

## INFORME EJECUTIVO DE AUTOEVALUACIÓN DEL INAOE CORRESPONDIENTE AL PRIMER SEMESTRE 2018

### 1. Planta Académica

El personal académico con el que cuenta actualmente el Instituto, es de 148 investigadores e Ingenieros - Tecnólogos; De los cuales 18 se incorporaron mediante el programa de Cátedras CONACYT y realizan todas sus labores de investigación, desarrollo tecnológico y docencia en este Instituto. Asimismo, 118 son Investigadores Titulares y 12 son Ingenieros-Tecnólogos. En consecuencia, y como resultado de la evaluación por las Comisiones Dictaminadoras Interna y Externa, la planta de investigadores por categorías queda integrada para el 2018 tal como se indica en la siguiente tabla:

Área	Astrofísica		Óptica		Electrónica		Ciencias Computacionales		Desarrollo Tecnológico		Total	
	2017	2018	2017	2018	2017	2018	2017	2018	2017	2018	2017	2018
Tec. Asoc. C	3	2	2	1	0	0	0	0	4	3	9	6
Tec. Tit. A	1	0	2	2	1	1	0	0	0	0	4	3
Tec. Tit. B	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	1	2
Tec. Tit. C	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
Asociado C	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	2	2
Titular A	8	6	5	5	4	4	7	5	0	0	24	20
Titular B	9	11	11	11	20	20	6	8	0	0	46	50
Titular C	9	10	13	12	7	8	8	8	0	0	37	38
Titular D	4	4	2	2	1	1	1	1	0	0	8	8
Cátedras CONACYT	4	7	6	4	1	1	1	5	0	1	12	18
<b>Total</b>	<b>39</b>	<b>41</b>	<b>41</b>	<b>38</b>	<b>35</b>	<b>38</b>	<b>24</b>	<b>27</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>143</b>	<b>148</b>

Tabla 1. Conformación de la planta académica por categorías.

### Sistema Nacional de Investigadores SNI

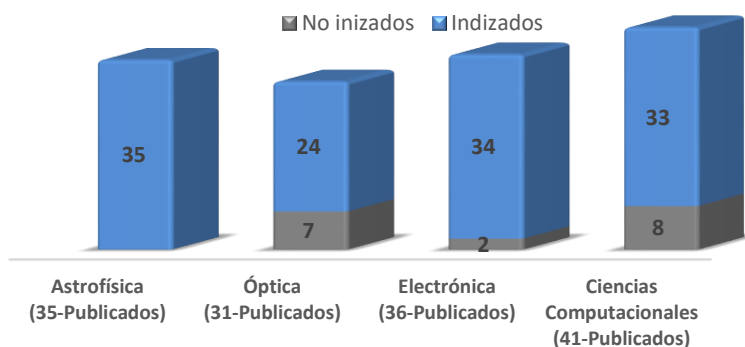
La Planta de Investigadores se encuentra conformada por científicos de alto nivel, mismo que en su mayoría se encuentra dentro del Sistema Nacional de Investigadores, el porcentaje de pertenencia alcanzó para este semestre el 83% (123/148). En la siguiente tabla se observa los niveles ocupados de los 123 investigadores que pertenecen al SNI, del total de 148. Cabe mencionar que la planta de investigadores se encuentra conformada por científicos de alto nivel y prestigio internacional, muestra de ello es que el 48% se encuentran entre los Niveles de Emérito, 3 y 2 (59/123).

