



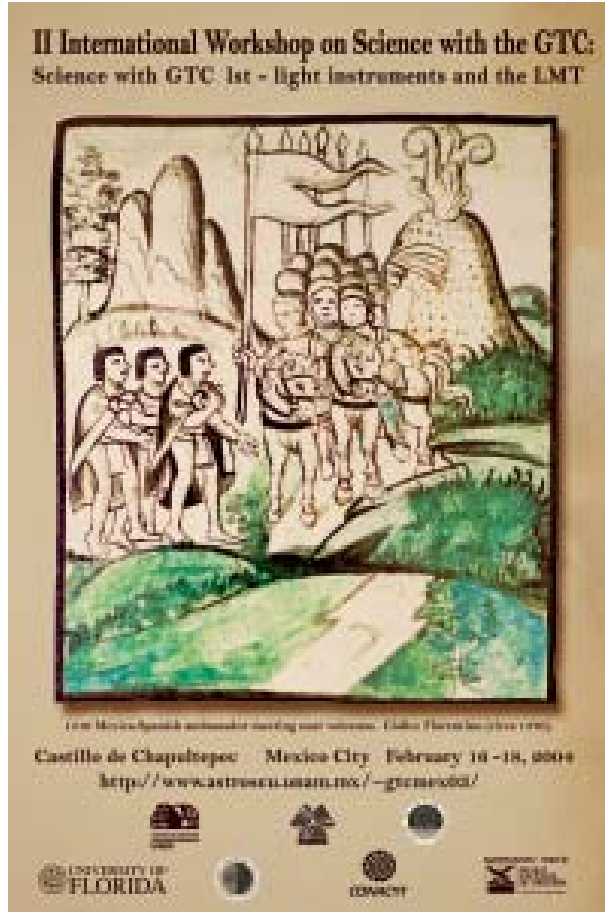
GRAN TELESCOPIO CANARIAS  
(GTC)

# Ciencia con el GTC

2º CONGRESO INTERNACIONAL

México acogió los proyectos de Ciencia de vanguardia que hará el GTC con sus instrumentos de primera luz

Durante tres días, del 16 al 18 de febrero de 2004, 160 astrónomos se reunieron en el Castillo de Chapultepec, en Ciudad de México, donde se celebró el "II Congreso Internacional sobre Ciencia con el Gran Telescopio CANARIAS (GTC): Ciencia con los instrumentos de Primera Luz y con el Gran Telescopio Milimétrico (GTM)". Este congreso fue organizado por el Instituto de Astronomía de la Universidad Nacional Autónoma de México (IA-UNAM) y el Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica de México (INAOE), con la participación del Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC) y GRANTECAN, la empresa pública española que gestiona la construcción del GTC en el Observatorio del Roque de los Muchachos, en el municipio canario de Garafía (La Palma). Representantes de México, España y Florida (EEUU) subrayaron la importancia de la colaboración entre los países implicados.



Cartel del congreso.

### COMITÉ CIENTÍFICO:

John Beckman (IAC, España)  
Luis Carrasco (GTM, México)  
Stanley Dermott (U. Florida, EEUU)  
José Franco, Chair (IA-UNAM, México)  
Ramón J. García López (IAC, España)  
Francisco Garzón (IAC, España)  
Javier Gorjas (UCM, España)  
José Guichard, Co-Chair (INAOE, México)  
Fred Hamann (U. Florida, EEUU)  
Mariano Moles (IAA, España)  
Jerry Nelson (UCO-Lick, EEUU)  
Rafael Rodrigo (IAA, España)  
José M. Rodríguez Espinosa (GTC, España)  
Francisco Sánchez (IAC, España)  
Silvia Torres-Peimbert (IA-UNAM, México)

### COMITÉ ORGANIZADOR LOCAL:

J. Jesús González (IA-UNAM, México)  
Liliana Hernández Cervantes (IA-UNAM, México)  
Ana María Hidalgo (IA-UNAM, México)  
Elsa Recillas (INAOE, México)  
Javier Sánchez Salcedo (IA-UNAM, México)  
Alfredo Santillán González (Cómputo Aplicado-DGSCA, UNAM, México)

### CONFERENCIANTES INVITADOS:

José Alberto López (IA-UNAM, México)  
Luis Colina (IEM-CSIC, España)  
Rafael Guzmán (U. Florida, EEUU)  
David Hughes (INAOE, México)  
Margarita Rosado Solís (IA-UNAM, México)  
Stephen S. Eikenberry (U. Florida, EEUU)  
Alexandre Vazdekis (IAC, España)  
Sylvain Veilleux (U. Maryland, EEUU)

Más información en:

[www.astroscu.unam.mx/%7Egtcmex03/index.htm](http://www.astroscu.unam.mx/%7Egtcmex03/index.htm)

Los resultados de la reunión se publicarán en un número especial de la "Revista Mexicana de Astronomía y Astrofísica. Serie de Conferencias".

## IAC NOTICIAS, Suplemento especial GTC

Director del IAC: *Francisco Sánchez*  
Jefe del Gabinete de Dirección: *Luis A. Martínez Sáez*  
Jefa de Ediciones: *Carmen del Puerto*  
Entrevistas: *Natalia R. Zelman y Luis Cuesta*  
Traducción: *Natalia R. Zelman y Karín Ranero*  
Redacción: *Natalia R. Zelman y Carmen del Puerto*  
Asesoramiento científico: *Luis Cuesta y José Miguel Rodríguez Espinosa*  
Directorio y distribución: *Ana M. Quevedo*  
Diseño original y confección: *Gotzon Cañada y Carmen del Puerto*  
Edición digital: *M.C. Anguita e Inés Bonet*  
Fotografías: *Luis Cuesta, Servicio Multimedia del IAC (SMM) y otros*  
Tratamiento digital de imágenes: *Gotzon Cañada y SMM*  
Edita: *Gabinete de Dirección del IAC*  
Preimpresión e Impresión: *Producciones Gráficas*  
Depósito Legal: TF-335/87 ISSN: 0213/893X.

Se permite la reproducción de cualquier texto o imagen contenidos en esta revista, citando como fuente al Instituto de Astrofísica de Canarias.





## MÉXICO ACOGIÓ LOS PROYECTOS DE CIENCIA DE VANGUARDIA QUE HARÁ EL GTC CON SUS INSTRUMENTOS DE PRIMERA LUZ

El magnífico entorno del Castillo de Chapultepec, en Ciudad de México, acogió durante tres días, del 16 al 18 de febrero de 2004, a 160 astrónomos interesados en la ciencia que podrá desarrollar el GTC. El «II Congreso Internacional sobre Ciencia con el Gran Telescopio CANARIAS (GTC): Ciencia con los instrumentos de Primera Luz y con el Gran Telescopio Milimétrico (GTM)», reunió a representantes de México, España y Florida (EEUU), que subrayaron la importancia de la colaboración entre los países implicados.

El congreso fue organizado por el Instituto de Astronomía de la Universidad Nacional Autónoma de México (IA-UNAM) y el Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica de México (INAOE), con la participación del Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC) y GRANTECAN, la empresa pública española que gestiona la construcción del GTC en el Observatorio del Roque de los Muchachos, en el municipio canario de Garafía (La Palma).

Ésta fue la segunda ocasión en la que los científicos pusieron en común sus intereses y programas frente a la futura explotación del GTC, ya que la primera reunión, albergada por el Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA), tuvo lugar en febrero de 2002 en la ciudad de Granada.

Al acto de inauguración del congreso asistieron los doctores Luciano Cedillo, Director del Museo Nacional de Historia Castillo de Chapultepec (México); Stanley Dermott, Director del Departamento de Astronomía de la Universidad de Florida (EEUU); José Franco, Director del IA-UNAM; Jorge Gil, Secretario Académico de Coordinación de la Investigación Científica de la UNAM; José

Guichard, Director del INAOE; Manuel Méndez Nonell, Director Adjunto de Ciencia del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México (CONACYT); y Francisco Sánchez, Director del IAC.

«El GTC y sus instrumentos de Primera Luz están en su fase final de construcción y puesta a punto, con una Primera Luz prevista para el próximo año 2005», informó José Franco en su presentación. «Eso supone –añadió– que la comunidad científica del GTC debe prepararse para el primer año de operación del telescopio, de ahí que la meta principal de este encuentro sea conocer el estado actual del telescopio y sus instrumentos científicos de Primera Luz (OSIRIS y CanariCam) y abordar la ciencia que se podrá hacer cuando el GTC esté en funcionamiento».



Asistentes al acto de inauguración del Congreso. Foto: Luis Cuesta

También se habló de las sinergias entre el GTC y el GTM (el Gran Telescopio Milimétrico que se está construyendo en México), ya que en el acuerdo alcanzado entre México y España se incluye una pequeña fracción de tiempo del GTM que estará a disposición de la comunidad española. Es necesario conocer de antemano la ciencia que se hará con ambos instrumentos, «sobre todo ahora –dijo



# Ciencia con el GTC

II Congreso

este investigador- que el Telescopio Espacial Hubble ya no tiene financiación por parte del Gobierno de los Estados Unidos, lo que convertirá a nuestros instrumentos terrestres en elementos clave para el estudio del Universo».

Por su parte, José Guichard, señaló que la Astronomía en México avanza de forma rápida; de ahí el hecho de estar involucrados en varios proyectos importantes, como el GTC y el GTM. La colaboración con España y con Estados Unidos a través de la Universidad de Florida «es muy importante para el avance común; la Ciencia que podrá hacerse con los telescopios GTC y GTM será complementaria y primordial para las jóvenes generaciones de astrónomos y astrofísicos».

El GTM es un esfuerzo conjunto del Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE), en Tonantzintla (México), y la Universidad de Massachusetts (UMass) en Amherst (Estados Unidos).

Se trata de una antena de 50 m de diámetro diseñada para captar ondas electromagnéticas con longitud de onda entre 1 mm y 4 mm, llamadas ondas milimétricas. El telescopio se está construyendo en la cima del volcán Sierra Negra, en el estado de Puebla (México). La construcción en el sitio, junto con la fabricación de la mayor parte de los componentes de la antena, se halla en un estado muy avanzado, estimándose que el telescopio estará terminado para 2006.

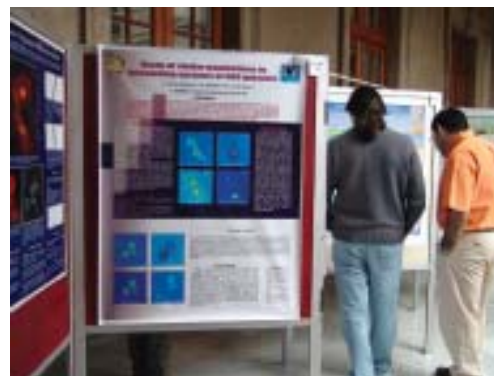
Manuel Méndez, en su intervención, recordó que la Astronomía es una de las grandes herencias culturales de Méxi-



Exterior del Castillo de Chapultepec, en México DF.  
Foto: Luis Cuesta (IAC).



Patio interior del Castillo de Chapultepec.  
Foto: Luis Cuesta (IAC).



Sesión de posters del congreso.  
Foto: Luis Cuesta (IAC).

co, y destacó los avances que se han desarrollado en esta área científica en los últimos años y el papel que ha jugado y sigue jugando en el impulso dado a las demás ciencias.

