

El otro “gran”

Itziar Aretxaga, INAOE

A 7000km de distancia del territorio nacional, los científicos mexicanos contamos con un telescopio profesional de tecnología de punta, algo desconocido para la población en general: el Gran Telescopio Canarias (GTC). Como su nombre indica, se encuentra en las Islas Canarias (España), en la cima de un volcán de cono colapsado, el Roque de los Muchachos, en la isla de La Palma. Lo llamo el otro “gran” porque para muchos de mis compañeros de filas y para mí misma, el “gran” con mayúsculas de la astronomía mexicana es el Gran Telescopio Milimétrico, situado en el volcán Tliltépetl del estado de Puebla, y sobre el que se ha escrito largo y tendido en la prensa nacional.

El telescopio canario se ha construido gracias a una colaboración entre España, que es el socio mayoritario (90%), México (5%) y la Universidad de Florida en Gainesville, Estados Unidos (5%). El Instituto Nacional de Astrofísica Óptica y Electrónica y el Instituto de Astronomía de la Universidad Nacional Autónoma de México son los gestores de la participación mexicana en el GTC. Se trata del telescopio óptico más grande del mundo en la actualidad, con 10.4m de diámetro de superficie reflectora principal.

En vez del diseño clásico de un espejo primario de una sola pieza, con curvatura hiperbólica, responsable de recolectar la luz proveniente de los objetos celestes, se optó por un diseño de espejo segmentado, que es mucho más ligero, y no sufre las deformaciones de una pieza monolítica de gran peso. El diseño segmentado ya se había experimentado exitosamente en telescopios de tamaño similar como los Keck de 10m situados en la isla Hawái (EEUU). La superficie reflectora principal es así un ensamblado de 36 hexágonos de

0.936m de lado, cada uno con la curvatura correspondiente que tendría en esa sección un espejo hiperbólico monolítico de 10.4m de diámetro. Estos segmentos hexagonales son muchísimo más fáciles de fabricar que el espejo monolítico, pero la dificultad reside en alinear el rompecabezas y conseguir que la imagen que formen esté en foco, es decir, sea nítida. El proceso de alineado está controlado por computadora y funciona en bucle en tiempo real: 168 sensores registran la posición de los segmentos (1 por cada lado de hexágono en contacto con otro), y mediante el programa de control se envían comandos a 108 dispositivos de posicionamiento (3 por hexágono) para corregir la colocación de los segmentos.

La luz reflejada por el espejo primario hiperbólico es focalizada por un espejo secundario parabólico de 1.18m de diámetro que se encuentra suspendido a 14.7m sobre el primario, y éste a su vez lo envía hacia el centro del primario hasta que es interceptado por un espejo plano terciario, que se coloca por delante del primario, y que dirige la luz a los instrumentos de registro.

Un telescopio no es nada sin sus instrumentos, que manipulan la luz (seleccionándola o dispersándola en frecuencias) y la registran en formato digital para después ser analizada por los científicos. La selección en frecuencias produce imágenes bidimensionales del cielo, mientras que la dispersión en frecuencias produce espectros, es decir, representaciones de la intensidad de la radiación recibida en función de la frecuencia o de la longitud de onda de la radiación. El GTC cuenta en la actualidad con 2 instrumentos de primera generación: la cámara óptica OSIRIS (del inglés, *Optical System for Imaging and low-intermediate Resolution Integrated Spectroscopy*), que produce imágenes y espectros en las longitudes de onda del visible (365 a 1000 nm) y la cámara CanariCam (*Canarias*

Camera), que opera en el infrarrojo medio para producir imagen y espectros entre 7.5 y 25 μm . El primero está operativo desde 2009, cuando se inauguró el telescopio oficialmente, mientras que el segundo se encuentra en pruebas de ingeniería de acoplamiento a los subsistemas del telescopio, y se prevé que entre en operación para explotación científica en 2012. Además otros tres instrumentos están en avanzado estado de desarrollo en los laboratorios de universidades y centros públicos de investigación de los países participantes: CIRCE (*Canary InfraRed Camera Experiment*), FRIDA (*inFRared Imager and Dissector for Adaptive optics*) y EMIR (Espectrógrafo Multiobjeto Infrarrojo); y otros dos han sido aprobados en 2011 para comenzar su diseño detallado: MEGARA (Multi-Espectrógrafo en GTC de Alta Resolución para Astronomía) y MIRADAS (*Mid-resolution InFRared Astronomical Spectrograph*). Los institutos mexicanos participan crucialmente en la construcción de FRIDA y MEGARA.

