



## **5.1 Informe Ejecutivo de las actividades desarrolladas por el Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica.**

El Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE) es un Centro Público de Investigación que forma parte de la red de Centros Públicos del CONACYT en México. El Instituto se encuentra ante los retos de promover la investigación científica y tecnológica, la formación de recursos humanos y la vinculación con los diferentes sectores de la sociedad, coadyuvando a elevar el bienestar social. El proceso de globalización de la economía demanda urgentemente un programa de investigación y desarrollo tecnológico de amplio alcance en nuestro país. La trascendencia del desarrollo científico y tecnológico debe ir más allá de los factores económicos, que indudablemente son indispensables, pero no suficientes, para promover una mejor calidad de vida.

En nuestra calidad de centro público de investigación mantenemos como actividades sustantivas la generación, el avance y la difusión del conocimiento, para el desarrollo del país y de la humanidad, 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.

Durante los últimos años el INAOE ha mantenido una productividad constante en la investigación, desarrollo tecnológico y formación de recursos humanos. En el 2018 el número de artículos publicados en revistas con arbitraje fue de 230, con una planta total de 158 investigadores (tasa de 1.45 publicaciones por investigador). De estas publicaciones, 208 (90% del total) se realizaron en revistas indizadas en el Journal Citation Report (JCR), principalmente en aquellas pertenecientes a los cuartiles 1 y 2. Este resultado rebasa el cumplimiento de la meta anual de 215 publicaciones establecida en el Convenio de Administración por Resultados (CAR).

En los aspectos relacionados con la formación de recursos humanos, las metas planteadas para el 2018 fueron de 65 personas graduadas de maestría y 35 graduadas de doctorado. En este periodo de evaluación se graduaron 95 estudiantes (62 de maestría y 33 de doctorado). Se tuvo una matrícula de 524 personas, de las cuales se dieron de baja 10 y se graduaron 95, por lo que al mes de diciembre del 2018 se contó con una población activa de 419 estudiantes.



Actualmente, nueve programas de posgrado del INAOE forman parte del Padrón de Posgrados de Calidad del CONACYT (seis de Competencia a Nivel Internacional, dos Consolidados y uno de Reciente Creación). Se tiene una política de mejora continua en cuanto a la calidad de los programas de posgrados, muestra de ello es que para el cierre del 2018 dos de ellos, Doctorado en Ciencias con Especialidad en Electrónica y Doctorado en Ciencias con Especialidad en Óptica, subieron de categoría de Consolidado a categoría de Competencia a Nivel Internacional. Por otro lado, los programas de maestría recientemente creados, la Maestría en Ciencias y Tecnologías Biomédicas y la Maestría en Ciencias en Tecnologías de Seguridad, serán sometidos a evaluación en para su ingreso a dicho padrón durante el 2019.

Se han continuado y extendido las acciones de divulgación y difusión científica del INAOE dirigidas al público en general. Durante el 2018, el INAOE realizó un total de 398 actividades de divulgación científica. Este número resulta de la suma de actividades realizadas como conferencias, veladas astronómicas, ferias de ciencia, exposiciones y talleres.

Mediante los diversos programas de apoyo del CONACYT, se obtuvieron proyectos de investigación y desarrollo tecnológico que apoyaron las actividades de las áreas sustantivas del INAOE. Así mismo, a través del programa de Cátedras CONACYT, se han incorporado a nuestro personal de investigación un total de 29 personas para el cierre del 2018.

En materia de vinculación productiva y social, se ha superado la meta propuesta en un 28% con la firma de 23 convenios en el área de Desarrollo Tecnológico. Como ejemplos de los proyectos en este rubro están los de la Secretaría de la Marina Armada de México (SEMAR) para el desarrollo del Simulador de Vuelo para Aviones Casa 295-M y de los Sistemas de Anaveaje para Atenciones de los Buques Patrulla de Vigilancia Oceánica, Cascos 48 y 49, por mencionar algunos. Del mismo modo se continúa el proyecto con la empresa Alonrod Soluciones Tecnológicas S. de R.L. para realizar un Sistema de Navegación Inercial para Buques y otras Plataformas. El INAOE ha contribuido sustancialmente en la sustitución de importaciones, generando mayor libertad técnica y económica y ha colaborado en un reforzamiento significativo de la seguridad de las costas nacionales.

El Laboratorio de Colorimetría continuó con los servicios de Calibración y Mantenimiento a diversas empresas. Adicionalmente, con los Diplomados en Matemáticas se brindó atención a 1,076 profesionistas de la educación (418 en el periodo de primavera, 20 en el verano y 638 en el otoño) a través de los cursos ofrecidos.