Francisco Sánchez subrayó la importancia de tener como socios a México y a Florida, dada la tradición existente en el estudio de la Astronomía y la Astrofísica en ambos lugares. Destacó el impulso que supondrá el GTC en las nuevas generaciones de científicos, tanto de astrónomos como de tecnólogos, y la importancia que en España tiene hoy la Astronomía, la cual se encuentra entre las áreas más punteras de la producción científica del país. También dio singular relevancia al cielo de Canarias, que ha supuesto uno de los principales pilares de este impulso en la Astronomía española, así como la necesidad de contar con un instrumento como el GTC para seguir en la vanguardia de la Astrofísica.

A lo largo del congreso hubo sesiones dedicadas a diversas áreas de investigación astrofísica, que contaron con la participación de conferenciantes invitados, como José Alberto López (IA-UNAM, México), Luis Colina (IEM-CSIC, España), Rafael Guzmán (U. Florida, EEUU), David Hughes (INAOE, México), Margarita Rosado Solís (IA-UNAM, México), Stephen S. Eikenberry (U. Florida, EEUU), Alejandro Vazdekis (IAC, España) y Sylvain Veilleux (U. Maryland, EEUU).



## PARTICIPACIÓN INTERNACIONAL

La sesión de cierre del «II Congreso Internacional de Ciencia con el GTC», subrayó la importancia de la colaboración entre los países implicados.

Francisco Sánchez, encargado de presentar el resumen de las sesiones, tras felicitar a la organización por el trabajo realizado, destacó la importancia que supone el tándem científico entre el GTC y el GTM, una doble facilidad que debe ser explotada al máximo por los grupos científicos, en especial para los estudios de formación estelar y el universo primigenio.

«Es destacable la concentración de ideas observacionales en torno a los objetos de alto desplazamiento al rojo, -señaló-, pero hay que seguir trabajando con los objetos del entorno cercano, sobre los cuales se ha construido el núcleo de conocimiento de la Astrofísica. Es necesario, por tanto, que un gran telescopio se aplique también al estudio de los innumerables objetos débiles cercanos, los cuales pueden esconder secretos clave para entender lo muy lejano.»

Sánchez afirmó también que la potencialidad del instrumento de primera luz OSIRIS «ha quedado patente, especialmente para estudios de objetos con líneas de emisión, tanto en el entorno local como a distancias cosmológicas». Además, destacó cómo el GTC ha profundizado en la cooperación tecnológica. Señaló que, en el proyecto OSIRIS, la óptica se ha diseñado y construido en México, y la mecánica, la electrónica y el software, en España. También ha colaborado el INAOE en la óptica de ELMER. Por otro lado, en el IAU se ha construido la Cámara de Verificación, que ya se encuentra en el Observatorio del Roque de los Muchachos.

Asimismo, el Director del IAC subrayó el notorio interés suscitado en

tre la comunidad científica por los instrumentos de primera generación (OSIRIS, CanariCam y ELMER), por los de segunda generación (EMIR) y por los que se construirán en adelante, así como por aquellos instrumentos visitantes, procedentes de otros telescopios, como pueden ser CIRCE, UES o CIRPASS.

Para terminar, Francisco Sánchez recordó que el GTC tiene sus puertas abiertas a ideas y esfuerzos procedentes de otros países, por lo que invitó a la comunidad científica internacional a participar en las próximas reuniones sobre Ciencia con el GTC.

Stanley Dermott recordó que la Universidad de Florida está construyendo el instrumento de Primera Luz CanariCam, y dio un repaso a los proyectos anteriores desarrollados por equipos del Departamento de Astronomía de esta Universidad que, en definitiva, han hecho crecer la experiencia en la construcción de instrumentos infrarrojos.

Asimismo, señaló que el GTC tiene varios retos: en primer lugar, establecer unos «Proyectos Clave» («Key Projects») que hagan que la Ciencia con el GTC desde un primer momento sea de vanguardia y, en segundo lugar, desarrollar una buena instrumentación de segunda generación que sea competitiva una vez que entren en funcionamiento otros proyectos espaciales, como el *James Webb Space Telescope* (JWST).

Finalmente, José Franco, tras agradecer la presencia de los asistentes al congreso, insistió en la importancia de la colaboración entre los tres países y en la necesidad de seguir estrechando lazos entre las comunidades científicas para lograr, con el trabajo en común, nuevos descubri-



Asistentes al congreso durante una de las sesiones.  
Foto: Luis Cuesta (IAC).





## EL PROYECTO GTC

Impulsado por el Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC), el Gran Telescopio CANARIAS (GTC) es el primer proyecto de esta envergadura liderado por España y ubicado en su territorio. Su construcción se está llevando a cabo por la empresa pública «GRANTECAN», creada con el fin de ganar eficacia en los trámites y realización del proyecto del telescopio y de otras actuaciones e inversiones preparatorias previas a su explotación, cuyo coste total se acerca a los 130 millones de euros.

En esta empresa participan como socios la Comunidad Autónoma de Canarias y la Administración Gene-

ral del Estado. Además, el Instituto de Astronomía de la Universidad Nacional Autónoma de México (IA-UNAM) y el Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE), financiados por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México (CONACYT), participan en el uso y explotación del GTC con un 5%, al igual que la Universidad de Florida (Estados Unidos), que participa con el mismo porcentaje. Ambos países obtendrán, a cambio, tiempo de observación y están, por tanto, integrados en la **Comisión de Seguimiento y Utilización del GTC**, que también celebró una reunión el día 18 de febrero, en el propio Castillo de Chapultepec.



*Gran Telescopio CANARIAS (GTC). Foto: Natalia R. Zelman (IAC).*



## PARTICIPACIÓN DE MÉXICO EN EL GTC EL IA-UNAM



*Fachada principal de la sede del IA-UNAM. Foto: UNAM*

El origen del Instituto de Astronomía de la Universidad Nacional Autónoma de México (IA-UNAM) se remonta a 1867. En esta fecha se fundó el Observatorio Astronómico Nacional (OAN), que se inició como un pequeño observatorio en la azotea del Palacio Nacional, en el centro de la Ciudad de México. A causa del crecimiento de la ciudad, este observatorio fue trasladado, primero, al Castillo de Chapultepec (1878), y, posteriormente, al Observatorio de Tacubaya, inaugurado en 1908. En 1929, el OAN se incorporó a la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). En 1951 se fundó la estación del OAN-UNAM en Tonantzintla (Puebla) y aquí, en 1961, la UNAM inauguró un telescopio de 1 m de diámetro. Debido a la contaminación lumínica de la ciudad de Puebla, a 12 km del observatorio, en la segunda mitad de la década de los 60 se iniciaron las investigaciones para la selección de un sitio con propiedades climatológicas óptimas para la instalación de nuevos telescopios en el país. El lugar elegido fue el Parque Nacional de la Sierra San Pedro Mártir (SPM), en la parte norte de Baja California.

En 1967 fue reconocida la categoría de instituto de investigación del OAN, por lo que se creó el Instituto de Astronomía de la UNAM (IA-UNAM). En la actualidad, el IA-UNAM mantiene en uso su estación en Tonantzintla con el telescopio de 1 m como su instrumento principal en esa localidad. En 1972, la UNAM instaló los telescopios de 1,5 m y de 84 cm de diámetro en San Pedro Mártir.

En 1973, la UNAM estimuló la fundación del Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada (CICESE) y un año después se inauguró, en esta misma localidad, el edificio de la subsección del IA-UNAM (BC), que también alberga las oficinas administrativas del OAN/SPM. En 1996 se inauguró una nueva subsección del IA-UNAM en la Ciudad de Morelia, Michoacán.

Desde 1979, el IA-UNAM ha adquirido, desarrollado e instalado numerosos instrumentos adaptables a los telescopios del OAN/SPM para realizar observaciones en diferentes regiones del espectro electromagnético. Actualmente, el equipo para el telescopio de 2,1 m, instalado en 1979, alcanza el nivel de los mejores telescopios de su clase en el mundo.

La misión del Instituto de Astronomía como parte de la Universidad es llevar a cabo investigación en Astronomía, Astrofísica e instrumentación astronómica; formar personal cualificado en estas áreas; operar el OAN; y realizar labores de asesoría y divulgación científica. Los logros científicos de la comunidad académica del IA son numerosos, trabajando para asegurar que las nuevas generaciones de astrónomos mexicanos se formen con todos los elementos que requieran para un desarrollo futuro competitivo en el ámbito internacional.

**WEB:** <http://www.astroscu.unam.mx/>



## El IA-UNAM participa en el diseño y construcción del instrumento OSIRIS: Sistema Óptico para Imagen y Espectroscopía Integrada de Resolución Baja/Intermedia.

El instrumento OSIRIS (*Optical System for Imaging and low Resolution Integrated Spectroscopy*) podrá obtener imágenes directas del cielo y podrá realizar espectroscopía de varios objetos a la vez. Trabaja en el rango visible, es decir, con la luz que es capaz de percibir el ojo humano. Entre otros resultados, proporcionará nuevos datos a los científicos en diversas áreas de conocimiento de la Astrofísica, como las atmósferas de los planetas del Sistema Solar; los objetos compactos emisores de rayos X, posibles agujeros negros; las supernovas muy lejanas, que sirven de referente para conocer la edad del Universo; las llamadas explosiones de rayos gamma, tremendas emisiones de energía cuyo origen se desconoce y que es preciso identificar; o la formación y evolución de las galaxias y los cúmulos de galaxias.

Además, OSIRIS incorpora el uso de filtros sintonizables. Éstos permitirán observar de manera muy precisa una línea determinada del espectro de luz, emitida por el objeto observado, situada en cualquier longitud de onda dentro del rango visible.



Lentes de OSIRIS. Foto: GTC.

## El IA-UNAM y el CIDESI han construido la Cámara de Verificación del GTC

La Cámara de Verificación o de «*commissioning*», en inglés, es un instrumento que permite comprobar el correcto funcionamiento de los distintos sistemas que conforman el telescopio. Calculará, entre otros parámetros, cuál es la posición correcta y la alineación que deben tener los segmentos del espejo primario para formar una sola superficie, o cuál debe ser la posición del espejo secundario con respecto al primario.

Por tanto, la función de esta cámara es primordial, ya que nos dará a conocer la alineación y el posicionamiento correcto de los espejos con el fin de corregirlos si es necesario y dar así la forma de paraboloide que se requiere para captar con nitidez las imágenes del cielo. En principio, esto se hace gracias a unos sensores que detectan la posición, informan al sistema de control y, según la información recibida, se envía una nueva orden para corregir la posición del segmento, orden que es ejecutada por unos actuadores situados debajo de cada uno de los segmentos del espejo primario.

La Cámara de Verificación ha sido construida por el IA-UNAM con la colaboración del CIDESI.



Personal del IA-UNAM y del CIDESI revisando la óptica de la cámara de verificación. Foto: Natalia R. Zelman (IAC).





## PARTICIPACIÓN DE MÉXICO EN EL GTC EL INAOE

El Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE) de México se encuentra ubicado junto al Observatorio Nacional de Tonanzintla, que ocupa un lugar central en el valle de Cholula, una de las regiones agrícolas más antiguas de México.

Este Observatorio, creado en 1942, comenzó con ambiciosos objetivos, como la construcción de la Cámara Schmidt, en aquella época, el telescopio más grande de su tipo en el mundo.

