

Un OSIRIS renovado entrará en servicio a principios de 2022. En su ubicación definitiva en el foco Cassegrain de GTC, y dotado de un nuevo detector monolítico, sensible al azul, proporcionará incluso mejores prestaciones para proseguir un longevo y exitoso aprovechamiento científico.

*In memoriam Paco Cobos,  
Lorenzo Peraza y Héctor Castañeda*



**Jordi Cepa**

Instituto de Astrofísica de Canarias/U. La Laguna  
[jcepano@ull.es](mailto:jcepano@ull.es)

**Antonio Cabrera-Lavers**

Instituto de Astrofísica de Canarias/GRANTECAN  
[antonio.cabrera@gtc.iac.es](mailto:antonio.cabrera@gtc.iac.es)

*Esta es una historia de hace mucho tiempo*  
El Hobbit, de J.R.R. Tolkien.

## **CUANDO OSIRIS NO TENÍA NOMBRE**

El desarrollo de OSIRIS fue una larga y dificultosa singladura desde las costas de su concepto, hasta el puerto de su puesta a punto como instrumento de Día Uno del telescopio GTC.

El punto inicial puede situarse en la reunión para la puesta en marcha de la instrumentación del GTC, en la sede de GRANTECAN, los días 23 y 24 de octubre de 1997. En dicha reunión se formaron cuatro grupos de trabajo: espectroscopía óptica, imagen y espectroscopía infrarroja, alta resolución espacial, e imagen óptica. El grupo más numeroso fue el segundo, donde la sala apenas daba abasto para todas las personas interesadas. Al grupo de imagen óptica solamente asistimos, además de personal de GRANTECAN, Miguel Sánchez y yo (Jordi Cepa). Hay que añadir las demostraciones de interés que mandaron por correo Ignacio González y Emilio Alfaro, que no pudieron estar presentes. Los grupos de trabajo estaban encaminados a favorecer la formación de consorcios instrumentales, liderados por españoles, que confeccionarían unas “cartas de intenciones”, que fueron convocadas el 1 de diciembre de 1997, y dotadas de un presupuesto exiguo, destinadas a favorecer la preparación del futuro “anuncio de oportunidad”.

La lectura de la documentación asociada me dejó con la certidumbre de que eso no era lo mío. Pero los intereses científicos del grupo de imagen óptica no iban a estar cubiertos por ninguno de los otros instrumentos en proyecto. El espectrógrafo óptico de alta resolución no estaba inicialmente diseñado para acomodar la funcionalidad de modo imagen y, aunque posteriormente se consideró la posibilidad de cubrir ese nicho, el campo que se barajaba era reducido y el modo imagen presupuestariamente contingente. Esta situación, junto con la posibilidad de que los instrumentos de Día Uno del GTC no permitiesen la toma de imágenes ópticas, me resultaba algo inusual y poco conveniente estratégicamente. Estas fueron las razones que me llevaron a entregar la carta de intenciones, del instrumento ya bautizado como OSIRIS, el 29 de enero de 1998, cuya aprobación permitió llevar a cabo la primera reunión del futuro equipo científico (que en inglés se denominaba *Instrument Definition Team* -IDT-, Figura 1).



Figura 1.- Primera reunión de los miembros fundadores del equipo científico de OSIRIS el 22 de mayo de 1998 en Santander. A la derecha Héctor Castañeda. Fotografía cortesía del Diario Montañés.

### MUCHOS REQUISITOS

Mi convencimiento de la necesidad de ofrecer la capacidad de tomar imágenes fue compartido por un entusiasta grupo extendido de colegas, de tres continentes, que apoyaron científica y técnicamente la idea, hasta llegar a una sólida propuesta de un instrumento único, versátil y poderoso, que dotara al GTC con modos de imagen y espectroscopía para una amplia ciencia.

En efecto, a contracorriente de la tesis entonces dominante, que era optar por un nicho científico competitivo y novedoso, y desarrollar los requisitos del instrumento alrededor de ese entorno específico, en el equipo científico decidimos optar por un instrumento multipropósito que permitiese una amplia variedad de casos científicos en Día Uno.