También está la participación del INAOE en los Laboratorios Nacionales CONACYT, tanto como sede principal del Laboratorio Nacional del GTM, así como institución asociada en el Laboratorio Nacional HAWC, el Laboratorio Nacional de Óptica de la Visión, el Laboratorio Nacional de Súper Computo del Sureste de México y el Laboratorio Nacional de Astrofísica en San Pedro Mártir B.C. Igualmente, el INAOE se ve representado a través de la colaboración en los consorcios del CONACYT como lo son: Centro Nacional de Tecnología Aeronáutica, Consorcio de Investigación y de Innovación del Estado de Tlaxcala, Centro de Innovación y Transferencia Tecnológica de Aguascalientes para el Sector Automotriz, Consorcio de Óptica Aplicada, Consorcio de Innovación y Desarrollo en Electrónica Aplicada, Consorcio Inteligencia Artificial y el Consorcio Gran Telescopio Milimétrico del cual es Sede Principal. En estos consorcios, el Instituto se encuentra dentro de una red multidisciplinaria de investigación científica y tecnológica de calidad internacional, que tiene por objetivo impulsar el desarrollo social mediante el conocimiento que contribuye a la solución de problemas a nivel nacional.

Por otro lado, la creación de nuevas sedes, con la apertura de oficinas en las ciudades de Monterrey y Mérida, ha permitido ofertar las capacidades del Instituto a otros sectores como lo son el industrial, servicios y soluciones a empresas y organismos, con lo cual se pretende crecer hacia nuevos campos para la obtención de recursos.

El Centro Regional para la Enseñanza en Ciencia y Tecnología del Espacio para América Latina y el Caribe (CRECTEALC) ha continuado ofreciendo cursos de Percepción Remota y Comunicaciones Satelitales, tanto a estudiantes mexicanos como a extranjeros.

Como se manifiesta en el presente informe, el número de publicaciones, la participación en congresos y conferencias, la pertenencia del personal de investigación en el Sistema Nacional de Investigadores (SNI) y el número de estudiantes graduados, constituyen algunos de los elementos que dan un cumplimiento exitoso a las metas planteadas tanto en el CAR como en el Plan Estratégico de Mediano Plazo.



## **Reporte de actividades del año 2018 del proyecto Gran Telescopio Milimétrico Alfonso Serrano**

La primera parte del año 2018 estuvo principalmente dedicada a la continuación del trabajo técnico y de ingeniería de la etapa final del “Plan de Terminación del Telescopio”, así como a la instalación y pruebas de nuevos instrumentos científicos, incluyendo el receptor de VLBI a 1.3mm para permitir que el GTM de 50 metros participará en las observaciones del Telescopio de Horizonte de Eventos (EHT). El año concluyó con la financiación del Consorcio GTM con nuevos fondos de CONACYT-FORDECYT, y el acuerdo firmado entre los socios del GTM para formar el Observatorio GTM. Desafortunadamente, el año también estuvo marcado por múltiples incidentes de inseguridad en la zona cercana al telescopio.

Los principales objetivos de ingeniería en esta etapa final del Plan de Terminación del Telescopio, financiados con recursos (\$ 70 millones de pesos) del FORDECYT del CONACYT en noviembre del 2016, fueron (i) integrar, alinear e instalar los segmentos de superficie restantes en los anillos 4 y 5 del reflector primario; (ii) fabricar e instalar los actuadores y su sistema electrónico de control activo para los segmentos de los anillos 4 y 5; y (iii) fabricar e instalar el nuevo espejo secundario de alto rendimiento y su hexápodo, ambos fabricados y entregados al GTM en el 2016. El CONACYT aprobó la extensión de la segunda y última etapa del proyecto FORDECYT, con una fecha modificada del 31 de marzo del 2018 para completar las actividades descritas anteriormente.

Como se informó anteriormente, la expansión del reflector primario de 32-m a 50-m de diámetro se terminó en diciembre del 2017. Sin embargo, en los primeros 3 meses (enero a marzo del 2018) continuamos la instalación de los actuadores restantes y el sistema de control de superficie activa, fabricado por ADS International (Italia) para permitir el movimiento preciso y la alineación continua de los 180 segmentos de la superficie individual. Este trabajo se completó dentro del período de extensión aprobado del proyecto FORDECYT para proporcionar un telescopio completamente activo de 50-m de diámetro.