Con este poderoso instrumento se hicieron en México descubrimientos trascendentes: estrellas ráfagas, nebulosas planetarias, galaxias azules, objetos azules cuasistelares, cometas, novae y supernovas y, en especial, los famosos objetos Herbig-Haro.

En el marco de la tradición astronómica mexicana, el INAOE ha realizado trabajos pioneros en diversas áreas de la Astrofísica: clasificación espectral, búsqueda de objetos peculiares y estudios solares, iniciando la astronomía moderna en el país.

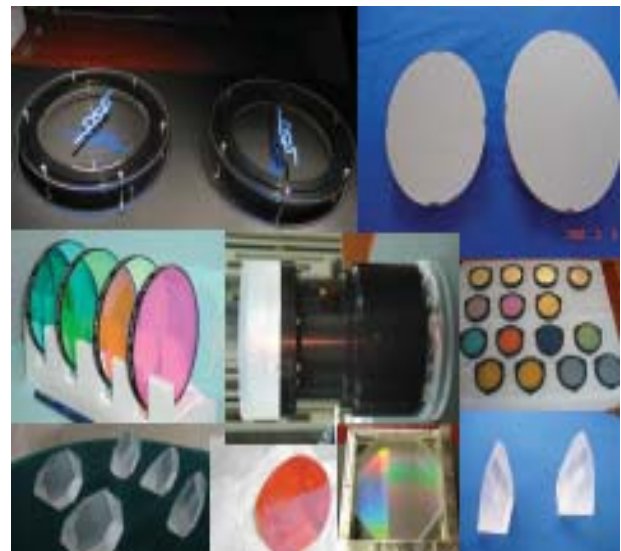
Parte de este trabajo se ha plasmado en una colección de placas astronómicas considerada como una de las más completas del mundo. En los últimos dos años el departamento de Astrofísica ha experimentado un desarrollo acelerado debido en gran parte a programas nacionales de apoyo a la ciencia que han permitido echar a andar ambiciosos proyectos de investigación en diversas áreas.

Actualmente trabajan junto con la Universidad de Massachusetts en la construcción del GTM (Gran Telescopio Milimétrico), de 50 m, antena que podrá observar en longitudes de onda de hasta un milímetro con una excelente sensibilidad. La firma de estos acuerdos incluye, entre otros puntos, el intercambio de tiempo del GTC por tiempo del GTM.

WEB: <http://www.inaoep.mx/>

### El INAOE ha participado en el pulido de las lentes del instrumento ELMER

ELMER es, por definición, un instrumento de emergencia. Responde a una recomendación por parte del Comité Científico Asesor (SAC) del GTC de tener un instrumento simple en la Primera Luz. ELMER será capaz de obtener imágenes convencionales con filtros de banda ancha y estrecha, espectroscopía de rendija larga, fotometría rápida, espectroscopía rápida de rendija corta, espectroscopía sin rendija y espectroscopía multiobjeto. La ciencia que podrá hacerse con ELMER abarca el estudio del Sistema Solar, variables cataclísmicas, púlsares, objetos violentamente variables y explosiones de rayos gamma, galaxias activas, cúmulos de galaxias y cosmología.



Óptica de ELMER. Foto: GTC.



## EL GRAN TELESCOPIO MILIMÉTRICO

El Gran Telescopio Milimétrico (GTM) es un esfuerzo conjunto del Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE) en Tonantzintla, México, y la Universidad de Massachusetts, en Amherst, EEUU.

Se trata de una antena de 50 m de diámetro diseñada para captar ondas electromagnéticas con longitud de onda entre 1 mm y 4 mm, llamadas ondas milimétricas.

El telescopio se está construyendo en la cima del volcán Sierra Negra, en el estado de Puebla, México. Este volcán está situado a una latitud de  $19^\circ$  al Norte del Ecuador, por lo que tendrá un buen acceso tanto al cielo del H.N. como del H. S., y a una altitud de 4.600 m sobre el nivel del mar, condición necesaria para que la atmósfera sea altamente transparente a las microondas.

El GTM requiere de un total de 180 paneles para formar la superficie de 50 m de diámetro de su reflector primario. El requerimiento principal es contar con elementos de superficie activos, de manera que cualquier deformación de la estructura pueda ser corregida por la superficie activa a través de actuadores, ubicados en los segmentos. Estos tienen forma de sector (como las porciones de un pastel) de unos 2 ó 3 m por 5 m y tienen dos componentes principales: la montura y el panel de la superficie. Las monturas, conectadas a la estructura de soporte del telescopio mediante cuatro actuadores, proveen a la superficie primaria de la rigidez necesaria.

La montura está conectada al panel por ocho soportes isostáticos. El soporte se hace de manera que cada panel «flota» en los ocho puntos respectivos, distribuyendo la carga y causando distorsiones mínimas a la figura de la superficie. El telescopio está diseñado para que los paneles no se deformen y sólo se muevan verticalmente. Este desplazamiento vertical puede ser controlado y compensado mediante los cuatro actuadores situados en las esquinas de las monturas.

El reflector secundario del GTM es un espejo de alta calidad (una especificación de error de 12 micras) con un diámetro aproximado de 2,6 m, hecho de fibra de carbono y recubierto con una capa de alumi-



Vista aérea del sitio del GTM. Foto: GTM.



Base de la estructura del GTM. Foto: GTM.



Instrumento de medida utilizado durante el montaje de la estructura del GTM. Foto: GTM.



nio. Este diseño provee una excelente rigidez para un peso dado y tendrá un sistema de posicionamiento de cinco ejes que permitirá controlar su posición para optimizar el funcionamiento de la antena.

EL GTC representa un avance significativo en el diseño de antenas ya que, para cumplir las especificaciones de superficie y apuntado, debe superar la precisión de los demás telescopios de su tipo en el mundo. El mayor telescopio existente con una superficie más precisa que la del GTC es el James Clark Maxwell Telescope (JCMT), de 15 m de diámetro, y no existe en estos momentos ninguna antena de tamaño comparable al GTC que cumpla con sus requerimientos de apuntado.

El GTC sigue un enfoque conservador en su ingeniería para cumplir con las especificaciones establecidas. La antena tiene un diseño convencional complementado con sistemas activos, contará con sensores de temperatura y sistemas holográficos de medición de su superficie. Dado que ha sido posible medir deformaciones de la superficie del telescopio IRAM inducidas por efectos térmicos y gravitacionales, será posible hacer las mismas mediciones en el GTC para corregir estos mismos tipos de deformación.

Alcanzar la precisión de apuntado requerida por el GTC es un gran reto. Bajo condiciones benignas, en ausencia de viento y con temperaturas estables, el diseño de la antena establece que la estructura será capaz de cumplir con los requerimientos bási-

cos de apuntado. Sin embargo, la presencia de vientos y los cambios de temperatura introducen errores en el apuntado que deben ser detectados y corregidos. Nuevamente, la estrategia consiste en partir de métodos ya probados y, posteriormente, agregar sistemas activos apropiados.

El sistema inicial depende de técnicas como el uso de un modelo de apuntado, estabilizar térmicamente la antena y un diseño cuidadoso de los controladores de movimiento. Estos principios básicos serán mejorados agregando nuevas mediciones para caracterizar en detalle el comportamiento de la antena, como los sensores térmicos e inclinómetros. A largo plazo, sistemas de metrología medirán la forma de la antena y la posición relativa del espejo secundario para deducir con precisión las deformaciones de la antena y reducir su efecto en el apuntado.

El sistema de control del GTC proporcionará a los usuarios herramientas para preparar sus planes de observación, remitirlos, controlar su ejecución y los datos generados por los instrumentos en tiempo real y grabar y archivar datos. El sistema proporcionará también una interfaz para integrar instrumentos nuevos y albergar instrumentos visitantes y será capaz de incorporar las preferencias de los distintos usuarios.

**WEB:** <http://www.lmtgtm.org/>



Maqueta a escala del GTC. Foto: GTM.



Alineamiento del reflector del GTC, abril 2004. Foto: GTM.





## PARTICIPACIÓN DE MÉXICO EN EL GTC EL CONACYT

El Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) financia en parte la aportación mexicana al GTC.

Fue creado en México el 27 de diciembre de 1970 y tiene como misión impulsar y fortalecer el desarrollo científico y la modernización tecnológica regional y nacional de México, mediante la formación de recursos humanos de alto nivel, la promoción y apoyo a proyectos específicos de investigación y la difusión de la información científica y tecnológica.

Las áreas en las que trabaja son la formación de científicos y tecnólogos, el desarrollo regional y sectorial, el plan estratégico, el Registro Nacional de Instituciones y Empresas Científicas y Tecnológicas, Asuntos Internacionales, Gestión de fondos, Áreas de Ciencia, desarrollo e investigación, el Programa AVANCE y Estímulos Fiscales y el área de Centros, Grupos y Redes de Investigación.

Tiene entre sus objetivos apoyar la investigación científica de calidad, estimulando la vinculación universidad - empresa y la innovación tecnológica en las empresas. Para ello, el CONACYT destaca la importancia de incrementar el desarrollo de las ciencias básicas para el desarrollo de la investigación



*Manuel Méndez Nonell,  
Director Adjunto de Ciencia  
del CONACYT. Foto: Luis  
Cuesta (IAC).*

aplicada, la innovación y el desarrollo tecnológico, además de la necesidad de orientar la ciencia y la tecnología en mayor medida a atender las necesidades prioritarias de la sociedad.

El CONACYT también pretende vincular las acciones de todos los actores clave, con el propósito de incrementar los recursos disponibles para ciencia y tecnología, y que éstos sean utilizados con la mayor eficiencia y eficacia posibles, unificando los criterios sobre la importancia estratégica de la ciencia y la tecnología para el desarrollo de México.

Esta entidad define las bases y el cambio estructural necesario para una operación integrada del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología, estableciendo los objetivos estratégicos a lograr para el año 2006, identificando las estrategias e instrumentos necesarios para el logro de las metas planteadas y promoviendo un desarrollo armónico y equilibrado de la ciencia y la tecnología en todo el país.

Por último, destacan entre sus prioridades la organización de un sistema de concesión de becas-crédito para estudios de postgrado en el país o en el extranjero y la coordinación del Sistema Nacional de Investigadores.

**WEB: [http://  
www.conacyt.mx/](http://www.conacyt.mx/)**



*Página Web del CONACYT. Foto: CONACYT.*



## ENTREVISTAS



**JOSÉ FRANCO,**  
Director del  
IA-UNAM (México)

### ¿Por qué se implicó el IA-UNAM en el proyecto del GTC?

Porque, independientemente de que hay unos lazos afectivos muy fuertes e importantes entre México y España, y en particular con Canarias, creo que se trata de un proyecto de primera línea. La Astronomía española ha crecido muchísimo en los últimos 20 años, y el IAC ha generado un emporio en las islas de La Palma y Tenerife, creando dos de los observatorios más destacados existentes en el Hemisferio Norte.

Para nosotros es muy importante participar con España en estos proyectos que consideramos de muchísima relevancia, no solamente por la capacidad que van a tener para hacer ciencia de vanguardia, sino porque además nos permite participar y compartir con ellos la tecnología que han estado desarrollando.

### ¿En qué aspectos participa el IA-UNAM en el GTC?

En este momento, México, y en particular el IA-UNAM, tienen una participación en metálico. Todo México es socio del 5%, compartiendo el IA-UNAM un 2,5% y el INAOE el otro 2,5%.