Puesto que GTC no es el primer telescopio de 10m de diámetro que entra en operación en el mundo, gran parte de su éxito reside en que la instrumentación acoplada sea novedosa y proporcione técnicas que no estén disponibles en otros telescopios de gran tamaño. Dos modos de operación son realmente únicos en telescopios de esta clase: los “filtros sintonizables” de la cámara OSIRIS y la polarimetría de la cámara CanariCam.

Las imágenes que los astrónomos adquirimos en estos telescopios suelen realizarse en intervalos de longitud de onda preseleccionados. De forma clásica se construyen piezas de vidrio que filtran la banda de longitudes de onda deseada: un filtro por cada banda. El problema surge cuando se quiere observar objetos distantes. La expansión del Universo agranda progresivamente la longitud de onda de la luz emitida por las galaxias, de manera que la luz registrada en el intervalo de longitudes de onda de filtrado por el vidrio

corresponde a longitudes de onda más cortas emitidas por la galaxia. A este efecto lo llamamos corrimiento al rojo de la luz, que es más y más grande cuando las galaxias son más y más distantes. Si queremos, por lo tanto, registrar la emisión del hidrógeno a 656.3nm, el filtro que selecciona las longitudes de onda de esta línea en un laboratorio no sirve para una galaxia lejana, sino que tendremos que cortar un nuevo vidrio que filtre en longitudes de onda más largas, especialmente diseñado para galaxias a esa distancia.

Para evitar este tipo de problemas se han desarrollado sistemas de vidrios a cortas distancias (escalas de micrómetros) que permiten, cambiando la distancia entre los vidrios, seleccionar diferentes intervalos de longitud de onda. Estos sistemas se denominan filtros sintonizables, y permiten obtener imágenes cuasi-monocromáticas del cielo entre 375 y 945nm, con intervalos de filtrado de 1 a 2nm. Las imágenes de galaxias tomadas con este sistema, permiten construir cubos tridimensionales (2 dimensiones del plano del cielo, y 1 dimensión de longitud de onda), capaces de diseccionar pixel a pixel la emisión debida a diferentes átomos y a diferentes estados de excitación de los mismos, y a través de esta información, conocer la composición química y estelar de las galaxias.

Además de esta capacidad de filtros sintonizables, con OSIRIS en GTC es posible realizar imagen en bandas anchas de filtrado (unos 150nm), por vidrios clásicos, y espectroscopía, al igual que otros instrumentos disponibles en otros telescopios de 10m de diámetro.

CanariCam, por su parte, cuenta con la capacidad de realizar imagen y espectroscopía entre 7.5 y 25 micras. Este tipo de instrumento está también disponible en otros telescopios de 8 a 10m de diámetro. Sin embargo, CanariCam está dotado adicionalmente de un coronógrafo y un polarímetro, que son únicos en telescopios de esta clase. El coronógrafo no es sino una

máscara que bloquea la formación de la imagen de un objeto brillante sobre el plano focal, donde se encuentran los detectores de la cámara, con el objetivo de impedir que sature la imagen y no se puedan detectar objetos cercanos mucho más débiles. Este tipo de dispositivos permiten, por ejemplo, encontrar sistemas planetarios o protoplanetarios cerca de estrellas. El polarímetro, a su vez, permite descomponer la luz recibida a $10\mu\text{m}$ en los planos en los que las ondas electromagnéticas pueden estar propagándose preferencialmente. La polarización de la luz se utiliza para estudiar los campos magnéticos de los astros, o los plasmas calientes y el polvo cósmico que han podido llegar a reflejarla. CanariCam ya ha sido probada en el telescopio, obteniendo imágenes infrarrojas, aunque la coronografía y polarimetría no han sido aún implementadas en las campañas de ajustes y pruebas, antes de que empiece la toma de datos científicos.