En paralelo con el trabajo de ingeniería asociado con el proyecto FORDECYT, se levantó la grúa torre a fines de marzo del 2018 para permitir reiniciar las observaciones de metrología con fotogrametría para alinear la superficie activa completa de 50-m de diámetro. El equipo del proyecto GTM comenzó los preparativos para la instalación de los nuevos receptores de línea espectral: SEQUOIA (a 3mm), B4R (a 2mm) y el receptor actualizado de VLBI a 1.3 mm.



Un hito crítico que determinó gran parte del cronograma de actividades fue el requisito de que el GTM pudiera participar en la segunda serie de observaciones de VLBI del Telescopio de Horizonte de Eventos (Event Horizon Telescope o EHT) en abril del 2018.

Para lograr esto, la construcción y prueba de la nueva generación del receptor VLBI de 1.3 mm, financiado por un proyecto NSF MSIP liderado por el Observatorio Harvard-Smithsonian y la Universidad de Massachusetts, tuvo que completarse en los primeros meses del 2018 antes de su instalación en el GTM. Este nuevo receptor ha mejorado significativamente el rendimiento y la estabilidad en comparación con el anterior receptor VLBI de 1.3 mm de vía rápida utilizado en el 2017. Además, esta fue la primera oportunidad para que el GTM participará en el EHT como telescopio completo de 50-m de diámetro. En noviembre del 2018, la colaboración de EHT comenzó a distribuir los primeros borradores de la primera serie de 6 artículos científicos para revisión interna antes de su presentación a una edición especial de "ApJ Letters" en febrero del 2019.

Todos estos nuevos receptores proporcionan individualmente nuevas capacidades científicas que son de gran interés para la comunidad de usuarios del GTM, en particular aquellos interesados en los procesos físicos de formación de estrellas que requieren alta resolución espectral para observar la cinemática y la dinámica del gas molecular. Como referencia, el 30% del tiempo total solicitado (aproximadamente 1000 horas) en la última convocatoria de propuestas del GTM requirió observaciones de SEQUOIA. La instalación de 3 nuevos instrumentos científicos en un período de pocos meses (febrero a abril del 2018) fue logísticamente complicada y requirió una coordinación cuidadosa entre los diferentes equipos visitantes de instrumentos, y las otras actividades de ingeniería y mantenimiento en el sitio.

Debido a las condiciones climáticas inusualmente pobres durante el verano, no fue posible completar la primera serie de observaciones y pruebas de SEQUOIA y el instrumento B4R hasta el otoño del 2018. Sin embargo, ambos instrumentos han producido observaciones científicas de demostración y están listos para ser utilizados por la comunidad científica en el 2019.

Finalmente, el diseño y la fabricación del prototipo de detectores LEKIDS para las dos cámaras futuras de gran formato (MUSCAT y Toltec) continuaron en Cardiff y NIST, con financiamiento de CONACYT-FONCICYT y NSF MSIP, respectivamente. Los estudiantes del INAOE, los posdoctorados y, en particular, un catedrático del CONACYT comisionado al INAOE (Dr. Edgar Castillo) han contribuido significativamente al trabajo de desarrollo.



En conclusión, el año 2018 fue un período extremadamente exitoso, que cumplió con todos los objetivos del proyecto FORDECYT, con la finalización de la construcción del telescopio completo de 50 m de diámetro con el control activo del reflector primario para compensar las deformaciones gravitacionales. Durante el mismo período, el GTM recibió, comisionó e instaló 3 nuevos instrumentos científicos (SEQUOIA, 1.3mm VLBI y B4R) para permitir que nuevos proyectos científicos sean conducidos por una mayor proporción de la comunidad científica astronómica mexicana. Además, el proyecto continuó con la transferencia de conocimiento y desarrollo de tecnología relevante de nuestros colaboradores internacionales en el Reino Unido, Japón y Estados Unidos.

Desafortunadamente, en 2018 y principios de 2019, el proyecto GTM ha sufrido varios incidentes violentos de inseguridad en el área que rodea el sitio del telescopio y el campamento base en Ciudad Serdán. Esto ha resultado en la suspensión de observaciones científicas y actividades de ingeniería en el sitio por períodos de tiempo, y una reducción en la eficiencia operativa general de la instalación. El equipo de gestión de GTM y el INAOE han estado trabajando estrechamente con los gobiernos federal y estatal para abordar este problema e implementar nuevas medidas de seguridad mientras trabajan en el telescopio y viajan a la región cercana al Volcán Sierra Negra con acompañamientos por la Policía Estatal. A la fecha de este reporte, reiniciamos las observaciones nocturnas con la esperanza que la situación de seguridad mejora en la región cercana al GTM.