Además de esto, nuestra implicación nos está permitiendo participar en proyectos instrumentales de primera línea. En este momento estamos trabajando, junto con grupos españoles, en el desarrollo de OSIRIS. Hemos trabajado, junto con el CIDESI, en el desarrollo de la Cá-

mara de Verificación y esto para nosotros ha significado, no sólo un reto, sino un desarrollo instrumental que difícilmente podríamos imaginar si no fuera por que estamos asociados a este proyecto.

### ¿Qué supone para el IA-UNAM todo este trabajo de cara al futuro?

De cara al futuro tenemos varias cosas. Primero, cuando se participa con grupos como los que tiene el IAC, en proyectos de gran envergadura, obviamente uno se da cuenta del camino que le queda por hacer. Tenemos muchos huecos que llenar y debemos seguir impulsando iniciativas para desarrollar una mejor instrumentación y, obviamente, una mejor Ciencia. En la medida en la que logremos esto, podremos participar en otros proyectos en el GTC. Estamos deseosos de participar en el instrumento de Óptica Adaptativa, así como en el próximo desarrollo de un espectrógrafo.

Toda la experiencia que estamos acumulando nos va a permitir también desarrollar mucho mejor nuestro propio observatorio en el Norte de México, en Baja California. Allí tenemos un observatorio que tiene un desarrollo modesto, pero con un potencial muy grande para el futuro, ya que se trata de un lugar oscuro, con buenas condiciones durante la mayor parte del año, poca nubosidad, bajo contenido de vapor de agua, turbulencia atmosférica baja y una atmósfera muy estable.



*Messier 16, la Nebulosa del Águila, es una región de activa formación estelar. IAC-80.*

Nuestra participación en el GTC nos ha proporcionado muchísima experiencia y nos hace confiar en que podamos desarrollar nuestro propio observatorio en México.

### ¿Cuál es la Ciencia que México prevé hacer con el GTC?

Estamos participando a fondo con el grupo de OSIRIS, que tiene una serie de proyectos científicos relevantes. Por otro lado, tradicionalmente en México se ha trabajado mucho en el estudio de la formación estelar, y vamos a seguir esa línea: formación estelar, medio interestelar, evolución química, aunque tenemos un grupo importante que ha estado trabajando con galaxias activas, campo en el que también seguiremos incidiendo.



## ENTREVISTAS



**JOSÉ GICHARD,**  
Director del  
INAOE (México)

### ¿Cuál es la participación del INAOE en el GTC, en qué campos se desarrolla?

Nosotros somos socios, como comunidad mexicana, de un 5 % de participación en el GTC. Además estamos involucrados en programas de desarrollo de instrumentación y de intercambio de profesores y alumnos. Nos interesa mucho, más que la cuestión monetaria, absorber toda la capacidad que tiene el IAC en cuestiones de investigación y de formación de recursos humanos, por lo que estamos especialmente interesados en algunos proyectos de intercambio de personal, específicamente jóvenes.

### Desde el punto de vista tecnológico, ¿en qué partes del GTC está implicado el INAOE?

El INAOE está actualmente trabajando en la óptica de uno de los instrumentos del GTC, concretamente el instrumento ELMER. Estamos puliendo las lentes en el Departamento de Óptica del Instituto.

### ¿Está trabajando el INAOE en otros instrumentos para otros telescopios?

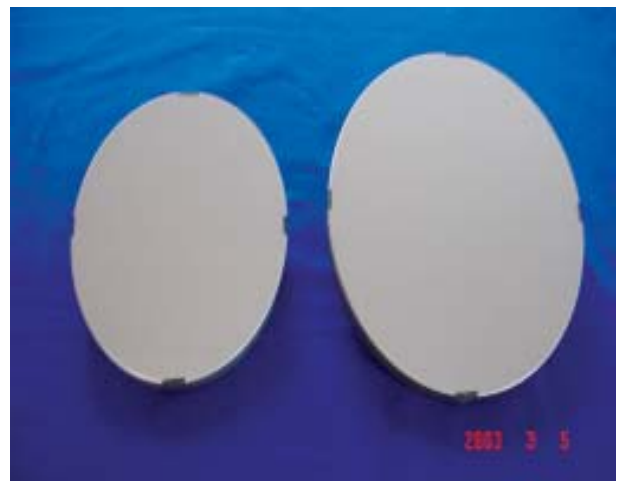
Sí, hemos trabajado en el desarrollo de instrumentación para el telescopio angloaustraliano y actual-

mente estamos muy interesados en una licitación del Telescopio Liverpool, ubicado en el Observatorio del Roque de Los Muchachos, en la isla de La Palma. En lo que se refiere al GTC, estamos muy interesados en seguir trabajando en proyectos de instrumentación.

### Como director del INAOE, ¿qué opina de la simbiosis que se dará entre el GTC y el GTM?

El GTC y el GTM van a ser dos instrumentos muy complementarios, uno que será de los más poderosos del mundo en la parte óptica del espectro electromagnético, que es el GTC, y el milimétrico que, como su nombre indica, va a trabajar en las llamadas ondas milimétricas.

Es muy importante explorar fenómenos que se registran en estas dos bandas del espectro, aparte de que muchos procesos que se desencadenan en la parte visible, es decir, lo que verá el GTC, se ven también en la parte milimétrica; son proyectos necesariamente complementarios.



*Espejos pulidos en el INAOE. Foto: GTC.*





## ENTREVISTAS



**JESÚS GONZÁLEZ,**  
Investigador del  
IA-UNAM y  
miembro del  
grupo del instru-  
mento OSIRIS  
(México)

### ¿Cuál es la participación del IA-UNAM en OSIRIS?

El IA-UNAM ha estado presente en OSIRIS prácticamente desde el principio en varios aspectos diferentes: la definición del instrumento, su definición científica, la definición de su diseño óptico y, ahora, de su explotación científica.

Por un lado, nos implicamos, aun antes de que México fuese socio del GTC, en la definición de lo que serían los alcances científicos del instrumento, alrededor de los cuales se proyectaría el mismo, así como en la realización del primer diseño óptico y los subsecuentes de OSIRIS.

Una vez que el instrumento ganó el concurso para ser el instrumento óptico de primera luz, el equipo de la UNAM entró mucho más ampliado para abordar, principalmente, los aspectos técnicos del diseño y la construcción.

También el IA-UNAM está implicado en el equipo de definición científica del instrumento, así como en la formación del grupo científico, que abarca tanto astrónomos mexicanos como españoles, prácticamente de todas las instituciones astronómicas de México y España. Es un grupo que tiene aproximadamente 90 astrónomos de ambos países.

### ¿Cuál es el estado actual de OSIRIS?

En este momento se están terminando distintas

partes del instrumento. En general, está en su fase de construcción total de todos sus elementos, y vamos a empezar, en unos cuantos meses, lo que se llama el período de integración, es decir, empezar a unir todos los componentes que se han fabricado en distintos lugares. Tras unir todas las piezas tendremos que hacer la prueba global del instrumento antes de irnos al telescopio donde, otra vez, será necesario un período de verificación.

### ¿Cuál es la ciencia que se pretende hacer con OSIRIS?

OSIRIS es, desde que nació, un instrumento multipropósito y la ciencia que se puede hacer con él es muy diversa. De hecho, se han presentado, tanto en este congreso, como en el primer congreso de ciencia con el GTC celebrado en 2002 en Granada (España), alrededor de 40 contribuciones de proyectos muy variados.

La Ciencia que permite OSIRIS es única en cierto sentido, es decir, hablamos de un instrumento único en un telescopio de gran envergadura. Si a esto sumamos los filtros sintonizables, la variedad de proyectos que se pueden hacer con OSIRIS es muy grande.

OSIRIS, además, ofrece otros modos de operación más clásicos, como son espectroscopía de rendija larga y multiobjeto, que también da cabida a un gran número de proyectos. La Ciencia varía, desde estudios cosmológicos, hasta el estudio de objetos muy cercanos, como la búsqueda de planetas en estrellas cercanas, el estudio del medio interestelar en nuestra galaxia; podemos hacer cocientes de líneas de emisión con una precisión muy importante, estudiar la población de estrellas una a una en galaxias cercanas o ver galaxias en las que ya no se pueden distinguir las estrellas individuales.

El rango de técnicas que permite OSIRIS y el rango de objetos que se puede estudiar con este instrumento prácticamente cubren todo lo que es el Universo observable. Como se ha dicho en una charla de este congreso, el listado de proyectos es lo que encontraríamos en un índice general de Astronomía.



## ENTREVISTAS



*NGC 6992 es un remanente de supernova, material estelar expulsado hacia el medio interestelar en la explosión. INT, Malin et al., IAC-RGO.*

### ¿Qué es OTELO?

OTELO es un catastro que explota lo mejor de los filtros sintonizables en un gran telescopio. Prácticamente es un catastro en el cual vamos a buscar todos aquellos objetos de emisión por encima de un umbral bastante bajo que puedan estar en un volumen perfectamente definido del Universo. Es muy difícil hacer un muestreo en un volumen muy bien definido del Universo, tanto en 3 dimensiones, o sea, en un campo fijo, muy claro, como en un campo a distintas distancias, que se logra con los filtros

sintonizables, que van barriendo esa tercera dimensión de una manera continua.

Eso es básicamente OTELO. Vamos a poder detectar, en un volumen muy bien definido del Universo, a un umbral de emisión también muy bien definido, todos aquellos objetos que están, por ejemplo, formando estrellas que tengan líneas de emisión. Las líneas de emisión son el símbolo de muchísimos tipos de objetos, desde objetos que están formando estrellas, objetos que tienen actividad nuclear, cuásares y muchos otros.

### ¿Desde el punto de vista tecnológico, qué supone para el IA-UNAM estar trabajando en un proyecto como OSIRIS?

Para IA- UNAM, este tipo de proyectos han sido muy importantes. Por un lado, la parte científica, pues el IA ha hecho tradicionalmente Astronomía de alta calidad durante muchísimos años y, ahora, tecnológicamente, tenemos también la oportunidad de involucrarnos en este tipo de proyectos.

Los instrumentos para los grandes telescopios son únicos, y son siempre un reto tecnológico. Hay que hacer y diseñar prácticamente todo, porque hablamos de alta precisión y esto no se compra en cualquier supermercado. El IA tiene gente extremadamente capaz, no solamente para investigar en Astronomía (ya que, como decía, la tradición mexicana es muy amplia), sino para poder demostrar que los técnicos tienen la capacidad de afrontar estos retos y, además, pueden hacerlo de una manera muy cordial, muy exitosa y en perfecta sincronía con la Astronomía. No todo es ciencia pura ni todo es tecnología pura. En estos proyectos se mezclan las dos vertientes de manera obvia.

Para mí, como astrónomo que ha participado muy intensamente en las partes técnicas de OSIRIS, ha sido una oportunidad única el ver de cerca lo que tecnológicamente resulta tan complejo. Trabajar con los técnicos ha sido una experiencia muy enriquecedora y espero que haya podido contribuir como astrónomo.



## ENTREVISTAS



**LUIS CARRASCO,**  
Investigador del INAOE y Director Científico del proyecto Gran Telescopio Milimétrico, GTM (México)

### ¿Cuál es el estado actual del GTM?

Estamos entrando en las etapas finales de ensamble. Yo creo que hacia finales de año tendremos ya una estructura móvil motorizada y en el transcurso del 2005 el trabajo se centrará en ponerle la superficie reflectora, afinar los movimientos mecánicos y prepararnos para la fase de verificación («*commissioning*») hacia el 2006.

