119</b>

TABLA 1.4 Membresía al Sistema Nacional de Investigadores (108)

Área (2020)	Candidato	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Emérito	Sin SNI	Total
Astrofísica	1	8	0	0	0	1	10
Óptica	1	1	1	0	0	1	4
Electrónica		1	0	0	0	0	1
Ciencias Computacionales	4	4	0	0	0	0	8
DIDT	0	1	0	0	0	2	3
<b>Total</b>	<b>6</b>	<b>15</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>26</b>

TABLA 1.5 Catedráticos con SNI (22)

Área (2020)	Candidato	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Emérito	Sin SNI	Total
Astrofísica	0	0	0	0	0	2	2
Óptica	0	1	0	0	0	1	2
Electrónica	0	0	0	0	0	2	2
Ciencias Computacionales	0	0	0	0	0		
DIDT	1	1	0	0	0	11	13
<b>Total</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>16</b>	<b>19</b>

TABLA 1.6 Tecnólogos con SNI (3)

\*Nota: Hay un Tecnólogo más con SNI pero se encuentra con licencia tanto como en el instituto como ante el SNI por eso no se considera por el momento (Dr. Alfredo Abelardo González).



Es importante destacar que dos investigadores regidos por el Estatuto del Personal Académico Técnico en Investigación (EPATI) registrados como Personal de Ciencia y Tecnología tienen su adscripción ante el SNI como personal de tiempo indeterminado.

Área (2020)	Candidato	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Emérito	Sin SNI	Total
Astrofísica	0	0	0	0	0	14	14
Óptica	0	0	0	0	0	14	14
Electrónica	1	0	0	0	0	16	17
Ciencias Computacionales	0	0	0	0	0	1	1
DIDT	0	1	0	0	0	1	2
<b>Total</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>46</b>	<b>48</b>

TABLA 1.6 Técnicos en investigación con SNI (2)

## 2. PRODUCCIÓN CIENTÍFICA

La métrica utilizada es el número de publicaciones arbitradas sobre el número total de investigadores. Esta razón se mide en referencia a la meta anual del número publicaciones y del número de investigadores. La meta anual para el ejercicio 2021 es (230 publicaciones / 146 investigadores) lo que da una razón anual de 1.57.

Al ejercicio 2021 la razón se encuentra en 258/164, (1.57) de donde se observa que el número de investigadores aumentó debido a que se sumaron algunos tecnólogos y cátedras que produjeron publicaciones.

El porcentaje de avance es del **112%** de la meta anual planteada (258/230). De las 258 publicaciones generadas fundamentalmente se concentran en revistas internacionales indexadas en el JCR (**95%** del total), en concordancia con los criterios de calidad seguidos por el Sistema Nacional de Investigadores. Asimismo, el número en cada uno de los cuartiles en las áreas se describen de la siguiente manera:

Área	Revistas JCR				Índice CONACYT	Emergente	No indexadas	Totales
	Q1	Q2	Q3	Q4				
Astrofísica	54	4	1	0	0	0	0	59
Óptica	19	14	13	4	1	3	2	56
Electrónica	28	24	12	5	0	0	0	69
Ciencias Computacionales	22	15	10	4	1	1	3	56
Colaboración entre diferentes coordinaciones	12	3	2	0	1	0	0	18
<b>Totales</b>	<b>135</b>	<b>60</b>	<b>38</b>	<b>13</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>258</b>



### PUBLICACIONES PLANTA ACADÉMICA

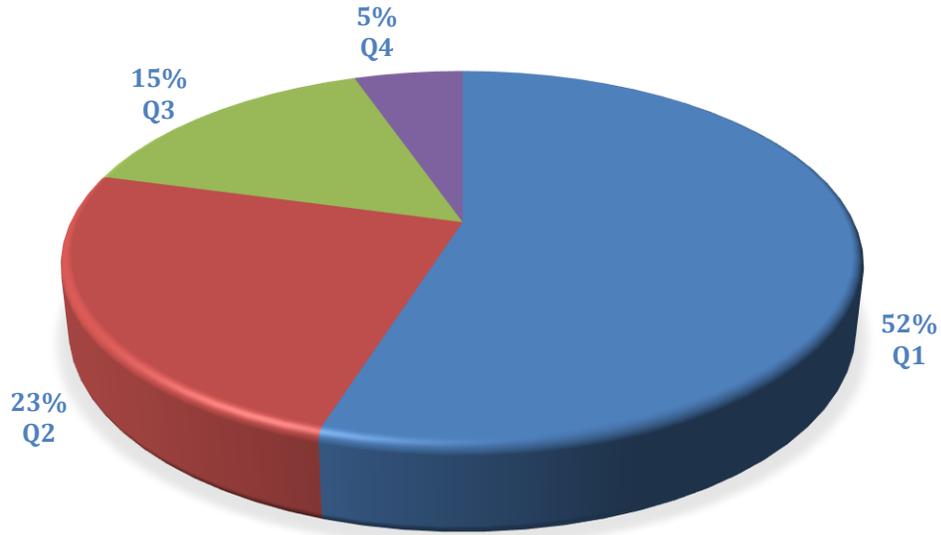


Fig. 2.1 Distribución global de publicaciones por cuartiles

Un porcentaje importante (**75%**) de los artículos indizados se publicaron en revistas pertenecientes a los dos primeros cuartiles, lo cual es incentivado en el programa de Estímulos al Desempeño Académico.

Adicionalmente, la Dirección General del Instituto continúa haciendo los esfuerzos posibles para incentivar la publicación en revistas que pertenezcan a los dos primeros cuartiles de su área. Específicamente, en el programa de Estímulos al Desempeño Académico se otorga un mayor valor a este tipo de publicaciones.

## 2.1 CÁTEDRAS QUE PARTICIPAN EN PUBLICACIONES

### Enero-Diciembre 2021

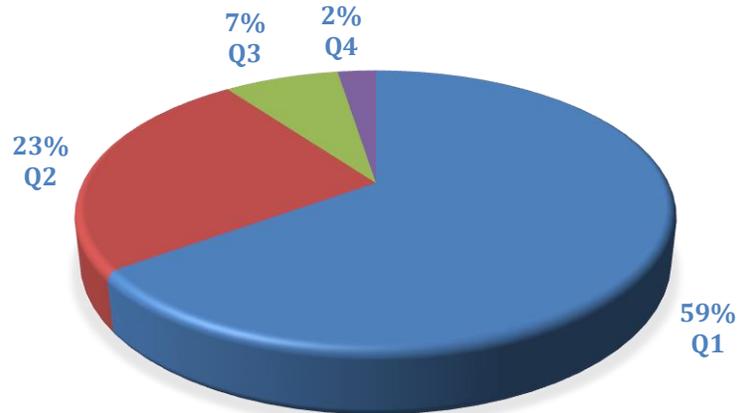
Área de Adscripción	Número de Catedráticos	Cuántos Participaron en Publicaciones
Astrofísica	10	10
Óptica	4	3
Electrónica	1	1
Cs. Computacionales	8	8
DIDT	3	0
<b>Total</b>	<b>26</b>	<b>22</b>





	CONACYT	Emergentes	NO indizadas	Q1	Q2	Q3	Q4	TOTAL
Número de publicaciones	1	2	1	26	10	3	1	44

### PUBLICACIONES CÁTEDRAS



### 3. PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

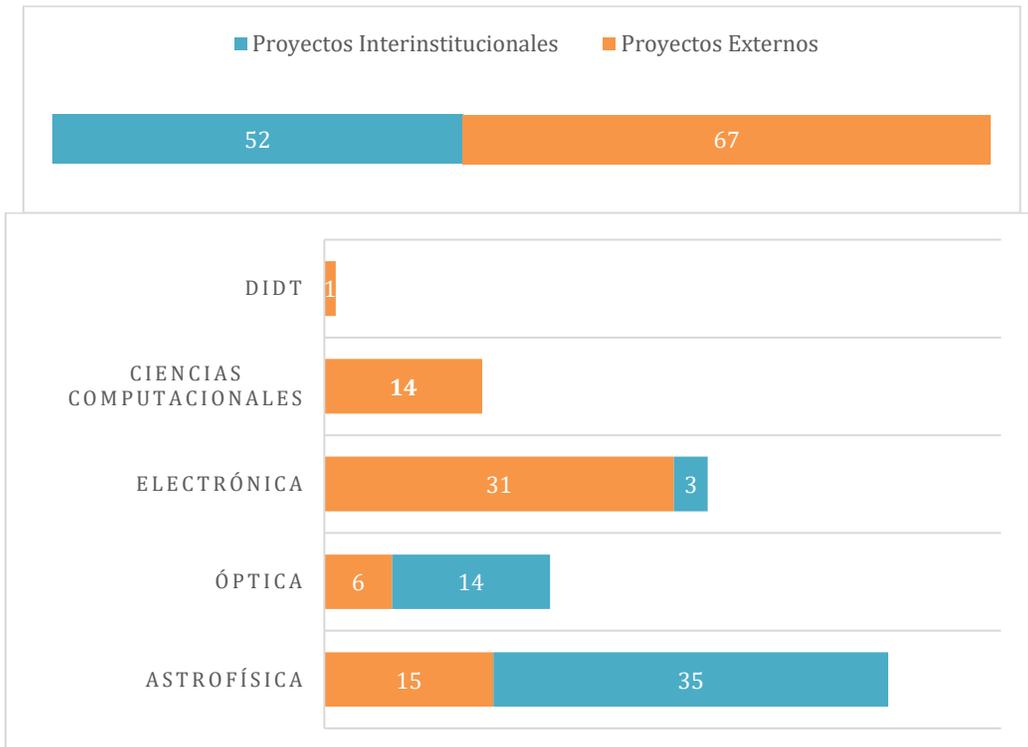
En el ámbito de proyectos de investigación cuya meta es de 141, durante el año 2021, el INAOE alcanzó la cifra de 119 proyectos de investigación activos, lo que constituye un 84% de avance y una productividad del 0.72 de proyectos por investigador (119/164). Tomando en cuenta la situación nacional e internacional en este año 2021, sobre todo en lo referente a la contingencia sanitaria, la cifra mencionada se puede calificar como un logro especial.