Por añadidura, se adoptó la decisión de que también se pudiera instalar en el foco Cassegrain, cuya envolvente mecánica relativamente reducida no permitía la instalación de cualquier instrumento. De esta manera se llenaba un nicho focal, se ampliaba el tiempo de vida y se aumentaba la eficiencia

al prescindir del espejo terciario. En resumen, se propuso un instrumento de larga vida útil, no limitado a un caso científico específico, y que sirviera de piedra angular del GTC. Esa entonces denostada opción, ha demostrado, en retrospectiva, ser un acierto (además, permite tomar imágenes *just for fun*, si se me permite el comentario para *connoisseurs*). Más aún, permitió que OSIRIS formara parte fundamental de las contrapartidas observacionales para la entrada de España en ESO. El Anuncio de Oportunidad se convocó finalmente el 17 de julio de 1998 con fecha límite el 15 de diciembre de 1998 y se presentaron 8 propuestas instrumentales.

El desarrollo del instrumento giró en torno a tres carencias fundamentales: la falta de experiencia del equipo científico incluyendo, claro está, al que suscribe (Jordi Cepa) como IP, y la falta de presupuesto y de personal técnico. La primera se palió parcialmente con el tiempo y el cambio de la política de contratación de instrumentos de GRANTECAN, la segunda con un Proyecto de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico (Modalidad P4) del Ministerio



Figura 2.- Algunos de los integrantes del equipo técnico de OSIRIS tras su instalación en GTC. Fotografía cortesía de Víctor González Escalera.

de Educación y Cultura, y la tercera cuando, ya a finales de 2006, se decidió dar prioridad a OSIRIS con respecto otros proyectos instrumentales del IAC, con los que competía en recursos humanos.

Bajo el punto de vista de diseño, los requisitos de alto nivel estaban condicionados por permitir los modos de imagen y espectroscopía de baja-media resolución y, especialmente, por el uso de filtros sintonizables. Este modo de observación, basado en etalones de muy baja resolución, no solamente permitía observar en cualquier longitud de onda con una cierta variedad de anchuras espectrales angostas, sino compensar de este modo las derivas en longitud de onda desde el centro al borde del campo, inherentes al campo relativamente amplio del instrumento, que no podían corregirse en caso de utilizar filtros de banda estrecha convencionales. Presenta, además, la ventaja añadida de que el amplio espacio en pupila necesario para acomodar filtros sintonizables, permitió aumentar

la resolución espectral de los prismas escalonados utilizados en espectroscopía.

### MEJORAS PROPUESTAS

El diseño inicial incluía, además de la imagen convencional y sintonizable, los modos de espectroscopía multiobjeto y fotometría y espectroscopía rápidas. Pero ya el 1 de octubre de 2002 se propuso al Comité Científico Asesor (*Scientific Advisory Committee*) del GTC y, posteriormente, el 21 de octubre de 2011, al Director General de GRANTECAN, cambiar el detector por otro sensible al azul, e incorporar modos adicionales: etalones de alta resolución, polarimetría, unidades de campo integral basadas en fibras o rebanadores de imagen, y más alta resolución espectral. Alguna de estas mejoras propuestas por el equipo científico de OSIRIS ya ha sido implementada, mientras que otras van a ser implementadas próximamente por otros equipos, lo que demuestra la versatilidad del diseño, y la vitalidad y competitividad del instrumento.

## EL EQUIPO DE OSIRIS

En el diseño de cualquier instrumento interviene un equipo de investigadores, que establece los requisitos de alto nivel, un equipo de ingenieros, que lo diseña y construye o supervisa la construcción de las distintas unidades que lo componen, y un/a gestor/a que actúa de intermediario entre unos y otros y que forma estrecho equipo con el IP. OSIRIS es un logro de todo/as ello/as (Figura 2), incluyendo la inestimable participación del equipo de ingeniería del Instituto de Astronomía de la Universidad Nacional Autónoma de México, pero me gustaría destacar el papel de dos de los ingenieros del proyecto que, aunque lamentablemente nos han dejado, siguen presentes en nuestros pensamientos.