### ¿Cuál ha sido la parte más complicada?

La parte más complicada, esencialmente, ha sido establecer una colaboración entre países con desarrollos muy diferentes; realmente, nos ha costado mucho trabajo llegar a establecer un nivel de igualdad entre nuestros colegas de los Estados Unidos y México ya que, necesariamente, siempre nos ven como el «chiquito».

Afortunadamente, han visto, en el trabajo en sí, nuestra madurez y calidad y ahora es mucho más sencillo, aunque fue una de las cosas más difíciles de solventar en un principio. En cuanto les hemos demostrado que los instrumentos y sus partes pueden hacerse con las tolerancias y la calidad que requiere el proyecto se han disipado muchas dudas que, por otro lado, podían estar justificadas, ya que es cierto que no teníamos experiencia, pero eso no quería decir de ninguna manera que no pudiéramos hacerlo bien, como ha sido el resultado final.

**En este aspecto puede haber similitudes con el GTC que, en sus principios, fue una apues-**

**ta 100% española que ahora cuenta con el apoyo de Estados Unidos y México.**

Así es. El GTC fue una apuesta 100 % española y estoy seguro de que, hace unos años, flotaba en el aire una cierta preocupación de que el proyecto pudiera llegar a feliz término. Se ha demostrado el excelente trabajo.

**¿Pueden significar los logros en la construcción del GTM un buen futuro para la construcción de otros proyectos en México?**

Definitivamente, creo que hay un elemento fundamental, que es la experiencia en la construcción de instrumentos de gran calidad; pero a esto se suma la ganancia en el terreno de lo subjetivo, que es ganar confianza en uno mismo, ser consciente de que se pueden llevar a cabo empresas mayores. Este segundo aspecto es el más importante, y es fundamental para naciones como las nuestras: hemos de demostrar que sí podemos, que además lo hacemos bien y que estamos al nivel de los mejores.



*Las regiones de intensa formación estelar se caracterizan por la presencia de estrella azules muy brillantes que iluminan la nebulosidad a su alrededor como sucede en la Nebulosa de la Tarántula, en la Gran Nube de Magallanes. HST, NASA/ESA.*





## ENTREVISTAS

### **El GTM es un telescopio que trabaja en ondas milimétricas. ¿Qué astrofísica se puede hacer con él?**

En el terreno de los milímetros, esencialmente lo que vamos a ver es un universo frío. Vamos a ver nubes de gas y polvo con temperaturas de algunos cientos de grados que, curiosamente, son los lugares de formación estelar y, por ende, la firma original de la formación de las primeras estructuras del Universo, como pueden ser las galaxias.

Una vez que hubo núcleos y hubo elementos pesados y existió polvo en el Universo, el espacio se permeó de radiación, del material frío que curiosamente emite en reposo al azul de los milímetros. Entonces, a medida que vemos más lejos, con desplazamientos al rojo más altos, una proporción mayor de esa radiación entra en el intervalo sensible de los milímetros y podemos ver hasta el límite de ionización, cuando el Universo se volvió transparente y, en tiempos de integración muy cortos, o sea, muy rápidamente, podemos ver hasta el límite del universo visible.

Ese aspecto, explorar esa veta, ha sido la idea científica original del proyecto, en el que algunos pensamos hace ya 15 años, y hoy día sigue siendo perfectamente válida. Está claro que la idea original se basaba en muchísimas suposiciones, pero, en este tiempo, otros instrumentos han confirmado esencialmente que las hipótesis originales eran perfectamente justificadas

(aunque en aquella época eran muy aventuradas).

Ahora sabemos que el polvo se formó muy rápidamente y aparece en el Universo a edades mucho más tempranas, antes de lo que podíamos sospechar hace 15 años, cuando en realidad nuestros modelos teóricos no eran tan precisos como para afirmar lo que hoy, con otros instrumentos, ha podido dilucidarse: que hay polvo en una edad muy temprana del Universo y que el GTM nos dará información fundamental sobre la formación de las estructuras más tempranas del Universo.

Ésa es una de las líneas de trabajo, aunque no la única. También queremos estudiar galaxias cercanas a la nuestra, tenemos muchas nubes moleculares en las cuales se están formando nuevas estrellas y, con el GTM, podremos estudiar la física y la química de estas nubes. Procesos en los cuales hemos hecho muchos avances en las últimas décadas, todavía hoy tienen grandes interrogantes por resolver.



*NGC 6914. La capacidad de observación en el infrarrojo del GTC y su potente superficie colectora ayudarán a develar los procesos físicos que se producen tras las oscuras nubes de polvo. INT, Astrofotografía, IAC.*

Por otro lado, las reuniones simbióticas GTC-GTM nos muestran, esencialmente, que la Astrofísica contemporánea es una Astrofísica multi-frecuencias. Tenemos que combinar las capacidades únicas de distintos instrumentos para resolver las interrogantes cósmicas, ya que, a fin de cuentas, es de lo que se trata. Vamos a tener muchas satisfacciones en la medida en que podamos resolver, o al menos obtener algunas respuestas a algunos de los procesos físicos del Universo.



## ENTREVISTAS



**BEATRIZ SÁNCHEZ, Jefa del Dpto. de Instrumentación del IA-UNAM y miembro del equipo de la Cámara de Verificación (México)**

### ¿Qué es la Cámara de Verificación y para qué sirve?

La Cámara de Verificación nos permite, como su nombre indica, verificar la calidad de la óptica y el funcionamiento del telescopio. Una de sus características más importantes es que este instrumento va a permitir que la ingeniería del GTC pueda demostrar su funcionalidad.

Es un elemento de calibración, de comparación, de análisis del funcionamiento global del sistema. Desde el momento en que se empiezan a integrar los espejos, una de las funciones esenciales es ir corroborando que esos espejos están perfectamente bien alineados. Esa información que nos entrega la Cámara de Verificación será utilizada por la parte de ingeniería para modificar, corregir y optimizar la óptica del telescopio.

### ¿Cuánta gente participa en el proyecto?

Este proyecto está constituido, esencialmente, por dos grandes grupos. El grupo del IA-UNAM fue en realidad quien presentó la licitación de forma oficial pero, desde el principio del proyecto, se organizó un grupo de trabajo junto con el CIDESI (Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial); dada la fuerza de trabajo que ellos tenían era muy fácil para nosotros complementarnos. El CIDESI es un centro del CONACYT (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología) y está ubicado en el estado de Querétaro. Tienen una

gran experiencia en la manufactura y automatización de, por ejemplo, máquinas herramienta. Toda su experiencia nos sirvió para poder construir la Cámara de Verificación en tiempo y forma.

### ¿Cuál ha sido la parte más compleja?

Hemos tenido varias etapas. Durante los procesos de revisión llegamos a un punto en el que, cuando íbamos a pasar la revisión de diseño crítico (el CDR) sabíamos que los cálculos estructurales no estaban optimizados al 100 %. Dábamos la especificación, pero no nos gustaba la forma en que habíamos llegado a la solución porque habíamos dado rigidez a la estructura añadiendo acero, a base de sumarle peso. Estábamos llegando casi al límite de peso permitido dentro de las especificaciones. Creo que ése fue uno de los momentos más críticos porque, al llegar a la revisión, nosotros dijimos «bueno, con este diseño cumplimos, pero no lo que queremos es que nos permitan optimizar el diseño. Sabemos que podemos aligerar la estructura, pero necesitamos tiempo».

Dado que teníamos que hacer una demostración por elementos finitos y todo un desarrollo muy minucioso, esta petición significó un reto de tiempo, porque nosotros ya íbamos prácticamente contrarreloj. Finalmente, creo que fue muy instructivo, enriquecimos el grupo de ingeniería también en este sentido y hemos ido cumpliendo con todos los retos a medida que se nos han ido presentando.



*Cámara de verificación en su banco de pruebas, en las dependencias del GTC. Foto: Natalia R. Zelman (IAC).*

También hemos tenido la comprensión por parte de la Oficina del Proyecto (OP) para, en su momento, dar soluciones. De hecho ha sido algo mutuo, ya que ellos también nos presentaron algunos cambios de especificaciones, por ejemplo, en el sistema de control. Hubo un momento en que nosotros, tras haber realizado un diseño previo para un sistema de control y de protocolos de comunicación, tuvimos que modificarlo a petición de la OP. Entonces retomamos el asunto y volvimos a definirlo.

En realidad lo más importante es el que todos, tanto GRANTECAN (aunque ellos nos contrataran a nosotros) como nosotros, como IA-UNAM y CIDESI, finalmente nos sentimos parte de un gran equipo. Ha sido realmente relevante.



## ENTREVISTAS



**SALVADOR CUEVAS, Técnico Académico del IA-UNAM, Responsable del equipo de la Cámara de Verificación (México)**

### ¿Cómo se ve desde dentro el trabajo en equipo desarrollado para la construcción de la Cámara de Verificación?

Para mí, lo más interesante del trabajo ha sido el desarrollo del trabajo en equipo entre diferentes especialistas: óptica, electrónica, mecánica, control... Pero también el trabajo con personas que desarrollan su labor en áreas de gestión de proyectos, lo que se denomina el «procuramiento», las compras de los diferentes componentes comerciales. Eso es muy interesante, esa sinergia que hay entre toda la gente que está trabajando alrededor del proyecto, para que logre terminarse a tiempo y cumpliendo las especificaciones. Independientemente de qué proyecto se trate, el haber aprendido a trabajar en equipo con tantos especialistas es lo que más me ha gustado.

Por otro lado, la interacción que se tiene con la Oficina del Proyecto también es muy estrecha. En el trabajo que desarrollamos siempre hay correcciones y cambios, necesarios para adaptarnos a las especificaciones. El trabajo a distancia con ellos ha sido muy familiar, casi como si estuviéramos trabajando con gente de México, y eso no lo he encontrado colaborando con otros colegas ingenieros de otros países.

Hay algo muy especial que surge entre la gente del IAC, GRANTECAN y nosotros.

Nos hemos compenetrado muy bien, ha habido entendimiento tanto en la forma de trabajar como en la forma de pensar (y hasta de divertirnos) y eso me ha hecho sentirme cómodo dentro del proyecto.

### ¿Cómo se vive el día a día, cuando hay que enfrentarse a pequeños retos que van dificultando el proceso y cómo se superan para seguir adelante?

Al principio del proyecto nos daba mucho miedo, nos sentíamos demasiado abrumados porque todos los días surgía un problema diferente, y era un problema que había que resolver. Pero poco a poco entendimos que si estábamos tranquilos, si nos tranquilizábamos entre todos (otra vez esa colaboración en el sentido de trabajar en equipo), incluso con colegas de la Oficina del Proyecto, eso hacía que los problemas se resolvieran de una manera más grata.

En otros proyectos internos que hemos desarrollado para México eso no se daba de igual forma, ya que aquí no teníamos las exigencias que pide un proyecto de la magnitud del GTC, con una normativa muy estrecha, especificaciones concretas y límites de tiempo, como debe ser. Eso antes era algo más relajado, ya que sabíamos que si estábamos construyendo un instrumento y, al instalarlo, fallaba, siempre podíamos ir al observatorio a arreglarlo. Pero con un telescopio como el GTC no podemos darnos ese lujo.

