

CCI  
2023

**INFORME ANUAL**  
**ANNUAL REPORT**



COMITÉ CIENTÍFICO INTERNACIONAL  
DE LOS OBSERVATORIOS DEL ROQUE DE LOS MUCHACHOS Y DEL TEIDE  
DEL INSTITUTO DE ASTROFÍSICA DE CANARIAS

**OBSERVATORIOS DE CANARIAS**



# Informe Anual CCI 2023 CCI Annual Report 2023

## El Tratado Internacional de Astrofísica

El Acuerdo de Cooperación en Materia de Astrofísica y su Protocolo se firmó en 1979, en conjunto con sus adendas, y es conocido como el «Tratado Internacional de Astrofísica». Mediante ello, el IAC ha tenido una base idónea para abrir sus Observatorios de Canarias a la comunidad astronómica internacional. Actualmente hay veinticuatro países operando sus telescopios e instrumentos en el Observatorio del Teide y en el del Roque de los Muchachos (véase las tablas en las páginas 96 y 97). Cada instalación telescópica es propiedad de una institución o consorcio, que puede ser consecuencia de una colaboración entre dos o más países, y ellos son responsables de la contratación de su personal y de los costes de su operación.

## The International Treaty on Astrophysics

The Agreement on Cooperation on Astrophysics and its Protocol was signed in 1979, along with its addenda, and is referred to as the International Treaty on Astrophysics. This provided the IAC with an ideal foundation to open its Canary Islands Observatories to the international astronomical community. In total there are twenty-four countries currently operating their telescopes and instruments at the Teide and Roque de los Muchachos Observatories (see tables on pages 96 and 97). Each telescope facility is owned by an institution or consortium, which may result from a collaboration between two or more countries. These are responsible for hiring their own staff and meeting their operational costs.

### Contact address:

**Laura Riba Costa – CCI Administrative Secretary**  
**Prof Johan H. Knapen – CCI Scientific Secretary**

**INSTITUTO DE ASTROFÍSICA DE CANARIAS**  
**E38200 – LA LAGUNA – Tenerife, Canary Islands**

Phone: 34 922 605 220

[cci@iac.es](mailto:cci@iac.es)

<https://www.iac.es/en/observatorios-de-canarias/international-scientific-committee>

### Editing & translation:

**T. J. Mahoney / Laura Riba / Johan H. Knapen**

**Layout: UC3**

**Legal deposit: TF-602-2024**

**COMITÉ CIENTÍFICO INTERNACIONAL**  
«debe preparar informes anuales sobre las actividades científicas desarrolladas en los Observatorios»  
Protocolo del Acuerdo de Cooperación en Materia de Astrofísica (1979)



**INTERNATIONAL SCIENTIFIC COMMITTEE**  
“should prepare annual reports on the scientific activities carried out in the Observatories”  
Protocol to the Agreement on Co-operation in Astrophysics (1979)

# Índice Contents

<b>Prefacio del presidente</b>	<b>4</b>
<b>Introducción del vicepresidente</b>	<b>6</b>
<b>Resultados científicos</b>	<b>8</b>
<b>Resultados tecnológicos</b>	<b>58</b>
<b>OCAN y sociedad</b>	<b>78</b>
<b>OCAN y CCI: cifras y datos</b>	<b>94</b>

<b>Foreword by the President</b>	<b>4</b>
<b>Introduction by the Vice-president</b>	<b>6</b>
<b>Scientific Results</b>	<b>8</b>
<b>Technological Results</b>	<b>58</b>
<b>OCAN &amp; Society</b>	<b>78</b>
<b>OCAN &amp; CCI: Facts &amp; Figures</b>	<b>94</b>

## Créditos de imágenes

### Image Credits

*General: Daniel López/UC3*  
*P. 13 K.Ulaczyk*  
*P. 21 Urs Leutenegger & Jose Ignacio Gil*  
*P. 24 Jenni Jormanainen*  
*P. 26 Fernández-Torreiro et al.*  
*P. 35 Mallorquín et al. & Popescu et al.*  
*P. 43 Dey et al./NASA/JPL-Caltech/Scott Sutherland*  
*P. 45 HERON/ WHT/ Román et al.*  
*P. 63 IDOM & EST OP*  
*P. 67 Cortés-Contreras et al.*  
*P. 71 M. Dionies, AIP*  
*P. 80 ESA*

## Prefacio del presidente Foreword by the President

Entre los eventos más destacados en los Observatorios de Canarias durante el año 2023 cabe destacar la ceremonia de inauguración del nuevo espectrógrafo multifibra WEAVE para el Telescopio William Herschel (WHT). Fue una ocasión única organizada por el Grupo de Telescopios Isaac Newton (ING) que también incluyó un concierto en la cúpula del WHT. WEAVE permite realizar observaciones espectroscópicas simultáneas de 1000 objetos astronómicos, poniendo de relieve cómo los telescopios de tamaño medio seguirán siendo competitivos en la era de los grandes telescopios.

Otros hitos importantes del año 2023 son la primera luz técnica del sistema de óptica adaptativa del Gran Telescopio Canarias (GTC). Proporcionará capacidades casi limitadas por difracción para el GTC, permitiendo imágenes en el infrarrojo cercano desde el Observatorio del Roque de los Muchachos (ORM) con una resolución espacial superior a la disponible con el Telescopio Espacial James Webb (JWST). Durante 2023, el Observador Óptico de Transitorios de Ondas Gravitacionales (GOTO) comenzó sus operaciones científicas completas y ahora incluye un total de 16 telescopios ópticos de campo amplio en La Palma y otros 16 en el Observatorio de Siding Spring, en Australia. Por último, se pusieron en servicio en el Observatorio del Teide (OT) los primeros nueve telescopios que forman la minirred ASTRI de los Cherenkov Imaging Telescopes, dedicada al estudio de la emisión de rayos gamma de muy alta energía.

Proteger la oscuridad del cielo nocturno es una gran prioridad en las Islas Canarias, y en octubre de 2023 La Palma acogió el Simposio 385 de la Unión Astronómica Internacional (UAI) sobre *Astronomy and Satellite Constellations: Pathways Forward*. Entre los hitos científicos más destacados de 2023 figura el descubrimiento de la presencia de un anillo alrededor de un objeto transneptuniano por parte del GTC HiPERCAM. Este estudio, publicado en *Nature*, añade pruebas de que los anillos deben ser comunes entre los objetos pequeños del sistema solar externo. Además, se combinaron mediciones precisas de la velocidad radial de un sistema de exoplanetas realizadas por el instrumento HARPS-N del Telescopio Nazionale Galileo (TNG) con datos

de otros telescopios, incluido el Telescopio Carlos Sánchez (TCS) del OT. Estas observaciones revelaron un período inusualmente corto y una masa de 3,5 masas terrestres para el planeta, lo que condujo a una revisión de las todavía escasas estadísticas de la población de planetas pequeños. En 2023 de mayo, el astrónomo aficionado japonés Koichi Itagaki descubrió la supernova más cercana de los últimos cinco años en la Galaxia del Molinete (M101). Se recogieron observaciones fotométricas y espectroscópicas diarias de esta supernova utilizando el Telescopio Liverpool (LT) y otros telescopios del ORM, lo que permitió realizar investigaciones detalladas de esta explosión estelar.

El año 2023 también será recordado por los graves incendios que asolaron las cumbres de Tenerife causando terribles daños en la isla. Como consecuencia, el OT tuvo que ser evacuado. Muy afortunadamente, gracias a los esfuerzos del Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC) y al trabajo y dedicación del personal de los servicios de bomberos reforzados por los militares, se pudo evitar que el fuego dañara los telescopios.

Por último, me gustaría destacar la importancia de involucrar a las futuras generaciones en las observaciones y en los descubrimientos astronómicos. La experiencia del cielo nocturno oscuro en la cima de la montaña, combinada con las tecnologías avanzadas de los telescopios y la instrumentación, encenderán una chispa que atraerá a los estudiantes brillantes hacia las carreras científicas. Por ello, los telescopios del ORM y el OT acogen regularmente una serie de actividades para estudiantes de nivel preuniversitario.

Highlights at the Canary Islands Observatories during the year 2023 included the inauguration ceremony of the new WEAVE multi-fibre spectrograph for the William Herschel Telescope (WHT). This was a unique occasion organized by the Isaac Newton Group of Telescopes (ING) which also included a concert in the WHT dome. WEAVE allows simultaneous spectroscopic observations of 1000 astronomical objects, highlighting how medium sized telescopes will remain competitive in the age of large telescopes. Other important milestones from the year 2023 include technical first light of the Gran Telescopio Canarias (GTC) adaptive optics system. It will provide near diffraction-limited capabilities for the GTC, allowing near-infrared imaging from the Roque de los Muchachos Observatory (ORM) with a spatial resolution higher than available with the James Webb Space Telescope (JWST). During 2023, the Gravitational Wave Optical Transient Observer (GOTO) started its full science operations, now including a total of 16 wide-field optical telescopes on La Palma and another 16 at Siding Spring Observatory in Australia. Finally, the first nine telescopes forming the ASTRI Mini Array of Cherenkov Imaging Telescopes (dedicated to the study of very high energy gamma-ray emission) were commissioned at the Teide Observatory (OT).

Protecting the darkness of the night sky has high priority in the Canary Islands and in October 2023 La Palma hosted the International Astronomical Union (IAU) Symposium 385: *Astronomy and Satellite Constellations: Pathways Forward*. Examples of science highlights from 2023 included the GTC HiPERCAM discovery of the presence of a ring in a trans-Neptunian object. This study, published in *Nature*, adds evidence that rings must be common among small objects in the outer Solar System. Furthermore, precise radial velocity measurements from the HARPS-N instrument on the Telescopio Nazionale Galileo (TNG) of an exoplanet system were combined with data from other telescopes, including the Carlos Sánchez Telescope (TCS) at the OT. These observations revealed an unusually short period and a mass of 3.5 Earth masses for the planet, leading

to a revision of the still sparse population statistics of small planets. In May 2023, the closest supernova of the past five years was discovered by the Japanese amateur astronomer Koichi Itagaki in the Pinwheel Galaxy (M101). Daily photometric and spectroscopic observations of this supernova were collected using the Liverpool Telescope (LT), and other telescopes at the ORM, allowing detailed investigations of this stellar explosion.

The year 2023 will also be remembered for the severe fires that ravaged the peaks of Tenerife, causing terrible damage to the island. As a result, the OT had to be evacuated. Most fortunately, and thanks to the efforts of the Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC) and hard work and dedication of the personnel of fire services reinforced by the military, it was possible to prevent the fire from damaging the telescopes.

Finally, I would like to emphasize the importance of engaging future generations in astronomical observations and discoveries. The experience of the dark night sky at the mountain top combined with the advanced technologies of the telescopes and instrumentation will ignite a spark that will draw bright students into careers in science. Therefore, the telescopes at the ORM and OT now host a number of regular activities for pre-university level students.

## Introducción del vicepresidente Introduction by the Vice-president

La isla de Tenerife se vio asolada en agosto del año 2023 por uno de los peores incendios de su historia que causó una gran devastación de su riqueza natural y muy considerable impacto en la vida de muchos tinerfeños. Afortunadamente, sin víctimas mortales, el incendio fue finalmente controlado, pero afectó al Observatorio del Teide (OT). Los recursos anti-incendios, desplegados por las autoridades, consiguieron evitar que las instalaciones telescópicas fuesen dañadas tras una larga noche de combate con las llamas. Aquí quiero agradecer una vez más, en nombre de todas las instituciones científicas que trabajan en nuestro Observatorio, la extraordinaria labor realizada por el personal de los servicios anti-incendios que, con valentía y total dedicación, lucharon sin descanso para proteger nuestras instalaciones. Gracias también a todas las instituciones y autoridades que velaron por una rápida y bien coordinada actuación de los recursos humanos y materiales disponibles.

El OT cuenta con reservas de recursos hídricos que sirvieron, y mucho, en la lucha contra el incendio. Estos recursos deben seguir siendo potenciados e incrementados para asegurar un futuro sin contratiempos. En esa línea de incrementar la protección, en el Observatorio del Roque de los Muchachos (ORM), el Cabildo de la Palma terminó este año la construcción de un gran depósito de agua que está conectado a una red de suministro directo desde Garafía, ambos, depósito y red son claves no solo para proteger el ORM, sino para la protección de todo el entorno natural de las zonas altas del norte de la isla de la Palma.

En materia de infraestructuras este año también se ha dado un importante paso para garantizar la conectividad digital submarina de la Palma a largo plazo. Con más de una década de servicio, el actual cable submarino que el IAC promovió para la conexión digital del ORM con Tenerife y el resto del mundo

requería, por razones de obsolescencia, adoptar medidas urgentes para disponer de redundancia de conexión digital submarina. Gracias al apoyo financiero de la Secretaría de Estado de Telecomunicaciones, utilizando fondos del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia, el IAC ha adjudicado ya el contrato para la ejecución del proyecto de redundancia en la conectividad digital del ORM. Proyecto que también aportará notables beneficios a la conectividad general de la isla de la Palma.

Además de estos y otros avances en infraestructuras básicas de los Observatorios, también hemos visto notables avances en instrumentación y telescopios. El GTC ha recibido el sistema de óptica adaptativa desarrollado por el IAC y realizado su primera luz con estrella guía natural. También, el IAC ha construido buena parte del módulo de estrella artificial láser, que en pocos años permitirá observar al GTC cualquier región de cielo con esta nueva capacidad de alta resolución espacial. WEAVE, el nuevo espectrógrafo del WHT, inició la explotación científica de su modo integral de campo. Tres telescopios Cherenkov de 23 m, adicionales al ya existente, están totalmente fabricados e iniciaron este año su instalación en el ORM. El primero de los cuatro ha logrado sus primeros resultados científicos y todos estarán operativos en 2025. En el OT han superado satisfactoriamente la fase de verificación científica los dos telescopios robóticos de 80 cm del proyecto TTT que consta de cuatro telescopios robóticos, dos adicionales de 2 m están siendo fabricados. La fundación European Solar Telescope se ha creado este año, un paso fundamental para consolidar el futuro de esta importantísima instalación para el futuro de la física solar europea. En general, la producción científica de las más de 40 instalaciones telescópicas activas sigue siendo elevada y de muy alto nivel como vemos en la selección de resultados científicos de este informe anual, eso y las nuevas instalaciones en construcción aseguran un brillante porvenir para los Observatorios de Canarias.

In August 2023 the island of Tenerife was ravaged by one of the worst fires in its history, which caused significant devastation to its natural wealth and a considerable impact on the lives of many inhabitants of Tenerife. Fortunately, the fire was finally brought under control and there were no fatalities, but it did affect the Teide Observatory (OT). Firefighting resources deployed by the authorities managed to prevent the telescopic facilities from being damaged after a long night of battling with the flames. I would like to once again express my gratitude, on behalf of all the scientific institutions that work at our Observatory, for the extraordinary work carried out by the firefighting personnel who, with courage and total dedication, fought tirelessly to protect our facilities. Our thanks also go to all the institutions and authorities who ensured a rapid and well-coordinated deployment of the available human and material resources.

The OT has water resource reserves that were crucial in the fight against the fire. These resources must continue to be strengthened and increased to ensure a future without setbacks. In this effort to enhance protection, the Cabildo of La Palma completed this year the construction of a large water reservoir at the Roque de los Muchachos Observatory (ORM), which is connected to a direct supply network from Garafía; both the reservoir and the network are key not only to protect the ORM but also to protect the entire natural environment of the highlands in the north of La Palma.

In terms of infrastructure, this year also saw an important step forward in ensuring long-term submarine digital connectivity for La Palma. After more than a decade of service, the current obsolescent submarine cable, which the IAC promoted for the digital connection of the ORM with Tenerife and the rest of the world, required urgent measures to ensure

redundancy in submarine digital connection. Thanks to the financial support of the Secretary of State for Telecommunications, using funds from the Recovery, Transformation, and Resilience Plan, the IAC has already awarded the contract for the execution of the project to provide redundancy in the digital connectivity of the ORM. This project will also bring significant benefits to the general connectivity of the island of La Palma.

In addition to these and other advances in basic infrastructure at the Observatories, we have also seen notable progress in instrumentation and telescopes. The GTC has received the adaptive optics system developed by the IAC and achieved its first light with a natural guide star. The IAC has also constructed much of the laser artificial star module that in a few years will allow the GTC to observe any region of the sky with this new high spatial resolution capability. WEAVE, the new spectrograph of the WHT, began scientific exploitation of its integral field mode. Three 23 m Cherenkov telescopes, in addition to the already existing one, are fully manufactured and their installation began at the ORM this year. The first of the four has achieved its first scientific results, and all will be operational by 2025. At the OT, the two 80 cm robotic telescopes of the TTT project, which consists of four robotic telescopes, have successfully passed the scientific verification phase, and two additional 2 m telescopes are being manufactured. The European Solar Telescope Foundation was established this year, a fundamental step towards consolidating the future of this important installation for the future of European solar physics. In general, the scientific output of the more than 40 active telescopic facilities remains high and is of very high quality, as we see in the selection of scientific results in this annual report. This, along with the new facilities now under construction, augurs a bright future for the Canary Islands Observatories.



# RESULTADOS CIENTÍFICOS

# SCIENTIFIC RESULTS

## El sistema AMOS observa los meteoros sobre las Islas Canarias

### The AMOS system monitors meteors over the Canary Islands

En 2023, el sistema AMOS (All-sky Meteor Orbit System) continuó observando la actividad de los meteoros sobre las Islas Canarias. Con la amable ayuda del personal local de ambos observatorios, el seguimiento se realiza desde su nueva ubicación en el ORM, cerca de la Residencia, en el tejado del taller, y desde su antigua ubicación en el OT, en el tejado del edificio Cielo Nocturno.

El subprograma AMOS-Spec se centra en observaciones espectroscópicas de meteoros. Las trayectorias de los meteoroides y sus órbitas preatmosféricas se

In 2023, the All-sky Meteor Orbit System (AMOS) continued to monitor meteor activity over the Canary Islands. With the kind help of local staff from both observatories, the monitoring is now undertaken from its new location at the ORM near the Residencia on the roof of the workshop building and from its old location at the OT on the roof of the Cielo Nocturno building.

The AMOS-Spec subprogramme focuses on spectroscopic observations of meteors. Meteoroid trajectories and their pre-atmospheric orbits are measured



Parte de la imagen compuesta del bólido observado por la estación AMOS en el ORM el 12 de octubre de 2023 a las 05:55:24 UTC.

Part of the composite image of the fireball observed by the AMOS station at the ORM on 2023 October 12 at 05:55:24 UTC.

miden simultánea e independientemente a partir de los datos recogidos por la red de cámaras AMOS. Este complejo conjunto de datos nos permite encontrar vínculos entre los meteoroides y sus cuerpos progenitores a partir de consideraciones dinámicas y físicas. Presentamos el caso especial de un bólido rápido y brillante de origen cometario procedente de una órbita atípica, junto con su espectro.

simultaneously and independently from data collected by the AMOS camera network. This complex dataset allows us to find links between meteoroids and their parent bodies from dynamical and physical considerations. We report here on the special case of a fast and bright cometary fireball from an atypical orbit together with its spectrum.



El bólido y su espectro de emisión captados por AMOS-Spec en el ORM.

The fireball and its emission spectrum captured by AMOS-Spec at the ORM.

El bólido (con una magnitud absoluta de  $-6,4$ ) se originó a partir de un meteoroides relativamente pequeño con una masa de unos 7 g. La trayectoria luminosa comenzó a una altitud de 117 km sobre la costa oeste de La Gomera y terminó a una altitud de 67 km sobre el mar, 32 km al oeste de La Gomera. La órbita heliocéntrica del meteoroides antes de su colisión con la atmósfera terrestre era retrógrada y de tipo cometario atípico, con un pequeño semieje mayor de sólo 0,7 UA y una distancia de perihelio de 0,28 AU. No se conoce ninguna lluvia de meteoros asociada al bólido, por lo que la consideramos esporádica. El meteoroides es posiblemente representativo de una población de material cometario cercano al Sol que experimenta un tipo específico de evolución dinámica. El espectro confirma su origen cometario y muestra un bajo contenido en Fe.

The bright fireball (with an absolute magnitude of  $-6.4$ ) originated from a relatively small meteoroid with a mass of about 7 g. The luminous trajectory began at an altitude of 117 km over the west coast of La Gomera and ended at an altitude of 67 km over the sea, 32 km west of La Gomera. The meteoroid's heliocentric orbit before its collision with the Earth's atmosphere was retrograde and of an atypical cometary type with a small semimajor axis of only 0.7 AU and perihelion distance of 0.28 AU. No known meteor shower can be associated with the fireball, so we consider it to be sporadic. The meteoroid is possibly representative of a population of cometary material close to the Sun that undergoes a specific kind of dynamical evolution. The spectrum confirms its cometary origin and reveals a low Fe content.

## GOTO ya en pleno funcionamiento científico GOTO now in full science operation

El Observador Óptico Transitorio de Ondas Gravitacionales (GOTO) <https://goto-observatory.org/> entró en pleno funcionamiento científico durante el verano de 2023. Mientras que la estación GOTO-Norte en La Palma completó la puesta en servicio de sus dos sistemas a finales de 2022, la estación gemela en el Observatorio de Siding Spring en Australia (GOTO-Sur) lo hizo en julio de 2023. Cada emplazamiento cuenta con 16 telescopios ópticos de gran campo instalados en grupos de ocho en un sistema compartido de montura y cerramiento. La instalación GOTO está operada por la Universidad de Warwick en nombre del STFC y el consorcio GOTO, que incluye al IAC.

En el segundo trimestre de 2023 también se implantó el sistema autónomo de programación y control en múltiples emplazamientos, con todos los telescopios controlados por un sistema central de programación en el centro de datos de la Universidad de Warwick, en el Reino Unido. Los datos de los telescopios unitarios se transfieren a Warwick casi en tiempo real y entran inmediatamente en un flujo de datos totalmente automatizado. Esto nos permite apuntar los conjuntos a posiciones de interés en un minuto, e identificar fuentes de tránsito prometedoras y candidatos homólogos en decenas de minutos desde la toma de datos.

GOTO está diseñado principalmente para seguir detecciones de ondas gravitacionales, en las que la localización a partir de GW por sí sola no es suficiente para identificar galaxias anfitrionas y homólogas. Nuestro despliegue se produjo al comienzo del período de observaciones científicas actualmente en curso en la que participa la red global de detectores de GW, el período LVK 04. GOTO también sigue explosiones de rayos gamma y eventos de neutrinos, así como observaciones coordinadas con instalaciones en otras longitudes de onda. Aparte de las observaciones específicas en respuesta a un dispositivo externo, el conjunto GOTO vigila regularmente todo el cielo.