A continuación, se muestra la distribución de los proyectos en las diferentes áreas.





PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN (119)



3.1 PROYECTOS EXTERNOS POR INVESTIGADOR.

En este caso se estableció una meta anual de 65 proyectos sobre un total de 146 investigadores, de tal manera que la razón anual inicial fue de (65/146) =0.44. Sin embargo, durante el periodo hubo un incremento tanto en el número de investigadores (164), como el número de proyectos (67), por lo que al término del ejercicio 2021 se tuvo la razón de 67/164 por lo que se alcanzó 0.40 proyectos por investigador.

La mayor parte de los ingresos obtenidos para el desarrollo de proyectos son provenientes de los Fondos del CONACYT, como lo son: Ciencia Básica; Problemas Nacionales; Fronteras de la Ciencia; FONCYCYT; FORDECYT; Laboratorios Nacionales; NSF; UC-MEXUS; Fondos Mixtos en Administración; así como en Colaboraciones Nacionales e Internacionales. En los cuales ha sido gratificante participar mediante el desarrollo de trabajos que contribuyen a la difusión y generación del conocimiento. La mayor dificultad a la que se enfrenta el INAOE, se debe en gran medida a la situación económica del país, la cual afecta de manera global, tanto al CONACYT como a las empresas con las que se tienen contemplados la realización de trabajos. La repentina aparición en China del COVID-19 en diciembre de 2019, y su ulterior expansión por todo el mundo, ha representado, por su gravedad y alcance, un reto global sin precedentes. Si bien todos los ámbitos de la vida social e individual padecieron los efectos de la emergencia sanitaria, el campo de la investigación y desarrollo tecnológico resultó severamente trastocado de orden natural y social. No obstante, el espíritu avante de los investigadores del Instituto nos ha permitido seguir participando en convocatorias para seguir contribuyendo en la investigación científica y





**GOBIERNO DE  
MÉXICO**



**CONACYT**  
Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología



desarrollo tecnológico, así como la formación y fortalecimiento del capital humano de alto nivel, esto con la finalidad de contribuir al desarrollo, vinculación y mejoramiento en la calidad de vida del país y de la humanidad.

### 3.2 PROYECTOS INTERINSTITUCIONALES.

Como meta anual se propusieron 76 proyectos interinstitucionales, de los cuales se tienen registrados 52 al final del 2021, lo que da un 68%. La definición de proyectos institucionales tiene que revisarse con base a un manual de políticas y procedimientos que involucre el valor institucional del proyecto, el costo, y los beneficios. Esto lo planteamos como una autocrítica y una tarea a realizar.

Los principales retos para este ejercicio 2021 giraron alrededor de un mejor uso de los recursos públicos. Planeamos dar un seguimiento puntual del desarrollo de todos los proyectos de investigación para garantizar la consecución de las metas originalmente planteadas y de esta forma potenciar la investigación, desarrollo tecnológico, formación de recursos humanos y divulgación de los resultados científicos.





#### 4. FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS

El Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica, cuenta con catorce programas de Posgrado y una Especialidad en trámite. En la convocatoria 2021, de ingreso al Programa Nacional de Posgrados de Calidad (PNPC), ingresó la maestría de Ciencias y Tecnologías Biomédicas, con lo que, once de los catorce, se encuentran en el PNPC. Estos, se encuentran en los niveles Internacional (7), Consolidado (1), en Desarrollo (2) y Nueva Creación (1). Los otros tres posgrados no están en el PNPC, uno de estos es de carácter profesionalizante. En las tablas 4.1 y 4.2 se muestran detalles de los posgrados y la especialidad.

NO.	POSGRADOS REGISTRADOS EN EL PNPC-CONACYT	NIVEL	FECHA DE TERMINO DE VIGENCIA
1	Maestría en Ciencias en la Especialidad de Astrofísica	Competencia Internacional	31/Dic/2022
2	Doctorado en Ciencias en la Especialidad de Astrofísica	Consolidado	31/Dic/2024
3	Maestría en Ciencias en la Especialidad de Electrónica	Competencia Internacional	31/Dic/2023
4	Doctorado en Ciencias en la Especialidad de Electrónica	Competencia Internacional	31/Dic/2023
5	Maestría en Ciencias en la Especialidad de Óptica	Competencia Internacional	31/Dic/2022
6	Doctorado en Ciencias en la Especialidad de Óptica	Competencia Internacional	31/Dic/2023
7	Maestría en Ciencias en el Área de Ciencias Computacionales	Competencia Internacional	31/Dic/2024
8	Doctorado en Ciencias en el Área de Ciencias Computacionales	Competencia Internacional	31/Dic/2024
9	Maestría en Ciencias y Tecnologías de Seguridad	Reciente Creación	31/Dic/2021
10	Maestría en Ciencias en Ciencia y Tecnología del Espacio	Desarrollo	31/Dic/2023
11	Maestría en Ciencias y Tecnologías Biomédicas	Desarrollo	31/Dic/2024

TABLA 4.1 Posgrado del INAOE con registro PNPC y su nivel.

NO.	PROGRAMAS SIN NIVEL EN EL PNPC-CONACYT	OBSERVACIÓN
1	Doctorado en Ciencias en el Área de Ciencia y Tecnología del Espacio	Con orientación a la investigación.
3	Doctorado en Ciencias y Tecnologías Biomédicas	Con orientación a la investigación.
4	Maestría en Enseñanza de Ciencias Exactas	Profesionalizante
5	Especialidad en Tecnologías de Seguridad	En trámite de registro en Dirección General de Profesiones-SEP

TABLA 4.2 Programas del INAOE sin registro PNPC





En el año 2021 se registraron 91 egresados de los 14 programas de posgrado, 30 fueron de Doctorado, 61 de Maestría (investigación), La tabla 4.3 muestra detalles de los egresados por posgrado.

Programa	Estudiantes Nacionales	Estudiantes Extranjeros	Total	Programa	Estudiantes Nacionales	Estudiantes Extranjeros	Total
Maestría en Astrofísica	4	1	5	Doctorado en Astrofísica	5	0	5
Maestría en Óptica	9	0	9	Doctorado Óptica	8	0	8
Maestría en Electrónica	9	4	13	Doctorado en Electrónica	13	2	15
Maestría en C.C.	8	2	10	Doctorado en Ciencias Computacionales	1	1	2
Maestría en C. y T. Espacio	7	1	8	Doctorado C. y T. Espacio	0	0	0
Maestría en C. y T. BM	9	1	10	Doctorado en C yT Biomédicas	0	0	0
Maestría en Segu.	2	0	2				
MECE	4	0	4				
<b>TOTAL DE MAESTRIA</b>	<b>52</b>	<b>9</b>	<b>61</b>	<b>TOTAL DE DOCTORADO</b>	<b>27</b>	<b>3</b>	<b>30</b>

TABLA 4.3 Distribución de los 91 egresados de Maestrías y Doctorados 2021.

Relacionado a las metas del CAR, en términos de graduados, las metas fueron alcanzadas satisfactoriamente (ver figura 4.1). De los 61 graduados de Maestría, 57 pertenecen a programas registrados en el PNPC.