Mucho se le debe a Paco Cobos (Figura 3), técnico académico del IA-UNAM. Paco apoyó la participación del IA-UNAM en el instrumento desde el primer momento, y fue responsable del diseño óptico inicial que permitió responder al Anuncio de Oportunidad. Este diseño inicial era totalmente transmisivo, con dos espejos planos que doblaban el haz, y que sirvió de inspiración para otros instrumentos. Sin embargo, en la presentación del instrumento al comité evaluador, fue

sustituido en el último momento por otro diseño catadióptrico que, salvo ajustes finos de optimización de la calidad de imagen, terminó siendo el finalmente adoptado. La alta transmisión de las lentes de la cámara en todo el rango espectral óptico, y los excelentes recubrimientos reflectantes de plata protegida del colimador y del espejo auxiliar, convierten OSIRIS en uno de los instrumentos más eficientes, incluso en el rango azul del espectro óptico, lo que permitirá ampliar prestaciones con el nuevo detector que entrará en operación próximamente, como se discutirá más adelante. Paco fue sin duda un sostén del instrumento, tanto técnico como humano, a lo largo de toda su singladura. Sin olvidar que me bautizó como *Asterix*, dado que el equipo científico estaba formado por *galos irreductibles*.

Lorenzo Peraza (Figura 4), del equipo de mecánica del IAC, fue el responsable del diseño, fabricación y pruebas del mecanismo de cambio de máscaras. A pesar del gran tamaño físico de las máscaras (45 cm x 48 cm), el peso del almacén de máscaras cargado con el máximo número de máscaras posibles, y la exigencia de poder operar en cualquier orientación espacial, consiguió cumplir los estrictos requisitos de repetición de posicionado y con el de tiempo máximo

Figura 3.- Francisco Cobos, ingeniero óptico de OSIRIS y técnico académico del IA-UNAM.



Figura 4.- Lorenzo Peraza, ingeniero mecánico de OSIRIS e ingeniero senior del IAC, con el mecanismo posicionador de máscaras. Fotografía cortesía de Víctor González Escalera.