Los telescopios ópticos mexicanos más grandes hasta la entrada en funcionamiento de GTC tienen tamaños de 2.1m de diámetro: el telescopio del Observatorio Astronómico Nacional de San Pedro Mártir (Baja California), y el del Observatorio Astrofísico Guillermo Haro de Cananea (Sonora). Estos telescopios se construyeron a finales de los años 70 y mediados de los 80, y aunque siguen en plena explotación científica, se habían quedado pequeños para muchos de los problemas científicos que la comunidad mexicana anhelaba resolver. La inauguración del GTC en el 2009 ha dado nuevas herramientas de estudio a nuestra comunidad. Ya contamos con un gran telescopio óptico, el “otro” gran, con el que explorar el universo de los objetos astronómicos débiles y distantes.



Figura 1: El Gran Telescopio Canarias (GTC), ubicado a unos 2,400 metros de altitud en el Observatorio del Roque de los Muchachos, de la isla de La Palma. Autor: Pablo Bonet (GTC).



Figura 2: Imagen ojo de pez del interior de la cúpula del GTC. En el centro de la imagen puede apreciarse el espejo primario, el secundario reflejado, y el tubo negro que contiene al terciario. En la superficie primaria se distinguen segmentos hexagonales de diferente reflectividad. Los tubos que rodean al centro de la imagen, rojos y plateados, son la montura del telescopio y soporte del espejo secundario. Autor: Pablo Bonet (GTC)