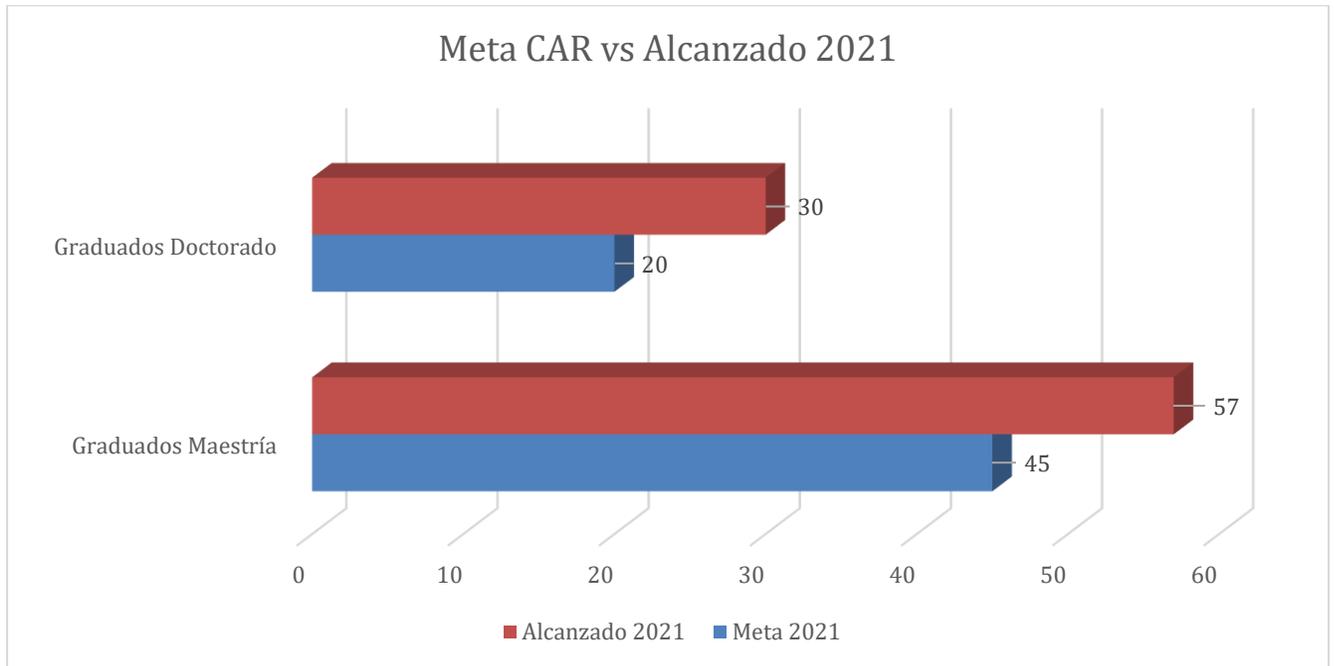


Fig. 4.1 Metas CAR, posgrados PNPC, Formación de Recursos Humanos 2021.

Las figuras 4.2 y 4.3 muestran las eficiencias terminales de las Maestrías y Doctorados. La correspondiente a los doctorados se muestran dos generaciones que debieron concluir en agosto y diciembre 2021, y cuyos ingresos fueron en septiembre 2016 y enero 2017, respectivamente.

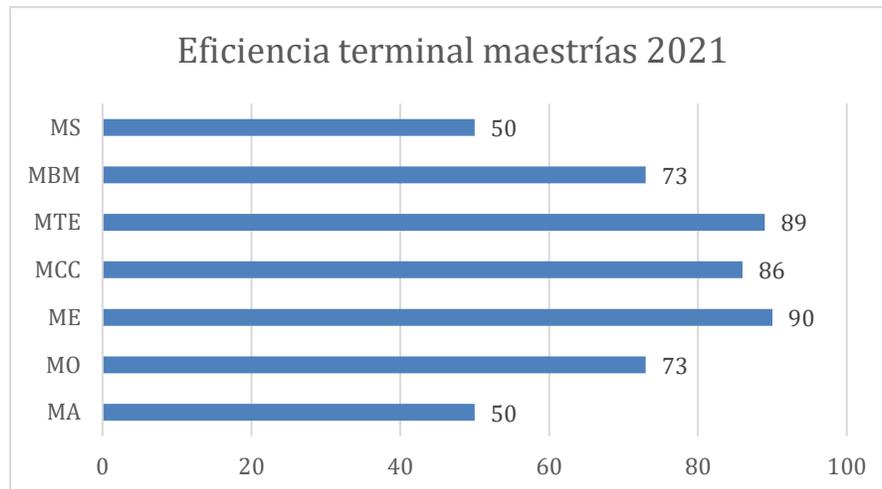


Figure. 4.2. Eficiencia terminal de las maestrías de la generación 2018 MS, MBM, MTE, MCC, ME, MO y MA representan las maestrías de Seguridad, Biomédicas, Tecnología del Espacio, Ciencias Computacionales, Óptica y Astrofísica, respectivamente.

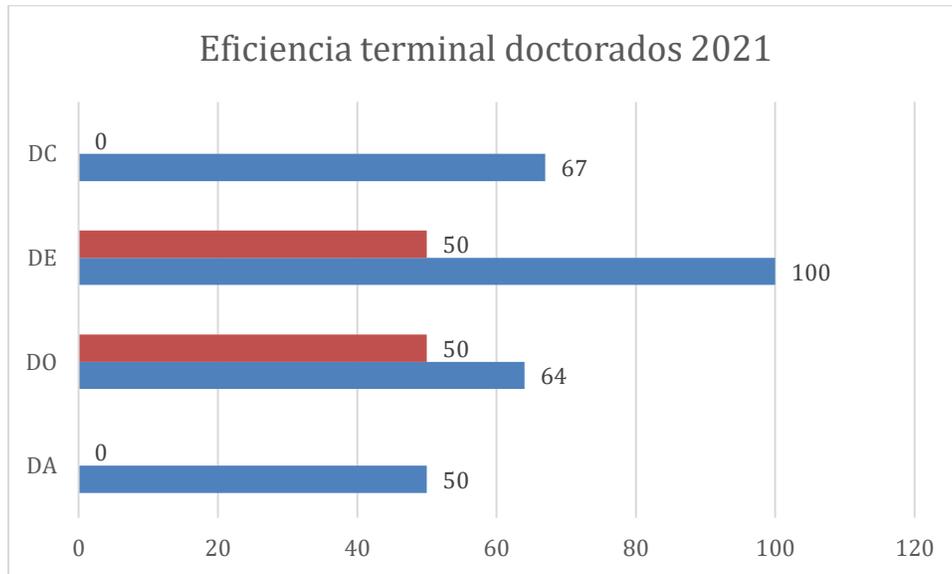


Figura 4.3. Eficiencia terminal doctorado, generaciones otoño 2016 (naranja) y primavera 2017 (azul). DC, DE, DO y DA representan los doctorados de Ciencias Computacionales, Electrónica, Óptica y Astrofísica respectivamente.

En lo que respecta a la Educación Continua se brindó atención a 1,999 personas, distribuidos en Diplomados de Matemáticas, Diplomados de Optometría, Capacitación a la Industria (Desarrollo de Talento Especializado Módulos de Seguridad y PreSi, INTEL-INAOE), El Taller Nacional MEMS: Promoción de las Vocaciones en Ingeniería Biomédica 2021, y el XI Congreso Nacional y I Internacional de Tecnología Aplicada a Ciencias de la Salud. En la figura 4.4 se muestran las personas atendidas en estos eventos. En la figura 4.5 muestra los recursos autogenerados asociados a estos eventos.

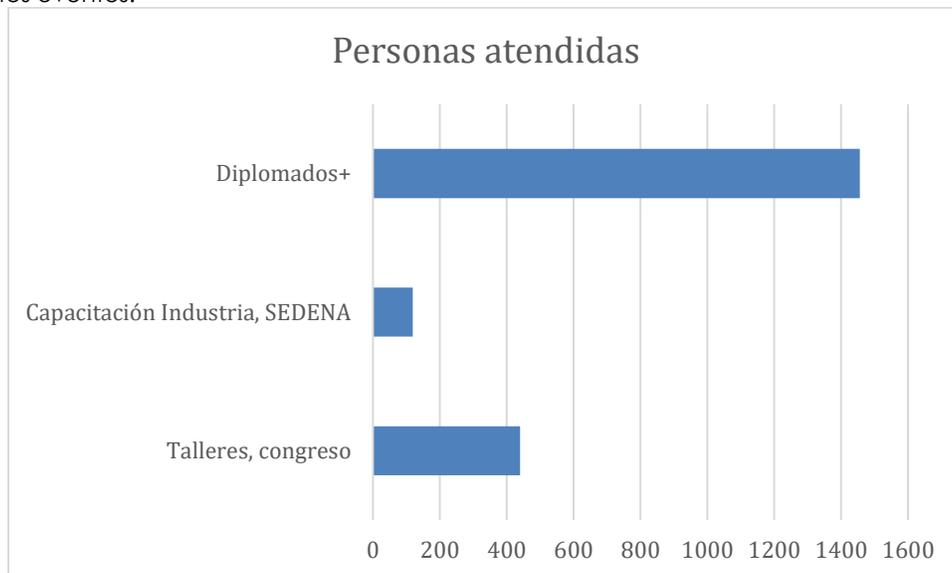


Figura 4.4 Personas atendidas por educación continua.



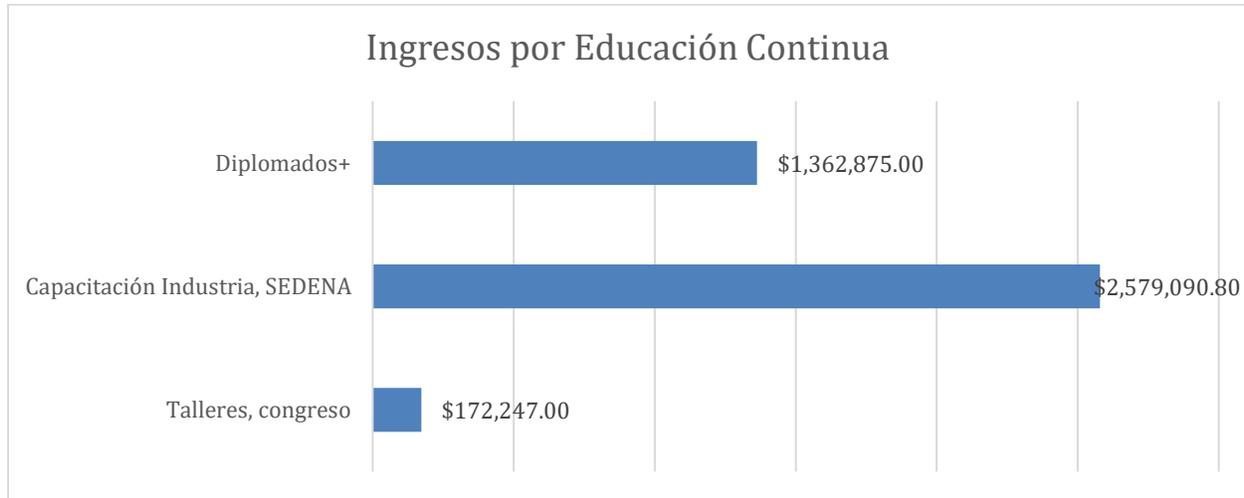


Figura 4.5 Recursos por Educación Continua.