Área	Sin SNI	Candidato	Nivel I	Nivel 2	Nivel 3	Emérito	Total
Astrofísica	3	0	14	11	5	1	34
Óptica	8	1	7	9	9	0	34
Electrónica	3	1	20	12	1	0	37
Ciencias Computacionales	1	1	10	8	2	0	22
Desarrollo Tecnológico	3	0	0	0	0	0	3
Cátedras	7	5	5	1	0	0	18
<b>Total</b>	<b>25</b>	<b>8</b>	<b>56</b>	<b>41</b>	<b>17</b>	<b>1</b>	<b>148</b>

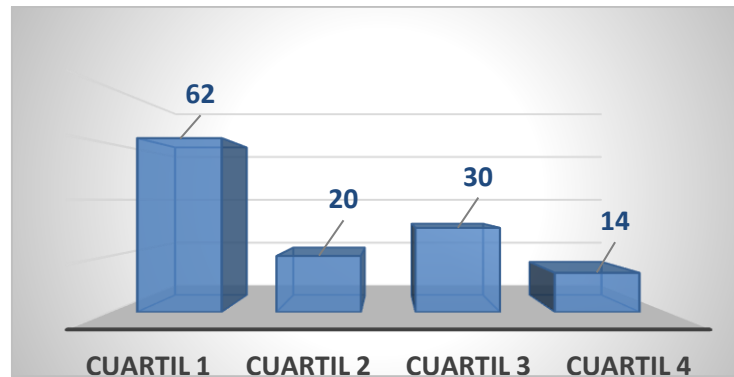
Tabla 2. Número de investigadores en el INAOE y su distribución en el SNI.

## Producción Académica

Durante el periodo de enero-junio 2018, los investigadores del Instituto publicaron 143 artículos en revistas científicas arbitradas, de los cuales 126 son indizados principalmente en los primeros cuartiles, lo cual representa el 88% de publicaciones indizadas. En la siguiente gráfica se muestran las publicaciones generadas por los investigadores de los artículos indizados por área.



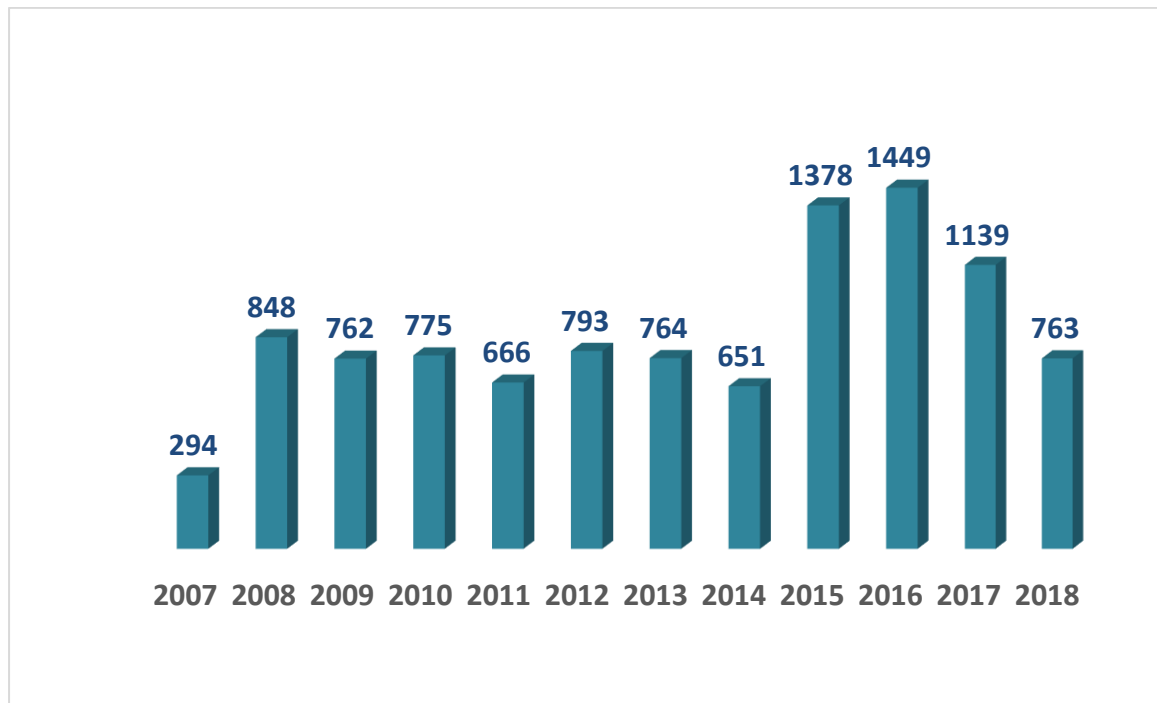
Un porcentaje importante de los artículos indizados se publicaron en revistas de alto nivel en los dos primeros cuartiles, reforzando así la calidad de los trabajos de investigación del Instituto, como se presenta en la siguiente gráfica.