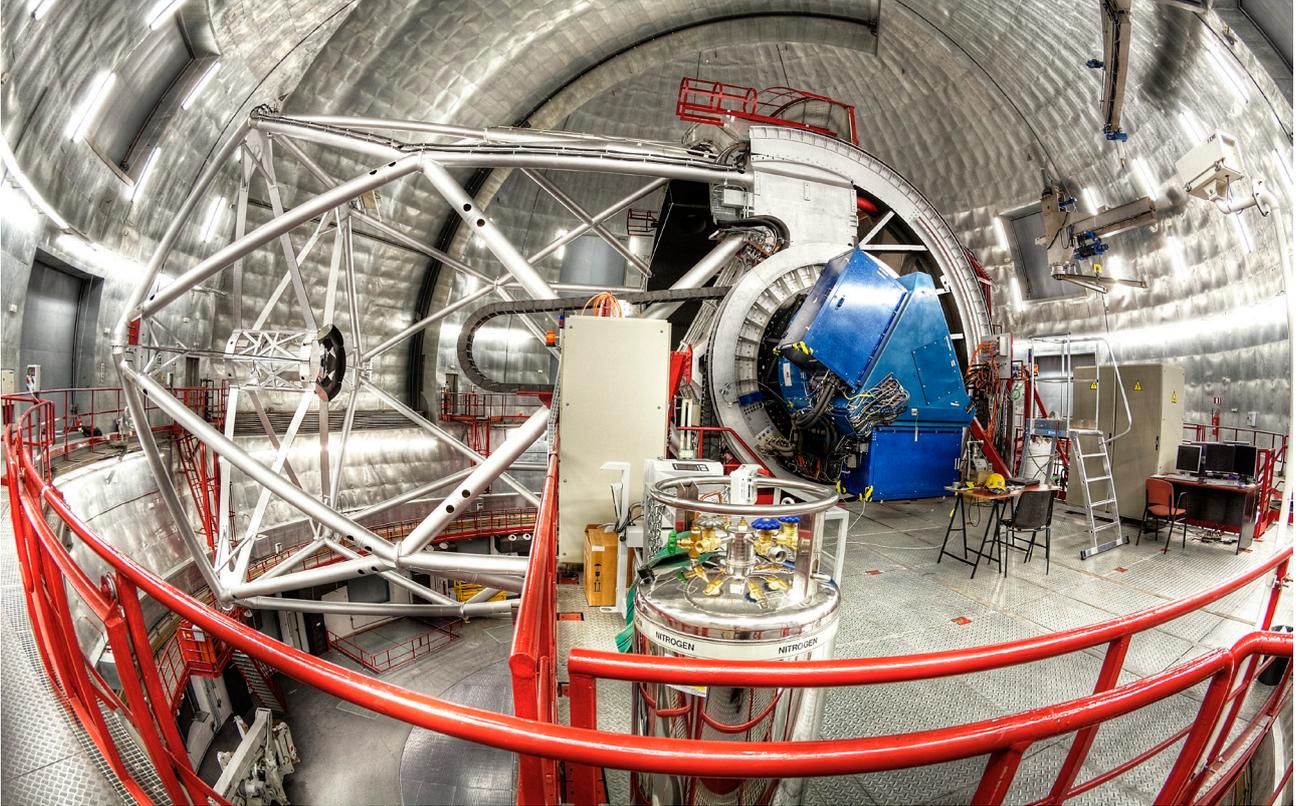


Figura 5.- El instrumento OSIRIS, en la plataforma Nasmyth B del GTC.

de cambio de máscaras, convirtiendo OSIRIS en uno de los instrumentos con un menor tiempo de configuración para esta clase de telescopios. Este es un punto importante puesto que permite optimizar el valioso tiempo de observación disponible.

### EL COMISIONADO

Tras las preceptivas pruebas de integración y verificación, OSIRIS fue aceptado para su instalación en uno de los focos Nasmyth del GTC (Figura 5). Curiosamente, parece que fui el único al que le pareció gracioso que, durante el traslado del instrumento a La Palma, nos pusieran una multa por ir demasiado despacio en la autopista sur de Tenerife. Eso sí, que nos parase la Guardia Civil a la salida del barco, porque el vehículo de acompañamiento les pareció sospechoso, ya no lo fue tanto. A pesar de todo, y tras desplazar el instrumento dentro del edificio del GTC sobre un cojín de aire, fue instalado en el telescopio el 4 de diciembre de 2008.

Pero en las primeras pruebas de operación *in situ*, quedó claro que los mecanismos fallaban. Las condiciones de temperatura no eran las mismas dentro de la cúpula en invierno, que en la sala climatizada de integración y pruebas del IAC. Una pequeña reduc-

ción en velocidad de los mecanismos, que les proporcionaba mayor par, solucionó el problema, obviamente tras dar muchas vueltas a las posibles causas.

La instalación de un instrumento en fase de pruebas, en un telescopio también en fase de pruebas, fue realmente problemática. Las pruebas de OSIRIS se demoraron mucho tiempo debido a las paradas técnicas del GTC y a no contar aún con unos procedimientos de operación nocturna suficientemente maduros. Por añadidura, la falta de autoguiado no permitió tomar exposiciones de suficiente duración como para poner de manifiesto la alta corriente de oscuridad del detector. Este problema fue detectado ya en la fase de operación, y paliado unos meses más tarde. En suma, estas circunstancias, junto con presiones fruto de premuras, y el componente personal, impidieron terminar convenientemente el comisionado de OSIRIS.

Pero la historia de OSIRIS se siguió, y se sigue escribiendo, más allá del inicio de su operación científica, aunque esa historia la narran a continuación los responsables de su operación y aprovechamiento científico.