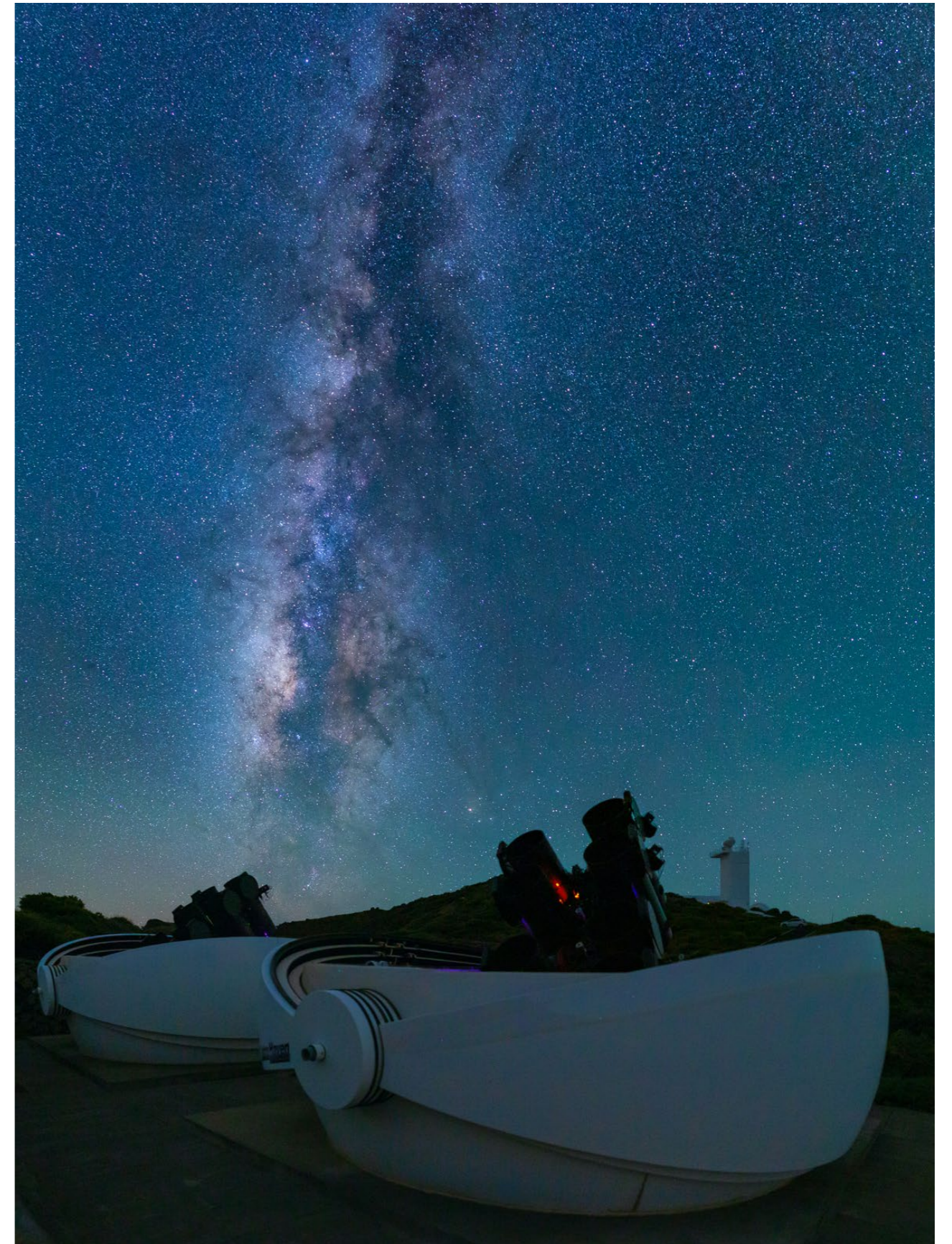
Las fuentes de interés se comunican con baja latencia a través de marcos estándar, como el Servidor de Nombres Transitorio (TNS) de la IAU y la Red de Coordenadas Generales (GCN) de la NASA. Los descubrimientos de GOTO, ya sean fortuitos o en respuesta a factores desencadenantes, han sido seguidos por diversos telescopios de todo el mundo, incluidos otras instalaciones del ORM.

The Gravitational wave Optical Transient Observer (GOTO) <https://goto-observatory.org/> entered into full science operation during the Summer of 2023. Whilst the GOTO-North station in La Palma completed commissioning of its two systems at the end of 2022, the twin site at Siding Spring Observatory in Australia (GOTO-South) followed in July 2023. Each site has 16 wide-field optical telescopes installed in groups of eight on a shared mount/enclosure system. The GOTO facility is operated by the University of Warwick on behalf of the STFC and the GOTO consortium, which includes the IAC.

The second quarter of 2023 also saw the deployment of the autonomous multi-site scheduling and control system with all telescopes being driven by a central scheduling system at the University of Warwick data centre in the UK. Data from unit telescopes are transferred to Warwick in near-real time and immediately enter a fully automated data flow. This enables us to point the arrays to positions of interest within a minute, and identify promising transient sources and counterpart candidates within tens of minutes of data taking.

GOTO is principally designed to follow gravitational wave detections, where localization from GW alone is not sufficient to identify host galaxies and counterparts. Our deployment was at the start of the ongoing science run involving the global network of GW detectors, the LVK 04 run. GOTO also pursues gamma-ray bursts and neutrino events and coordinated observing with facilities at other wavelengths. Apart from targeted observations in response to an external trigger, the GOTO array patrols the whole sky regularly.

Sources of interest are communicated at low latency via standard frameworks, such as the IAU Transient Name Server (TNS) and the NASA General Coordinates Network (GCN). GOTO discoveries, whether serendipitous or in response to triggers, have been followed up by a variety of telescopes worldwide, including other ORM facilities.



*El conjunto GOTO-Norte del ORM en acción. Dos cúpulas tipo concha por emplazamiento albergan 16 unidades de telescopios repartidos en dos soportes compartidos. El conjunto proporciona 80 deg<sup>2</sup> de campo de visión instantánea por emplazamiento, muestreados con sensores CCD de 16 x 50 Mpíxeles.*

*The GOTO-North array at the ORM in action. Two clamshell enclosures per site home 16 unit telescopes across two shared mounts. The array provides 80 deg<sup>2</sup> of instantaneous field of view per site, sampled with 16 x 50 Mpixel CCD sensors.*

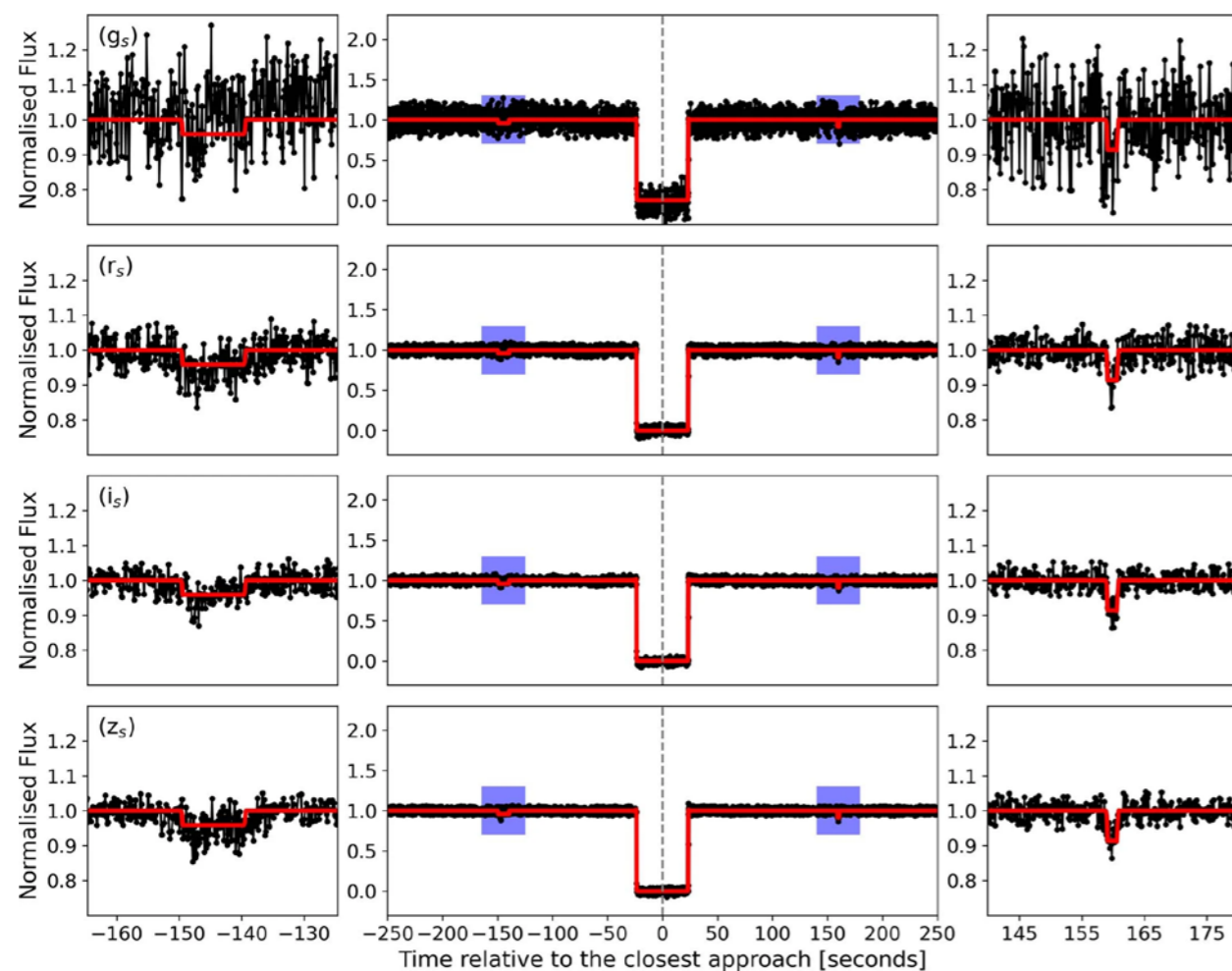


# Un anillo rodeando el objeto transneptuniano Quaoar

## A ring surrounding the trans-Neptunian object Quaoar

Un estudio ha confirmado la presencia de un anillo rodeando Quaoar, lo que cuestiona una teoría establecida desde 1850. Este descubrimiento ha sido realizado usando HIPERCAM/GTC mediante el método de ocultación estelar, que consiste en observar objetos que transitan en frente de estrellas de fondo.

A study has confirmed the presence of a ring surrounding Quaoar that questions a theory first proposed in 1850. The discovery was made with HIPERCAM/GTC using the stellar occultation method, which consists of observing objects that transit in front of the background stars.



Curva de luz multibanda obtenida con HIPERCAM/GTC el 5 de junio de 2019. El flujo observado en las bandas  $g_s$ ,  $r_s$ ,  $i_s$  y  $z_s$  (puntos negros) y los modelos (línea roja) frente al tiempo relativo a la hora de máxima aproximación del observador (03:00:31.858 UTC). Las regiones sombreadas en azul se amplían en los paneles laterales, mostrando los momentos en los que el anillo atenúa ligeramente la luz de la estrella antes y después de la ocultación causada por Quaoar.

Multi-band light-curve observed by HIPERCAM/GTC on 2019 June 5. The flux observed in the  $g_s$ ,  $r_s$ ,  $i_s$  and  $z_s$  bands (black points) and the models (red line) vs. time relative to the observer's closest approach time (03:00:31.858 UTC). The blue shaded regions are enlarged in the side panels, showing the dimming of the light coming from the star due to the presence of the ring, before and after the Quaoar occultation.

Hasta 2013 solo se conocían anillos alrededor de los planetas gigantes del Sistema Solar, lo que cambió con los descubrimientos de anillos alrededor del objeto centauro Cariclo en 2013, y del objeto transneptuniano Haumea en 2017.

Ahora, el hallazgo de un anillo alrededor del transneptuniano Quaoar complica el escenario, ya que su anillo se halla mucho más allá del límite de Roche, la distancia a la que, según la teoría desarrollada por Edouard Roche alrededor de 1850, las fuerzas de marea del cuerpo central impiden que las partículas se agreguen en un satélite. Según esta teoría, un anillo de colisión dentro de este límite no puede acumularse, mientras que fuera de este límite se espera que las partículas se agreguen y se forme un satélite en escalas de tiempo de solo semanas. Y hasta ahora esto era lo que se había observado: todos los anillos densos de los cuatro planetas gigantes, así como los anillos de Cariclo y Haumea, se encuentran efectivamente dentro o cerca del límite de Roche de sus respectivos cuerpos. En cambio, el anillo de Quaoar ocupa una órbita donde debería haberse formado un satélite, lo que desafía la teoría aceptada de a qué distancia deben acumularse los fragmentos de polvo y hielo que forman los anillos.

El descubrimiento del anillo de Quaoar ha desencadenado numerosos estudios numéricos, y se desarrollaron simulaciones locales de autogravitación. Mientras que las leyes de colisión utilizadas clásicamente para describir los anillos de Saturno dieron como resultado acumulaciones rápidas, que sí favorecerían la formación de un satélite en esa región, las leyes de colisión más elásticas obtenidas en el laboratorio a bajas temperaturas mostraron lo contrario: las velocidades posteriores al impacto entre las partículas permanecen lo suficientemente altas como para escapar de las atracciones de las demás y, finalmente, superar su tendencia a acumularse. Por lo tanto, mientras que el criterio de Roche parece sólido para explicar cómo las fuerzas de marea interrumpen la formación de un satélite para formar un anillo, el proceso contrario, la acumulación de partículas en un satélite, implica mecanismos más complejos que hasta ahora se han pasado por alto.

Sin embargo, aún persisten incógnitas en relación a este pequeño objeto. Como el anillo se encuentra a una distancia de Quaoar en la que las partículas que lo forman tardan en dar una vuelta alrededor de Quaoar justo tres veces más tiempo de lo que tarda Quaoar en dar un giro sobre sí mismo. Se trata de un fenómeno que ya se observó con anterioridad en el planeta enano Haumea y probablemente ocurre también en Cariclo, por lo que parece existir un patrón común en la formación de anillos densos.

Los anillos de Quaoar, Cariclo y Haumea implica que los anillos deben ser comunes entre los pequeños objetos del Sistema Solar exterior, y su búsqueda continua.

Until 2013, only rings around the giant planets of the Solar System were known, which changed with the discoveries of rings around the centaur object Chariklo in 2013, and the trans-Neptunian object Haumea in 2017.

Now, the finding of a ring around trans-Neptunian Quaoar complicates the scenario, as it lies well beyond the Roche limit, the distance at which, according to the theory developed by Edouard Roche around 1850, the tidal forces of the central body prevent particles from aggregating into a satellite. According to this theory, a collision ring within this limit cannot accrete, while outside this limit particles are expected to aggregate and form a satellite on timescales of mere weeks. This was indeed what had been observed thus far: all the dense rings of the four giant planets, as well as the rings of Chariklo and Haumea, are indeed within or close to the Roche limit of their respective bodies. In contrast, Quaoar's ring occupies an orbit where a satellite should have formed, which challenges the accepted theory of how far away the dust and ice fragments that form rings should accumulate.

The discovery of the Quaoar ring has triggered numerous numerical studies, and local simulations of self-gravitation have been developed. While the collision laws classically used to describe Saturn's rings resulted in fast accretions, which would indeed favour the formation of a satellite in that region, the more elastic collision laws obtained in the laboratory at low temperatures showed the opposite: the post-impact velocities between particles remain high enough to escape each other's attractions and eventually overcome their tendency to accrete. Thus, while Roche's criterion seems sound for explaining how tidal forces disrupt the formation of a satellite to form a ring, the opposite process, the accretion of particles onto a satellite, involves more complex mechanisms that have so far been overlooked.

However, questions remain about this small object. As the ring is at a distance from Quaoar in which the particles that form it take just three times as long to go around Quaoar as it takes Quaoar to make a full rotation on its axis. This is a phenomenon that has been observed before in the dwarf planet Haumea and probably also occurs in Chariklo, so there seems to be a common pattern in the formation of dense rings.

The Quaoar, Chariklo and Haumea rings imply that rings must be common among small objects in the outer Solar System, and a search for them continues.

## Observatorio de Las Cumbres Las Cumbres Observatory

El nodo del Observatorio del Teide de la red global de telescopios robóticos del Observatorio de Las Cumbres (LCO) alberga dos telescopios de 1,0 m y dos de 0,4 m. La red educativa del LCO consta de diez telescopios de 0,4 m situados en seis emplazamientos, incluido el Observatorio del Teide (OT). Las dos unidades de 0,4 m del OT fueron mejoradas en noviembre de 2023 con nuevos telescopios y cámaras. La red educativa se utiliza principalmente para el programa educativo insignia del LCO, Global Sky Partners. Dos de los proyectos clave actuales de LCO (2023–2026) también emplean cientos de horas en la red de 0,4 m para el seguimiento de los candidatos planetas en tránsito de TESS y para vigilar las oscilaciones en estrellas masivas.

La degradación y obsolescencia de la red original de 0,4 m motivó la actualización a un nuevo sistema que incluye telescopios PlaneWave DeltaRho 350 con enfocadores/rotativos Gemini, ruedas de filtro LCO y cámaras CMOS QHY600 que complementan las monturas originales construidas a medida. La actualización también incluyó la adición de filtros de banda estrecha (Baader Planetarium H $\alpha$ , O[III], S[II], Astrodon exoplanet [500 nm redpass]) para apoyar la astrofotografía con el campo de visión más amplio que ofrecen los telescopios DeltaRho (1,9 deg x 1,2 deg de formato completo). Se conservaron todos los filtros originales (Sloan  $u'$ ,  $g'$ ,  $r'$ ,  $i'$ ,  $z_s$ , Johnson-Cousins  $B$ ,  $V$ , Pan-STARRS  $w$ ). También se admite un modo de lectura central de 30' x 30', ya que la mayoría de los programas no requieren el campo de visión de formato completo. Se eligió la cámara QHY600 por el equilibrio entre rentabilidad y rendimiento general. Estas cámaras se utilizan comúnmente en la astronomía de aficionados, pero también se utilizan cada vez más en entornos de astronomía profesional, especialmente en la comunidad de seguimiento de tránsitos planetarios. Con más de un año de funcionamiento para las primeras cámaras que se instalaron, la QHY600 funciona de forma muy fiable.

The Teide Observatory node of the Las Cumbres Observatory (LCO) global robotic telescope network hosts two 1.0 m and two 0.4 m telescopes. The LCO's educational network consists of ten 0.4 m telescopes located at six sites, including Teide Observatory (OT). The two 0.4 m units at OT were upgraded in November 2023 with new telescopes and cameras. The educational network is primarily used for the LCO's flagship education programme, the Global Sky Partners. Two of the LCO's current (2023–2026) Key Projects also utilize hundreds of hours on the 0.4 m network to follow up TESS transiting-planet candidates and to monitor oscillations in massive stars.

The degradation and obsolescence of the original 0.4 m network prompted the update to a new system which includes PlaneWave DeltaRho 350 telescopes with Gemini Focuser/Rotators, LCO filter wheels, and QHY600 CMOS cameras that complement the original custom-built mounts. The upgrade also included the addition of narrow-band filters (Baader Planetarium H $\alpha$ , O[III], S[II], Astrodon exoplanet [500 nm redpass]) to support astrophotography with the substantially wider field of view afforded by the DeltaRho telescopes (1.9 deg x 1.2 deg full frame). The original filters were all retained (Sloan  $u'$ ,  $g'$ ,  $r'$ ,  $i'$ ,  $z_s$ , Johnson-Cousins  $B$ ,  $V$ , Pan-STARRS  $w$ ). A central 30' x 30' readout mode is also supported since most programmes do not require the full-frame field of view. The QHY600 camera was chosen for the balance of cost efficiency and overall performance. These cameras are commonly used in amateur astronomy but are also increasingly used in professional astronomy settings, especially in the planet transit follow-up community. With over one year of operation for the first cameras that were installed, the QHY600 works very reliably.



*Los telescopios LCO de 0,4 m mejorados en el OT. Los telescopios DeltaRho son visibles en la base del LCO dentro del recinto con la cúpula tipo concha abierta (fabricada por Aqawan).*

*The upgraded 0.4 m LCO telescopes at the OT. The DeltaRho telescopes are visible in the LCO mounts inside the enclosure with the clamshell dome (manufactured by Aqawan) open.*



# El Telescopio Liverpool sigue a la supernova más brillante en una década

## The Liverpool Telescope follows the brightest supernova in a decade

El 19 de mayo de 2023, el observador amateur Koichi Itagaki observó una candidata a supernova en la galaxia del Molinete (M101). Posteriormente bautizada como supernova SN2023ixf, el evento transitorio fue clasificado como supernova de colapso central a las pocas horas de su descubrimiento por el Dr. Dan Perley, del Instituto de Investigación Astrofísica de la LJMU, utilizando el generador de imágenes CCD IO:O y el espectrógrafo de baja resolución SPRAT del Telescopio Liverpool. Inmediatamente se reconoció que SN2023ixf sería un objeto de gran interés para los astrofísicos de eventos transitorios. A una distancia de sólo 21 millones de años luz, es una de las supernovas más cercanas observadas hasta la fecha. Además, se detectó pronto, cuando aún no se había alcanzado su máximo brillo, lo que permitió estudiar su evolución a lo largo de muchos meses. Otra ventaja es que la misma galaxia albergó otra supernova famosa (SN 2011fe) 12 años antes, por lo que se dispone de amplias observaciones previas a la explosión realizadas por el Telescopio Espacial Hubble y otras grandes instalaciones durante el seguimiento de ese evento.

Dada la importancia de este evento, el Dr. Perley y su equipo accedieron generosamente a renunciar al periodo de propiedad de un año que normalmente se aplica a todas las observaciones del Telescopio

On 2023 May 19 the amateur observer Koichi Itagaki observed a candidate supernova in the Pinwheel Galaxy (M101). Later named supernova SN2023ixf, the transient was classified as a core-collapse supernova within hours of discovery by Dr Dan Perley of LJMU's Astrophysics Research Institute, using the IO:O CCD imager and the SPRAT low-resolution spectrograph on the Liverpool Telescope. It was immediately recognized that SN2023ixf would be an object of great interest to transient astrophysicists. At a distance of only 21 million light years, it is one of the closest observed supernovae to date. It was also detected early while still rising to peak brightness, enabling its evolution to be studied over the course of many months. A further benefit is that the same galaxy was host to another famous supernova (SN 2011fe) 12 years earlier, and so extensive pre-explosion observations are available from the Hubble Space Telescope and other major facilities from the follow-up of that event.