### Cursos de Capacitación a Docentes

Durante el periodo primavera y verano de 2018 se atendieron a 438 profesores. Para el periodo otoño del 2018 se proyecta un total de 325 profesores. Lo cual nos da un total 763 profesores en 13 distintas sedes de la República Mexicana, dentro de estos cursos los objetivos que se persiguen con los Cursos de Capacitación a Docentes en servicio (diplomados) en las áreas de Álgebra, Geometría Analítica, Matemática y Física son:

- ✓ Garantizar que el profesor OBTIENE los conocimientos suficientes y necesarios para atender al grupo de alumnos.
- ✓ Elevar el nivel educativo en los subsistemas: básico, medio superior y superior, en las áreas de: Matemáticas, Física y Computación.
- ✓ Disminuir el porcentaje de deserción escolar



## **Gran Telescopio Milimétrico Alfonso Serrano Junta de Gobierno – primer semestre 2018**

El primer semestre de 2018, estuvo dominado por la continuación del trabajo técnico y de ingeniería como parte de la etapa final del Plan de Terminación del Telescopio, así como por la instalación y pruebas iniciales de nuevos instrumentos científicos. Los principales objetivos de ingeniería en esta etapa final del Plan de Terminación del Telescopio, financiados con recursos (\$ 70 millones de pesos) del FORDECYT de CONACYT en noviembre de 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; e (iii) instalar el nuevo espejo secundario de alto rendimiento y su hexápodo, ambos fabricados y entregados al GTM en 2016. CONACYT aprobó la extensión de la segunda y última etapa del proyecto FORDECYT, con una fecha modificada del 31 de marzo de 2018 para completar las actividades descritas anteriormente.



Figura 1. Gran Telescopio Milimétrico con reflector primario completo de 50-m de diámetro

Como se informó anteriormente, la expansión del reflector primario de 32-m a 50-m de diámetro se terminó en diciembre de 2017 (ver figura 1). Sin embargo, en los primeros 3 meses (enero a marzo 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 individuales. Este trabajo se completó dentro del período de tiempo extendido aprobado del proyecto FORDECYT para proporcionar un telescopio completamente activo de 50-m de diámetro.

El informe técnico para la segunda etapa del proyecto FORDECYT, así como los informes finales técnicos y administrativos, con un resumen exhaustivo de los resultados logrados, se entregaron al CONACYT para su evaluación y fueron aprobados posteriormente.

En paralelo con el trabajo de ingeniería asociado con el proyecto FORDECYT, y antes de, se levantó la grúa torre a fines de marzo que permitiría 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, B4R y el receptor actualizado de interferometría con líneas de base muy largas (VLBI) de 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) VLBI programadas en el período 18-29 de abril de 2018. El experimento EHT se ha descrito en detalle en informes anteriores. En resumen, el EHT es una colección de 9 telescopios operando a las de longitudes de onda milimétricas (el GTM junto con ALMA, APEX, JCMT, SMA, SPT, SMT, IRAM y NOEMA) ubicados en México, Chile, E.E.U.U. (Hawaii, Arizona), Antártica, Francia y España que realizan observaciones interferométricas con líneas de base muy largas (hasta 13000 km) que proporcionan resoluciones angulares suficientes para detectar el horizonte de eventos (la sombra) de los agujeros negros supermasivos más cercanos en nuestra galaxia y en M87.