## OPERACIÓN CIENTÍFICA CON OSIRIS

La explotación científica de OSIRIS se inició el 1 de marzo de 2009, día "D" del comienzo de la operación nocturna del GTC. Como en cualquier inicio de un nuevo componente, este no estuvo exento de los ineludibles problemas que suponen la puesta en marcha de un sistema tan complejo como el GTC y el propio instrumento en sí. De este modo, como se mencionó anteriormente, los primeros datos obtenidos con OSIRIS en cielo mostraron un valor demasiado alto de la corriente de oscuridad (debido a un problema con el link térmico del detector dentro del criostato), que hacía necesaria la adquisición de imágenes de calibración complementarias (darks) para su posible uso científico. Aún con este problema, los datos obtenidos en este período condujeron a los primeros resultados científicos exitosos de la historia del telescopio y permitieron vislumbrar el prometedor horizonte de descubrimientos futuros que sin duda OSIRIS podría brindar a la comunidad de usuarios del GTC.

Estos problemas técnicos del instrumento para nada han sido la norma habitual durante el largo período de explotación científica de OSIRIS, ya que, de hecho, se trata de uno de los subsistemas más robustos de todos los que se incluyen en la operación del GTC. En sus más de 12 años de uso continuado, los problemas técnicos achacables a OSIRIS han supuesto apenas un 2.4% de las incidencias técnicas de la instalación (Figura 6), lo que indica una afección marginal en la operación del GTC. OSIRIS ha sido, y es hasta la fecha, nuestro 'viejo y fiable' compañero.

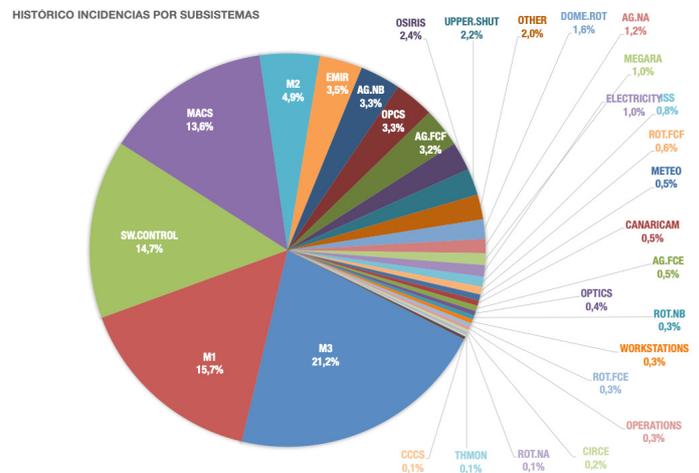
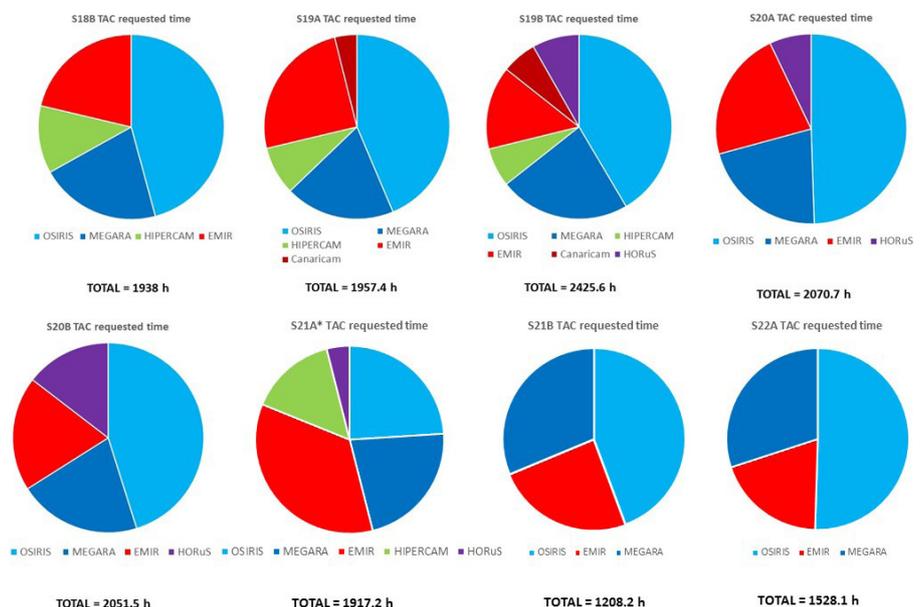


Figura 6.- Distribución histórica de las incidencias técnicas del GTC. Los problemas originados por OSIRIS apenas suponen un 2.4% del total de tiempo perdido, aun siendo de lejos el instrumento más utilizado durante la operación nocturna.