Given the importance of this event, Dr Perley and his team generously agreed to waive the one-year proprietary period that is normally applied to all Liverpool Telescope observations and released all of their follow-up data to the community immediately. The Liverpool Telescope is one of the world's

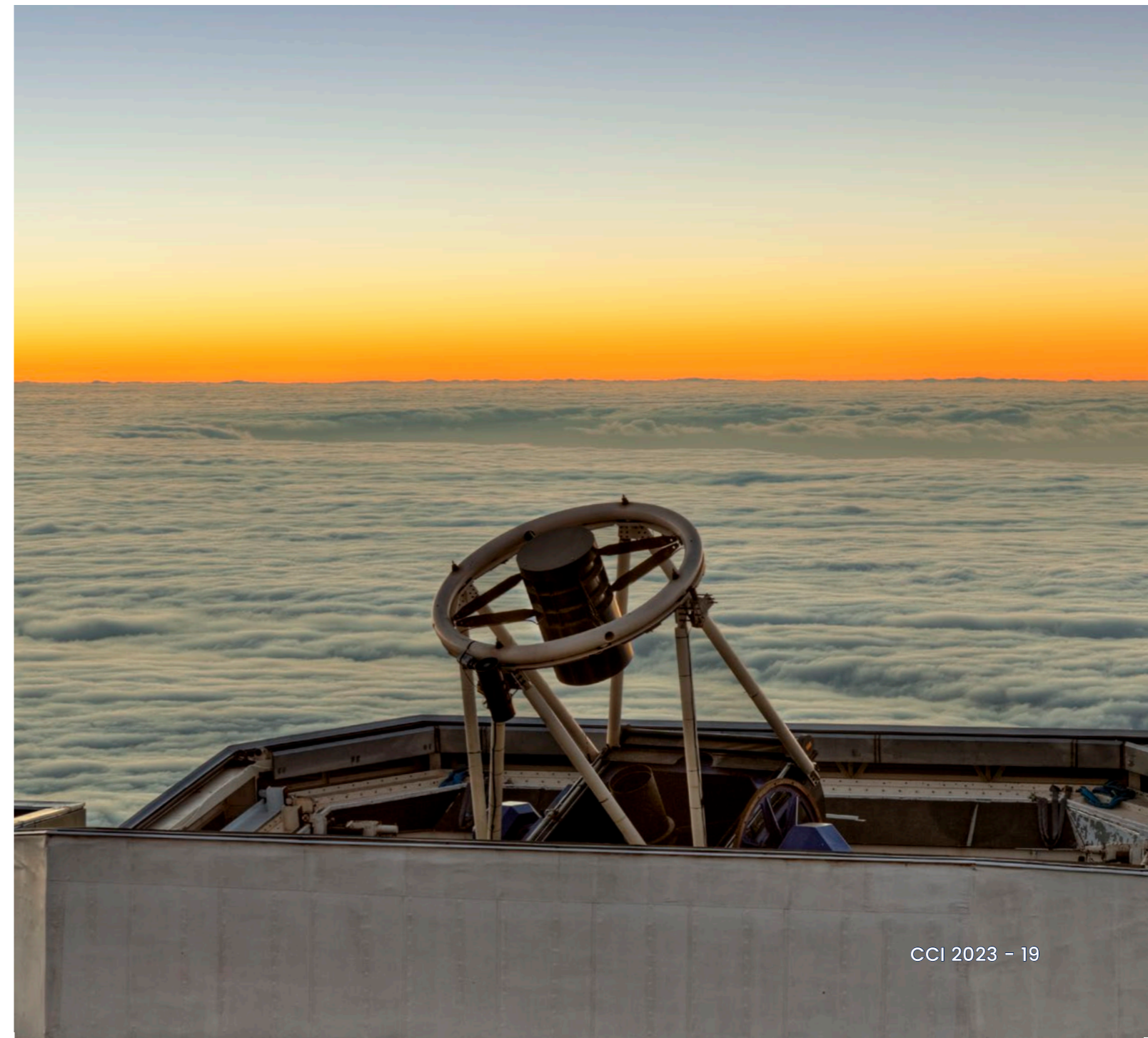
Liverpool y pusieron, inmediatamente a disposición de la comunidad, todos sus datos de seguimiento. El Telescopio Liverpool es una de las herramientas más populares del mundo para el seguimiento de eventos transitorios, por lo que la divulgación pública de los datos evitó que el programador robótico del telescopio se viera desbordado por las peticiones de distintos grupos para seguir el mismo objeto, además de garantizar el máximo rendimiento científico de la campaña. Este conjunto de datos consistió en meses de imágenes y espectroscopia LT multibanda diarias (al principio), siguiendo la evolución de la supernova durante todo el tiempo que fue visible. Combinados con observaciones obtenidas en otras instalaciones, estos datos convierten a SN2023ixf en una de las explosiones cósmicas más observadas de todos los tiempos.

most popular tools for transient follow-up, and so the public data release prevented the telescope's robotic scheduler from being overwhelmed by requests from different groups to follow the same object, as well as ensuring the maximum scientific return from the campaign. This dataset consisted of months of daily (at first) multi-band LT imaging and spectroscopy, following the evolution of the supernova for as long as it was visible. Combined with observations obtained on other facilities, these data make SN2023ixf one of the best-observed cosmic explosions of all time.



*Imagen en falso color de la supernova SN 2023ixf (el objeto azul brillante cerca del centro del encuadre), realizada con datos LT IO:O obtenidos poco después de su detección.*

*False colour image of supernova SN 2023ixf (the bright blue object near centre of frame), made with LT IO:O data taken early after detection.*



# Los telescopios MAGIC colaboran con numerosos telescopios en la observación del blázar 1ES 0647+250 cuyo motor funciona con electrones relativistas

## The MAGIC telescopes collaborate with many partners in observing the blazar 1ES 0647+250 whose engine is powered by relativistic electrons

Los blázares son núcleos galácticos activos que muestran un chorro de partículas relativistas orientadas hacia la Tierra y pueden emitir luz a través de todo el espectro electromagnético, alcanzando energías muy altas (hasta energías de teraelectronvoltios—un trillón de veces la energía de la luz visible). Para comprender el mecanismo de emisión de esas potentes fuentes, es decir, cómo funciona su motor, es necesario realizar un estudio de banda ancha, utilizando todos los datos disponibles de diferentes telescopios. Esto es lo que se llama un estudio multi-longitud de onda.

Este riguroso trabajo, dirigido por científicos de MAGIC, se basa en diez años de observaciones del blázar 1ES 0647+250. Este brillante núcleo galáctico activo se encuentra a un corrimiento al rojo de al menos 0,29; es decir, a 3.800 millones de años luz de nosotros. Sin embargo, los telescopios MAGIC pueden detectarlo incluso en estados de baja actividad.

En este estudio que abarca varios años de actividad, dirigido por Jorge Otero Santos (antiguo astrofísico residente en el IAC, actualmente en el IAA), se han utilizado datos de MAGIC junto con datos de muchos otros instrumentos, algunos de los cuales ubicados en el ORM (OVRO, Pirate Telescope, Las Cumbres, Liverpool Telescope, KVA, Swift-UVOT, Swift-XRT, Fermi-LAT) para comprender el comportamiento de esta brillante fuente a lo largo del tiempo.

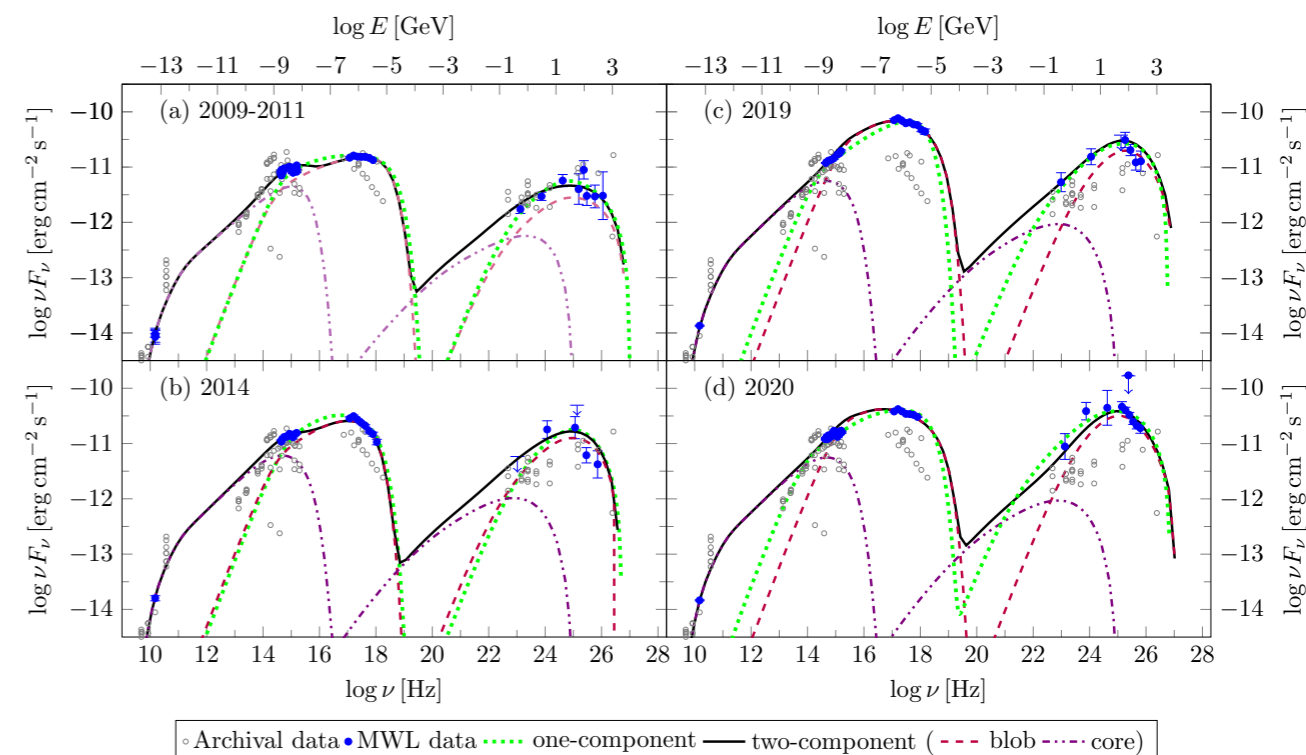
La investigación de las correlaciones y la variabilidad de las diferentes señales (radio, ópticas, rayos X, rayos gamma) proporcionó resultados muy interesantes, como las correlaciones significativas entre los flujos radio, ópticos y de rayos gamma de alta energía. Con un conjunto de datos tan completo, fue posible construir cuatro distribuciones de energía espectral de 1ES 0647+250 en diferentes estados de actividad y modelarlas para explicar el mecanismo de emisión, que resultó ser el típico escenario leptónico que describe los blázares, electrones relativistas acelerados por el campo magnético del chorro.

Blazars are active galactic nuclei that show a jet of relativistic particles orientated towards the Earth and can emit light through the entire electromagnetic spectrum, reaching the so-called very high energies (up to energies of Teraelectronvolts—a trillion times the energy of visible light). To understand the emission mechanism of these powerful sources, meaning how their engine works, it is necessary to perform a broad-band study using all the available data from different telescopes. This is what is called a multi-wavelength study.

The very detailed work, led by MAGIC scientists, is based on 10 yr of observations of the blazar 1ES 0647+250. This bright active galactic nucleus is located at a redshift of at least 0.29; that is, at least 3.8 billion light years from us. Nevertheless, it can be detected by MAGIC telescopes even during low-activity states.

In this long-term study, led by Jorge Otero Santos (former resident astrophysicist at the IAC, currently at the IAA), MAGIC data, together with data from many other instruments, some of which are located at the ORM (OVRO, Pirate telescope, Las Cumbres, Liverpool telescope, KVA, Swift-UVOT, Swift-XRT, Fermi-LAT), were used to understand the behaviour of this bright source over time.

The investigation of correlations and variability of the different signals (radio, optical, X-ray, gamma rays) provided very interesting results, such as significant correlations between the radio, optical and high-energy gamma-ray fluxes. With such a rich dataset, it was possible to build four broad-band spectral energy distributions of 1ES 0647+250 in different states of activity and model them to explain the emission mechanism, which is found to be the typical leptonic scenario describing blazars (relativistic electrons accelerated by the magnetic field of the jet).



El gráfico muestra las cuatro distribuciones de energía espectral de longitudes de onda múltiples (puntos de datos azules) con los modelos teóricos (líneas negras)

The plot shows the four multiwavelength spectral energy distributions (blue datapoints), with the theoretical models (black lines).



MAGIC II bajo la Vía Láctea y la investigadora de MAGIC Simone Mender (Technische Universität Dortmund).

MAGIC II under the Milky Way and MAGICian Simone Mender (Technische Universität Dortmund).

# Telescopio Mercator: ciencia en 2023

## Mercator telescope: Science in 2023

A lo largo de 2023, se publicaron 30 artículos con datos obtenidos mediante el Mercator en revistas arbitradas. A pesar de las difíciles condiciones (COVID-19 y la reciente erupción volcánica), el Mercator ha seguido siendo muy productivo (<http://www.mercator.iac.es/publications/>).

Dada su naturaleza de telescopio moderno pero pequeño, equipado con instrumentos de última generación, el Mercator se utiliza principalmente para la astrofísica estelar. De 2010 a 2020, llevamos a cabo un estudio espectral de estrellas brillantes en el hemisferio norte como programa de relleno con el espectrógrafo Mercator-HERMES. Además del producto de datos graduados científicamente, desarrollamos métodos para corregir la respuesta instrumental con el fin de aproximarnos a la verdadera forma del continuo espectral. Corregimos los espectros de contaminación telúrica e ideamos una normalización homogénea de todo el rango espectral para la mayoría de los objetos. El resultado fue una biblioteca de 3.256 espectros de alta calidad y alta resolución de 2.043 estrellas individuales, que ahora están totalmente disponibles para la comunidad astronómica. La Biblioteca Mercator de Espectroscopía Estelar de Alta Resolución (MELCHORS) es accesible a través de <https://www.royer.se/melchiors.html>. La biblioteca reúne algunas características únicas en comparación con otras bibliotecas en cuanto a cobertura de tipo espectral, resolución espectral, señal/ruido, reducción de datos de alta calidad y tamaño de la muestra. Los usos potenciales de una biblioteca empírica de este tipo incluyen la síntesis de poblaciones para estudios galácticos y extragalácticos, referencias para modelos de atmósferas estelares, clasificación espectral, estudios de binarias y divulgación. También puede constituir una práctica muestra de referencia para el entrenamiento de redes neuronales para aplicaciones de aprendizaje automático basadas en datos.

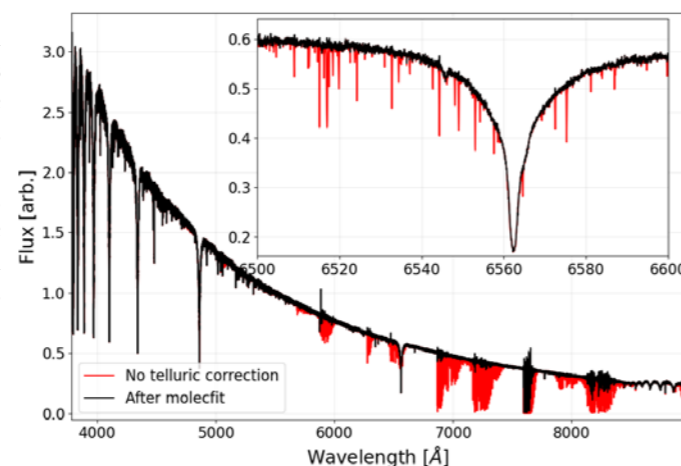
### Novedades técnicas:

Durante 2023, el espectrógrafo HERMES siguió siendo el instrumento de trabajo del Telescopio Mercator. Prácticamente sin paradas técnicas, con un excelente rendimiento y un eficiente proceso de reducción de datos, los observadores se marchan de la montaña con espectros de alta resolución calificados de calidad científicamente.

Una de las principales tareas fue la realuminación de los espejos Mercator, preparada por nuestro personal

In the course of 2023, 30 papers with data obtained on the Mercator were published in peer-reviewed journals. Despite difficult conditions (COVID-19 and the recent volcanic eruption), the Mercator has remained very productive (<http://www.mercator.iac.es/publications/>).

Given its nature as a modern but small telescope equipped with state-of-the-art instruments, the Mercator is used mainly for stellar astrophysics. From 2010 to 2020, we conducted a spectral survey of bright stars in the northern hemisphere as a filler programme with the Mercator-HERMES spectrograph. Apart from the science-graded data product, we developed methods to correct for instrumental response to approach the true shape of the spectral continuum. We corrected the spectra for telluric contamination and devise homogeneous normalization of the full spectral range for most of the objects. This resulted in a library of 3256 high-quality, high-resolution spectra of 2043 individual stars, now fully available to the astronomical community: the Mercator Library of High Resolution Stellar Spectroscopy (MELCHORS) accessible via <https://www.royer.se/melchiors.html>. The library gathers some unique properties compared to the other libraries in terms of coverage of spectral types, spectral resolution, signal to noise, high-quality



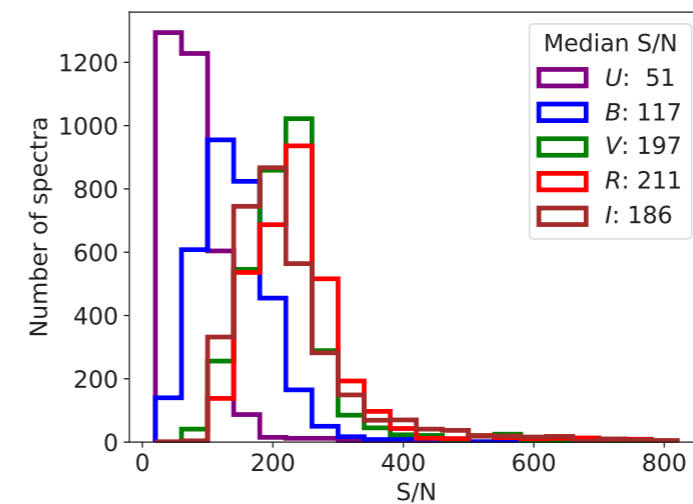
**La corrección telúrica de alta calidad del producto de datos MELCHORS muestra las líneas telúricas (rojo), y el espectro de alta resolución corregido por respuesta y telúrico (negro). El recuadro muestra una ampliación del espectro en la región de la línea H $\alpha$ .**

**The high-quality telluric correction of the MELCHORS data product showing the telluric lines (red), and the response-corrected and telluric-corrected high-resolution spectrum (black). The inset is a blow-up of the spectrum in the region of the H $\alpha$  line.**

y llevada a cabo satisfactoriamente por el personal de ING. La operación fue un éxito y la reflectividad de nuestros espejos vuelve a ser excepcional.

La actualización continuada del sistema informático finalizó en 2023. Todo el sistema de control de Mercator se renovó en consecuencia y el nuevo sistema informático ya es plenamente operativo. El cambio fue poco convincente para los observadores, pero la actualización completa del sistema informático nos permite estar preparados para los próximos años.

La preparación de MARVEL se intensificó durante 2023 con la instalación de una cúpula y uno de los telescopios en el tejado del edificio de Lovaina (Bélgica). Este telescopio sirve como banco de pruebas para el desarrollo de hardware y software. Este fue un hito importante en nuestro proceso para llevar MARVEL a la montaña en los próximos años.

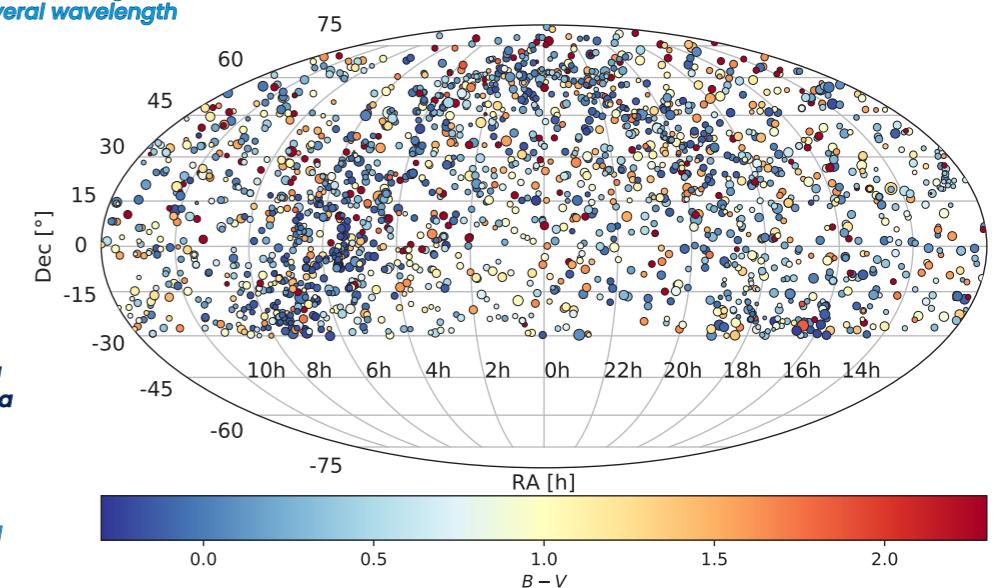


**Histograma de la biblioteca espectral completa con el número de estrellas por casilla en relación señal/ruido. El recuadro muestra la mediana de la relación señal/ruido calculada para varias bandas de longitud de onda.**

**Histogram of the full spectral library with the number of stars per bin in signal to noise. The inset gives the median S/N as computed for several wavelength bands.**

**Distribución en el cielo de todos los targets de la biblioteca espectral MELCHORS. El color está codificado al color B - V y el tamaño del símbolo escala con la magnitud en V.**

**Sky distribution of all targets of the MELCHORS spectral library. The colour is coded to the B - V colour and the size of the symbol scales with the magnitude in V.**



data reduction and sample size. The potential uses of such an empirical library include population synthesis for Galactic and extragalactic studies, references for stellar atmosphere models, spectral classification, studies of binaries and outreach. It may also constitute a handy reference sample to train neural networks for data-driven machine learning applications.

### Technical novelties

During 2023 the HERMES spectrograph remained the workhorse instrument of the Mercator Telescope. With virtually no technical downtime, excellent throughput and an efficient data reduction pipeline, the observers leave the mountain with science-graded reduced high-resolution spectra.

A major undertaking was the re-aluminization of the Mercator mirrors that was prepared by our staff and performed smoothly by ING staff. The operation was successful and the reflectivity of our mirrors is outstanding again.

The on-going upgrade of our IT system was finalized in 2023. The whole Mercator control system was revamped accordingly and the new IT system is now fully operational. The change was quite opaque to the observers but the full IT upgrade means that we are ready for the years to come.

The MARVEL preparation ramped up during 2023 with the installation of a dome and one of the telescopes on the roof of the building in Leuven (Belgium). This telescope serves as a testbed for hard- and software developments. This was a major milestone in our process to bring MARVEL to the mountain the coming years.

# Novedades del Telescopio Óptico Nórdico (NOT) Nordic Optical Telescope (NOT) updates

En el verano de 2023, se aluminizaron los espejos principales del NOT en la planta de WHT para garantizar la máxima eficacia del telescopio. Posteriormente, el equipo realineó la óptica del telescopio para obtener la mejor calidad de imagen. Desde entonces, el telescopio ha conseguido imágenes de hasta 0,4 arcos de segundo en las mejores condiciones de observación utilizando el generador de imágenes NIR, NOTCAM. Los principales instrumentos siguen siendo ALFOSC, NOTCAM y FIES, y los tres funcionaron correctamente durante todo el año. SOFIN, FASTCAM y DIPOL-UF también se utilizaron como instrumentos de visitas durante 2023.