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 de 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 2017. Además, esta fue la primera oportunidad para que el GTM participó en el EHT como telescopio completo de 50-m de diámetro. Todos estos nuevos receptores mencionados proporcionan individualmente nuevas capacidades científicas que son de gran interés para la comunidad de usuarios de LMT, 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. El receptor VLBI de 1.3 mm y el instrumento B4R estarán disponibles para observaciones de tiempo abierto en la próxima ronda de propuestas a fines de 2018.

La instalación de 3 nuevos instrumentos científicos en un período de pocos meses fue logísticamente complicada y requería una coordinación cuidadosa entre los diferentes equipos visitantes de instrumentos, y las otras actividades de ingeniería y mantenimiento en el sitio. A fines de enero de 2018, el sistema de acoplamiento óptico para SEQUOIA, con los 3 espejos grandes (M4, M5 y M6), se entregó al sitio y se instaló, mientras que el Redshift Search Receiver (RSR) se movió 0.5m más lejos del espejo M3 a lo largo del eje de elevación para proporcionar el espacio adicional requerido para instalar la nueva óptica M4 en la plataforma Nasmyth. Este nuevo espejo M4 más grande es necesario para alimentar los arreglos de detectores espectroscópicos del plano focal (SEQUOIA, OMAR), así como otros instrumentos espectroscópicos (B4R, VLBI 1.3 mm). A principios de marzo de 2018, una vez completada esta actividad, se instaló el instrumento B4R (un

modelo modificado del receptor ALMA de la banda 4, con longitud de onda de 2mm), construido por colaboradores japoneses del Observatorio Nacional de Astronomía de Japón (NAOJ), la Universidad de Tokio y la Universidad de Nagoya, con sus sistemas ópticos de lectura y acoplamiento electrónico. Dada la prioridad de las observaciones del EHT que se realizarían en noches seleccionadas entre el 18 y el 29 de abril, no fue posible completar las observaciones preliminares de puesta en servicio de B4R hasta mayo de 2018.

Durante las primeras semanas de abril, el receptor y el sistema de lectura electrónica y espectrómetro SEQUOIA, así como el receptor VLBI de 1.3 mm y los equipos electrónicos de back-end para digitalizar y registrar los datos en los registradores de alta velocidad (Mk6), se entregaron a el sitio LMT, instalado y probado. El instrumento VLBI fue preparado y probado, y estaba listo para participar en el programa de observaciones EHT. Al final de abril, las pruebas de SEQUOIA mostraron que todos los 16 píxeles tenían temperaturas nominales del receptor en toda la banda espectral, lo que demuestra que tanto el receptor como la electrónica de lectura del back-end funcionaban como se esperaba después del transporte y la instalación (ver figura 2). Además SEQUOIA logró las primeras observaciones astronómicas, con todos los 16 píxeles que muestran las detecciones de los isótopos de CO,  $^{12}\text{CO}$  (1-0) y  $^{13}\text{CO}$  (1-0), hacia la fuente proto-estelar galáctica IRAS 16293-2422 que a menudo se usa una fuente de referencia o calibración (ver figura 3).

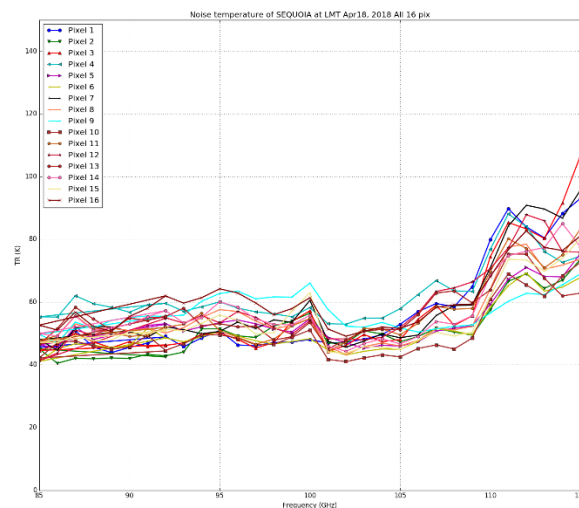


Figura 2. Temperaturas nominales (en Kelvin) de los 16 píxeles del receptor SEQUOIA en toda la banda espectral (85 – 116 GHz) mostrando la uniformidad y desempeño esperado.