La complejidad del proyecto hace que los modos de trabajar sean completamente diferentes pero, al mismo tiempo, mucho más interesantes que antes. Con este proyecto, hemos aprendido mucho en ese sentido.

### ¿Qué ha supuesto para vosotros el hecho de estar desarrollando la Cámara de Verificación?

Ahora nos sentimos con más confianza en hacer proyectos de instrumentación astronómica más modernos y más ambiciosos. Sabemos lo que tenemos que aprender (porque todavía estamos aprendiendo) para poder hacer los instrumentos que nos pidan los colegas astrónomos. Ahora sabemos hacerlo mejor.



Sistema óptico de la cámara de verificación.  
Foto: Natalia R. Zelman (IAC).





## ENTREVISTAS



**CHRIS PACKHAM,**  
Responsable de  
Óptica de  
CanariCam e  
investigador de la  
Universidad de  
Florida (EEUU)

La Universidad de Florida es una de las más importantes del Estado y la sexta más grande del país. De carácter público, uno de sus mayores atractivos es la calidad académica ofrecida a los estudiantes de grado superior y doctorandos. También destaca por el apoyo constante y la importancia dada a la investigación. Su Departamento de Astronomía, a través de la Fundación para la Investigación de la Universidad de Florida, S.A., (UFRF), participa en el uso y explotación del GTC con un 5%, obteniendo a cambio tiempo de observación. Asimismo, la Universidad de Florida construye el instrumento infrarrojo CanariCam para el GTC.

### ¿Cuál es el estado de CanariCam?

CanariCam progresa bien en la Universidad de Florida, en los laboratorios de infrarrojo. Actualmente estamos en el proceso de integración de todos los mecanismos y desarrollando la fase de pruebas. En breve estaremos integrando el detector y empezando la total integración y pruebas de control.

### ¿Qué parte de CanariCam ha sido más difícil?

Creo que la parte más difícil será la total optimización y la potenciación y aumento de la eficiencia de CanariCam.

### ¿Qué Ciencia le gustaría hacer con CanariCam?

Para mí, lo más interesante desde un punto de vista personal, es observar las regiones más internas de las galaxias activas y el interés especial con

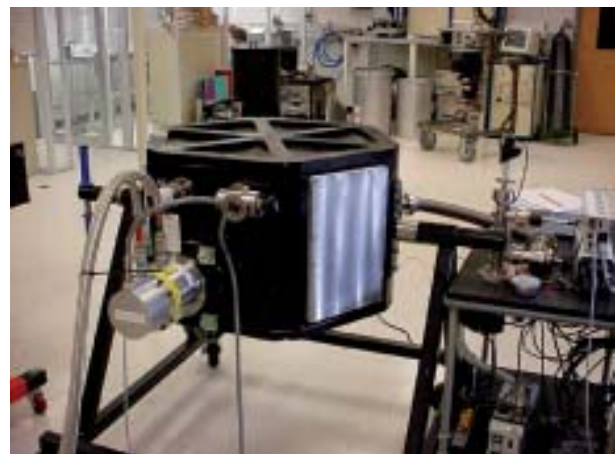
CanariCam será su modo de polarimetría. Esto proporcionará un tipo único de combinación que sólo el GTC y CanariCam pueden ofrecer.

### ¿La construcción de CanariCam les ha proporcionado más oportunidades de fabricar otros instrumentos para otros grandes telescopios?

Sí, CanariCam ha sido una evolución del instrumento T-Rex, que evolucionó a CanariCam al añadirle dos modos más, coronografía y polarimetría, así como algún refinamiento en los modos de espectroscopía e imagen y, está claro, esto nos permite evolucionar hacia la nueva generación de instrumentos.



*Circinus es una galaxia de tipo Seyfert 2, un tipo de galaxias activas con agujeros negros masivos en su centro. HST, NASA-ESA.*



*Criostato de CanariCam. Foto: Universidad de Florida*



## ENTREVISTAS



**JOSÉ ALBERTO LÓPEZ,**  
Profesor del IA-UNAM (México)

### ¿Qué campo de la Astronomía desarrollada en México se verá más favorecida con la participación en el GTC?

La participación de México en el GTC está estimulando todos los campos de trabajo que tenemos, particularmente el campo extragaláctico, el cosmológico, pero también todos los campos en los que tradicionalmente el IA-UNAM ha sido fuerte o ha tenido una participación importante en el ámbito internacional, como en formación estelar o estrellas en etapas avanzadas de evolución. Realmente considero que el GTC será una herramienta que dará un impulso a todos los campos de trabajo que desarrollamos en el IA-UNAM.

### ¿Cómo cree que va a influir la participación de México en el GTC en relación al futuro desarrollo tecnológico de los centros implicados?

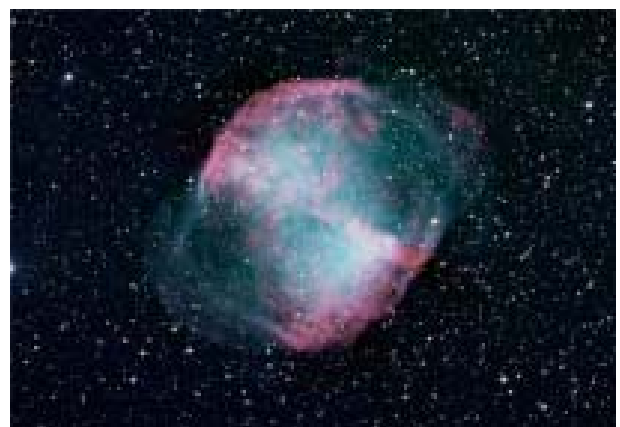
Está claro que el desarrollo de un telescopio como el GTC tiene también empujes muy importantes a nivel tecnológico. En el caso de México, su participación en proyectos instrumentales ha sido determinante para motivar e incentivar a los equipos técnicos para que trabajen en proyectos que han resultado complejos pero con términos exitosos. Sin duda se trata de uno de los componentes más importantes de proyectos como el GTC.

### ¿Qué opina del trabajo complementario que harán el GTC y el GMT?

Son dos instalaciones de primera línea en el mundo. Por un lado, el GTC es el telescopio óptico más grande; por otro lado, el GMT, siendo un plato de 50 m, será el telescopio milimétrico más grande que va a existir. Seguramente ambos van a funcionar como una herramienta astronómica única que permitirá hacer trabajo de vanguardia durante varios años en el futuro.

### Particularmente, ¿qué proyectos científicos le interesaría desarrollar?

A mí me interesa mucho la parte de evolución estelar, etapas avanzadas, envoltentes de polvo en estrellas AGB's, la forma en que se estructura la pérdida de masa en estas etapas de evolución estelar, cómo se producen los flujos colimados en ese tipo de objetos y otros similares. GTC nos permite, por su capacidad colectora de luz y por su resolución espacial, poder investigar este tipo de fenómenos, tanto en nuestra galaxia como en galaxias cercanas, por lo que va a ser una herramienta muy importante en este tipo de investigación.



*M 27 es una de las nebulosas planetarias más brillantes, fruto de la evolución de una estrella como el Sol.  
INT, Astrofotografía, IAC*



## ENTREVISTAS



**LUIS COLINA,**  
Investigador del  
Instituto de Es-  
tructura de la  
Materia, del Con-  
sejo Superior de  
Investigaciones  
Científicas, IEM-  
CSIC (España)

### ¿Por qué es fundamental un telescopio como GTC para su campo de estudio?

El GTC es un telescopio de gran diámetro y va a tener la facilidad de disponer de una cobertura de longitud de onda que abarcará todo el rango espectral que se puede observar desde la tierra, desde 0,3 hasta 20 micras, por lo que ofrece la posibilidad de hacer estudios con alta resolución espacial cubriendo todo el rango espectral. Para los estudios en los que estoy interesado es un aspecto fundamental o novedoso con respecto al resto de instalaciones actuales.

### ¿Está implicado en algún proyecto científico en concreto?

Sigo trabajando en el grupo científico del instrumento del infrarrojo medio CanariCam, con el grupo de la Universidad de Florida, tratando de utilizarlo para estudios de galaxias con formación estelar y AGN's cercanos.

### ¿Dónde cree que está el futuro de la observación, en tierra o en el espacio?

Creo que son dos tipos de observación complementarios. En el espacio hay ventanas que no se pueden tener desde tierra, como son los rayos X, rayos gamma, incluso el infrarrojo lejano y el infrarrojo medio. Desde tierra, se tiene la ventaja de que los

costes son menores y contamos con las nuevas técnicas de óptica adaptativa. Por tanto, creo que se tienen que ver siempre como complementarias unas instalaciones de otras, así como en tierra se ven instalaciones complementarias que trabajan en distintas longitudes de onda.

**Usted ha sido miembro del Comité Científico Asesor (SAC, *Scientific Advisory Committee*) del GTC. Desde el punto de vista científico, ¿cómo ve el desarrollo de este segundo congreso de ciencia con el GTC con respecto al primero?**

En esta segunda toma de contacto entre las distintas comunidades, a la hora de desarrollar nuevos proyectos y nuevas ideas en común, lo que se ve es que determinados grupos y consorcios ya llevan proyectos muy avanzados, estudiados y elaborados. Otros aún tienen que desarrollarse un poco, pero parece que la sinergia que hay entre unos grupos y otros va avanzando por buen camino con la idea de aprovechar al máximo el GTC en cuanto esté operativo.



*M 33 es una galaxia espiral del Grupo Local con intensa formación estelar. Magrini, Corradi, Mampaso y Perinotto. INT, IAC.*





## ENTREVISTAS



**RAFAEL  
GUZMÁN,  
Profesor  
Asociado del  
Departamento  
de Astrofísica en  
el Infrarrojo de la  
Universidad de  
Florida (EEUU)**

### ¿Qué nuevos descubrimientos se esperan hacer con los rastreos realizados con telescopios como el GTC?

El GTC, dada la gran apertura del espejo primario, nos permite realizar búsquedas de objetos que son muy débiles; estos objetos pueden ser muy débiles porque, o bien están a mucha distancia, por ejemplo, en la búsqueda de galaxias con alto desplazamiento al rojo, o bien porque están muy cercanas, pero son intrínsecamente de muy baja luminosidad, por ejemplo, la búsqueda de sistemas planetarios fuera del Sistema Solar.

Creo que en los próximos años nuestro conocimiento va a experimentar una gran revolución en ambos campos. En el Universo con alto desplazamiento al rojo, en la actualidad se están llevando a cabo varios rastreos de varios miles de galaxias que están específicamente diseñados para explorar, con la instrumentación del GTC, las galaxias con alta formación estelar justamente cuando el Universo tenía tan sólo un 10% de la edad actual.

En cuanto a la búsqueda de sistemas planetarios, creo que objetos como los discos en torno a estrellas jóvenes podrán ser estudiados de manera muy exhaustiva con la nueva cámara CanariCam, que está construyendo la Universidad de Florida y que estará operativa en el GTC en tan sólo un par de años.