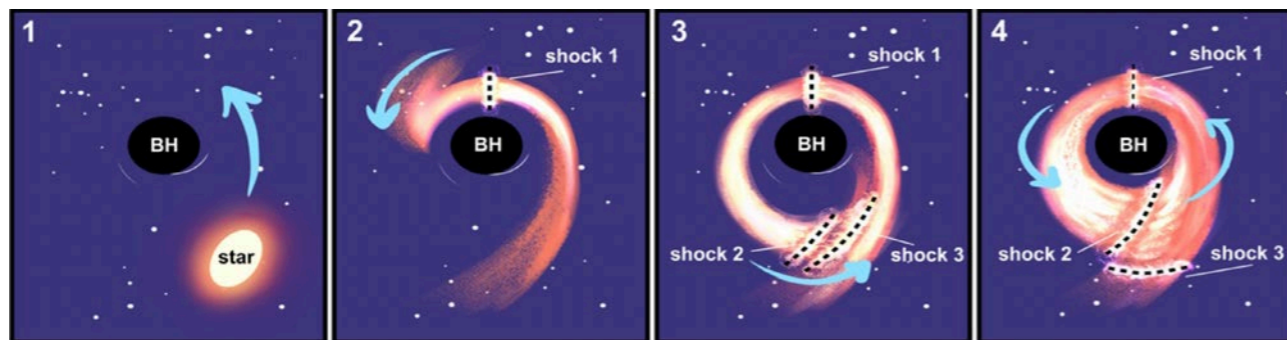
Junto con la comunidad de usuarios, el NOT alcanzó en 2023 su récord histórico de publicaciones anuales arbitradas (118).

Los aspectos científicos más destacados del NOT en 2023 incluyen, por ejemplo, estudios y características de una supernova tipo Ia con material circunestelar rico en helio, y de destellos ópticos de minutos de duración con luminosidad de supernova. Ambos se publicaron en *Nature*. La publicación en *Science*, dirigida por Ioannis Liadokis, del Finnish Centre of Astronomy with ESO en Turku, fue un estudio de la polarización óptica en un evento de disrupción de marea (TDE). Si una estrella pasa demasiado cerca de un agujero negro supermasivo, las fuerzas de marea la destrozan y los restos que caen y se calientan se detectan como una fuente astronómica transitoria conocida como TDE. El equipo midió la polarización óptica del TDE AT 2020mot utilizando el NOT, y

In the summer of 2023, the NOT had its main mirrors aluminized at the WHT plant to ensure maximum efficiency through the telescope. Subsequently, the team re-aligned the telescope optics for best imaging quality. Since then, the telescope has achieved down to 0.4 arcsec images during best observing conditions utilising the NIR imager, NOTCAM. The main instruments remain ALFOSC, NOTCAM and FIES, and all three were in good working order throughout the year. SOFIN, FASTCAM and DIPOL-UF were also used as visiting instruments during 2023.

Together with the user community, the NOT achieved its all-time record annual number of refereed publications (118) in 2023.

Science highlights of the NOT in 2023 include studies and characterizations of a Type Ia supernovae with helium-rich circumstellar material, and of minutes-duration optical flares with supernova luminosities. Both of these were published in *Nature*. Published in *Science*, led by Ioannis Liadokis from the Finnish Centre of Astronomy with ESO in Turku, was a study of optical polarization in a tidal disruption event (TDE). If a star passes too close to a supermassive black hole, it gets ripped apart by tidal forces, and the in-falling and heated debris is detected as a transient astronomical source known as a TDE. The team measured the optical polarization of the TDE AT 2020mot using the NOT, and a telescope in Crete, finding that the polarization varied during the event, with the peak linear polarization degree at about 25 per cent. By comparing the behaviour with other data

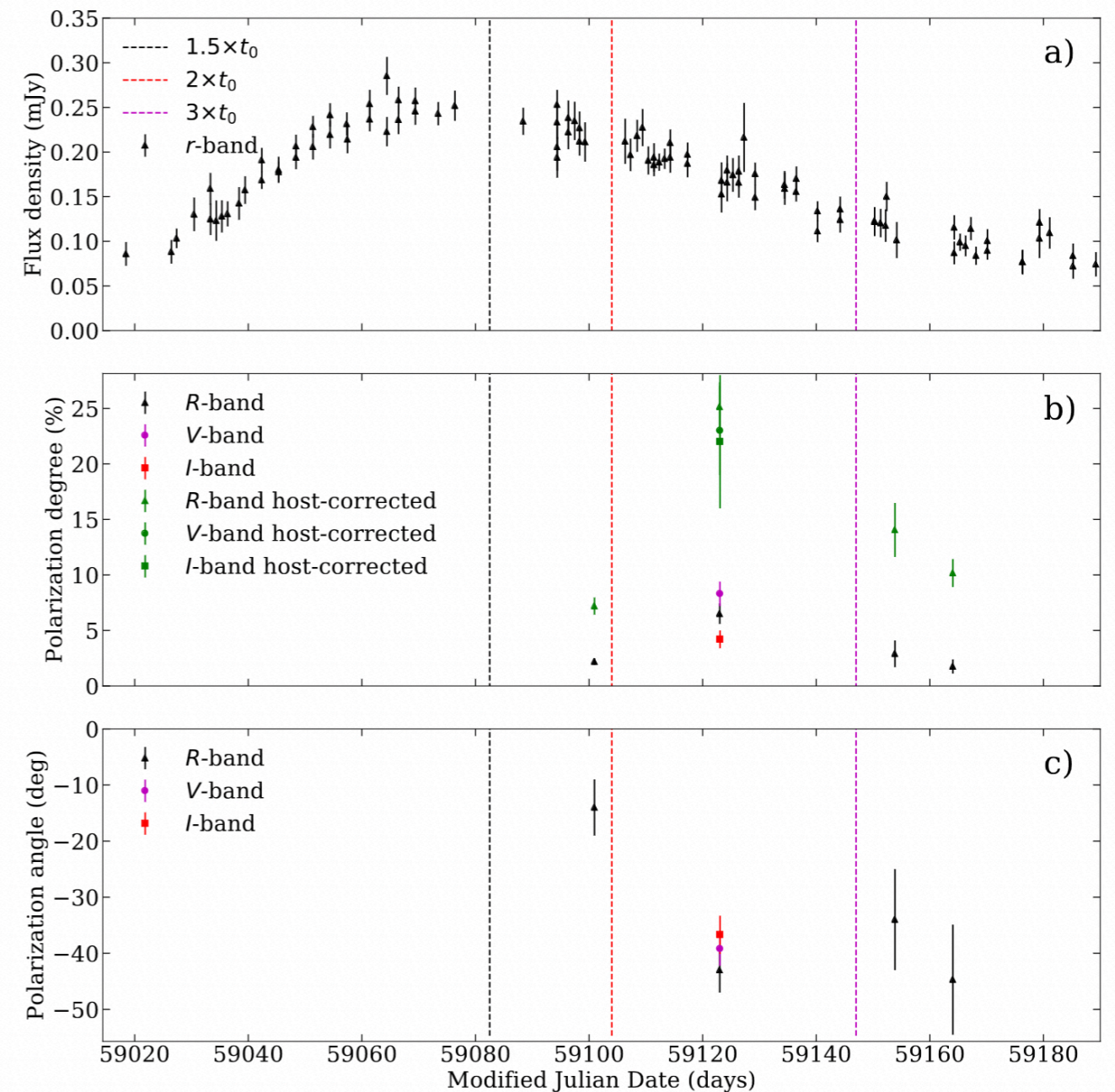


En un TDE, una estrella se acerca lo suficiente a un agujero negro supermasivo, cuya atracción gravitatoria dobla la estrella hasta destruirla. La materia de la estrella destruida forma una corriente elíptica. En torno al agujero negro se forman choques de marea cuando el gas choca consigo mismo en su camino de vuelta tras rodear el agujero negro (imagen 3). Estos choques crean brillantes estallidos de luz polarizada que pueden observarse en longitudes de onda ópticas y ultravioletas.

In a TDE, a star moves close enough to a supermassive black hole, the gravitational pull of which bends the star until it is destroyed. The matter from the destroyed star forms an elliptical stream. Tidal shocks are formed around the black hole as the gas collides with itself on its way back after circling the black hole (image 3). These shocks create bright outbursts of polarized light that can be observed in optical and ultraviolet wavelengths.

un telescopio en Creta, descubriendo que la polarización variaba durante el evento, con el grado máximo de polarización lineal en torno al 25 por ciento. Comparando el comportamiento con otros datos y modelos, los autores sostienen que la emisión se produce cuando la corriente de residuos se extiende alrededor de una órbita completa del agujero negro, generando choques en los que colisiona consigo misma. La fuerte polarización tendría su origen en estos impactos, en lugar de jets o procesos de discos de acreción.

and models, the authors argue that the emission occurs when the debris stream extends around a full orbit of the black hole, generating shocks where it collides with itself. The strong polarization would originate from these shocks, instead of jets or accretion disc processes.



Curva de luz óptica (panel a) y de polarización variable (paneles b y c) de AT 2020mot. Las líneas verticales muestran los tiempos característicos calculados mediante modelos de choque. Los autores deducen que la disrupción se produjo antes del ascenso de la curva de luz en banda r, en  $t < 59026$  MJD.

Optical light curve (panel a) and the varying polarization (panels b and c) of AT 2020mot. The vertical lines show characteristic times calculated using shock models. The authors infer that the disruption happened before the rise of the r-band light curve, at  $t < 59026$  MJD.

## QUIJOTE: resultados científicos

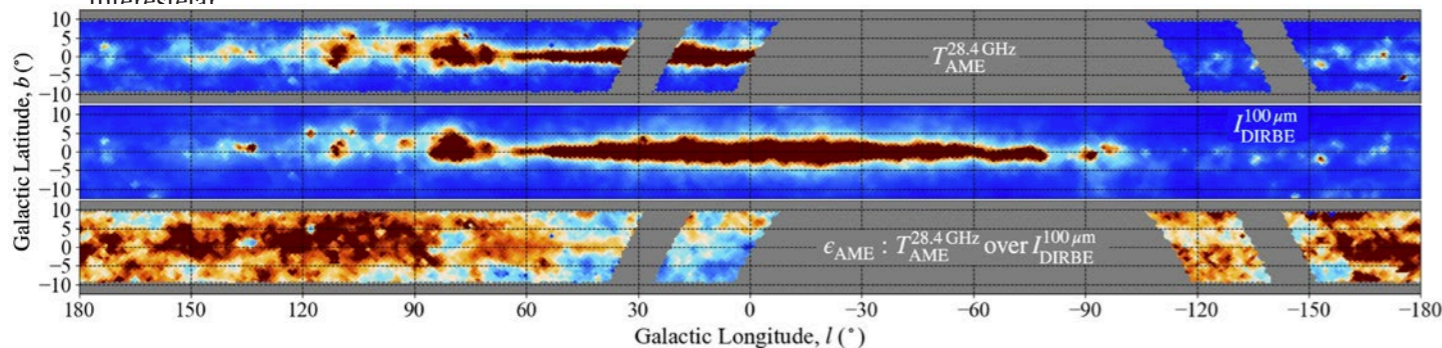
### QUIJOTE: Scientific results

QUIJOTE es un proyecto científico dedicado a la caracterización de la polarización del Fondo Cósmico de Microondas (FCM) en grandes escalas y en frecuencias entre 10 y 40 GHz. En enero de 2023 la colaboración QUIJOTE liberó al público los mapas del *wide survey*, resultantes de 11.000 h de observación con el instrumento multifrecuencia (MFI). Estos mapas cubren 29.000 grados cuadrados del hemisferio Norte, en intensidad y polarización, y tienen frecuencias centrales de 11, 13, 17 y 19 GHz. En paralelo se publicaron seis artículos con los principales resultados científicos derivados de estos mapas, centrados principalmente en la caracterización de la polarización de la emisión sincrotrón Galáctica, y en su papel como contaminante de la señal cosmológica de modos B en la polarización del FCM, y en el estudio de la emisión anómala de microondas (EAM).

Gracias a su cobertura en frecuencia, QUIJOTE puede proporcionar información única sobre las propiedades de la emisión sincrotrón y EAM. En 2023 se publicó un séptimo artículo con resultados del *wide survey*, en el que se utilizaron los datos de QUIJOTE-MFI para aislar la señal de la EAM de otros mecanismos de emisión (sincrotrón y radiación libre-libre) a lo largo del plano Galáctico en escalas angulares de un grado. Este trabajo proporcionó indicios de variación espacial de algunos de los parámetros espectrales de la EAM (por ejemplo, su frecuencia de pico), confirmando los indicios encontrados por otros experimentos con anterioridad. También se encontró que los valores de algunos de los parámetros que describen el espectro de la EAM difieren ligeramente de las predicciones de los modelos teóricos. Estos y futuros resultados de QUIJOTE son cruciales para acotar los modelos teóricos, y, paralelamente, para obtener información sobre las condiciones físicas del medio interestelar.

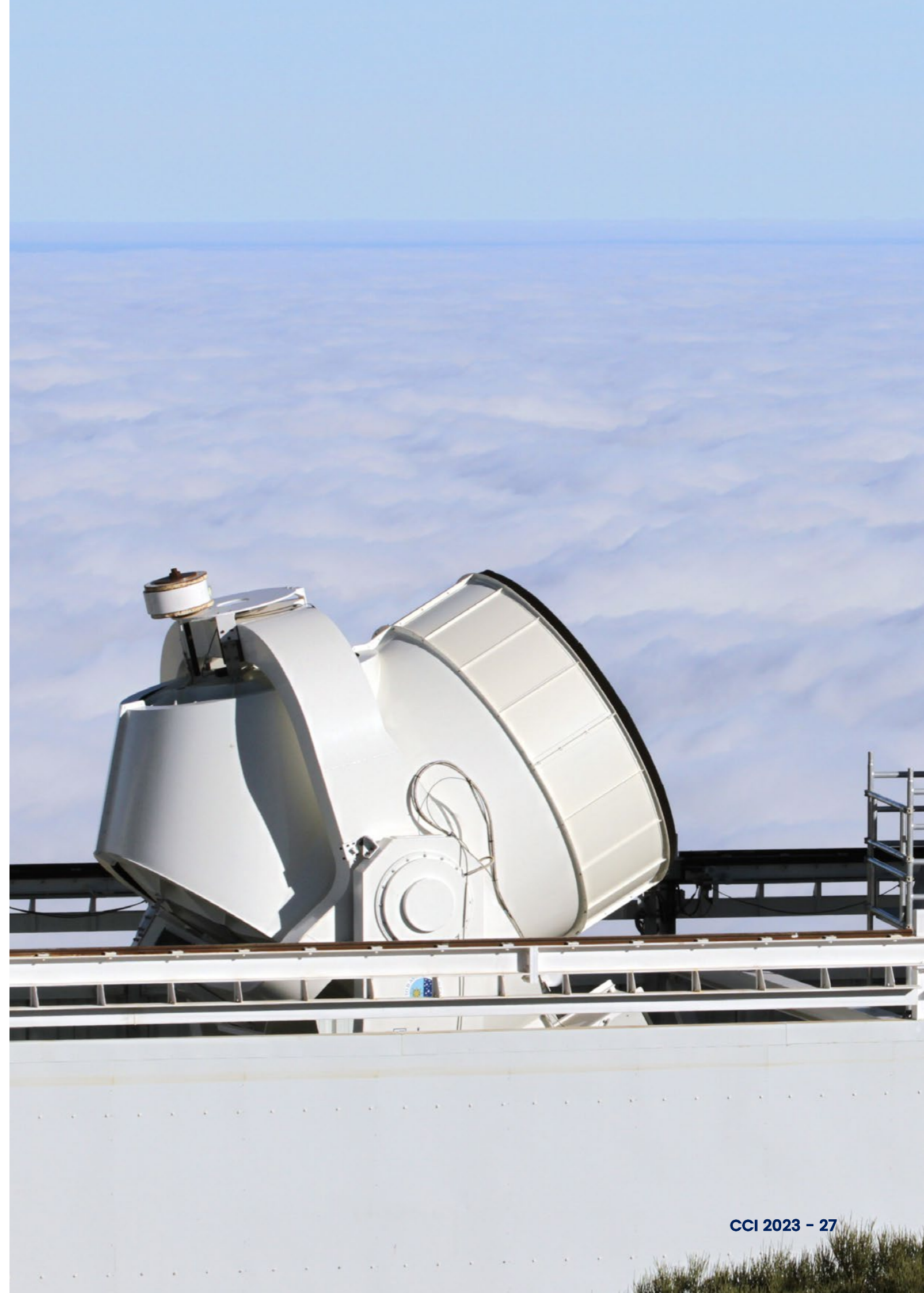
QUIJOTE is a scientific project aimed at characterizing the polarization of the cosmic microwave background (CMB) at large angular scales and frequencies between 10 and 40 GHz. In January 2023 the QUIJOTE collaboration released the wide survey maps, which cover 29,000 square degrees of the northern sky, in intensity and polarization, at frequencies 11, 13, 17 and 19 GHz, and were produced from 11,000 h of observations with the multi-frequency instrument (MFI). They were accompanied by a first series of six papers presenting some of the scientific results derived from these maps, mostly concerning the characterization of the polarization of the Galactic synchrotron emission in connection with its role as contaminant of the cosmological B-mode signal in CMB polarization and the study of the anomalous microwave emission (AME).

Thanks to its frequency coverage, QUIJOTE can provide unique information about the properties of synchrotron emission and AME. In 2023 a seventh paper with wide-survey results was published, in which the QUIJOTE-MFI data were used to separate AME in total intensity from other emission mechanisms (synchrotron and free-free) across the Galactic plane on degree scales. This work hinted at spatial variations of AME physical parameters (e.g. its peak frequency), which had also recently been suggested from data from other experiments. It also determined average values for AME spectral parameters and found that some of them are in slight tension with the predictions from theoretical models. These and upcoming data from QUIJOTE are crucial for informing theoretical models and, in parallel, for gaining insight into ISM physics by exploiting this relatively new emission mechanism.



Mapa de la amplitud de EAM a lo largo del plano Galáctico con  $|b| < 10^\circ$  (panel superior), reconstruido a partir de los datos del instrumento QUIJOTE-MFI en combinación con otros datos. La EAM muestra una clara correlación espacial con los datos de infrarrojo lejano trazados por el experimento COBE-DIRBE (panel intermedio). La relación entre ambos (panel inferior) es un parámetro que presenta un alto grado de uniformidad espacial.

Map showing the amplitude of AME across the Galactic plane at  $|b| < 10^\circ$  (top panel), reconstructed using data from the QUIJOTE-MFI instrument in combination with other data sets. The AME amplitude shows a clear spatial correlation with far-infrared emission traced by data from the COBE/DIRBE experiment (middle panel). The ratio between the two (bottom panel) is an important parameter that is found to be remarkably constant across the sky.

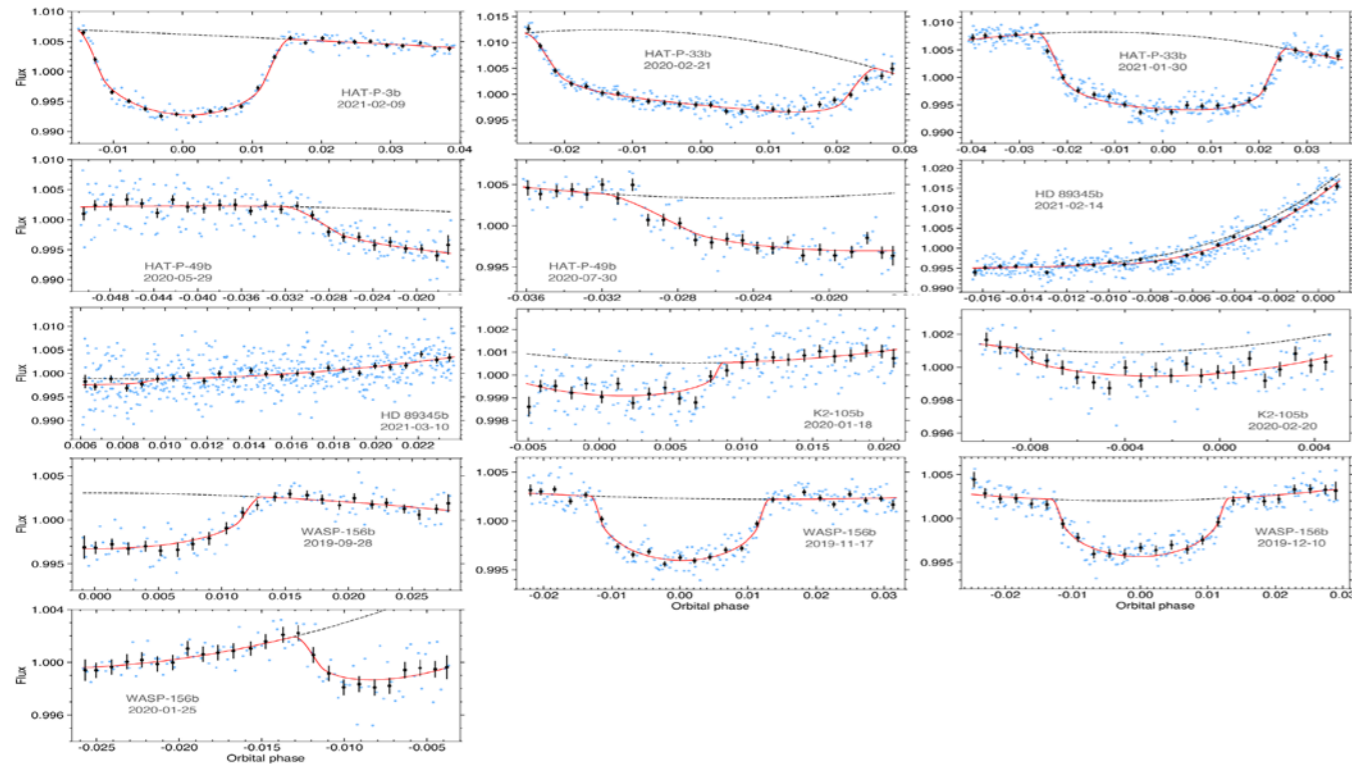


# STELLA participa en DREAM

## STELLA participates in DREAM

La distribución de los exoplanetas cercanos está determinada por una compleja interacción entre procesos atmosféricos y dinámicos. El programa Desert Rim Exoplanets Atmosphere and Migration (DREAM) pretende esclarecer estos procesos mediante el estudio del desierto de Neptunos calientes, cuyo borde alberga planetas que están experimentando, o han sobrevivido, a la evaporación atmosférica y a la migración orbital. La técnica de las revoluciones Rossiter-McLaughlin (RMR) permitió investigar la arquitectura orbital de 14 planetas cercanos que van desde el tamaño de mini-Neptuno hasta el de Júpiter y cubriendo una amplia gama de distancias orbitales. Sin embargo, un análisis Rossiter-McLaughlin (RM) requiere una efeméride precisa para identificar qué exposiciones (espectroscópicas) están dentro y fuera de tránsito. STELLA y WiFSIP proporcionaron dichas ventanas de tránsito para el proyecto. En total, se revisaron las efemérides de nueve tránsitos planetarios.

The distribution of close-in exoplanets is shaped by a complex interplay between atmospheric and dynamical processes. The Desert Rim Exoplanets Atmosphere and Migration (DREAM) programme aims at disentangling those processes through the study of the hot Neptune desert, whose rim hosts planets that are undergoing, or have survived, atmospheric evaporation and orbital migration. The Rossiter-McLaughlin revolutions (RMR) technique allowed the investigation of the orbital architecture of 14 close-in planets ranging from mini-Neptune to Jupiter-size covering a broad range of orbital distances. However, a Rossiter-McLaughlin (RM) analysis requires a precise ephemeris to identify which (spectroscopic) exposures are in and out of transit. Such transit windows were provided for the project by STELLA and WiFSIP. Eventually, the ephemerides of nine planet transits were revised.