## 5. DESARROLLO TECNOLÓGICO

La métrica utilizada es el número de contratos o convenios de transferencia de conocimiento o innovación tecnológica, social, económica o ambiental firmados vigentes alineados al PECITI. Se propuso un número de 22 y al término del ejercicio 2021 se tienen firmados 21 convenios.



**INSTITUTO NACIONAL DE ASTROFÍSICA, ÓPTICA Y ELECTRÓNICA**  
**5.9.14 CONTRATOS - CONVENIOS**  
**ENERO-DICIEMBRE 2021**

NÚMERO DE PROYECTO	NOMBRE	RESPONSABLE	INSTITUCIONES INVOLUCRADAS	FECHA INICIO	FECHA TÉRMINO	MONTO RECIBIDO ENE-DIC 2021	MONTO TOTAL DEL CONVENIO
1	DESARROLLO (MANUFACTURA), INSTALACIÓN Y ENTREGA DE DOS (02) SISTEMAS DE CONTROL DE TIRO OPTOELECTRÓNICO DE TIRO PARA MONTAJES BOPORS MK3 GARFIO 3 (ARMA NO INCLUIDA), PARA ATENCIONES DE LAS PATRULLAS OCEÁNICA CLASE OAXACA, CASCO 59 ARM "JALISCO" PO-167 Y CASCO 60 ARM "ESTADO DE MÉXICO" PO-168, ASTILLERO DE MARINA NÚMERO "VEINTE".	DR. LEOPOLDO ALTAMIRANO ROBLES	SEMAR	05/11/2015	31/12/2021	\$0.00	\$3,497,400.00 USD
2	DESARROLLO, FABRICACIÓN Y ENTREGA DE DOS (2) SISTEMAS DE ANAVEAJE, PARA ATENCIONES DE LOS BUQUES DE VIGILANCIA OCEÁNICA, CASCOS 59 Y 104 para atenciones del Astillero de Marina Número "VEINTE" Y Astillero De Marina Número "UNO".	DR. LEOPOLDO ALTAMIRANO ROBLES	SEMAR	16/03/2018	INDEFINIDO	\$0.00	\$28,720,573.20
3	MODERNIZACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA DE LOS SISTEMAS DE HARDWARE DEL SIMULADOR DE VUELO PARA HELICÓPTEROS MI-17	MC. DAVID TENORIO PÉREZ	SEMAR	21/03/2018	INDEFINIDO	\$0.00	\$2,174,000.00
4	OPERACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DEL MUSEO INTERACTIVO DE ASTRONOMÍA "EL METEORITO" EN CHARCAS, SAN LUIS POTOSÍ	DR. RAFAEL IZAZAGA PÉREZ	GOBIERNO DEL ESTADO DE SAN LUIS POTOSÍ, FOMX	20/09/2018	31/12/2021	\$534,821.40	\$17,994,892.00
5	MAESTRÍA EN CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS DE SEGURIDAD	DR. JOSÉ ROBERTO PÉREZ CRUZ	INSTITUCIÓN EDUCATIVA	01/08/2018	INDEFINIDO	\$1,180,000.00	\$593,000.00
6	TALLER DE CIBERSEGURIDAD	DRA. CLAUDIA FERREGRINO URIBE	INSTITUCIÓN EDUCATIVA	30/04/2019	INDEFINIDO	\$0.00	\$257,000.00
7	"DISPOSITIVO MICRO-NANO ELECTRÓNICO DE GEO LOCALIZACIÓN EN REDES MÓVILES CON EFICIENCIA ENERGÉTICA"	DR. LEOPOLDO ALTAMIRANO ROBLES	SEGOB	04/06/2015	INDEFINIDO	\$0.00	\$8,654,423.16
8	PROTOTIPO DE UN CENTRO DE MANDO Y CONTROL AEROTRANSPORTADO (CMCA), DEL CENTRO DE MANDO Y CONTROL DEL SISTEMA INTEGRAL DE VIGILANCIA AÉREA DEL ESTADO MAYOR DE LA DEFENSA NACIONAL (2/g. FASE)	MC. DAVID TENORIO PÉREZ	SEDENA	30/06/2018	INDEFINIDO	\$0.00	\$3,100,000.00
9	SISTEMA DE NAVEGACIÓN INERCIAL PARA BUQUES DE LA ARMADA DE MÉXICO Y OTRAS PLATAFORMAS	M.C. FRANCISCO BARBOSA ESCUDERO	ALONROD	03/01/2017	INDEFINIDO	\$0.00	\$17,816,760.00
10	SISTEMA HARDWARE/SOFTWARE PARA CAPTURA Y TRANSMISIÓN DE AUDIO Y VIDEO	DR. LEOPOLDO ALTAMIRANO ROBLES	SEGOB	13/03/2017	INDEFINIDO	\$0.00	\$3,812,000.00
11	DISEÑO Y DESARROLLO DE UN PROTOTIPO DE COHETE Y SU TUBO LANZADOR DE 60 MM	M.C. DAVID TENORIO PÉREZ	SDN	17/09/2019	21/07/2021	\$0.00	\$5,850,041.24
12	ESTUDIO DE REHABILITACIÓN Y CARACTERIZACIÓN ÓPTICA PARA LA CONVERSIÓN DE LA ANTENA DE TULANCINGO 1, A RADIOTELESCOPIO	DR. DAVID GALE	TULANCINGO	12/12/2019	INDEFINIDO	\$0.00	\$862,068.97
13	FERIA DE LECTURA (FESTIVAL DEL LIBRO DE SAN ANDRÉS CHOLULA)	LIC. GUADALUPE RIVERA LOY	CONCYTEP	28/02/2020	31/12/2021	\$0.00	\$300,000.00
14	TALLERES Y CAMPAMENTOS PARA CONTRIBUIR AL EMPODERAMIENTO CIENTÍFICO DE NIÑAS, NIÑOS, EN COORDINACIÓN CON INAOE (Bajo demanda)	ING. JANINA NAVA ARIZA	MUNICIPIO DE PUEBLA	31/08/2020	INDEFINIDO	\$150,868.47	\$300,000.00
15	CREACIÓN DE ESPACIOS CON NUEVAS TECNOLOGÍAS PARA FORTALECER LA INFRAESTRUCTURA CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA DEL MUSEO INTERACTIVO DE CIENCIAS E INNOVACIÓN DE NAYARIT	DRA. PERLA C. GARCÍA FLORES	GOBIERNO DEL ESTADO DE NAYARIT, FOMIX	20/03/2020	20/08/2021	\$0.00	\$19,483,642.90
16	DEFINICIÓN Y VALIDACIÓN DE REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA DE ARTILLERÍA	M.C. DAVID TENORIO PÉREZ	SEDENA	21/11/2019	21/11/2022	\$0.00	\$2,472,500.00
17	DESARROLLO DE TALENTO ESPECIALIZADO, INAOE – MÓDULO DE SEGURIDAD	DR. FRANCISCO RENERO CARRILLO	INTEL	22/02/2021	INDEFINIDO	\$0.00	\$1,000,000.00
18	DIVULGACIÓN CIENTÍFICA MUNICIPAL	ING. JANINA NAVA ARIZA	AYUNTAMIENTO MUNICIPIO DE PUEBLA	11/03/2021	30/09/2021	\$172,413.79	\$200,000.00
19	CREACIÓN DE UN SISTEMA QUE AYUDE A INCREMENTAR LA VISIBILIDAD DE LOS ARTÍCULOS EXHIBIDOS EN SU CANAL DE VENTA POR LINEA	DR. F. EDUARDO MORALES MANZANARES	NACIONAL MONTE DE PIEDAD	26/11/2020	26/08/2021	\$0.00	\$750,000.00
<b>SERVICIOS Y DIPLOMADOS</b>							
20	*SERVICIOS DE CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO (24 EMPRESAS ATENDIDAS)	DRA. JAZMÍN CARRANZA GALLARDO	VARIOS	01/01/2021	31/12/2021	\$254,220.00	\$254,220.00
21	**DIPLOMADOS EN MATEMÁTICAS (1456) PROFESORES Y CURSOS (0 EMPRESAS ATENDIDAS)	DRA. JAZMÍN CARRANZA GALLARDO Y DR. FRANCISCO RENERO CARRILLO	VARIOS	01/01/2021	31/12/2021	\$3,656,180.04	\$3,656,180.04

**Oficina de Transferencia Tecnológica y Conocimiento (OTTC)**

Se planteó una meta anual de 4 patentes y tenemos 5 al termino del año 2021. Esto nos da un 109% de avance. Como parte de la autoevaluación y crítica, en INAOE consideramos que las patentes solo deben solicitarse cuando se tiene un cierto nivel de esperanza en su comercialización. De otra manera el instituto invierte dinero que nunca se recupera. El instituto ha entrado en un proceso de análisis y autoevaluación al respecto. Los resultados del análisis se plasmarán en el PAT 2022 y sus respectivos indicadores. Para ello se consideraron los resultados alcanzados en este rubro en los últimos años: 2013 - 6 solicitudes de patente, 2014 - 4 solicitudes de patente y una





patente otorgada, 2015 - 10 solicitudes de patente y 6 patentes otorgadas, 2016 - 4 solicitudes de patente y 2 patentes otorgadas, 2017 - 6 solicitudes de patente y 3 patentes otorgadas, 2018 - 8 solicitudes de patente y 6 patentes otorgadas, 2019 - 4 solicitudes de patente y 5 patentes otorgadas, 2020 - 4 solicitudes de patente y 5 patentes otorgadas y finalmente para el 2021- 4 solicitudes de patentes y 5 patentes otorgadas.