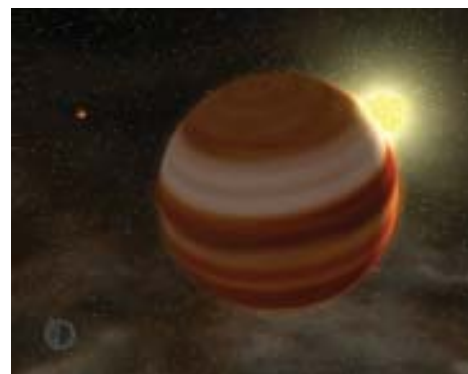
### ¿Cuál cree que es el futuro de la Astrofísica observacional, la observación desde tierra o la observación desde el espacio?

La observación desde tierra y la observación desde el espacio, en lugar de competir entre sí van a ser totalmente complementarias.

Tal y como entendemos ahora la instrumentación disponible para la observación desde el espacio o desde tierra, el mayor énfasis se pondrá en unas longitudes de onda, generalmente en infrarrojo medio y lejano, desde el espacio, las cuales complementarán las observaciones en longitudes de onda desde el óptico y el infrarrojo cercano, que se llevarán a cabo desde tierra.

Además, dada la gran apertura de los nuevos telescopios que se están diseñando para observaciones desde tierra, se podrá obtener espectroscopía de objetos mucho más lejanos que no podrían observarse en modo espectroscópico desde el espacio. Sin embargo, podrían ser detectados en imagen con una gran calidad y resolución espacial.

Como conclusión, y como dije al principio, creo que la Astronomía espacial y la Astronomía desde tierra van a ser fundamentalmente complementarias en lugar de competir entre sí.



*La búsqueda de planetas fuera de nuestro Sistema Solar es uno de los proyectos que llevará a cabo el GTC. Simulación: Gabriel Pérez (SMM/IAC).*



## ENTREVISTAS



**DAVID HUGUES,**  
Investigador y  
miembro del  
grupo de  
Cosmología e  
Instrumentación  
milimétrica del  
INAOE (México)

### ¿Cuáles serán los aspectos complementarios entre el GTC y el GTM?

El GTC es un telescopio terrestre de espejo primario segmentado con 10,4 m de diámetro y el GTM es un telescopio milimétrico de 50 m, y el conjunto de datos complementarios que se pueden obtener de estos dos telescopios es extremadamente poderoso en lo que concierne a cuestiones relacionadas con la formación y la evolución de las galaxias.

Hace unos cinco o seis años, el panorama cambió de repente. Las primeras observaciones milimétricas sugerían que había un porcentaje mucho mayor de formación de estrellas en el Universo temprano de la que se había sugerido anteriormente con los datos obtenidos en el óptico y el infrarrojo. El problema en estos últimos cinco años es que era extremadamente difícil encontrarlas y determinar las distancias reales de esas escasas fuentes sub-milimétricas.

Por eso, el GTC proporcionará un nuevo conjunto de datos con alta calidad de imagen tanto en el rango óptico como en el infrarrojo, medidas espectroscópicas mucho más sensibles y esto, combinado con las observaciones milimétricas de alta fidelidad, nos permitirá comprender con mucha mayor exactitud la historia de la evolución y la naturaleza de esa población sub-milimétrica.

### Háblenos de las propiedades ópticas e infrarrojas de las galaxias sub-milimétricas.

Las propiedades sub-milimétricas se refieren, esencialmente, a la capacidad de medir la cantidad de

polvo en las galaxias. Las estrellas jóvenes masivas se forman en entornos con una alta concentración de polvo molecular y los restos de radiación ultravioleta y óptica son absorbidos por el polvo. Esa radiación es reemitida a longitudes de onda mucho mayores en la frecuencia lejana de los sub-milímetros y eso significa que hay un balance complementario entre las observaciones ópticas que están intentando detectar las fuentes de radiación primaria de las estrellas y la radiación ultravioleta absorbida en el rango óptico en longitudes de onda más largas.

Pero no podemos comprender la naturaleza de las galaxias sub-milimétricas sólo con los datos obtenidos de observaciones sub-milimétricas. Debemos tener excelentes observaciones en el óptico y el infrarrojo con imagen y espectroscopía, para entender realmente la naturaleza de la población sub-milimétrica, y esa es la relación entre el GTC y el GTM.

### ¿Qué opina de la combinación entre telescopios terrestres y telescopios espaciales?

Los próximos diez años van a ser apasionantes, especialmente en este campo en el que estamos tratando de comprender la evolución de las galaxias de alto desplazamiento al rojo. Espero que sea cierto que cerca de 5, o incluso puede que 10 mil millones de dólares se están invirtiendo en una inmensa gama de nuevos tipos de experimentos terrestres, instalados en globos, aviones y satélites.

Operando principalmente en longitudes de onda milimétricas del infrarrojo, se incluyen los interferómetros ALMA, SMA, telescopios gigantes monolíticos como el GTM y el GPT, experimentos en globos, experimentos con telescopios de 2 m instalados en globos y telescopios de la clase de 2,5 m en observatorios a bordo de aviones, como SOFIA; también están los satélites SPITZER, HERSCHEL, PLANCK y ASTRO-F.

La combinación de todos estos datos, todos estos experimentos, que representan inmensos rastreos, dan a entender la necesidad real de un seguimiento de esos estudios por parte de las instalaciones ópticas e infrarrojas en tierra y, particularmente, por parte de las grandes instalaciones. De nuevo, el GTC está perfectamente preparado para hacer un seguimiento de estos nuevos rastreos que llegarán en la próxima década.



La Nebulosa Roseta (NGC 2237) es el producto de la formación estelar que tiene lugar en su interior, en el cúmulo abierto NGC 2244. INT, Astrofotografía, IAC



## ENTREVISTAS



**MARGARITA ROSADO,**  
Profesora del  
IA-UNAM  
(México)

### ¿Qué es la espectroscopía 3D?

La espectroscopía 3D consiste en descomponer el espectro de la luz en sus diferentes colores pero, en lugar de obtener un sólo punto, conseguirlo para un millón de puntos, por lo que es un método muy poderoso para lograr espectros de toda una fuente punto por punto, píxel por píxel.

### ¿De qué modo se ha beneficiado la Astronomía observacional con la aparición de la espectroscopía 3D?

La espectroscopía 3D ha servido, desde sus inicios, sobre todo para estudiar la cinemática y la dinámica en las galaxias con el fin de obtener la masa de estos objetos a partir de sus curvas de rotación. De hecho, el conocimiento de la existencia de los halos de materia oscura ha sido posible gracias a la utilización de espectroscopía óptica, tanto de rendija larga, como 3D.

También se ha usado para obtener indicios de interacciones entre galaxias, indicios de la existencia de fusiones en los núcleos en galaxias y, desde luego, otro logro de la espectroscopía 3D ha sido el estudio de la cine-

mática del gas ionizado en burbujas y superburbujas.

### ¿Qué se espera obtener con la aplicación de la espectroscopía 3D en el GTC?

Uno de los espectrógrafos 3D del GTC es OSIRIS y, por supuesto, se espera obtener gran cantidad de información ya que el campo que ofrecen los filtros sintonizables es muy amplio. Estamos hablando de, por ejemplo, la búsqueda de vientos supergalácticos, el estudio de lentes gravitacionales, galaxias primigenias, grupos compactos de galaxias, y todo con un alto desplazamiento al rojo, que es uno de los campos que se beneficiará bastante de esta técnica.

Por otro lado, estamos intentando añadir al instrumento OSIRIS un modo «Fabry Perot». Si conseguimos los fondos necesarios para hacerlo e instalar un «Fabry Perot» de alto orden, se podrá hacer cinemática de objetos como galaxias de bajo brillo superficial, que están en la punta de lo que puede ser la confrontación de los modelos teóricos de distribución de la materia oscura y las observaciones.

Con un «Fabry Perot» en OSIRIS, un proyecto muy bueno a realizar sería estudiar las galaxias de bajo brillo superficial y ver si sus halos de materia oscura son los predichos por los modelos en escenarios de materia oscura fría. Otra cuestión es estudiar las galaxias enanas formadas en los brazos de marea debido a interacciones de galaxias.

Pero hay muchos otros proyectos que se beneficiarían si se pusiera un «Fabry Perot», por ejemplo, en el instrumento EMIR, que trabajará en el rango infrarrojo, o en el sistema de óptica adaptativa, pues también se obtendría un conocimiento muy interesante de la cinemática del gas molecular en nuestra galaxia y en otras galaxias.



*Las galaxias con intensa formación estelar se caracterizan por la presencia de cascarones, burbujas y superburbujas. NGC 4214 es un buen ejemplo. HST, NASA-ESA.*





## ENTREVISTAS



**STEPHEN  
EIKENBERRY,**  
Profesor de la  
Universidad de  
Florida (EEUU)

### ¿Qué es CIRCE y qué objetivos pretenden alcanzar gracias a este instrumento?

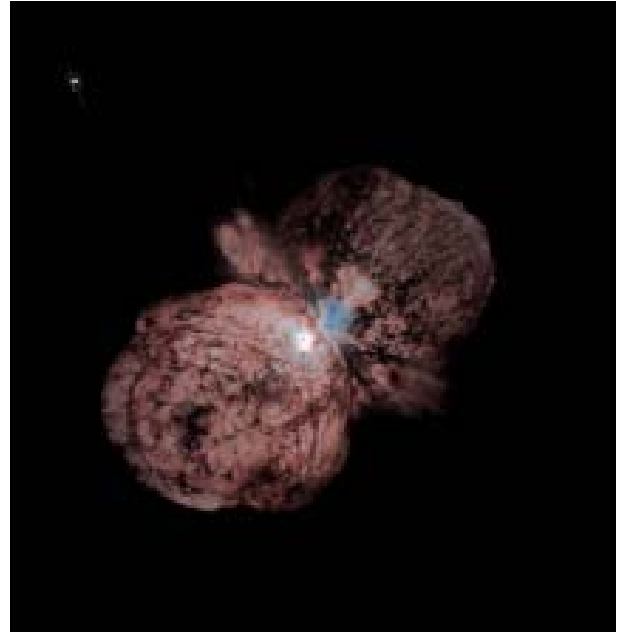
Nosotros consideramos que CIRCE servirá para cubrir una necesidad del GTC. Está previsto que esté disponible para la primera luz del telescopio y proporcione una capacidad en el infrarrojo cercano como preludio de lo que será un instrumento mucho más poderoso como es EMIR, que se está construyendo en el IAC.

Lo que esperamos conseguir con este instrumento es dar un salto sustancial, hacer la mejor y más poderosa ciencia con el GTC en un tiempo corto, de forma que podamos demostrar el poder del telescopio en cuanto empiece a funcionar.

### ¿Cuál es la diferencia entre CIRCE y otros instrumentos infrarrojos?

Una de las ventajas principales de CIRCE es su similitud con otros instrumentos infrarrojos fabricados previamente. Intentamos copiar todo lo que podemos de manera que CIRCE pueda construirse de manera rápida y podemos confiar en su habilidad para funcionar bien y hacerlo pronto.

Pero una diferencia clave entre CIRCE y otros instrumentos infrarrojos es su diseño óptico, que proporciona un muy alto rendimiento y una muy buena sensibilidad en la captación imágenes. Esto se



*Eta Carinae es una de las estrellas más masivas de nuestra galaxia que experimenta episodios explosivos.  
HST, NASA-ESA.*

debe a la experiencia que tenemos en la Universidad de Florida en la fabricación de instrumentos en el infrarrojo medio, como es CanariCam, que se está construyendo para el GTC.