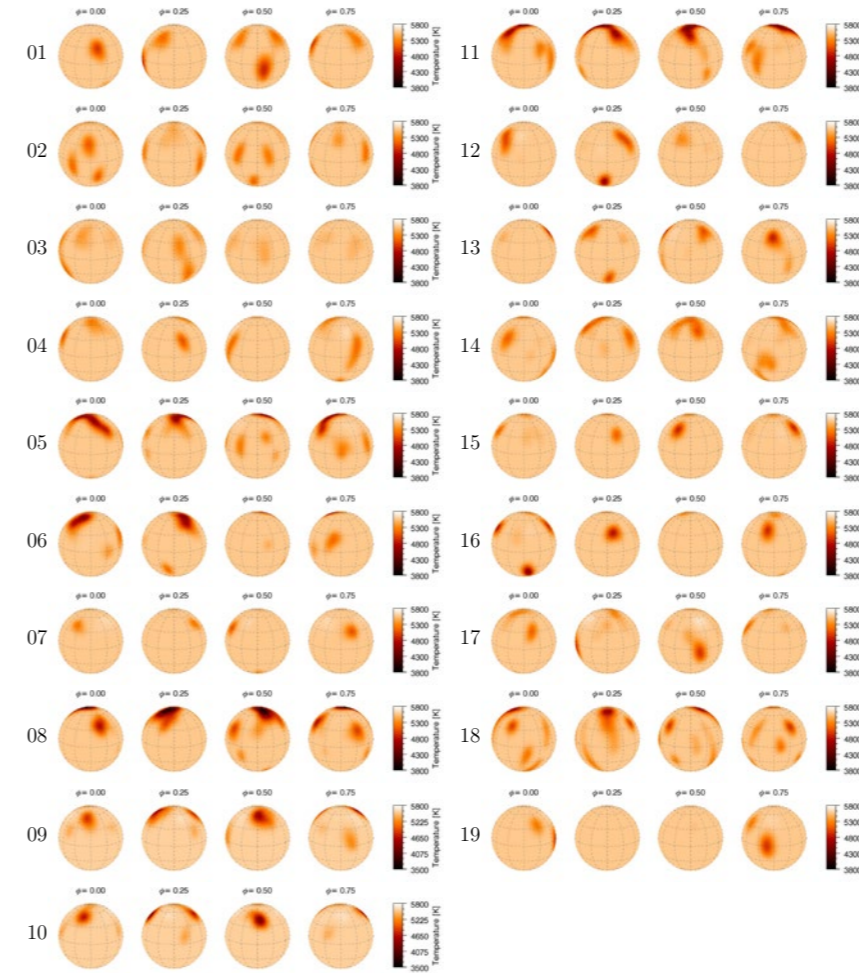


Curvas de luz STELLA-WiFSIP de tránsito de exoplanetas. Las mediciones, mostradas como puntos azules, se ajustaron a un modelo combinado (curva roja) del tránsito de la curva de luz y la desviación de los polinomios (curvas negras discontinuas).

STELLA-WiFSIP light curves of exoplanet transits. Measurements, shown as blue points, were fitted with a combined model (red curve) of the transit light curve and detrending polynomials (dashed black curves).

# Una estrella bajo múltiples influencias

## A star under multiple influences



Las 19 imágenes Doppler de series temporales de STELLA-SES de V815 Her Aa para la temporada de observación de 2018.

The 19 STELLA-SES time-series Doppler Images of V815 Her Aa for the 2018 observing season.

Las binarias cercanas, con componentes magnéticamente activos, son laboratorios astrofísicos donde se puede estudiar los efectos de la binaridad en la actividad magnética. De especial interés son los sistemas, como V815 Hércules A, que contienen un componente activo de tipo solar con una estructura interna similar a la del Sol, que nos permiten estudiar cómo funciona la dinamo de una estrella de tipo solar en condiciones diferentes. Encontramos pruebas de que V815 Her B, anteriormente considerada como un "tercer cuerpo", es en realidad un subsistema binario cercano eclipsante de dos estrellas enanas M con un periodo de 0,5 d, lo que convierte a V815 Her en un sistema cuádruple jerárquico. Las imágenes Doppler de series temporales del componente Aa de tipo solar con STELLA detectan una rápida decadencia de las manchas estelares, lo que sugiere que la erosión convectiva-turbulenta desempeña un papel más importante en una atmósfera de rotación rápida en comparación con el Sol. El débil estiramiento superficial de V815 Her Aa debido a la rotación diferencial, está supuestamente delimitada por las fuerzas de la marea ejercidas por su compañera cercana pero invisible V815 Her Ab.

Close binaries with magnetically active components are astrophysical laboratories for studying the effects of binarity on magnetic activity. Of particular interest are systems that contain a solar-type active component with an internal structure similar to the Sun's, such as V815 Hercules A, that allow us to study how the dynamo of a solar-type star works under different conditions. We found evidence that V815 Her B, previously apostrophized as a 'third body', is actually an eclipsing close binary subsystem of two M dwarfs with a period of 0.5 d, making V815 Her a hierarchical quadruple system. Time-series Doppler imaging of the solar-type component Aa with STELLA detects fast starspot decay, suggesting that convective-turbulent erosion plays a more significant role in such a rapidly rotating atmosphere when compared to the Sun. The weak surface shear of V815 Her Aa due to differential rotation is presumably confined by tidal forces of the close but unseen companion V815 Her Ab.



# HARPS-N en el TNG ayuda a caracterizar el Júpiter templado TOI-4515 b

## HARPS-N at the TNG helps to characterize the warm Jupiter TOI-4515 b

Un equipo internacional de científicos utilizó los datos de HARPS-N para caracterizar un sistema planetario que puede arrojar luz sobre la formación y evolución de los Júpiteres templados que orbitan cerca de sus estrellas anfitrionas.

Se han desarrollado diferentes teorías para explicar los orígenes y propiedades de los planetas gigantes cercanos, pero ninguna de ellas por sí sola puede explicar todas las propiedades de los Júpiteres templados (planetas gigantes gaseosos muy similares a Júpiter, pero con un periodo orbital de entre 10 y 200 d), que además presentan una amplia gama de excentricidades orbitales, lo que supone un reto para la comprensión de su formación y evolución.

En este contexto, se ha llevado a cabo un seguimiento preciso de la velocidad radial del planeta extrasolar TOI-4515 b como parte del proyecto de Arquitectura Global de Sistemas Planetarios (GAPS).

El proyecto GAPS aprovecha al máximo las capacidades de los espectrógrafos de alta resolución del TNG, como GIANO-B y HARPS-N (High Accuracy Radial velocity Planet Searcher - North), para realizar observaciones de seguimiento de los candidatos con TESS. En este trabajo concreto, un análisis conjunto de los datos de HARPS-N, TRES (Tillinghast Reflector Echelle Spectrograph), FEROS y TESS permitió caracterizar completamente el sistema planetario.

El equipo descubrió que el planeta TOI-4515 b, que dobla en masa a Júpiter, orbita alrededor de su estrella anfitriona (una estrella G de 1,2 Gyr de edad y una metalicidad de 0,05) en una órbita muy excéntrica (0,46) y un periodo de ~15 d. Este descubrimiento permite comprender mejor las diversas historias dinámicas y de formación de los Júpiteres templados, así como los mecanismos responsables de la emoción de sus excentricidades. Teniendo en cuenta la naturaleza ligeramente rica en metales de la estrella anfitriona, existe la posibilidad de que se formaran múltiples gigantes gaseosos dentro del sistema. Tras la disipación del disco gaseoso, estos gigantes gaseosos pueden haber experimentado una dispersión planeta-planeta que condujo a la órbita excéntrica de TOI-4515 b. Este alto valor se encuentra en el régimen de evolución caótica intensa y es indicativo de eventos de colisión catastróficos.

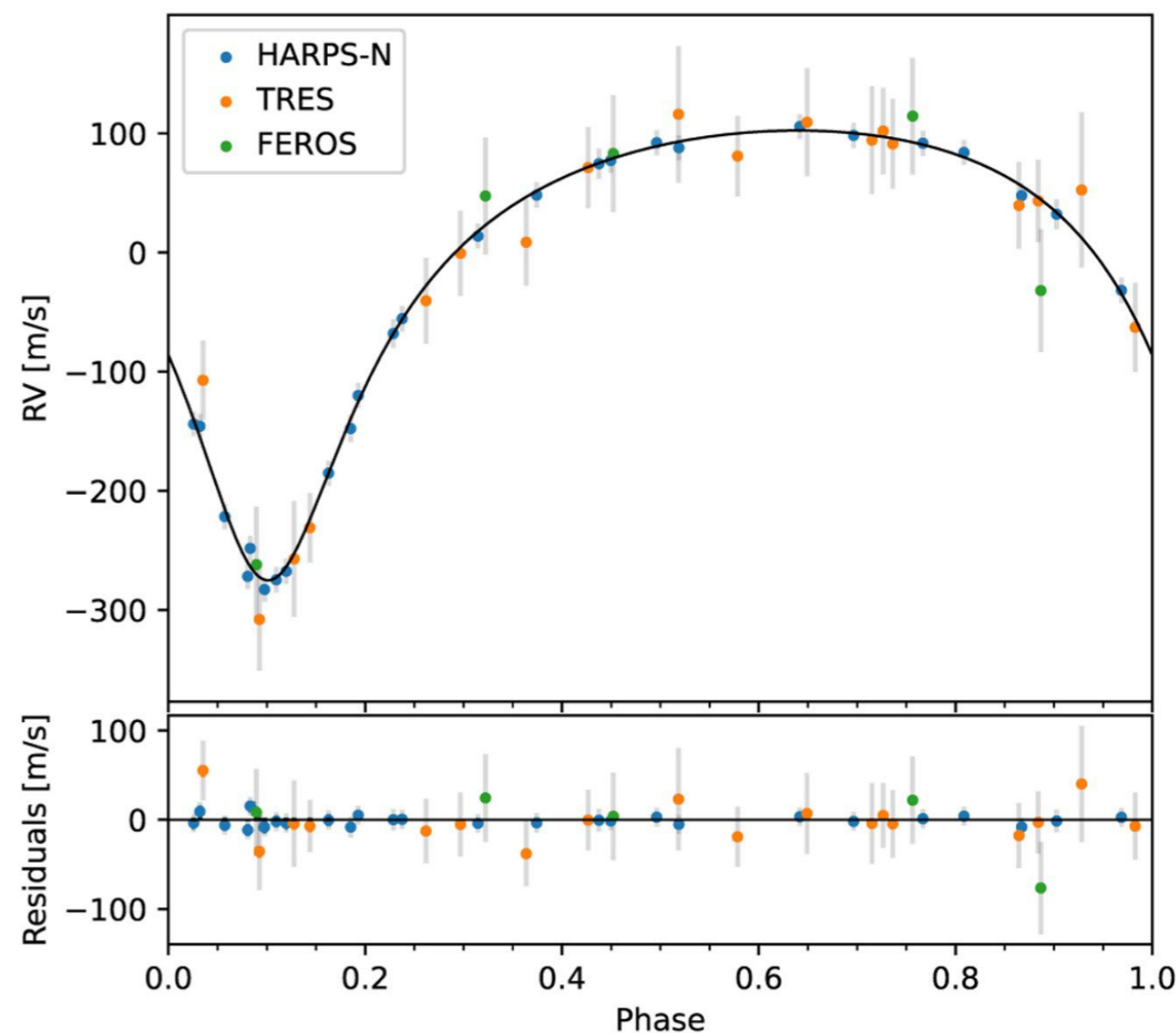
An international team of scientists used HARPS-N data to characterize a planetary system that may shed light into the formation and evolution of warm Jupiters orbiting close to their host stars.

Various theories have been developed to explain the origins and properties of close-in giant planets, but none of them alone can explain all of the properties of warm Jupiters (gas giant planets very similar to Jupiter but with an orbital period of between 10 and 200 d), which also have a wide range of orbital eccentricities that challenge our understanding of their formation and evolution.

In this context an accurate radial velocity follow-up study of the extra-solar planet TOI-4515 b has been carried out as part of the Global Architecture of Planetary Systems (GAPS) project.

The GAPS project fully exploits the capabilities of the high-resolution spectrographs of the TNG, such as GIANO-B and HARPS-N (High Accuracy Radial velocity Planet Searcher - North), to conduct follow-up observations of TESS candidates. In this particular paper, a joint analysis of HARPS-N, TRES (Tillinghast Reflector Echelle Spectrograph), FEROS and TESS data allowed us to fully characterize the planetary system.

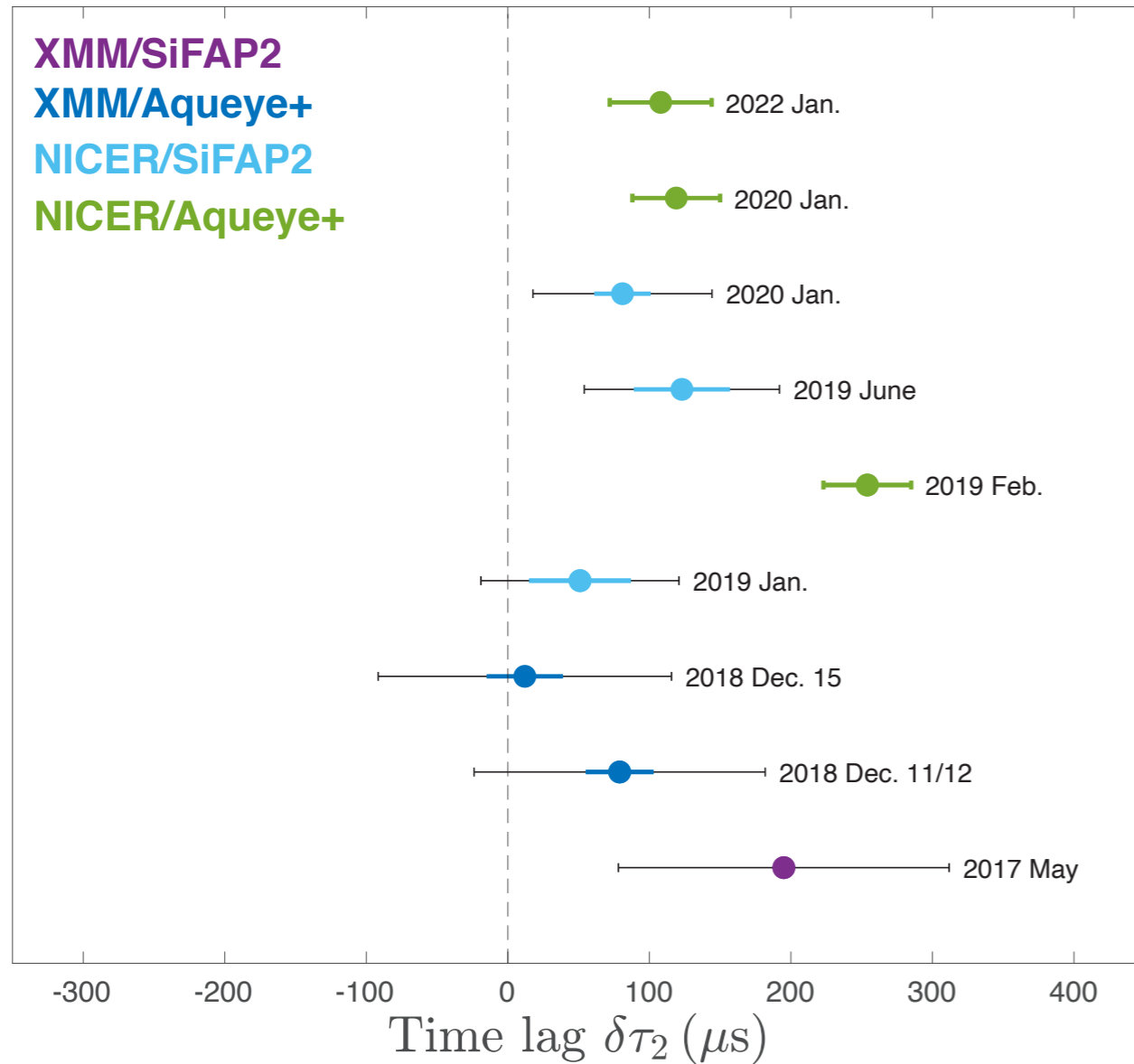
The team found that the planet TOI-4515 b, which has double the mass of Jupiter, orbits its host star (a 1.2 Gyr old G-star with a metallicity of 0.05) in a very eccentric orbit (0.46) in a period of ~15 d. This discovery offers insights into the diverse formation and dynamical histories of warm Jupiters and the mechanisms responsible for the excitement of their eccentricities. Considering the slightly metal-rich nature of the host star, there is a possibility that multiple gas giants were formed within the system. After the gaseous disc dissipated, these gas giants may have experienced planet-planet scattering that led to the eccentric orbit of TOI-4515 b. This high value is in the regime of intense chaotic evolution and is suggestive of catastrophic collisional events.



Datos RV de HARPS-N (puntos azules), TRES (naranja) y FEROS (verde) con el ajuste superpuesto de uno de los modelos teórico utilizados. La forma de la curva se debe a la elevada excentricidad de la órbita.

HARPS-N (blue points), TRES (orange) and FEROS (green) RV data with the overplotted fit from the one of the theoretical models used. The shape of the curve is due to the high eccentricity of the orbit.

## Desfases entre las pulsaciones ópticas y de rayos X de un púlsar de milisegundos Time lags between optical and X-ray pulsations from a millisecond pulsar



Comparación entre los desfases temporales de las pulsaciones ópticas medidas desde tierra con los fotómetros ópticos rápidos SiFAP2 y Aqueye+, y las pulsaciones de rayos X medidas desde el espacio con NICER y XMM-Newton.

A comparison between the time lags of the optical pulsations measured from the ground with the fast optical photometers SiFAP2 and Aqueye+, and the X-ray pulsations measured from space with NICER and XMM-Newton.

Al medir los desfases temporales entre las pulsaciones ópticas y de rayos X de un púlsar de milisegundos de giro rápido, PSR J1023+0038, con cuatro instrumentos y telescopios diferentes, incluido el Fotómetro Astronómico Rápido de Silicio SiFAP2 montado en el TNG, un equipo de investigadores de INAF-Roma ha proporcionado información importante para reconstruir la compleja geometría del sistema y el proceso físico que está en el origen de las pulsaciones.

Los púlsares de milisegundos (MSP) se dividen en dos clases: púlsares de radio, alimentados por la rotación de su intenso campo magnético, y púlsares de rayos X, alimentados por la acreción de materia transferida por una estrella compañera. Los MSP de transición pasan en pocos días del estado de púlsar de radio al de púlsar de rayos X. SiFAP2 fue el primero en detectar pulsaciones ópticas de púlsares de milisegundos transicionales, lo que sugiere que los dos mecanismos descritos pueden funcionar simultáneamente. Para explicar la elevada luminosidad óptica pulsante, se propuso que un púlsar de radio se halle activo en el sistema a pesar de la presencia de un disco de acreción.

Cinco años de observaciones simultáneas con los telescopios de rayos X, NICER y XMM-Newton, y con los fotómetros ópticos SiFAP2, en el TNG, y Aqueye+, en Asiago (Italia), descubrieron que los desfases temporales entre los pulsos ópticos y de rayos X se encuentran siempre en un rango de valores muy limitado, de unos pocos cientos de microsegundos.

Esto apoya la hipótesis de que las pulsaciones ópticas y de rayos X se originan aproximadamente en la misma región y que tienen un mecanismo de emisión común.

Este breve retraso proporciona indicaciones importantes sobre el proceso que origina las pulsaciones ópticas y de rayos X y sobre la geometría del sistema. Según el modelo propuesto, los electrones se aceleran a velocidades muy altas en la región donde el viento del púlsar se encuentra con el disco de acreción. Al interactuar con el fuerte campo magnético de esta región, emiten según el mecanismo de sincrotrón.

Measuring the time lags between optical and X-ray pulsations from a fast-spinning millisecond pulsar, PSR J1023+0038, with four different instruments and telescopes, including the Silicon Fast Astronomical Photometer SiFAP2 mounted on the TNG, a team of researchers led by Dr. Giulia Illiano (INAF-Roma) has provided important information to help reconstruct the complex geometry of the system and the physical process at the origin of the pulsations.

Millisecond pulsars (MSPs) are divided into two classes: radio pulsars, powered by the rotation of their intense magnetic field, and X-ray pulsars, powered by the accretion of matter transferred by a companion star. The transitional MSPs switch back and forth in a few days between radio and X-ray pulsar states. SiFAP2 was the first to detect optical pulsations from a transitional millisecond pulsar, suggesting that the two mechanisms described above can work simultaneously. To explain the high pulsed optical luminosity, it was proposed that a radio pulsar is active in the system despite the presence of an accretion disc.

Five years of simultaneous observations with the X-ray telescopes NICER and XMM-Newton, the optical photometers SiFAP2 at the TNG, and Aqueye+, in Asiago (Italy) found that the time lags between optical and X-ray pulses are always within a very limited range of values, a few hundred microseconds.

This supports the hypothesis that optical and X-ray pulsations originate in roughly the same region, and that they have a common emission mechanism.

This short delay gives important indications on the process involved in the origin of the optical and X-ray pulsations and on the geometry of the system. According to the proposed model, electrons are accelerated at very high speeds in the region where the pulsar wind meets the accretion disc. When interacting with the strong magnetic field of this region, they emit according to the synchrotron mechanism.

## Two-meter Twin Telescope

El "Two-meter Twin Telescope" (TTT) es una infraestructura telescópica financiada privadamente y dedicada a la excelencia en astronomía. Se ha desarrollado a través de colaboración público-privada con el IAC y ofrecido a la comunidad internacional, dando prioridad a los proyectos ERC, enfocados en modelos financieros utilizando el Régimen Económico y Fiscal de Canarias.

El TTT une cuatro telescopios en el Observatorio del Teide. TTT1 y TTT2 son de tipo altaz de 0,80 m con dos plataformas Nasmyth. El telescopio  $f/4.4$  tiene una cámara QHY411M con un sCMOS de 151 Mpx de  $3,76 \mu\text{m}$  (FoV =  $51,4 \times 38,3 \text{ arcmin}^2$ , escala placa =  $0,22''/\text{px}$ ). El telescopio  $f/6.8$  tiene un Ikon-L936 (FoV:  $17,34' \times 17,34'$ , escala placa  $0,51''/\text{px}$ ) y un SWIR QHY990ProII InGaAs (FoV =  $4,64' \times 3,5'$ , escala placa =  $0,2''/\text{px}$ ). TTT3 y TTT4 son telescopios altaz 2,00 m con cuatro plataformas Nasmyth. La obra civil está terminada y se espera que los telescopios entren en funcionamiento en 2024.

El TTT opera robóticamente con un sistema inteligente de planificación en cola (QPIS) gestionado por algoritmos de aprendizaje automático y supervisado por astrónomos senior con experiencia. TTT1 y TTT2 han estado operando desde diciembre 2022 y ha proporcionado excelentes mediciones fotométricas.

Las propuestas científicas se procesan en las 24 horas siguientes a su recepción. Las imágenes finales (reducidas por *bias/dark/flat*), son resueltas astrométricamente y calibradas en flujo y están disponibles 5 minutos después de la observación.