En este año 2021, se otorgó por primera vez en la historia del Instituto la patente licenciada "Mango portátil para rehabilitación de extremidades superiores" con la empresa Aldawa Technologies Sociedad de Responsabilidad Limitada Microindustrial, de la cual en 2012 se había realizado la solicitud.

### Solicitud y registro de propiedad intelectual

En el año 2021 se ingresaron las siguientes solicitudes de patentes ante el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (IMPI). Del mismo modo se informa que se está iniciando una estrategia para tener las condiciones adecuadas para la explotación y comercialización de las patentes de INAOE.

SOLICITUDES DE PATENTES					
ENERO A DICIEMBRE 2021					
No.	FECHA DE SOLICITUD	NÚMERO DE SOLICITUD	TÍTULO	AUTORES	ESTADO ACTUAL
1	4 de marzo de 2021	Mx/a/2021/002563	CELDA SOLAR TÁNDEM FORMADA POR DOS O MAS CELDAS INDUCIDAS MEDIANTE MATERIALES CARGABLES	Dr. Mariano Aceves Mijares	Solicitud
2	29 de abril de 2021	MX/a/2021/004973	Método y antena Helicoidal miniaturizada con hélices impresas basadas en líneas en forma de meandros	Dr. Jose Luis Olvera Cerevantes	Solicitud
3	29 de abril de 2021	Mx/a/2021/004975	Superficie selectiva en frecuencia basada en resonadores de agua	Dr. Alonso Corona Chávez	Solicitud
4	29 de abril de 2021	Mx/a/2021/004971	Filtro balanceado de microondas reconfigurable	Dr. Alonso Corona Chávez	Solicitud
5	29 de abril de 2021	MX/a/2021/004974	Determinación de nivel de Líquidos en contenedores opacos usando	Dr. Ponciano Rodríguez Montero	Solicitud





## 6. VINCULACIÓN

El año 2021 fue un año especial para nuestra institución debido a los festejos por el quincuagésimo aniversario de nuestra institución. Debido a ello, fue un periodo de mucha actividad en materia de comunicación y divulgación de la ciencia, en especial el segundo semestre. Durante 2021 el INAOE dio continuidad a su labor de divulgación de la ciencia a través de ciclos de conferencias, talleres y veladas astronómicas que se transmitieron por redes sociales, y mediante boletines de prensa enviados a medios de comunicación. También se atendieron algunas solicitudes individuales de medios. En las próximas líneas presentamos algunos de los aspectos más relevantes de 2021 en el ámbito de la comunicación y divulgación.

### 1. Promoción en medios informativos

En 2021 se difundieron las actividades sustantivas del INAOE en los medios de comunicación locales y nacionales, y se dio especial énfasis a las actividades del aniversario del INAOE. A lo largo del año se enviaron a los contactos en medios de comunicación locales y nacionales 53 boletines de prensa acerca de proyectos científicos y tecnológicos, eventos y otros temas de ciencia. Asimismo, en coordinación con el Planetario de Cozumel y la Coordinación de Astrofísica, se enviaron a medios otros diez boletines adicionales con el tema de los eventos astronómicos mensuales. Lo anterior da un total de 63 boletines enviados a todos los contactos en medios locales y nacionales en 2021. Se continuó dando atención a las solicitudes de entrevistas sobre temas específicos por parte de medios de comunicación. Como resultado de este trabajo, a lo largo del año se contabilizaron 1257 impactos en medios de comunicación, lo que representa un incremento del seis por ciento en relación con el año 2020.

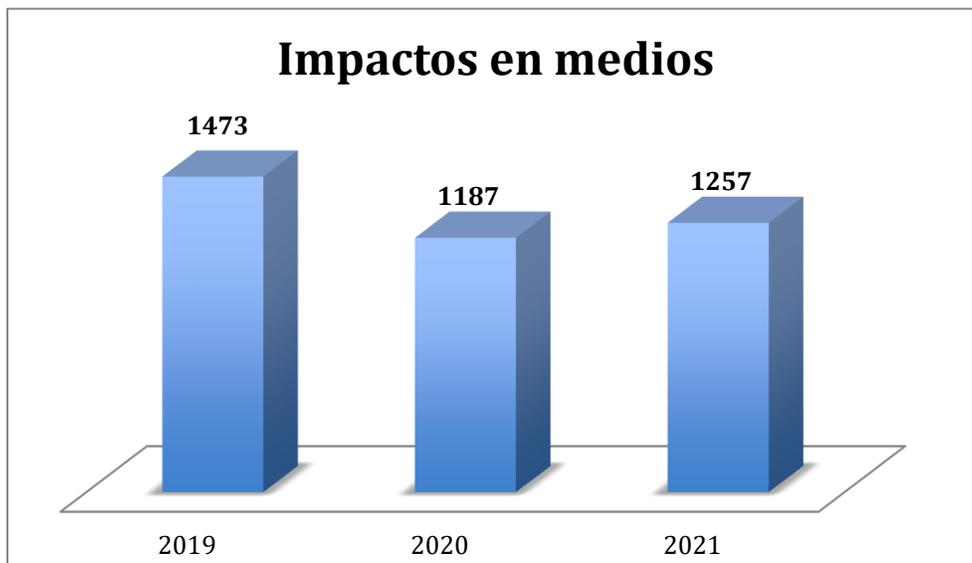


Fig. 6.1 Impactos en los medios entre 2019 y 2021

Sin duda alguna, el tema de mayor impacto durante el año fue la celebración por el quincuagésimo aniversario del INAOE, incluyendo todos los eventos asociados a este importante acontecimiento. Asimismo, también se dio cobertura a la información relacionada con diversos proyectos del INAOE. Destacó la noticia de que el artículo "Demonstrating Arago-Fresnel laws with Bessel beams from vectorial axicons" del Dr. Sabino Chávez Cerda, de la Coordinación de Óptica, fue considerado como uno de los más importantes del año por la OSA. El proyecto de construcción de cabinas de desinfección y eliminación del virus Sars-Cov-2 del equipo médico protector en el cual



participó el Capítulo Estudiantil de la OSA-INAOE también tuvo gran impacto en medios de comunicación. Otros temas relevantes del periodo fueron los dos proyectos del Dr. Carlos del Burgo sobre las estrellas viejas que conservan intactos sus depósitos de litio y sobre planetas gigantes maduros, los 47 años del Laboratorio de Microelectrónica, la conferencia internacional IMAV, los premios para estudiantes de la Coordinación de Ciencias Computacionales en el concurso nacional de tesis de inteligencia artificial "José Negrete Martínez", el Taller de MEMS y el primer lugar del equipo Quetzal C ++ en el concurso internacional Open CV AI, entre otros.

A pesar de los esfuerzos por lograr un equilibrio informativo entre todas las áreas, en 2021 la Coordinación de Astrofísica logró el mayor número de impactos en medios. Esto se debe a que durante el periodo el área propuso muchos temas para boletines de prensa entre proyectos, artículos publicados en revistas internacionales, efemérides astronómicas, etcétera. Los investigadores del área son especialmente proactivos en este sentido. Ya se ha comentado el tema con los miembros del Comité Científico y se insistirá con las otras áreas para incrementar su presencia en medios de comunicación.

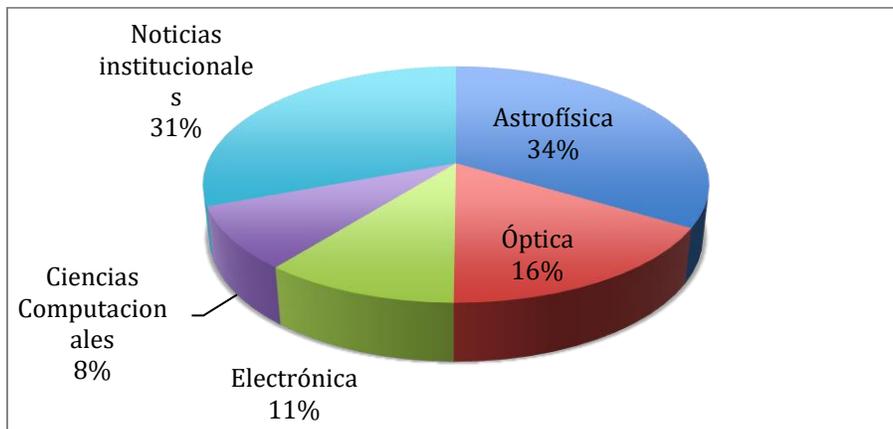


Fig. 6.2 Porcentajes de impactos en medios divididos por área de desarrollo científico y tecnológico del INAOE, enero a diciembre 2021.