También en abril, y antes de las observaciones EHT VLBI, las observaciones de metrología con fotogrametría del reflector primario fueron capaces de proporcionar algunas iteraciones para mejorar la alineación de la superficie, logrando una precisión de aproximadamente 100 micras r.m.s. Esto fue suficiente para realizar las observaciones de VLBI y las pruebas mencionadas



anteriormente. Como ejemplo las observaciones repetidas de una galaxia amplificada de alto corrimiento al rojo a 3 mm con el Redshift Search Receiver pudieron mostrar la mejora y la ganancia de sensibilidad del GTM con el aumento de 32-m a 50-m de diámetro en la apertura del telescopio (ver figura 4). A mediados de junio, el grupo japonés volvió para completar la instalación de B4R e iniciar pruebas para permitir la caracterización del instrumento.

El rendimiento del receptor y el sistema electrónico de lectura fue bueno, y la interfaz del receptor B4R con el sistema de control del telescopio permitió avances significativos en el programa general de puesta en marcha. Sin embargo, un problema con la alineación óptica del receptor requirió un mayor desarrollo y construcción de un espejo M4 móvil para optimizar el acoplamiento de la radiación astronómica al receptor. Esto se entregará e instalará en el otoño de 2018. El equipo técnico de GTM y el equipo de B4R continuaron trabajando en el desarrollo de los diferentes modos de observación para permitir observaciones tanto de fuentes compactas (como puntuales) y extendidas. Después de caracterizar el rendimiento del receptor B4R, el instrumento se ofrecerá para observaciones científicas hacia finales de 2018 después de la próxima convocatoria de propuestas.