Figura 7.- Evolución de la demanda de tiempo del GTC durante los semestres S18B-S22A, donde se observa que OSIRIS (azul claro) siempre ha sido el instrumento más demandado del telescopio (hay que notar que en el período S21A se ofreció el instrumento en una llamada especial con un número restringido de horas disponibles, de ahí su bajo valor).



En cuanto a la explotación científica, los números de OSIRIS no dejan dudas de que se trata del instrumento más exitoso de la historia del GTC. OSIRIS es el instrumento con mayor demanda de tiempo de observación del telescopio (Figura 7), aun cuando el abanico de instrumentos ofertados se ha ampliado en algunos periodos a cinco o incluso seis instrumentos diferentes.

A raíz de esto, OSIRIS ha sido también el instrumento que mayor número de horas ha producido durante la operación científica del telescopio, ya que cerca del 75% del total de horas ejecutadas con GTC desde 2009 se han realizado con OSIRIS (o lo que es lo mismo, se han obtenido más de 13200 h de datos), manteniéndose este valor por encima del 50% incluso en los periodos de mayor disponibilidad instrumental mencionados anteriormente (Figura 8).

Los resultados derivados de estas observaciones también dan cuenta de la importancia fundamental que OSIRIS tiene para la operación del GTC. De las aproximadamente 700 publicaciones producidas en revistas científicas con datos de GTC hasta el 1 de noviembre de 2021, más del 85 % de las mismas se derivan de observaciones realizadas con OSIRIS, algo muy significativo no solo en cuanto al número global, sino también en cuanto a la calidad científica de las mismas, ya que hasta 27 de las 30 publicaciones de GTC aparecidas en revistas de alto impacto (SCIENCE, NATURE) se corresponden también con datos observados con este instrumento (Figura 8). El abanico de campos científicos cubierto por OSIRIS es amplísimo, siguiendo al pie de la letra la filosofía de uso del GTC como telescopio multipropósito. Es por esto complicado indicar un único 'nicho científico' para OSIRIS, aunque si merece la pena

Figura 8.- Distribución del tiempo observado por instrumento en GTC (izquierda) y su comparativa con la distribución de las publicaciones científicas obtenidas con el telescopio (derecha). OSIRIS ocupa un papel claramente predominante en ambos aspectos.

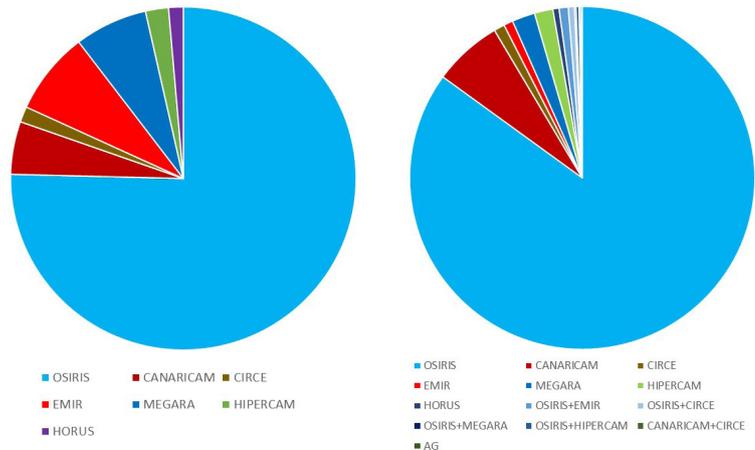
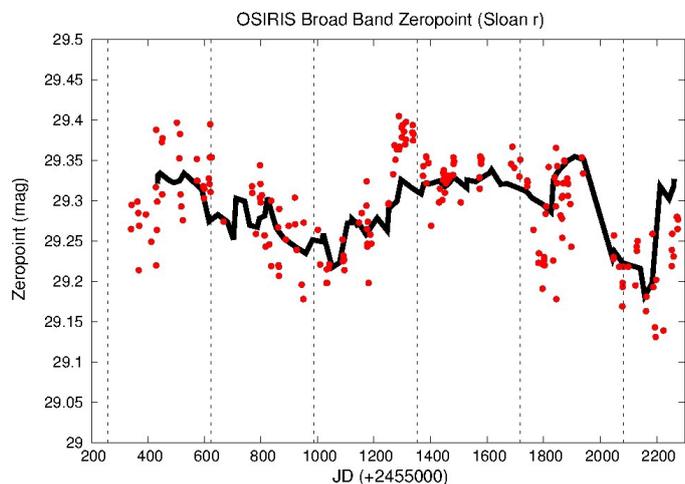