El TTT colabora con becarios de Light Bridges, financiados por el IDEX y la UE, con apoyo científico del IAC, en colaboración con prestigiosas instituciones (el Florida Space Institute, Georgia State University, Universidad Graz, el LJMU, la Universidad de Sydney, Université Cadi Ayyad, NAOC, UNAM, NARIT, AIRA, UDELAR Uruguay, Université Bordeaux, Tokyo University, Université Montréal y JAXA).

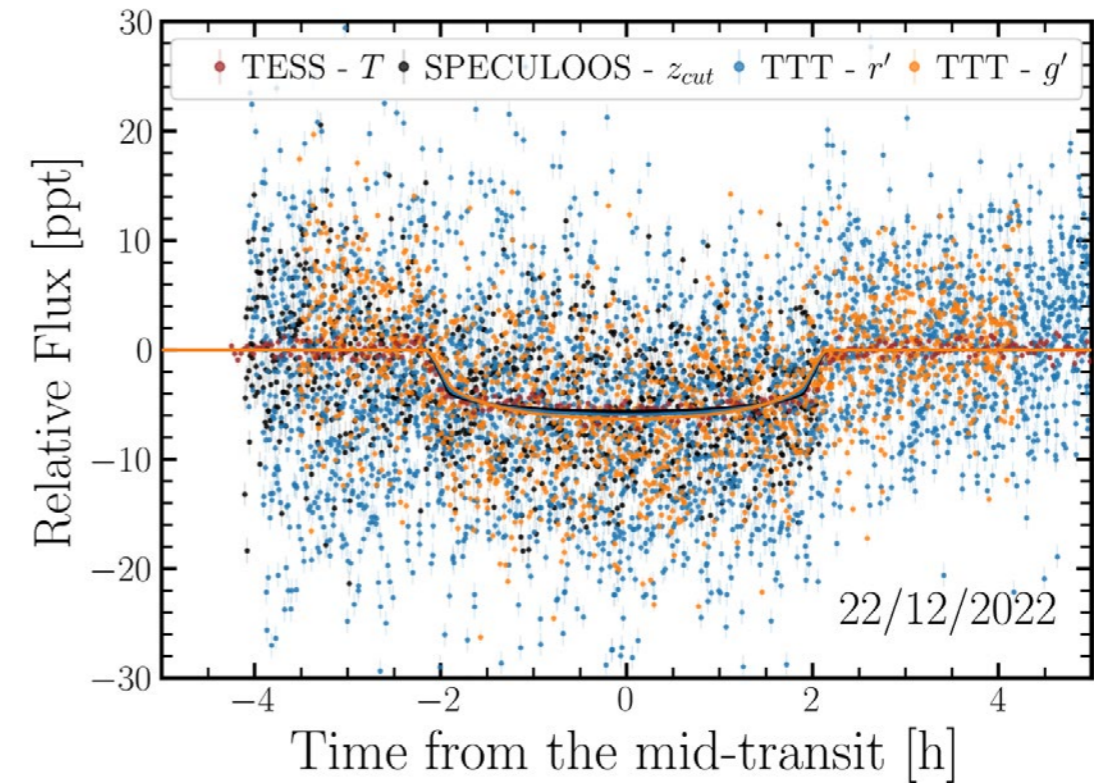
The Two-meter Twin Telescope (TTT) is a privately financed astronomical infrastructure dedicated to excellence in astronomy. It has been developed through a public-private collaboration with the IAC and offered to the international community, priority being given to ERC projects, focusing on financial models using the Canarian Economic and Fiscal Regime.

The TTT unites four telescopes at Teide Observatory. TTT1 and TTT2 are 0.80 m altaz telescopes with two Nasmyth platforms. The  $f/4.4$  telescope has a QHY411M camera with a 151 Mpx  $3.76 \mu\text{m}$  sCMOS (FoV =  $51.4 \times 38.3 \text{ arcmin}^2$  and plate scale =  $0.22''/\text{px}$ ). The  $f/6.8$  telescope has an Ikon-L936 (FoV =  $17.34' \times 17.34'$ , plate scale =  $0.51''/\text{px}$ ) and a SWIR QHY990ProII InGaAs (FoV =  $4.64' \times 3.5'$ , plate scale =  $0.2''/\text{px}$ ). TTT3 and TTT4 are 2.00 m altaz telescopes with four Nasmyth platforms. The civil works are finished and the telescopes are expected to come into operation in 2024.

The TTT operates robotically with a queue planning intelligent system (QPIS) managed by machine-learning algorithms and supervised by experienced senior astronomers. TTT1 and TTT2 have been in operation since December 2022 and have been providing excellent photometric measurements.

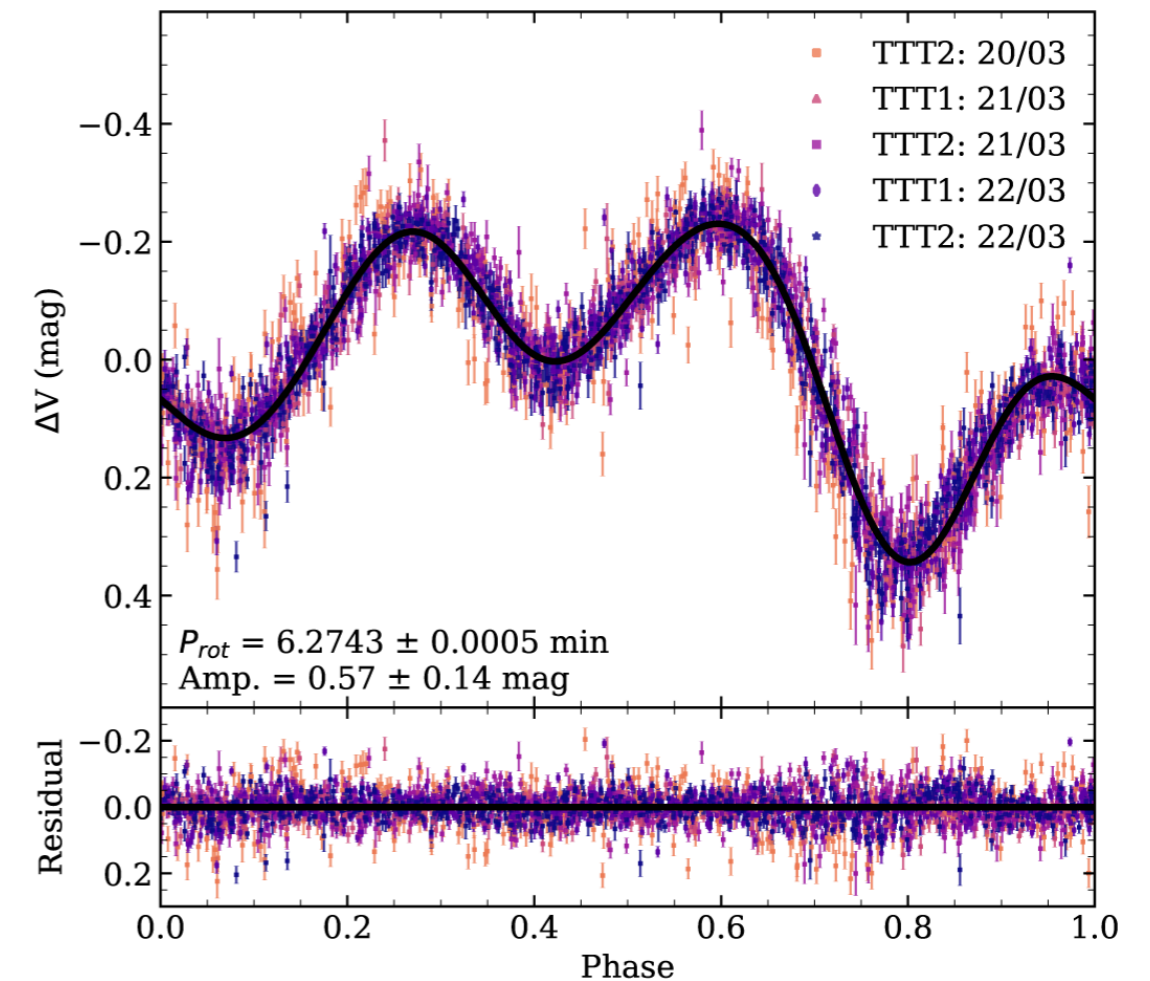
Scientific proposals are executed within 24 h of receipt. Final images (reduced for bias/dark/flat), are astrometrically solved and flux-calibrated, and are available 5 minutes after observation.

The TTT collaborates with a network of Light Bridges fellows, funded by IDEX and the EU with the scientific support of the IAC in collaboration with prestigious institutions (the Florida Space Institute, Georgia State University, Graz University, the LJMU, the University of Sydney, Université Cadi Ayyad, NAOC, UNAM, NARIT, AIRA, UDELAR Uruguay, Université Bordeaux, Tokyo University, Université Montréal and JAXA).



Evento transitorio plegado en fase.

Phase-folded transit.



Curva de luz en fase de 2023 DZ2 (asteroide de rotación rápida).

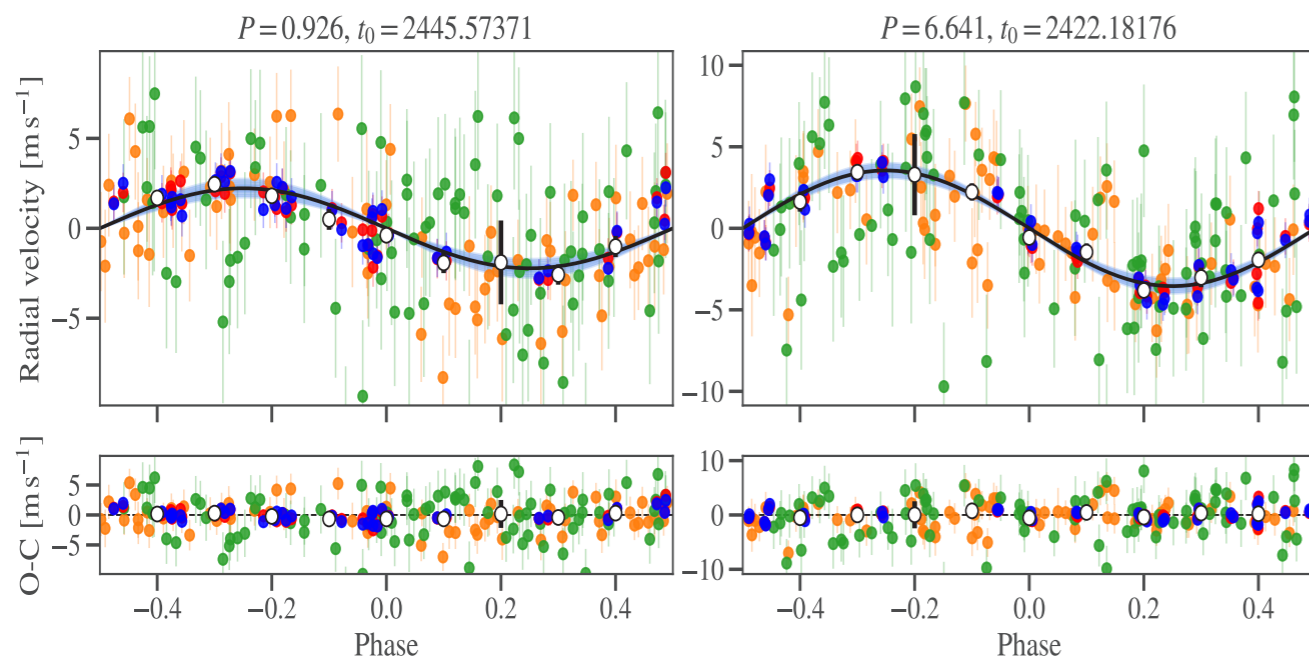
Phased light curve of 2023 DZ2 (fast-rotating asteroid).

# GJ 806 (TOI-4481): un sistema planetario transitante múltiple, cercano y brillante con una super-Tierra caliente y de baja densidad

## GJ 806 (TOI-4481): A bright nearby multi-planetary system with a transiting hot, low-density super-Earth

La misión TESS tiene como objetivo descubrir planetas pequeños en tránsito alrededor de las estrellas más brillantes y cercanas. Las enanas M, abundantes en la vecindad solar y observadas en la banda de longitud de onda rojo-óptico de TESS, son particularmente interesantes. Utilizando datos de TESS y los espectrógrafos CARMENES, MAROON-X y HIRES, se ha descubierto un nuevo sistema planetario alrededor de la estrella M1.5 V GJ 806 (TOI-4481). El sistema cuenta con al menos dos planetas: GJ 806 b, una super-Tierra en tránsito con una órbita de 0,93 d, y GJ 806 c, una super-Tierra no en tránsito con una órbita de 6,6 d. GJ 806 b tiene un radio de 1,331 radios terrestres, una masa de 1,90 masas terrestres y una densidad media de 4,40 g/cm<sup>3</sup>.

The TESS mission aims to discover small transiting planets around the brightest and nearest stars. M dwarfs, being abundant in the solar neighbourhood and observed in the red optical wavelength band of TESS, are particularly targeted. A new planetary system around the M1.5 V star GJ 806 (TOI-4481) has been discovered using data from TESS and the CARMENES, MAROON-X, and HIRES spectrographs. The system features at least two planets: GJ 806 b, a transiting super-Earth with a 0.93 d orbit, and GJ 806 c, a non-transiting super-Earth with a 6.6 d orbit. GJ 806 b has a radius of 1.331 Earth radii, a mass of 1.90 Earth masses, and a mean density of 4.40 g/cm<sup>3</sup>.

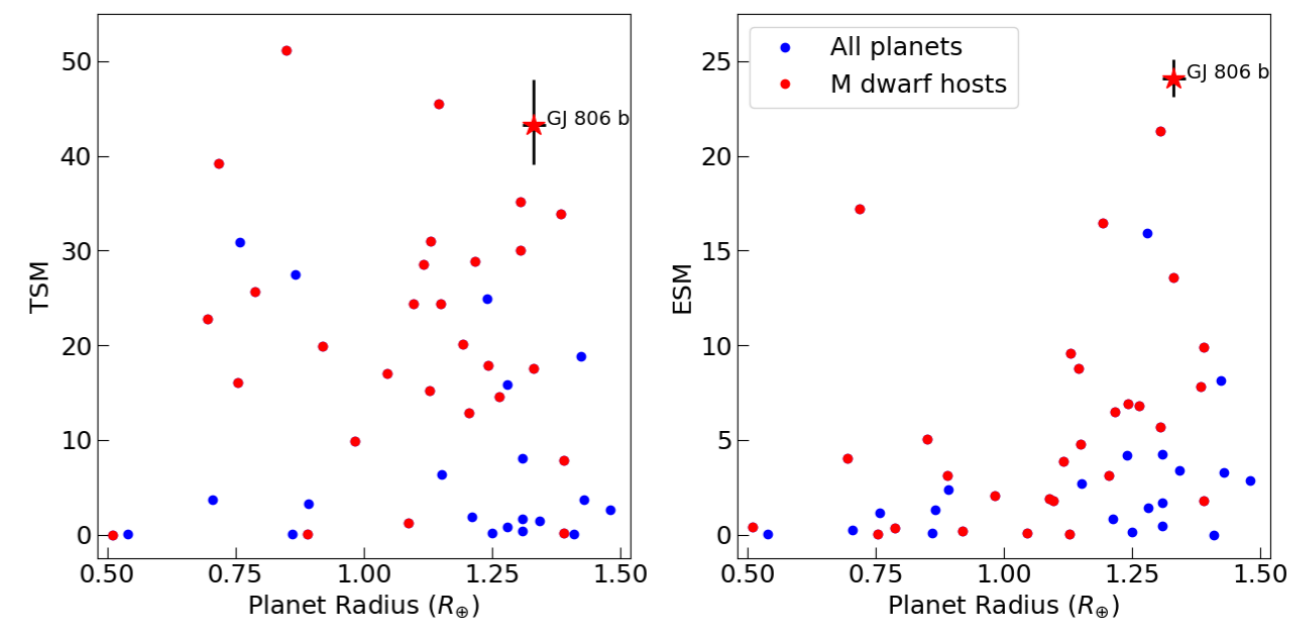


RVs plegadas en fase al período y tiempo central de tránsito (mostrado arriba de cada panel, las unidades del período son días y las unidades del tiempo central de tránsito  $T_0$  son BJD-2,457,000) para los planetas b (izquierda) y c (derecha), junto con el modelo de mejor ajuste (línea negra) y los intervalos de confianza de 3 sigma (áreas sombreadas en azul claro). Las RVs son de CARMENES (naranja), HIRES (verde), canal rojo de MAROON-X (rojo) y canal azul de MAROON-X (azul), y las RV agrupadas (puntos blancos con barras de error negras). Las barras de error del instrumento incluyen el término adicional de jitter sumado en cuadratura.

RVs phase-folded to the period and central time of transit (shown above each panel, period units are days and central time of transit  $T_0$  units are BJD-2,457,000) for b (left), c (right) planets along with the best-fit model (black line) and 3 sigma confidence intervals (shaded light blue areas). RVs are from CARMENES (orange), HIRES (green) and MAROON-X red channel (red) and blue channel (blue) and binned RV (white dots with black error bars). The instrument error bars include the extra jitter term added in quadrature.

El descubrimiento de planetas alrededor de estrellas M ofrece oportunidades únicas para la caracterización atmosférica con instrumentos como el JWST. GJ 806 b es un candidato excelente para estudios atmosféricos debido a sus métricas favorables tanto para la espectroscopía de transmisión como de emisión. Sus propiedades lo convierten en el tercer mejor planeta terrestre conocido alrededor de una enana M para la observación con espectroscopía de transmisión y el más prometedor para espectroscopía de emisión. Además, es un sistema potencialmente interesante para la detección de emisiones de radio a través de interacciones estrella-planeta.

The discovery of planets around M stars offers unique opportunities for atmospheric characterization with instruments such as the JWST. GJ 806 b is a prime candidate for atmospheric studies because of its favourable metrics for both transmission and emission spectroscopy. Its properties make it the third-ranked terrestrial planet around an M dwarf for transmission spectroscopy and the most promising one for emission spectroscopy. Additionally, it is a potential target for detecting radio emissions via star-planet interactions.



Un gráfico de los valores de métrica de espectroscopía de transmisión (TSM) y métrica de espectroscopía de emisión (ESM) frente al radio planetario para planetas de tamaño terrestre ( $R < 1.5 R_{\oplus}$ ). Los puntos rojos corresponden a planetas que orbitan alrededor de enanas M ( $T_{\text{eff}} < 4000$  K), mientras que los puntos azules corresponden a todos los demás tipos espectrales de anfitriones. Los parámetros planetarios fueron tomados del Archivo de Exoplanetas de la NASA al 30 de marzo de 2022. GJ806b está marcado con una estrella roja.

A plot of the transmission spectroscopy metric (TSM) and emission spectroscopy metric (ESM) values versus planetary radius for terrestrial-sized planets ( $R < 1.5 R_{\oplus}$ ). Red dots correspond to planets orbiting around M dwarfs ( $T_{\text{eff}} < 4000$  K), while blue dots correspond to all other spectral-type hosts. Planet parameters were taken from the NASA Exoplanet Archive as of 2022 March 30. GJ806b is marked with a red star.

# Sondeo espectroscópico de supergigantes de tipo B con el NOT y Mercator

## Spectroscopic survey of B-type supergiants with the NOT and Mercator

Las estrellas masivas desempeñan un papel crucial en la evolución química y dinámica de nuestra Galaxia. Su intensa radiación ultravioleta y sus violentos y energéticos finales tienen un impacto significativo en su medio circunestelar e interestelar. A pesar de su importancia, algunas comparaciones entre datos observacionales y modelos teóricos de estas estrellas han dado lugar a discrepancias que desafían nuestra comprensión de estos objetos. Importante incertidumbre surge respecto a la sobredensidad de supergigantes de tipo B (BSG) en el diagrama Hertzsprung–Russell más allá de la secuencia principal, donde los modelos de evolución para estrellas aisladas predicen una región con escasez de ellas. Una solución es modificar la anchura de la secuencia principal, sin embargo, la sobredensidad de BSG también podría explicarse por la presencia de poblaciones superpuestas, incluyendo estrellas transitando desde o hacia la fase de supergigante roja (RSG), o que resultan de la interacción binaria.

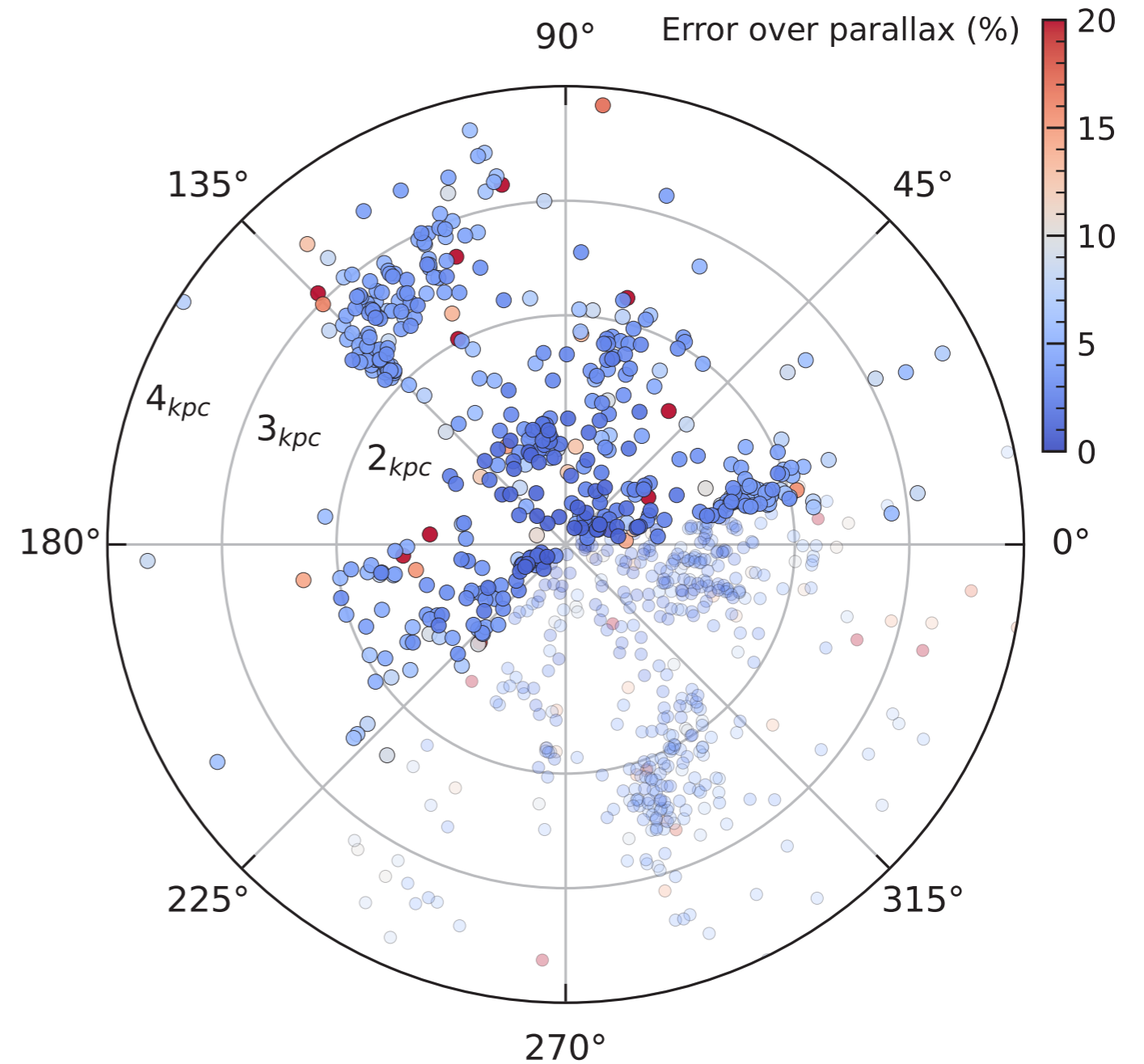
Esta situación puede mejorarse con estudios empíricos exhaustivos en amplias muestras espectroscópicas de BSG. El NOT y Mercator son especialmente adecuados para esta tarea. Debido al mediano tamaño de sus espejos y a que las BSG son luminosas por naturaleza, estos telescopios pueden observarlas hasta distancias de 3000–4000 pc. Además, los espectrógrafos de alta resolución instalados en ambos telescopios nos permiten estudiar las propiedades físicas y químicas de las BSG en detalle. Estas capacidades nos permiten detectar atmósferas contaminadas en objetos post-RSG, o identificar sistemas binarios o múltiples, cuyos miembros podrían haber sufrido una auténtica evolución como estrella aislada.