### 1.1 Promoción en redes sociales

A lo largo de 2021 el INAOE siguió desplegando una gran actividad en redes sociales, en especial en Facebook y en Twitter, espacios en los que el INAOE ya tiene varios años. Las redes sociales fueron primordiales para difundir las actividades del Instituto y para el desarrollo de los eventos de divulgación que, con motivo de la pandemia, debieron realizarse de manera virtual. El INAOE también cuenta con un canal de YouTube con 5680 suscriptores, y con una cuenta en Instagram con 4065 seguidores. A continuación, se presenta una gráfica con los números de seguidores en las dos principales redes sociales del INAOE.

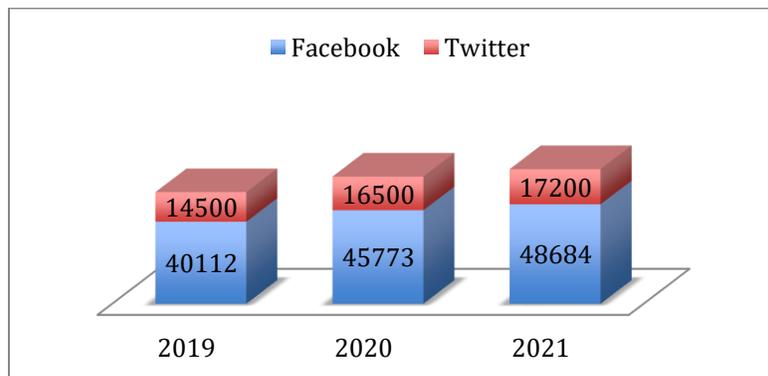




Fig. 6.3 Número de seguidores de las páginas del INAOE en redes sociales (Facebook y Twitter) entre 2019 y 2021.

Actividades de divulgación y número de personas atendidas por el INAOE

Debido a la contingencia, en el 2021 continuaron suspendidas tanto las visitas escolares a la institución como las observaciones nocturnas en la Cámara Schmidt. Es decir, el número de personas atendidas de manera presencial en el INAOE fue de cero. Sin embargo, se continuó con la realización de actividades virtuales. Durante el año segundo se impartieron de forma virtual los talleres infantiles conocidos como Baños de Ciencia, se dio seguimiento virtual al ciclo de conferencias "Ciencia en el Bar" con el Foro Cultural Karuzo, y se dio continuidad al ciclo de charlas "Martes de Ciencia con el INAOE" que se transmite por nuestro canal oficial de YouTube y que ha tenido mucho éxito.

Asimismo, del 5 al 16 de julio se llevaron a cabo las actividades de la segunda edición virtual del taller de Ciencia para Jóvenes, en el cual participaron 30 estudiantes de bachillerato de distintos estados de la república. También se organizó la primera edición virtual del Taller de Ciencia para Profes del 12 al 16 de julio, al cual asistieron virtualmente 30 docentes. La segunda edición virtual de la Noche de las Estrellas tuvo lugar del 12 al 13 de noviembre. La sede de la Noche de las Estrellas coordinada por el INAOE tuvo cerca de 10 mil espectadores durante un día, lo cual resultó muy positivo. En total, a lo largo de 2021 el INAOE organizó 196 eventos (16 más que en 2020) entre conferencias, visitas, veladas astronómicas y talleres infantiles, y en todas las actividades de divulgación se atendió a un total de 117495 personas de todas las edades, lo cual representa un incremento del 22 por ciento respecto a 2020.

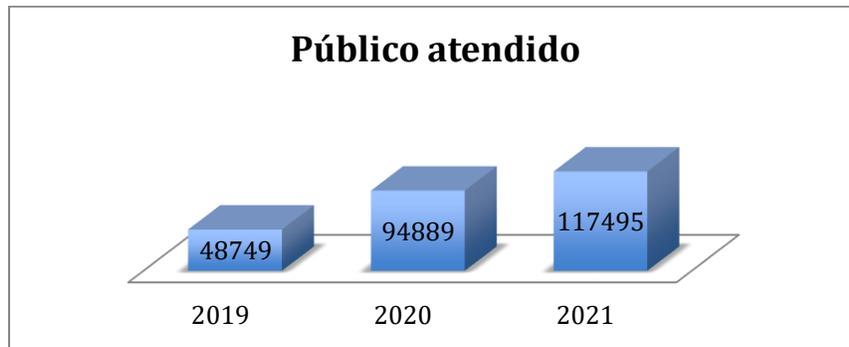


Fig. 6.4 Número de personas atendidas por el INAOE durante los últimos tres años.

Imagen y Diseño

Durante 2021, el área de Imagen y Diseño del INAOE realizó un importante trabajo. Durante el periodo desarrolló más de cien diseños de carteles, banners, constancias, páginas web, así como la rotulación de más de tres mil diplomas y constancias. Asimismo, se trabajó en todos los materiales de diseño del aniversario del INAOE y en el diseño del nuevo portal web.

Algunas propuestas para 2022

Para 2022 se planean realizar algunas de las siguientes actividades específicas: 40 charlas y talleres infantiles en línea en alianza las distintas sedes de los Baños de Ciencia con el INAOE (Ibero Puebla, Ayuntamientos de Coronango y San Andrés Cholula, CPL, Casa de la Ciencia de Atlixco), al menos 40 conferencias del ciclo "Martes de Ciencia con el INAOE", diez conferencias en alianza con el Foro Cultural Karuzo, al menos 52 boletines de prensa, cápsulas de radio, al menos 20 videos cortos, un Taller de Ciencia para Profes, un Taller de Ciencia para Jóvenes y la Noche de las Estrellas sede Puebla en el mes de noviembre.

Asimismo, se planea la realización de nuevos materiales como videos, infografías y fotos para redes sociales, y se estará trabajando en campañas en medios de la mano del Conacyt y de los otros Centros Públicos de Investigación.





Se buscarán nuevos espacios en radio y televisión y se trabajará con el Comité Científico, en especial con las áreas de Óptica, Electrónica y Ciencias Computacionales, para incrementar su presencia en medios informativos. Finalmente, en 2022 se retomará la serie de entrevistas de "Inaoenses en el mundo" que se vio interrumpida por falta de respuesta de algunos egresados. Este tema se coordinará con la Dirección de Formación Académica.

INDICADORES	Enero-diciembre 2019	%	Enero-diciembre 2020	%	Enero-diciembre 2021	%
Artículos presentados en diversos Medios impresos y digitales	1284	100	1132	-11	1218	7.5
Conferencias de divulgación*	247	100	98	-60	106	8.1
Programas radiofónicos y televisivos	199	100	55	-72	39	-29
Visitas al INAOE**	9452	100	1560	-83	0	No hubo visitas por pandemia
Público atendido en actividades fuera de la institución***	48749	100	94889	94	117495	24
Total de público atendido por el INAOE en el periodo	58201	100	96449	65	117495	22

\* Conferencias virtuales.

\*\* Número de personas atendidas en las instalaciones del INAOE. En 2020 sólo se recibieron grupos de visitantes de enero a marzo.

\*\*\* Para 2021 se suman las actividades virtuales.