Figura 9.- Evolución del zeropoint fotométrico en OSIRIS (filtro Sloan r) durante los primeros seis años de operación del telescopio y su correlación directa con la reflectividad total de GTC a 650 nm, convenientemente escalada -representada con una línea sólida negra- (Abril-Abril, 2016, SPIE, 9906, 3).



destacar que la combinación de la versatilidad del instrumento y la flexibilidad del modo de operación en cola del GTC han permitido su uso de manera muy eficiente en observaciones de ToOs, con una altísima productividad científica al respecto.

### **OSIRIS COMO DISPOSITIVO DE MONITORIZACIÓN DEL GTC**

De forma adicional, el uso continuado de OSIRIS en el telescopio desde del comienzo de la operación científica ha permitido contar con un elemento único de monitorización de las prestaciones del telescopio. Así, mediante la correlación entre los valores de los *zeropoints* fotométricos de OSIRIS y las medidas de reflectividad directa de los espejos de GTC se ha podido elaborar un procedimiento rutinario de control de calidad de la reflectividad global del telescopio empleando OSIRIS como elemento de medida (Figura 9), alertando al equipo técnico de en qué momentos acometer tareas de mejora de la misma, bien mediante la sustitución de espejos del espejo primario (M1) o a través de la limpieza/aluminizado del espejo secundario (M2) y/o terciario (M3). Con este procedimiento, se ha conseguido aliviar la carga y el consumo de recursos del equipo de mantenimiento del GTC.

### **FUTURO A CORTO PLAZO DE OSIRIS**

La inminente llegada del sistema de óptica adaptativa al GTC (GTCAO) ha provocado que OSIRIS deba cambiar su ubicación actual en el telescopio, liberando la plataforma Nasmyth B en la que ha

estado instalado desde el comienzo de su explotación científica para dejar el espacio a este nuevo subsistema (Figura 10). Al respecto, a lo largo de 2021 se ha preparado una nueva estación focal en el GTC, el foco Cassegrain principal, iniciándose el proceso de migración del instrumento a su nueva ubicación durante la segunda mitad de este año, obteniéndose las últimas observaciones científicas con OSIRIS en agosto de 2021.

Este cambio no solo permitirá ampliar el abanico de instrumentación disponible en el telescopio, contando el GTC con hasta seis estaciones focales operativas durante 2022, sino que se traducirá en una ganancia neta en la eficiencia de OSIRIS de hasta un 10%, por el hecho de eliminar completamente un espejo del camino óptico. A esta mejora en las capacidades de OSIRIS hay que añadir también la llegada de un nuevo detector a principios de 2022, un detector monolítico con mucha mejor respuesta en el azul que el mosaico de CCDs disponibles en la actualidad.

De este modo, el GTC podrá contar a partir de 2022 con su instrumento más demandado y productivo en unas condiciones aún mejores de las explotadas hasta ahora. Por tanto, es fácil suponer que a OSIRIS le quedan por delante aún muchos más años de operación exitosa en el telescopio a disposición de la exigente comunidad de usuarios del GTC.

Figura 10.- Traslado de OSIRIS desde el foco Nasmyth B hacia la cámara del telescopio en agosto de 2021 (izquierda). Trabajos de mantenimiento en OSIRIS en la sala limpia del GTC en octubre de 2021 (derecha).