Durante la última década, el proyecto IACOB ha aprovechado el NOT y Mercator para reunir el mayor conjunto de datos espectroscópicos de alta resolución de BSG hasta la fecha. Esta muestra, combinada con distancias precisas de la misión Gaia de la ESA, permite crear muestras limitadas en volumen, que son fundamentales para arrojar luz sobre la naturaleza intrínseca de las BSG y refinar modelos evolutivos de las estrellas masivas, abordando y reduciendo así las discrepancias existentes.

Massive stars play a crucial role in shaping the chemical and dynamical evolution of our Galaxy. Their intense UV radiation and extremely energetic end-of-life events significantly impact both their circumstellar and interstellar media. Despite their importance, several discrepancies that challenge our current understanding of these objects have arisen in comparisons made between observational data and theoretical models of these stars. Major uncertainty arises concerning the overdensity of B-type supergiants (BSGs) located beyond the main sequence in the Hertzsprung–Russell diagram, where single-star evolutionary models predict a region devoid of stars. One possible solution is to tweak the width of the main sequence. However, the overdensity of BSGs might also be explained by the presence of multiple overlapping populations, including stars transitioning from or to the red supergiant (RSG) phase, or resulting from binary interaction.

This situation can be improved by conducting comprehensive empirical studies on the largest possible spectroscopic samples of BSGs. The NOT and Mercator are particularly well-suited for this task. Owing to their moderate mirror sizes and the fact that BSGs are naturally luminous, these telescopes can observe BSGs up to distances of 3000–4000 pc. Furthermore, the state-of-the-art high-resolution spectrographs attached to both telescopes allow us to study the physical and chemical properties of BSGs in great detail. Such capabilities allow us to detect the presence of contaminated atmospheres in post-RSG objects, or to identify binary or multiple systems whose members might have undergone genuine single-star evolution.

Over the past decade, the IACOB project has leveraged the NOT and Mercator to assemble the largest high-resolution spectroscopic dataset of BSGs available. This extensive sample, when combined with precise distance measurements from the ESA Gaia mission, facilitates the creation of volume-limited samples. These samples are pivotal in shedding light on the intrinsic nature of BSGs and refining evolutionary models of massive stars, thus addressing and narrowing down existing discrepancies.



**Diagrama polar de las 1000 BSG en la base de datos espectroscópica IACOB, centradas en la posición del Sol. Las estrellas observadas con el NOT y el Mercator están marcadas con colores sólidos.**  
**Polar plot of the 1000 BSGs in the IACOB spectroscopic database, centred on the position of the Sun. Stars observed with the NOT and Mercator are marked with solid coloured circles.**

# Descifrando el calentamiento coronal

## Deciphering Coronal Heating

Cuando se observa el Sol en las longitudes de onda de rayos X o del extremo ultravioleta, se pueden distinguir cientos de estructuras brillantes y compactas con tamaños similares al de nuestro planeta Tierra. Estas estructuras se conocen como puntos brillantes coronales o CBP (Coronal Bright Points) y consisten en conjuntos de arcos magnéticos que conectan zonas de polaridad magnética opuesta en la superficie solar. Dichos arcos confinan el plasma solar y en ellos, por mecanismos que han sido debatidos por muchos años entre los físicos solares, el gas se mantiene a varios millones de grados, emitiendo enormes cantidades de energía durante horas y días, constituyendo, por tanto, una de las piezas claves para entender el calentamiento coronal.

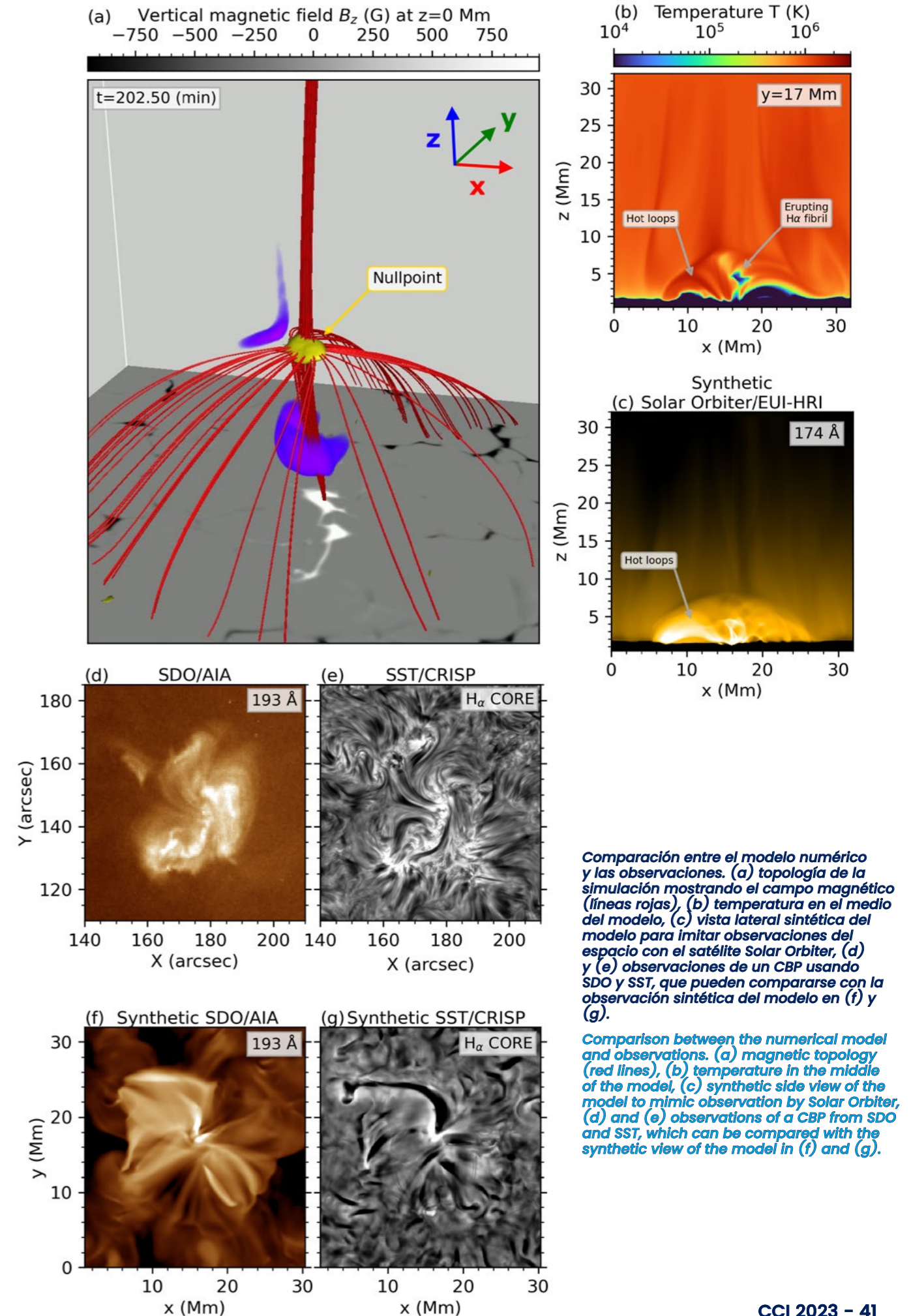
Utilizando simulaciones numéricas tridimensionales con el código numérico de última generación Bifrost, un equipo de investigadores liderado por dos científicos del IAC explica cómo el plasma de estas estructuras de arcos magnéticos puede obtener y emitir enormes cantidades de energía durante horas, como se observa en el Sol. La inyección de energía ocurre únicamente a través de movimiento estocástico por la convección en la superficie solar, la cual implica un cambio de paradigma importante con respecto a las explicaciones existentes obtenidas a través de modelos idealizados. Para confirmar los resultados, los investigadores han utilizado observaciones desde el espacio, utilizando el Observatorio de Dinámica Solar (SDO) y desde tierra, a través del Telescopio Solar Sueco de 1 m (SST), en La Palma. Las similitudes entre los resultados del modelo y las observaciones son sorprendentes. Incluso las características más complejas en la cromosfera son reproducidas, confirmando así la adecuación del modelo tridimensional presentado de los CBP a través de diferentes capas atmosféricas.

El trabajo, publicado en *The Astrophysical Journal Letters*, ha requerido millones de horas de cálculo en dos de las instalaciones de supercomputación más avanzadas de Europa: Betzy (en Noruega) y MareNostrum (en España), y está incluido dentro del proyecto «Whole Sun», un programa financiado por el Consejo Europeo de Investigación (ERC) y del que el IAC forma parte junto con otras cuatro instituciones europeas.

When the Sun is observed at X-ray or extreme ultraviolet wavelengths, hundreds of Earth-sized bright, compact structures can be distinguished. These structures are known as coronal bright points (CBPs) and consist of sets of magnetic loops that connect areas of opposite magnetic polarity on the solar surface. These loops confine the solar plasma, and through mechanisms that have been debated for many years among solar physicists, the gas is maintained at several million degrees, emitting enormous amounts of energy for hours and days, thus constituting one of the key pieces to understanding coronal heating.

Using three-dimensional numerical simulations with the state-of-the-art numerical code Bifrost, a team of researchers led by two scientists from the IAC explains how the plasma of these magnetic loop structures can obtain and emit enormous amounts of energy for hours, as observed on the Sun. The energy injection occurs solely through stochastic movement due to convection on the solar surface, which implies an important paradigm shift with respect to existing explanations obtained through idealized models. To confirm the results, the researchers have used observations from space, utilizing the Solar Dynamics Observatory (SDO) and from the ground, through the Swedish 1 m Solar Telescope (SST) in La Palma. The similarities between the model results and observations are striking. Even the most complex features in the chromosphere are reproduced, thus confirming the adequacy of the presented three-dimensional model of CBPs across different atmospheric layers.

The work, published in *The Astrophysical Journal Letters*, has required millions of hours of computation in two of the most advanced supercomputing facilities in Europe: Betzy (in Norway) and MareNostrum (in Spain), and is included within the 'Whole Sun' project, a programme funded by the European Research Council (ERC) and of which the IAC is part, together with four other European institutions.



Comparación entre el modelo numérico y las observaciones. (a) topología de la simulación mostrando el campo magnético (líneas rojas), (b) temperatura en el medio del modelo, (c) vista lateral sintética del modelo para imitar observaciones del espacio con el satélite Solar Orbiter, (d) y (e) observaciones de un CBP usando SDO y SST, que pueden compararse con la observación sintética del modelo en (f) y (g).

Comparison between the numerical model and observations. (a) magnetic topology of the simulation showing the magnetic field (red lines), (b) temperature in the middle of the model, (c) synthetic side view of the model to mimic observation by Solar Orbiter, (d) and (e) observations of a CBP from SDO and SST, which can be compared with the synthetic view of the model in (f) and (g).

# Variabilidad periódica en blázares: ¿indicación de agujeros negros supermasivos binarios?

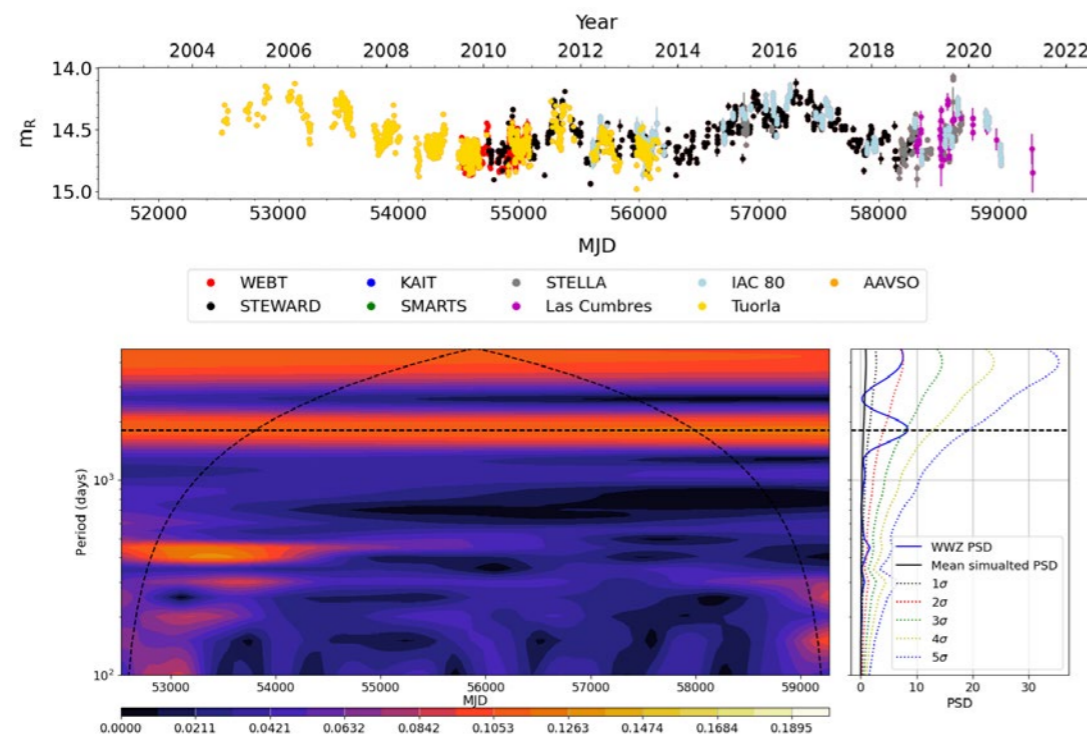
## Periodic variability in blazars: A signature of supermassive binary black holes?

Los núcleos activos de galaxias (AGN) son objetos extremadamente violentos con un agujero negro supermasivo central que acreta vorazmente la materia del medio interestelar circundante. Algunos desarrollan chorros de partículas relativistas capaces de emitir radiación en todo el espectro hasta energías de rayos gamma. Cuando estos chorros apuntan hacia la Tierra — dando lugar al tipo de AGN conocido como blázares — amplifican la radiación emitida por efectos relativistas, siendo así unos de los objetos más luminosos del Universo.

La emisión de los blázares es extremadamente variable y, por lo general, impredecible. Sin embargo, en algunos casos se han observado blázares con patrones peculiares de variabilidad periódica o casi periódica, asociadas a mecanismos específicos que podrían esclarecer la naturaleza de la variabilidad en los blázares. Por lo tanto, a pesar de la controversia en la confirmación de estos patrones, su estudio es crucial para avanzar en la comprensión de estos objetos.

Active galactic nuclei (AGN) are extremely violent objects hosting a supermassive black hole in their centre that voraciously accretes matter from its surroundings. Some of them develop jets of relativistic particles able to emit across the whole spectrum, up to gamma-ray energies. When these jets point towards the Earth—giving place to the so-called blazars—the radiation is amplified through relativistic effects, making them some of the most luminous objects in the Universe.

The emission of blazars is extremely variable and typically unpredictable. However, in some cases blazars have been observed to show peculiar patterns of periodic or quasi-periodic oscillation, associated with specific mechanisms that could unveil the nature of their variability. Therefore, despite the controversy of periodic emission claims, their study is crucial for progressing in understanding these objects.



**Panel superior:** Curva de luz óptica en banda R del blázar Mrk 501, con datos de los telescopios IAC80, STELLA y Las Cumbres del Observatorio del Teide, y de diferentes programas observacionales. **Panel inferior:** Resultados del análisis de periodicidad mediante la técnica de wavelet, donde se puede ver una señal persistente (panel izquierdo), junto con un pico asociado en el periodograma (panel derecho), con un período de aproximadamente de 5 años.

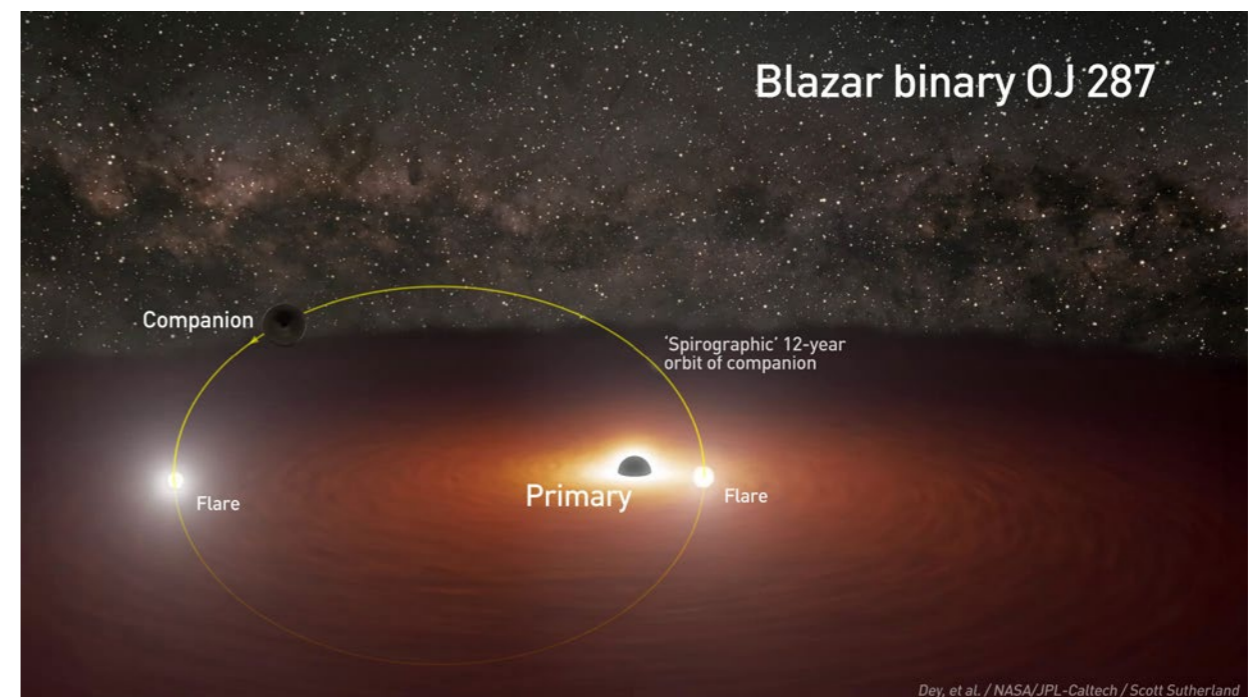
**Top panel:** Optical R-band light-curve of the blazar Mrk 501, with data from the IAC80, STELLA and Las Cumbres telescopes at Teide Observatory, and from different observational programmes. **Bottom panel:** Periodicity analysis results using the wavelet technique, where a persistent signal can be seen (left panel), along with an associated peak in the periodogram (right panel), with a period of approximately 5 yr.

Un trabajo reciente del Instituto de Astrofísica de Canarias ha utilizado extensas series de datos obtenidos durante más de 10 años de los telescopios ópticos IAC80, STELLA y Las Cumbres del Observatorio del Teide, combinados con datos de diferentes programas observacionales, para construir curvas de luz para estudiar la variabilidad de una muestra de blázares a lo largo de varias décadas. Se realizó una búsqueda de señales periódicas en su emisión utilizando diferentes técnicas de análisis temporal. Este análisis se extendió a la radiación gamma de estas fuentes con datos del satélite Fermi de NASA, abarcando aproximadamente 14 años.

Los análisis identificaron varios candidatos prometedores que presentan una emisión periódica en escalas de tiempo de varios años. Aunque todavía es necesario seguir investigando para obtener una confirmación sólida, esta periodicidad podría indicar la presencia de un sistema binario de agujeros negros supermasivos donde el secundario, en su órbita alrededor del primario, cruza y perturba el disco de acrecimiento, induciendo así la periodicidad observada. La confirmación de este escenario sería crucial para nuestro entendimiento de la variabilidad en los AGN, la evolución de galaxias y los mecanismos que causan que las galaxias se vuelvan activas. Alternativamente, esta periodicidad podría estar debida a efectos geométricos como una precesión del chorro relativista, lo que proporcionaría información importante sobre su morfología y estructura.

Recent work at the Instituto de Astrofísica de Canarias has used extensive data series from the IAC80, STELLA and Las Cumbres optical telescopes at Teide Observatory, combined with other observational programmes, to construct light-curves to study the variability of a sample of blazars over several decades. A periodicity search was performed of their emission employing various temporal analysis tools. This analysis was extended to the gamma-ray emission of the source sample with data from NASA's Fermi satellite spanning approximately 14 years.

The analyses identified several promising candidates presenting a periodic modulation in their emission on timescales of a few years. While further research is still needed to reach a more solid confirmation, this periodicity could point towards the presence of a binary supermassive black hole system where the secondary, during its orbital motion around the primary, crosses and pierces the accretion disc, thus inducing the observed periodicity. Confirmation of such a scenario would represent a milestone in our understanding of AGN variability, galaxy evolution and the mechanisms causing galaxies to become active. Alternatively, this periodicity could be induced by geometrical effects such as the precession of the relativistic jet, which would provide important information about its morphology and structure.



**Representación artística del agujero negro binario supermasivo situado en el núcleo del blázar OJ 287, donde el agujero negro compañero se encuentra orbitando con un período de aproximadamente 12 años alrededor del agujero negro primario. Los aumentos de brillo periódicos ocurren cuando el agujero negro compañero cruza el disco de acrecimiento del sistema.**

**Artist's impression of the supermassive binary black hole located at the nucleus of the blazar OJ 287, where the companion black hole is orbiting around the primary black hole with a period of approximately 12 yr. Periodic flares occur when the companion black hole crosses the accretion disc of the system.**

## WHT y la corriente gigante de Coma WHT and the Giant Coma Stream

A una distancia de unos 300 millones de años luz, en la constelación septentrional de Coma Berenices, el cúmulo de galaxias de Coma es una de las estructuras más observadas en la historia de la astrofísica. Es famoso por haber proporcionado la primera evidencia de discrepancia entre la masa dinámica y la bariónica en escalas de cúmulos de galaxias, y es uno de los cúmulos más estudiados del cielo.