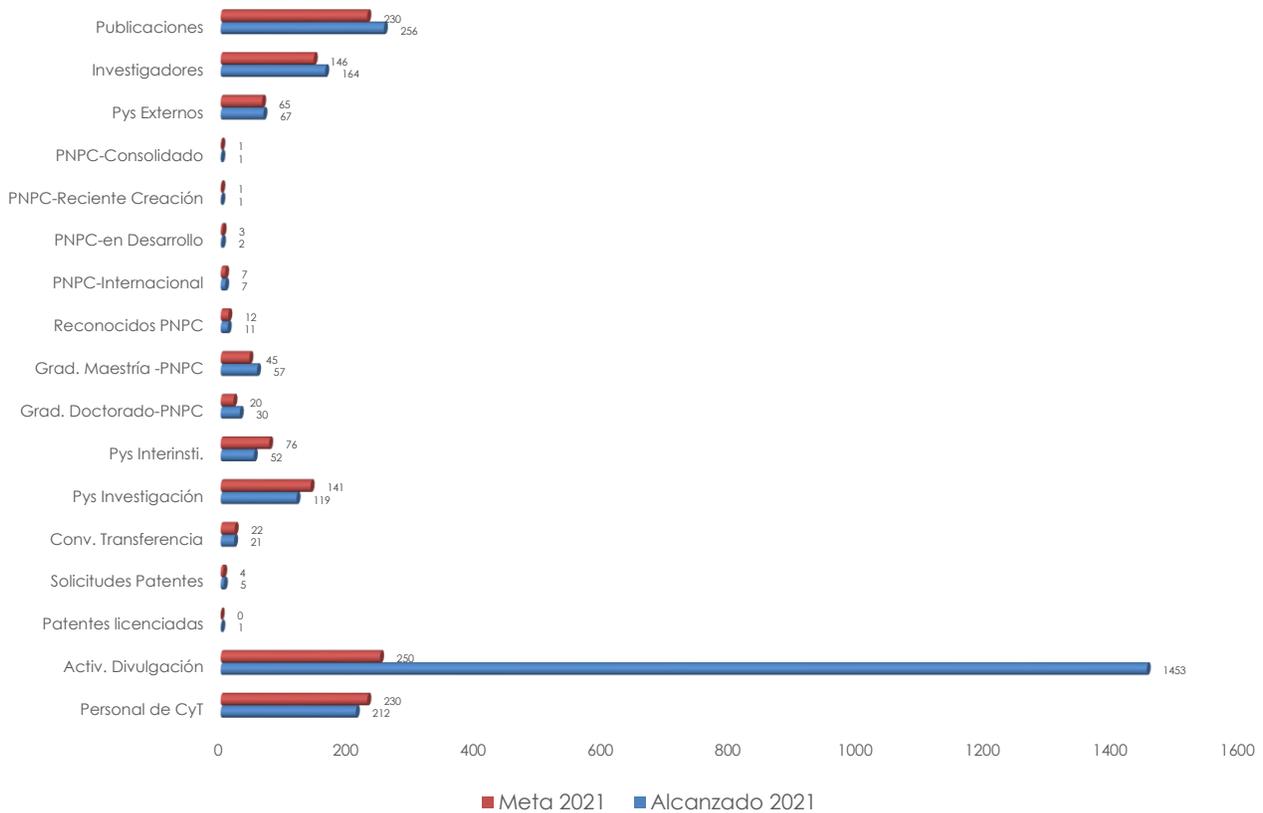




7. INDICADORES DEL ANEXO III DEL CAR

Para el año 2021 la mayoría de los compromisos establecidos en los indicadores CAR han sido alcanzados satisfactoriamente. A continuación, se muestra una gráfica que contiene la meta de indicadores CAR sustantivos, así como el desempeño obtenido por la institución en los mismos.

Indicadores Anexo III CAR 2021





## 8. CONVENIOS DE COLABORACIÓN

**INSTITUTO NACIONAL DE ASTROFÍSICA, ÓPTICA Y ELECTRÓNICA**  
**5.9.14 CONTRATOS - CONVENIOS**  
**ENERO - DICIEMBRE 2021**

NÚMERO DE PROYECTO	NOMBRE	RESPONSABLE	INSTITUCIONES INVOLUCRADAS	FECHA INICIO	FECHA TÉRMINO	MONTO RECIBIDO ENE-DIC 2021	MONTO TOTAL DEL CONVENIO
1	DESARROLLO (MANUFACTURA), INSTALACIÓN Y ENTREGA DE DOS (02) SISTEMAS DE CONTROL DE TIRO OPTOELECTRÓNICO DE TIRO PARA MONTAJES BOFORS MK3 GARFIO 3 (ARMA NO INCLUIDA), PARA ATENCIONES DE LAS PATRULLAS OCEÁNICAS CLASE OAXACA, CASCO 59 ARM "JALISCO" PO-167 Y CASCO 60 ARM "ESTADO DE MÉXICO" PO-168, ASTILLERO DE MARINA NÚMERO " VEINTE".	DR. LEOPOLDO ALTAMIRANO ROBLES	SEMAR	05/11/2015	31/12/2021	\$0.00	\$3,497,400.00 USD
2	DESARROLLO, FABRICACIÓN Y ENTREGA DE DOS (2) SISTEMAS DE ANAVEAJE, PARA ATENCIONES DE LOS BUQUES DE VIGILANCIA OCEÁNICA, CASCOS 59 Y 104 para atenciones del Astillero de Marina Número "VEINTE" Y Astillero De Marina Número "UNO	DR. LEOPOLDO ALTAMIRANO ROBLES	SEMAR	16/03/2018	INDEFINIDO	\$0.00	\$28,720,573.20
3	MODERNIZACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA DE LOS SISTEMAS DE HARDWARE DEL SIMULADOR DE VUELO PARA HELICÓPTEROS MI-17	MC. DAVID TENORIO PÉREZ	SEMAR	21/03/2018	INDEFINIDO	\$0.00	\$2,174,000.00
4	OPERACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DEL MUSEO INTERACTIVO DE ASTRONOMÍA "EL METEORITO" EN CHARCAS, SAN LUIS POTOSÍ	DR. RAFAEL IZAZAGA PÉREZ	GOBIERNO DEL ESTADO DE SAN LUIS POTOSÍ, FOMIX	20/09/2018	31/12/2021	\$534,821.40	\$17,994,892.00
5	MAESTRÍA EN CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS DE SEGURIDAD	DR. JOSÉ ROBERTO PÉREZ CRUZ	INSTITUCIÓN EDUCATIVA	01/08/2018	INDEFINIDO	\$1,180,000.00	\$593,000.00
6	TALLER DE CIBERSEGURIDAD	DRA. CLAUDIA FERREGRINO URIBE	INSTITUCIÓN EDUCATIVA	30/04/2019	INDEFINIDO	\$0.00	\$257,000.00
7	"DISPOSITIVO MICRO-NANO ELECTRÓNICO DE GEO LOCALIZACIÓN EN REDES MÓVILES CON EFICIENCIA ENERGÉTICA"	DR. LEOPOLDO ALTAMIRANO ROBLES	SEGOB	04/06/2015	INDEFINIDO	\$0.00	\$8,654,423.16
8	PROTOTIPO DE UN CENTRO DE MANDO Y CONTROL AEROTRANSPORTADO (CMCA), DEL CENTRO DE MANDO Y CONTROL DEL SISTEMA INTEGRAL DE VIGILANCIA AÉREA DEL ESTADO MAYOR DE LA DEFENSA NACIONAL (2/a. FASE)	MC. DAVID TENORIO PÉREZ	SEDENA	30/06/2018	INDEFINIDO	\$0.00	\$3,100,000.00
9	SISTEMA DE NAVEGACIÓN INERCIAL PARA BUQUES DE LA ARMADA DE MÉXICO Y OTRAS PLATAFORMAS	M.C. FRANCISCO BARBOSA ESCUDERO	ALONROD	03/01/2017	INDEFINIDO	\$0.00	\$17,816,760.00
10	SISTEMA HARDWARE/SOFTWARE PARA CAPTURA Y TRANSMISIÓN DE AUDIO Y VIDEO	DR. LEOPOLDO ALTAMIRANO ROBLES	SEGOB	13/03/2017	INDEFINIDO	\$0.00	\$3,812,000.00
11	DISEÑO Y DESARROLLO DE UN PROTOTIPO DE COHETE Y SU TUBO LANZADOR DE 60 MM.	M.C. DAVID TENORIO PÉREZ	SDN	17/09/2019	21/07/2021	\$0.00	\$5,850,041.24
12	ESTUDIO DE REHABILITACIÓN Y CARACTERIZACIÓN ÓPTICA PARA LA CONVERSIÓN DE LA ANTENA DE TULANCINGO 1, A RADIOTELESCOPIO	DR. DAVID GALE	TULANCINGO	12/12/2019	INDEFINIDO	\$0.00	\$862,068.97
13	FERIA DE LECTURA (FESTIVAL DEL LIBRO DE SAN ANDRÉS CHOLULA)	LIC. GUADALUPE RIVERA LOY	CONCYTEP	28/02/2020	31/12/2021	\$0.00	\$300,000.00
14	TALLERES Y CAMPAMENTOS PARA CONTRIBUIR AL EMPODERAMIENTO CIENTÍFICO DE NIÑAS, NIÑOS, EN COORDINACIÓN CON INAOE (Bajo demanda)	ING. JANINA NAVA ARIZA	MUNICIPIO DE PUEBLA	31/08/2020	INDEFINIDO	\$150,868.47	\$300,000.00
15	CREACIÓN DE ESPACIOS CON NUEVAS TECNOLOGÍAS PARA FORTALECER LA INFRAESTRUCTURA CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA DEL MUSEO INTERACTIVO DE CIENCIAS E INNOVACIÓN DE NAYARIT	DRA. PERLA C. GARCÍA FLORES	GOBIERNO DEL ESTADO DE NAYARIT, FOMIX	20/03/2020	20/08/2021	\$0.00	\$19,483,642.90
16	DEFINICIÓN Y VALIDACIÓN DE REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA DE ARTILLERÍA	M.C. DAVID TENORIO PEREZ	SEDENA	21/11/2019	21/11/2022	\$0.00	\$2,472,500.00
17	DESARROLLO DE TALENTO ESPECIALIZADO, INAOE - MÓDULO DE SEGURIDAD	DR. FRANCISCO RENERO CARRILLO	INTEL	22/02/2021	INDEFINIDO	\$0.00	\$1,000,000.00
18	DIVULGACIÓN CIENTÍFICA MUNICIPAL	ING. JANINA NAVA ARIZA	AYUNTAMIENTO MUNICIPIO DE PUEBLA	11/03/2021	30/09/2021	\$172,413.79	\$200,000.00
19	CREACIÓN DE UN SISTEMA QUE AYUDE A INCREMENTAR LA VISIBILIDAD DE LOS ARTÍCULOS EXHIBIDOS EN SU CANAL DE VENTA POR LINEA	DR. F. EDUARDO MORALES MANZANARES	NACIONAL MONTE DE PIEDAD	26/11/2020	26/08/2021	\$0.00	\$750,000.00
<b>SERVICIOS Y DIPLOMADOS</b>							
20	*SERVICIOS DE CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO (24 EMPRESAS ATENDIDAS)	DRA. JAZMÍN CARRANZA GALLARDO	VARIOS	01/01/2021	31/12/2021	\$254,220.00	\$254,220.00
21	**DIPLOMADOS EN MATEMÁTICAS (1456) PROFESORES Y CURSOS (0 EMPRESAS ATENDIDAS)	DRA. JAZMÍN CARRANZA GALLARDO Y DR. FRANCISCO RENERO CARRILLO	VARIOS	01/01/2021	31/12/2021	\$3,656,180.04	\$3,656,180.04



## 9. PREMIOS

A continuación, se enlistan los premios obtenidos por personal de INAOE, así como por estudiantes.