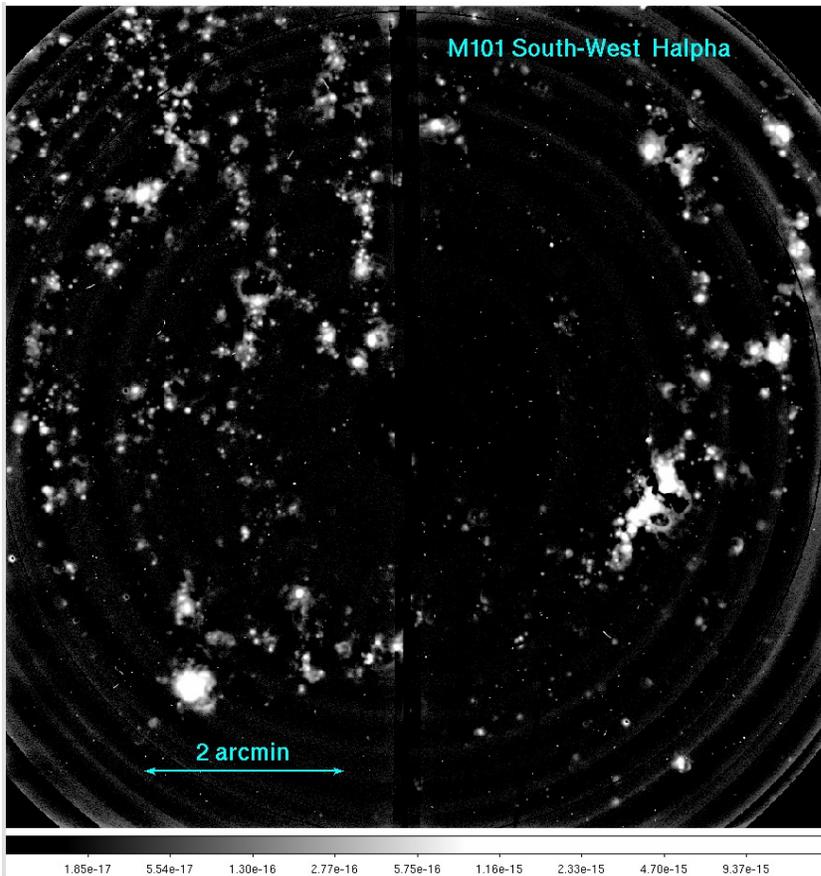
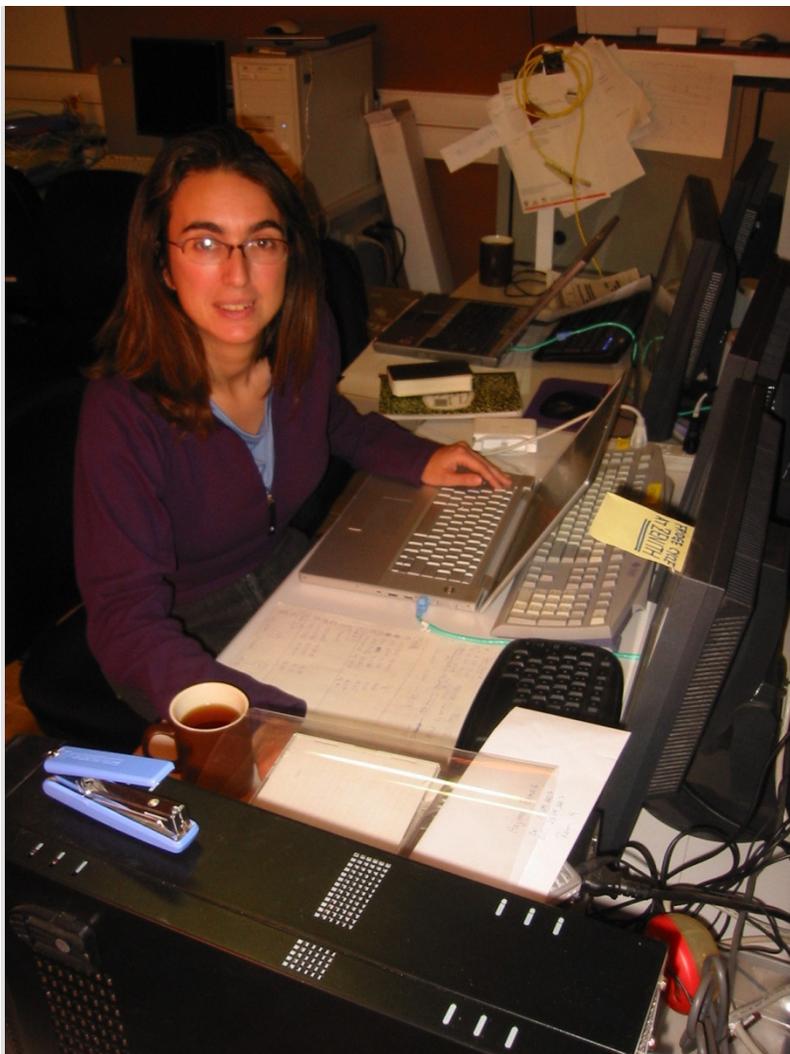


Figura 3: Imagen “monocromática” en la línea de hidrógeno a 656.3nm (H α) del cuadrante sudoeste de la galaxia M101, adquirida con el filtro sintonizable rojo de la cámara OSIRIS de GTC. El núcleo de la galaxia se encuentra en la esquina superior izquierda. Las zonas brillantes emiten hidrógeno, y señalan las regiones de formación estelar con estrellas masivas. Los círculos concéntricos de la periferia son debidos a efectos artificiales en el procesamiento de la imagen. Créditos: Y.D. Mayya (INAOE) por la colaboración *Local Universe Survey* (LUS, investigador principal R.J. Terlevich, INAOE).



Figura 4: Imagen en falso color de la nebulosa Trífida (M20) obtenida con GTC a través de la combinación de tres bandas anchas centradas en 481nm, en azul, en 641nm, en verde y en 970nm, en rojo. Autor: Oficina de proyecto GTC.



Itziar Aretxaga, en el cuarto de control del telescopio *Atacama Submillimeter Telescope Experiment*, durante una noche de observaciones.