### ¿Qué Ciencia les gustaría hacer con este instrumento?

La Ciencia que queremos hacer es bastante amplia, abarca un gran número de áreas. Existe un Comité Científico que pretende cubrir todo el espectro de interés de la comunidad del GTC, así como representar a todos los socios miembros del GTC. Algunas de mis preferencias son los trabajos científicos relacionados con las estrellas muy masivas, las estrellas más masivas y luminosas de las galaxias, así como los micro cuásares, pero está previsto que CIRCE esté abierto a toda la comunidad científica y cubra un amplio abanico de posibilidades científicas.



## ENTREVISTAS



**ALEXANDRE  
VAZDEKIS,**  
Investigador del  
Instituto de  
Astrofísica de  
Canarias, IAC  
(España)

### ¿Por qué es fundamental el GTC para su campo de estudio?

Mi campo de estudio son las poblaciones estelares. El análisis más preciso de procesos estelares que se puede hacer es mediante espectros de muy alta señal ruido, de muy alta calidad y, evidentemente, obtener espectros de esa calidad en telescopios de la generación de 4 m es muy limitado, es muy costoso en tiempo de telescopio.

El GTC ofrece una oportunidad para poder obtener este tipo de espectros y eso nos va a permitir hacer un estudio más preciso y más completo de las poblaciones estelares, en particular de las galaxias conocidas como "de tipo temprano", que son las elípticas, y



*NGC 869 es un cúmulo de estrellas. Estos objetos se utilizan para estudiar las poblaciones estelares.  
INT, Astrofotografía, IAC.*

las lenticulares, que constituyen más del 50% de la masa estelar total del Universo. Es importante para tener una visión más exacta de cómo se formó el propio Universo.

### ¿Qué instrumentos de los de primera generación le serán de utilidad?

Particularmente OSIRIS ofrece, para este tipo de trabajos, una peculiaridad importante, que son los filtros sintonizables, ya que se pueden posicionar en cualquier longitud de onda, alrededor del espectro. Por ahora se trata de una característica única en los telescopios de gran tamaño. Va a permitir, por ejemplo, obtener imágenes completas, mapas de datos y de metalicidad de galaxias y de cúmulos de galaxias, algo que no va a poder hacer absolutamente ningún otro telescopio, al menos por el momento.

### ¿Cómo ha visto el desarrollo del Congreso?

Lo que demuestra este Congreso es la gran variedad de campos que se han tocado, tanto en la comunidad española como en la mexicana y la estadounidense. Asimismo se ha visto reflejada la madurez que estamos alcanzando los investigadores

que somos, particularmente en España, relativamente jóvenes y que tenemos una visión más rica al estar tratando temas tan diversos.

Eso es positivo para la próxima explotación del GTC porque permite tocar campos diversos que son interesantes.



## ENTREVISTAS



**SYLVAIN  
VEILLEUX,  
Profesor de  
Astronomía de  
la Universidad  
de Maryland  
(EEUU)**

### ¿Cuáles serán los beneficios de usar filtros sintonizables en el estudio extragaláctico?

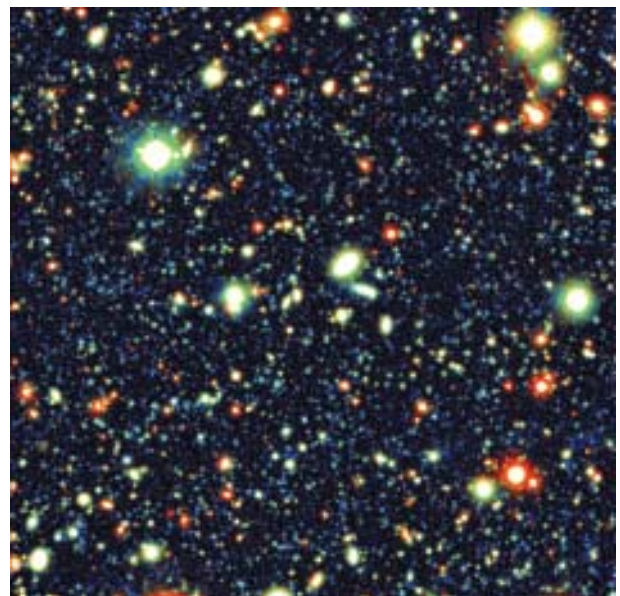
Creo que los filtros sintonizables usados en el GTC serán sin duda un paso adelante en el estudio de las galaxias. Proporcionará un modo de rastreo del Universo como nunca se había hecho antes. Para dar un ejemplo, creo que será capaz de detectar galaxias con alto y bajo desplazamiento al rojo que son probablemente entre 10 y 50 veces más débiles de lo que actualmente es posible hacer incluso con grandes telescopios como el Keck, que es gemelo del GTC.

La otra ventaja de los filtros sintonizables es que pueden escanear o rastrear un gran volumen del Universo de un modo muy imparcial. Muchos de los métodos empleados hasta ahora se han basado en tomar imágenes a lo largo de una amplia banda de la longitud de onda, en color. Estos filtros sintonizables tienen la posibilidad de rastrear una banda ancha de colores y de hacerlo indiscriminadamente en alto y bajo desplazamiento al rojo.

Por eso, los resultados del rastreo, no son sólo mayores en sensibilidad, también en imparcialidad, por lo que la suma de ambas ventajas hacen que los filtros sintonizables en el GTC lo conviertan en un instrumento maravilloso.

### ¿De ahí su especial interés en OSIRIS?

Sí, los filtros sintonizables estarán en el instrumento OSIRIS, y habrá otros pocos instrumentos en el mundo que usen los filtros sintonizables, pero éste será el instrumento más importante.



*Imágenes de muy larga exposición de zonas aparentemente vacías del cielo, como ésta obtenida con el Telescopio "William Herschel", del Observatorio del Roque de los Muchachos, proporcionan información sobre el Universo a muy alto corrimiento al rojo. WHT, ING.*





## ENTREVISTAS



**ROSER PELLÓ,**  
Investigadora  
del Laboratoire  
d'Astrophysique  
(LA) del  
Observatoire de  
Midi-Pyrénées,  
(Francia)

### ¿Cuál es la ciencia que le gustaría hacer con el GTC?

Básicamente me encantaría poder explorar los dominios de desplazamiento al rojo de las galaxias más distantes a las que uno pueda acceder, es decir, los objetos que empiezan a formar las primeras estrellas en el Universo primordial. En particular, el campo que me gustaría explorar es la espectroscopía y la fotometría ultraprofunda de objetos de este tipo, de forma que podamos tener una buena muestra de galaxias que nos permita estudiar el proceso de formación y de evolución de las galaxias desde sus momentos iniciales.

**En la charla que ha ofrecido en este «II Congreso Internacional de Ciencia con el GTC» ha habido una grata sorpresa para los asistentes, fruto de sus investigaciones.**

Lo que he presentado es, simplemente, la primera vez que hemos podido confirmar, espectroscópicamente, que una de las fuentes candidatas que tenemos con un desplazamiento al rojo de entre 7 y 10 es, efectivamente, una galaxia con desplazamiento al rojo de 10, es decir, de la época en la que realmente el Universo empieza a reionizarse. La época de la reionización del Universo es aquella en la que el Universo primigenio, que se formó neutro cuando los protones y electrones se combinaron para formar hidrógeno neutro, debido al brillo de las estrellas masivas recién formadas

(primera generación de estrellas), se vuelve a ionizar, es decir, a separar los electrones (carga negativa) de los protones (carga positiva).

Teníamos una serie de galaxias candidatas detrás de los cúmulos lentes que amplifican la señal de estas galaxias distantes y hemos conseguido, por primera vez en el ESO (European Southern Observatory) con los VLT (Very Large Telescope), confirmar, con una línea de emisión, que una de estas galaxias que habíamos identificado fotométricamente con desplazamiento al rojo de entre 9 y 11 tiene efectivamente un desplazamiento al rojo de 10, que es precisamente el que esperábamos obtener.

Finalmente, las características de este objeto se parecen bastante a las que nosotros esperábamos de acuerdo con los modelos actuales de formación de galaxias en el Universo temprano.

En particular estamos hablando de un objeto que representa algo parecido a un gran cúmulo estelar visto con un desplazamiento al rojo de 10, es decir, cuando el Universo era muy joven, y que muestra características de formación estelar muy acusadas; vemos que este objeto es muy azul y debe de tener estrellas masivas y calientes en su interior. Al mismo tiempo hemos podido obtener una medida de hasta qué punto la línea de emisión que estamos intentando detectar ( $\text{Lyman}\alpha$ , para los que conocen el tema), se ve atenuada por razones geométricas y por el medio intergaláctico que existe entre este objeto y nosotros, que lo estamos observando ahora.

En definitiva, hemos detectado el objeto más alejado nunca visto.

### ¿Cuál es la instrumentación del GTC que mejor servirá a sus estudios?

Desde luego, y sin discusión, será EMIR (Espectrógrafo Multiobjeto Infrarrojo), dada la capacidad multiobjeto de este instrumento, añadida a la capacidad de obtener en una sola vez todo un dominio espectral. Ahora, con el instrumento ISAAC, instalado en el VLT, necesitamos 6 exposiciones diferentes que abarcan sólo pequeños pedazos del



## ENTREVISTAS

dominio espectral para nuestros estudios y EMIR permitirá hacerlo de una vez. La ganancia, el beneficio de este instrumento con respecto a lo que estamos haciendo actualmente con los telescopios y los instrumentos de los que disponemos es inmenso. La eficacia será fácilmente de un factor de 60 a 100 mejor, sin discusión.

**Entonces, ¿no sólo hablamos de un telescopio con superficie colectora de más de 10 m, sino de una instrumentación asociada puntera?**

Por supuesto, hoy en día, la instrumentación forma parte integrante del telescopio, de hecho es como

los ojos de una persona. Es realmente una parte importantísima sin la cual un telescopio no puede efectuar descubrimientos ni obtener resultados competitivos a escala internacional.

Por suerte, la instrumentación que se está desarrollando para el GTC, será de punta y llegará a un telescopio que será el mayor del mundo en un momento en el cual no existirá instrumentación parecida o con capacidades similares en otros telescopios. Eso hará que, para la búsqueda y el estudio de galaxias con muy alto desplazamiento al rojo, cuyas principales características están en el infrarrojo próximo, EMIR y GTC sean la combinación ganadora durante una serie de años.



*Las galaxias muy lejanas, con alto desplazamiento al rojo como Abell 2218, se formaron cuando el Universo era aún muy joven. HST, NASA-ESA.*

# II International Workshop on Science with the GTC: Science with GTC 1st - light instruments and the LMT



Participantes en el II Congreso Internacional de Ciencia con el GTC.  
Foto: IA-UNAM.



"GRAN TELESCOPIO DE CANARIAS, S.A." (GRANTECAN). C/ Vía Láctea s/n (Instituto de Astrofísica de Canarias).

38200-La Laguna (Tenerife). ESPAÑA. Tel: 922 315031. Fax: 922 315032.

Boletín GTCdigital: [www.gtcdigital.net](http://www.gtcdigital.net). Página web de GRANTECAN: [www.gtc.iac.es](http://www.gtc.iac.es)

Página web del IAC sobre el «Gran Telescopio CANARIAS»: [www.iac.es/gtc](http://www.iac.es/gtc)

Edita: Gabinete de Dirección del IAC.