- **Enero 2021**, La LX Legislatura del Congreso del Estado hizo entrega de la Presea Estatal de Ciencia y Tecnología Luis Rivera Terrazas 2020 a cinco científicos que han contribuido al avance de la tecnología e innovación en el estado de Puebla, entre ellos el Dr. José Luis Olvera Cervantes, investigador del Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE).
- **26 de abril**. El Dr. Alejandro Cornejo Rodríguez, científico del Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE), obtuvo la distinción de Investigador Emérito del Sistema Nacional de Investigadores (SNI). Se trata del máximo reconocimiento que otorga dicha instancia del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) a sus miembros.
- **21 de septiembre**. La Dra. Gordana Jovanovic Dolecek, investigadora de la Coordinación de Electrónica del INAOE, fue elegida como la mejor editora asociada del IEEE *Transactions on Circuits and Systems I: Regular papers*. Esta revista es la revista insignia (flagship) de la Sociedad IEEE Circuitos y sistemas
- **5 de octubre**. El equipo QuetzalC++ de drones autónomos del Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE) ganó el primer lugar de la región 2 del certamen internacional Open CV AI Competition 2021.
- **1 de noviembre**. Aldrich Alfredo Cabrera Ponce y Horacio Jesús Jarquín-Vásquez, estudiantes de posgrado del Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE), obtuvieron el primer y tercer lugar respectivamente en la categoría de tesis de maestría en el concurso nacional José Negrete Martínez otorgado durante la vigésima edición de la conferencia científica Mexican International Conference on Artificial Intelligence (MICA) 2021.
- **23 de noviembre de 2021**. Un artículo científico publicado por un investigador del INAOE e investigadores de la Universidad de Witwatersrand, Sudáfrica, ha sido considerado como uno de los trabajos de Óptica más importantes del año y como un parteaguas que abrirá muchas puertas en la Física actual. Se trata del artículo "Demonstrating Arago-Fresnel laws with Bessel beams from vectorial axicons", publicado por el Dr. Sabino Chávez Cerda, investigador del INAOE, en colaboración con Keshaan Singh, Wagner Tavares-Buono y Andrew Forbes de la Universidad de Witwatersrand, en octubre de 2021 en el *Journal of the Optical Society of America*.
- **7 de diciembre**. Por sus contribuciones en la formación de recursos humanos de alto nivel y en el desarrollo de infraestructura en el campo de los dispositivos electrónicos en América Latina, el Dr. Edmundo Antonio Gutiérrez Domínguez, Director General del Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE), recibió el nombramiento de Fellow del IEEE.



10. REPORTE GRAN TELESCOPIO MILIMÉTRICO ALFONSO SERRANO Y LABORATORIO NACIONAL HAWC 2021

Revisión científica y técnica de propuestas enviadas a la convocatoria 2021-S1

- GTM cerrado por la operación científica – 2021

Actividades de ingeniería > sept 2021

- Modificaciones a la infraestructura de la sala de receptores GTM
Importación a México de MUSCAT y TolTEC e instalación al GTM
Metrología del sistema óptico (M1 y M2)

Fotogrametría – optimizar desempeño del telescopio

LASERS (NSF MRI \$ 300K)

- Preparación para pruebas de VLBI EHT (en enero 2022)
Implementación de medidas de seguridad

Mesa Estatal (Puebla) de Seguridad

Global Secure 3 (GS3) / UMASS

Resultados Científicos

Ueda, J., et al. 2021, ApJS
Cold Molecular Gas in Merger Remnants. II. The Properties of Dense Molecular Gas.
Taniguchi, A., et al. 2021, ApJ
A Data-scientific Noise-removal Method for Efficient Submillimeter Spectroscopy With Single-dish Telescopes.
Montaña, A., et al. 2021, MNRAS
Early science with the Large Millimeter Telescope: a 1.1 mm AzTEC survey of red-Herschel dusty star-forming galaxies.
Tang, Y., et al. 2021, MNRAS
AzTEC survey of the Central Molecular Zone: Data reduction, analysis, and preliminary results.
Tang, Y., et al. 2021, MNRAS
AzTEC survey of the central molecular zone: increasing spectral index of dust with density.
Janssen, M., et al., 2021, Nature
Event Horizon Telescope observations of the jet launching and collimation in Centaurus A
The EHT MWL Science Working Group, 2021, ApJL
Broadband Multi-wavelength Properties of M87 during the 2017 Event Horizon Telescope Campaign
EHT Collaboration, 2021, ApJL
First M87 Event Horizon Telescope Results. VIII. Magnetic Field Structure near The Event Horizon





**GOBIERNO DE  
MÉXICO**



**CONACYT**  
Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología



EHT Collaboration, 2021, ApJL  
[First M87 Event Horizon Telescope Results. VII. Polarization of the Ring](#)

Caliendo, J., et al. 2021, ApJL  
[Early Science with the Large Millimeter Telescope: Constraining the Gas Fraction of a Compact Quiescent Galaxy at  \$z = 1.883\$](#)

**MUSCAT – Mexico UK Submillimeter Camera for Astronomy  
1500 Kinetic Inductance Detectors in la banda de 1.1mm**

Iniciativa iniciada por el CONACYT y Research Councils UK como resultado del año dual México - Reino Unido 2015 FONCICYT (2016) \$ 13M pesos (P.I. David Hughes, INAOE)

RCUK Newton Fund £ 500 K (P.I. Simon Doyle, Universidad de Cardiff)

Desarrollo binacional de tecnología y transferencia de conocimiento México y colaboración científica. a

Instrumento para el desarrollo futuro de tecnología de detectores (< THz)

Oportunidades para formación de científicos, técnicos e ingenieros

Mayo – agosto 2021 **importación a México y entrega al GTM** y noviembre – diciembre 2021**integración, instalación y enfriamiento criogénico**

**Seguridad**

Reunión (INAOE, GTM, HAWC) con Mesa Estatal de Seguridad, julio 2021

- Gobernación Estatal, Policía Estatal, Guardia Nacional, Fiscalía, Centro Nacional de Inteligencia, ...
- Formación de la Red de Seguridad Sierra Negra INAOE (via WhatsApp)
- Vigilancia (visitas a Sierra Negra) y reportes diarios por unidades de la Policía Estatal
- Viajes (INAOE – Ciudad Serdán – Atzintzintla - HAWC – GTM) sin escoltas, acompañamientos por la Policía Estatal.





**GOBIERNO DE  
MÉXICO**



**CONACYT**  
Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología



En el Laboratorio Nacional HAWC participan 50 colaboradores entre estudiantes e investigadores de 13 instituciones nacionales. En 2021 con semáforo COVID en Naranja no hubo visitas de colaboradores el sitio y los trabajadores solo laboraban 1 día a la semana realizando únicamente actividades críticas para el experimento, a mediados del 2021 con el cambio de semáforo se recuperaron las actividades normales en el observatorio, permitiendo que los trabajadores cubrieran una jornada laboral normal de lunes a viernes, se realizaron tres campañas de trabajo por colaboradores de diferentes instituciones para realizar reparaciones de los sensores del HAWC (los fotomultiplicadores), realizando la reparación de hasta 30 PMT's en cada campaña, a finales del 2021 aún quedan unos 40 PMT's que están fuera de operación y que requieren de otra campaña de reparación que se realizará en 2022.

En este año 2021 todos los trabajadores de INAOE obtuvieron la vacunación contra COVID, a pesar de esto 3 trabajadores resultaron infectados, en la misma semana, por el virus teniendo síntomas regulares, uno de ellos necesitó de un tanque de oxígeno, después de ser dados de alta ninguno de los tres ha presentado ninguna secuela importante. En este periodo de contagios el observatorio ha seguido operando normalmente y tomando datos.

El 21 de Junio se reportó el incendio de la subestación eléctrica del observatorio HAWC debido a una fuerte tormenta eléctrica, desde mediados de Julio el observatorio opera de manera temporal con un transformador de emergencia, con una capacidad menor del transformador normal, esto ya que se iniciaron estudios y pruebas para proponer equipo adicional de protección para evitar estos incidentes graves en un futuro, para ellos se mandó a manufacturar un transformador de 450 Kva que cumpla con la altura de trabajo de 4,500 m.s.n.m y se adquirió una estación compacta SF6, ambos equipos aún no han sido instalados pero se espera que estén listos para Febrero del 2022.

En el 2021 el observatorio ha publicado 11 artículos científicos en revistas internacionales de alto prestigio, 1 artículo enviado, de estos artículos, 4 fueron liderados por miembros del INAOE, dos de ellos estudiantes de Doctorado, una estudiante de doctorado del INAOE se graduó en Julio 2021, los dos estudiantes recién doctorados se encuentran haciendo estancias postdoctoral, en el IA-UNAM y en la Universidad de Wisconsin.