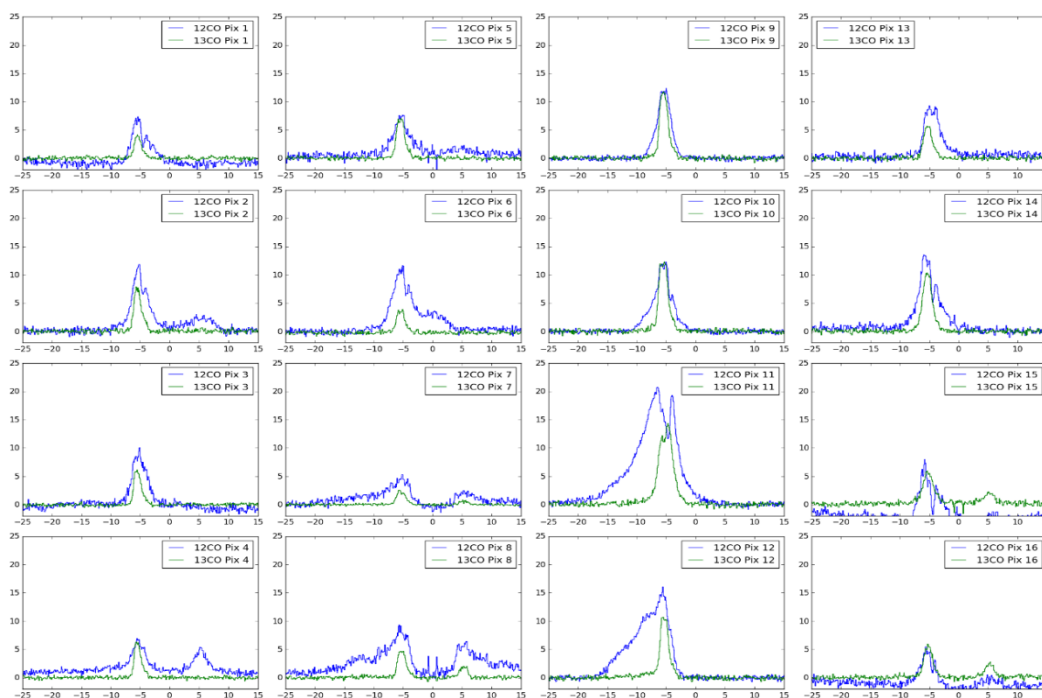


Figura 3. Observaciones espectroscopias de SEQUOIA en la banda de 3mm hacia la fuente proto-estelar galáctica IRAS 16293-2422. Las líneas azules y verdes muestran las detecciones de los isótopos de CO, 12CO (1-0) y 13CO (1-0) respectivamente en los 16 detectores individuales del instrumento.

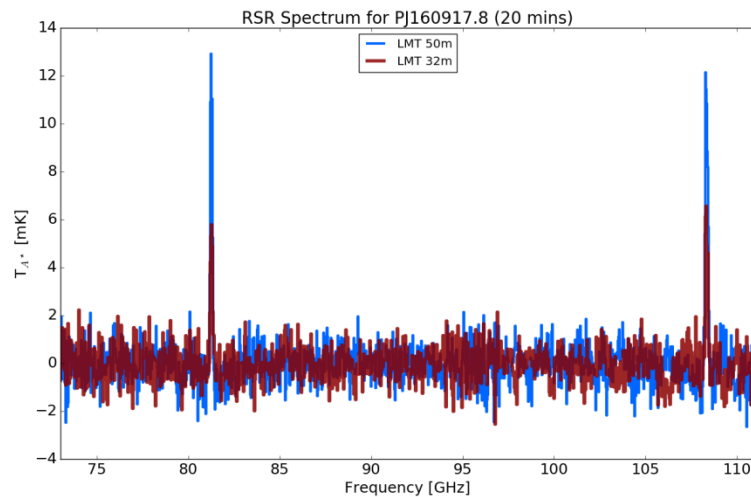


Figura 4. Observaciones espectroscópicas de RSR en la banda de 3mm, con baja resolución espectral y 36 GHz de ancho de banda, hacia la galaxia amplificada en el universo lejano. Los espectros muestran las detecciones de dos transiciones de monóxido de carbono, CO(4-3) y CO(3-2) con el GTM de 32-m de diámetro (línea roja) en 2016 y el GTM de 50-m de diámetro en 2018 (línea azul). Las observaciones claramente muestran el incremento en sensibilidad ( $T_A^*$ ) del telescopio debido al incremento en el diámetro del reflector primario.

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 de INAOE, los post-docs y, en particular, un catedrático de CONACYT (Dr. Edgar Castillo) han contribuido significativamente al trabajo de desarrollo.

En conclusión, el primer semestre del 2018 fue un período extremadamente exitoso, cumpliendo con todos los objetivos del proyecto FORDECYT, con la finalización de la construcción del telescopio completo de 50-m de diámetro con control activo del reflector primario para compensar las deformaciones gravitacionales cuando el GTM cambia su elevación. Durante ese mismo período el GTM recibió e instaló 3 nuevos instrumentos científicos (SEQUOIA, 1.3L VLBI y B4R) lo que permitirá que nuevos proyectos científicos sean dirigidos por una mayor proporción de la comunidad científica astronómica mexicana. Finalmente, el proyecto continuó la transferencia y desarrollo de tecnología de nuestros colaboradores internacionales en el Reino Unido, Japón y los Estados Unidos, así como la enseñanza y supervisión continua de los estudiantes y post-docs y la publicación de 3 artículos en revistas arbitradas, incluyendo uno en Nature Astronomy (<https://www.nature.com/articles/s41550-017-0297-8.epdf>) por un ex-estudiante del INAOE (Dr. Jorge Zavala).

En los próximos 6 meses completarán la optimización del reflector primario y permitirán el inicio del programa científico con la plena sensibilidad y capacidades del LMT para estudiar la formación y evolución de la estructura en todas las épocas cósmicas.