Un estudio reciente llevado a cabo con el telescopio amateur Jeanne Rich de 0,7 m, en California, tuvo como objetivo analizar las estructuras de menor brillo superficial de Coma, tales como los halos galácticos. Para ello se obtuvieron más de 100 h de exposición y técnicas avanzadas de procesamiento de datos. Lo sorprendente del resultado de estas observaciones no fue solo la detallada imagen de los halos estelares, sino el descubrimiento de una gigantesca y fina corriente estelar de brillo muy débil no identificada hasta el momento. Para confirmar la existencia y características de esta estructura, se tomó una exposición de 10 h en el Telescopio William Herschel de 4,2 m de La Palma, utilizando una cámara QHY montada detrás del recién construido corrector óptico de foco primario para el espectrógrafo WEAVE. El resultado fue una imagen increíblemente profunda de esta estructura con un brillo superficial límite de 31,4 mag arcsec<sup>-2</sup>. Se trata de la corriente estelar más grande y más débil detectada hasta la fecha mediante técnicas de fotometría de superficie y la primera de este tipo que se encuentra en un cúmulo de galaxias.

Las observaciones se habían solicitado para confirmar una supuesta estructura luminosa de gran longitud. Utilizando técnicas de observación y procesamiento destinadas a reducir el límite de detección de estructuras de bajo brillo superficial, los observadores confirmaron la presencia de una corriente extremadamente débil de estrellas de más de diez veces el diámetro de la Vía Láctea situada en el medio intergaláctico y no asociada a ninguna galaxia en particular.

Esta corriente gigante de Coma es insólita porque las observaciones muestran una estructura extremadamente frágil en un entorno hostil de galaxias que se atraen e interactúan entre sí. Este tipo de corriente estelar extremadamente débil y de morfología fina sólo se había detectado hasta ahora en entornos del Grupo Local, pero nunca en un cúmulo de galaxias. El análisis de simulaciones cosmológicas sugiere que este tipo de estructura podría ser relativamente habitual en las estructuras de las galaxias.

El descubrimiento de la corriente gigante de Coma tiene potenciales implicaciones para el estudio de la materia oscura. Las corrientes estelares son el

At a distance of about 300 million light years in the northern constellation Coma Berenices, the Coma cluster of galaxies is one of the most observed structures in the history of astrophysics. It is famous for having provided the first evidence for the discrepancy between dynamical and baryonic mass on Galaxy-cluster scales and is one of the best-studied clusters in the sky.

A recent study carried out with the amateur 0.7 m Jeanne Rich Telescope in California aimed to analyse Coma's lower surface brightness structures, such as galactic haloes. This involved exposures of more than 100 h and advanced data processing techniques. Apart from the surprisingly detailed image of the stellar haloes, a hitherto unidentified thin and very faint gigantic stellar stream was discovered. To confirm the existence and characteristics of this structure, a 10 h exposure was taken on the 4.2 m William Herschel Telescope on La Palma, using a QHY camera mounted behind the newly built prime focus optical corrector for the WEAVE spectrograph. The result was an incredibly deep image of this structure with a limiting surface brightness of 31.4 mag arcsec<sup>-2</sup>. The Discovery of this structure, called the Giant Coma Stream, was purely serendipitous. It is the largest and faintest stellar stream detected by surface photometry techniques to date and the first of its kind ever to be found in a galaxy cluster.

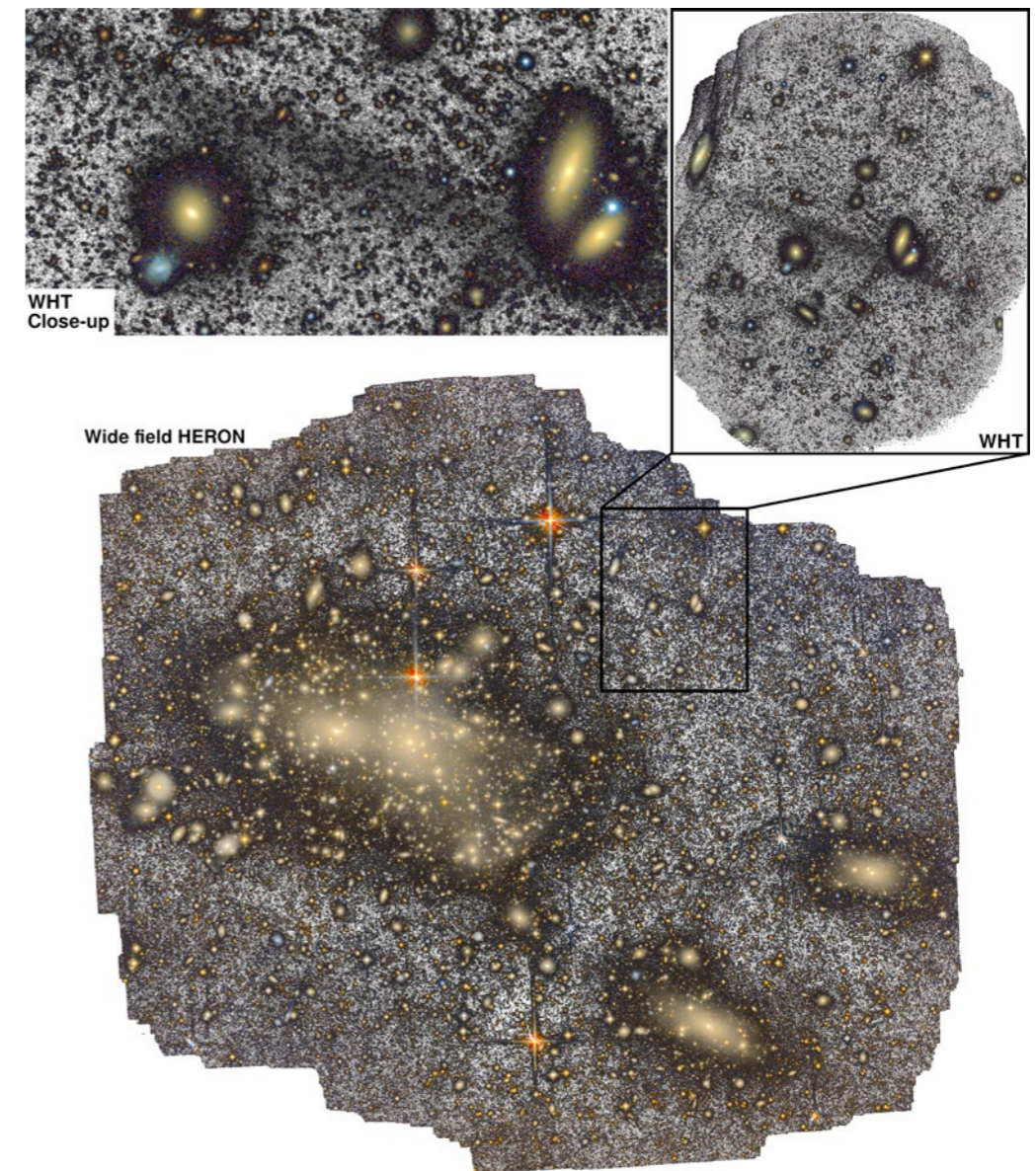
The observations had been requested to confirm a suspected long luminous structure. Using observational and processing techniques aimed at lowering the detection limit of low-surface brightness structures, observers confirmed the presence of an extremely faint stream of stars more than ten times the diameter of the Milky Way located in the intergalactic medium and not associated with any particular galaxy.

This Giant Coma Stream is unusual since the observations show an extremely fragile structure in the midst of a hostile environment of galaxies that attract and interact with each other. This type of extremely faint stellar stream with fine morphology has been detected so far only in environments of the Local Group but never in a galaxy cluster. Analysis of cosmological simulations suggests that this type of structure could be relatively commonplace in galaxy structures.

The discovery of the Giant Coma Stream has potential implications for the study of dark matter. Stellar streams are the result of intense gravitational interactions, which stretch and eventually engulf dwarf galaxies or globular clusters. The Giant Coma Stream is an extremely thin and fragile structure, characteristics that make it sensitive to perturbations caused by

resultado de interacciones gravitacionales intensas, que estiran y eventualmente engullen galaxias enanas o cúmulos globulares. La Corriente Gigante de Coma es una estructura extremadamente fina y frágil, características que la hacen sensible a las perturbaciones causadas por la abundante presencia de halos de materia oscura en los cúmulos de galaxias. Estos halos de materia oscura deberían producir deformaciones observables en la corriente gigante de Coma. Sin embargo, para investigar estas deformaciones, sería necesario observar sus estrellas individuales con la nueva generación de telescopios extremadamente grandes como el E-ELT.

the abundant presence of dark matter haloes in galaxy clusters. These dark matter haloes should produce observable deformations in the Giant Coma Stream. However, to investigate these deformations it will be necessary to observe their individual stars with the forthcoming generation of extremely large telescopes such as the E-ELT.



**Localización de la corriente gigante de Coma en el cúmulo de Coma. Abajo: imagen compuesta en color en las bandas g y r obtenida con el Telescopio Jeanne Rich (HERON). El fondo oscuro está construido con la imagen suma. Arriba a la derecha: imagen obtenida con el William Herschel Telescope de la corriente gigante de Coma en luminancia L (fondo oscuro) sobre una imagen en color usando las bandas g y r del survey DECaLS. Arriba a la izquierda: zoom sobre la región central de la imagen obtenida con el William Herschel Telescope.**

**Location of the Giant Coma Stream in the Coma Cluster. Bottom: Colour composite image in the g and r bands obtained with the Jeanne Rich Telescope (HERON). The dark background is constructed from the sum image. Top right: Image obtained with the William Herschel Telescope of the Giant Coma Stream in luminance (dark background) on a colour image using the g and r bands of the DECaLS survey. Top left: Zoom on the central region of the image obtained with the William Herschel Telescope.**



# Desvelando la arquitectura del sistema planetario con múltiples tránsitos HD191939

## Unveiling the architecture of the HD191939 multiple-transiting planet system

HD191939 es una estrella brillante y cercana de tipo solar que alberga un sistema multiplanetario observado por el satélite TESS (Transiting Exoplanet Survey Satellite). Las observaciones iniciales identificaron tres sub-Neptunos transitantes (HD191939b, c y d) con periodos de 8,88, 28,58 y 38,35 d, respectivamente, y radios comprendidos entre 3,16 y 3,42 radios terrestres ( $R_{\oplus}$ ). Posteriores observaciones espectroscópicas terrestres de alta resolución confirmaron la naturaleza planetaria de estos cuerpos, con masas de 10,4 masas terrestres ( $M_{\oplus}$ ) para HD191939b y 7,2  $M_{\oplus}$  para HD191939c. No fue posible determinar con precisión la masa del planeta d. Este estudio también reveló la existencia de otro planeta con una masa similar a la de Saturno (HD191939e) en el sistema y encontró evidencias de la existencia de un compañero masivo de período muy largo, HD191939f.

HARPS-N, montado en el Telescopio Nazionale Galileo (TNG) de 3,5 m, también siguió espectroscópicamente la estrella anfitriona de este interesante sistema de exoplanetas. Un exhaustivo análisis de la velocidad radial (VR), que incluyó 362 mediciones (con datos de HARPS-N y otros tres instrumentos) a lo largo de 677 d, permitió descubrir un nuevo planeta no transitante, HD191939g, con una masa mínima de 13,5  $M_{\oplus}$  y un período orbital de unos 280 d, lo que lo sitúa dentro de la zona de habitabilidad conservadora de la estrella y cerca de la resonancia orbital 1:3 con HD191939e.

El análisis detallado de la VR también proporcionó una determinación significativa de la masa de HD191939d, confirmando su muy baja densidad. Por tanto, el sistema HD191939 está constituido ahora por tres sub-Neptunos (b, c y d) dentro de las órbitas de un planeta con masa de Saturno y otro con masa de Urano (e y g), así como un compañero de alta masa y largo período (f).

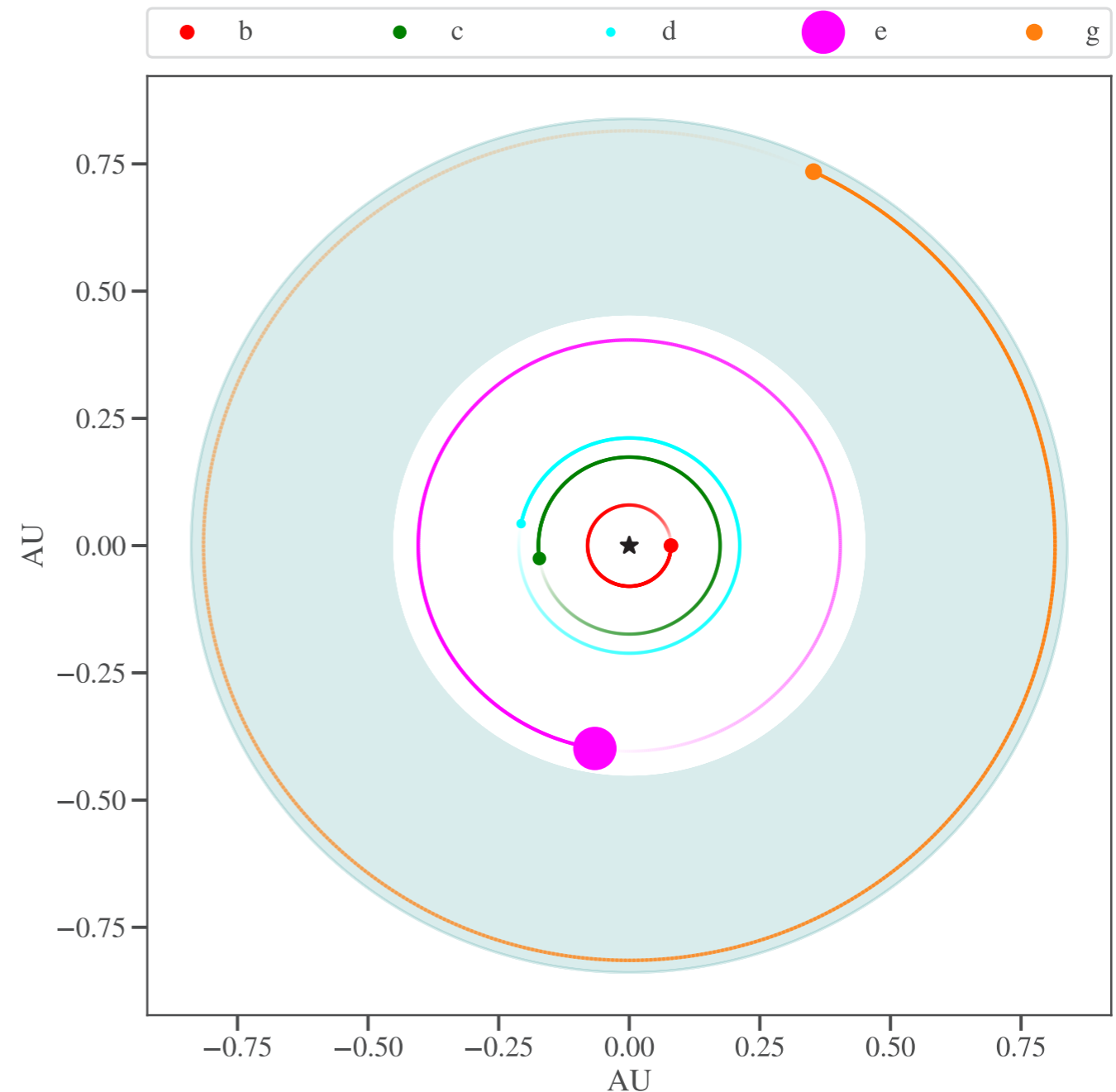
Esta configuración es única entre los sistemas planetarios conocidos, lo que convierte a HD191939 en un objetivo excepcional para futuros estudios observacionales destinados a comprender los procesos de formación y evolución planetaria. La singularidad arquitectónica y el brillo de la estrella anfitriona convierten al sistema planetario que alberga HD191939 en un candidato privilegiado para la caracterización atmosférica y el estudio posterior mediante instrumentos y técnicas astronómicas avanzadas.

HD191939, is a bright and nearby Sun-like star hosting a multi-planet system observed by the Transiting Exoplanet Survey Satellite (TESS). Initial observations identified three transiting sub-Neptunes (HD191939b, c and d) respectively with periods of 8.88, 28.58 and 38.35 d, and radii between 3.16 and 3.42 Earth radii ( $R_{\oplus}$ ). Subsequent high-resolution ground-based spectroscopic observations confirmed the planetary nature of these bodies, with masses of 10.4 Earth masses ( $M_{\oplus}$ ) for HD191939b and 7.2  $M_{\oplus}$  for HD191939c. A significant mass determination for planet d was not possible. This study also revealed an additional Saturn-mass planet (HD191939e) in the system and hinted at a very long period massive companion, HD191939f.

HARPS-N, mounted on the 3.5 m Telescopio Nazionale Galileo (TNG), also followed this interesting exoplanet system's host star spectroscopically. A comprehensive radial velocity (RV) analysis involving 362 measurements (including HARPS-N and three other instruments) over 677 d led to the discovery of a new—non-transiting—planet, HD191939g with a minimum mass of 13.5  $M_{\oplus}$  and an orbital period of about 280 d, placing it within the star's conservative habitable zone and close to a 1:3 orbital resonance with HD191939e.

Detailed RV analysis also provided a significant mass determination for HD191939d, confirming its very low density. The HD191939 system now includes three sub-Neptunes (b, c and d) in the orbits of a Saturn-mass and a Uranus-mass planet (e and g), and a high-mass long-period companion (f).

This configuration is unique among known planetary systems, making HD191939 an exceptional target for future observational studies aimed at understanding planetary formation and evolution processes. The architectural uniqueness and brightness of the host star make the HD191939 system a prime candidate for atmospheric characterization and further study using advanced astronomical instruments and techniques.



**Diagrama del sistema planetario HD191939. Las órbitas planetarias están codificadas por colores y los planetas (círculos rellenos) están escalados acorde a sus masas. El área sombreada marca la zona de habitabilidad conservadora alrededor de la estrella anfitriona ( $T_{eq} = 273-373$  K). HD191939 está marcado en el centro con una estrella negra. El planeta f no está incluido debido a su mayor radio de distancia orbital.**

**Diagram of the HD191939 planetary system. Planetary orbits are colour-coded and planets (filled circles) are scaled by their masses. Shaded area marks the conservative habitable zone around the host star ( $T_{eq} = 273-373$  K). HD191939 is marked at the centre with a black star. Planet f is not included owing to its much greater orbital radius.**

# Un exoplaneta de período ultracorto que conduce a la revisión de las estadísticas de la población planetaria

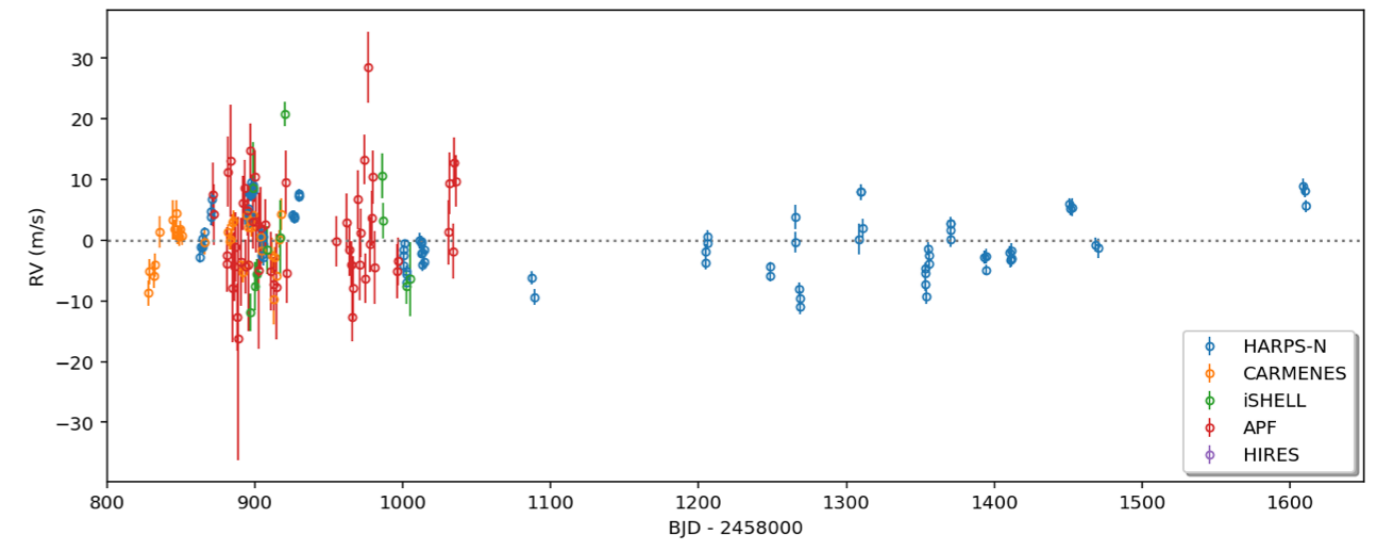
## An ultra-short period exoplanet, leading to a revision of planet population statistics

Los planetas de período ultracorto orbitan alrededor de su estrella central con periodos de  $\approx 1$  d o menos, y su cercanía a la estrella da lugar a superficies planetarias extremadamente calientes, probablemente de lava fundida. El equipo internacional KESPRINT, liderado por el IAC, identificó un planeta igualmente raro, el TOI-1416 b. Su identificación inicial se realizó a partir de los tránsitos planetarios en los datos de la misión espacial TESS, que identificó un pequeño candidato con un período orbital de 1,06 d y un tamaño de 1,6 radios terrestres. A continuación, se inició una amplia campaña de seguimiento en tierra, que incluía la adquisición de nuevas series temporales de los tránsitos del candidato y la obtención de espectros de alta resolución para obtener velocidades radiales (VR). Las observaciones de series temporales se realizaron para identificar la fuente precisa de las señales similares a tránsitos; se obtuvieron desde un telescopio de la red LCOGTN y con MUSCAT-2 en el Telescopio Carlos Sánchez (TCS). Las observaciones RV tenían como objetivo verificar la naturaleza planetaria del candidato, midiendo su masa. Dada la excelente calidad de los datos del instrumento HARPS-N del TNG, la caracterización del sistema mediante VR se basó totalmente en estos datos, que mostraron que TOI-1416 b tenía una masa de 3,5 masas terrestres e indicaron también la presencia de otro planeta, con un período orbital de 27–29 d.

La estrella anfitriona es una enana de tipo G tardío o K temprano, y su brillo relativamente alto ( $V = 10$  mag) la convierte en un objetivo ideal para estudios de seguimiento detallados de la superficie y la atmósfera de su planeta. El descubrimiento de TOI-1416 b, con un período orbital en la intersección entre los planetas de período ultracorto y corto, también llevó a una revisión de las estadísticas de la población aún escasas de planetas pequeños en este rango de periodos. Llegamos a la conclusión de que los USP con periodos inferiores a 1 d no forman un grupo diferenciado, sino que pertenecen a una distribución continua de super-Tierras con periodos de hasta aproximadamente 30 d. La rápida rotación observada de la estrella central, TOI-1416, también ha dado lugar a un proyecto en curso en el que estamos revisando los estimadores girocronológicos de edad (basados en su rotación) en presencia de planetas de período corto.

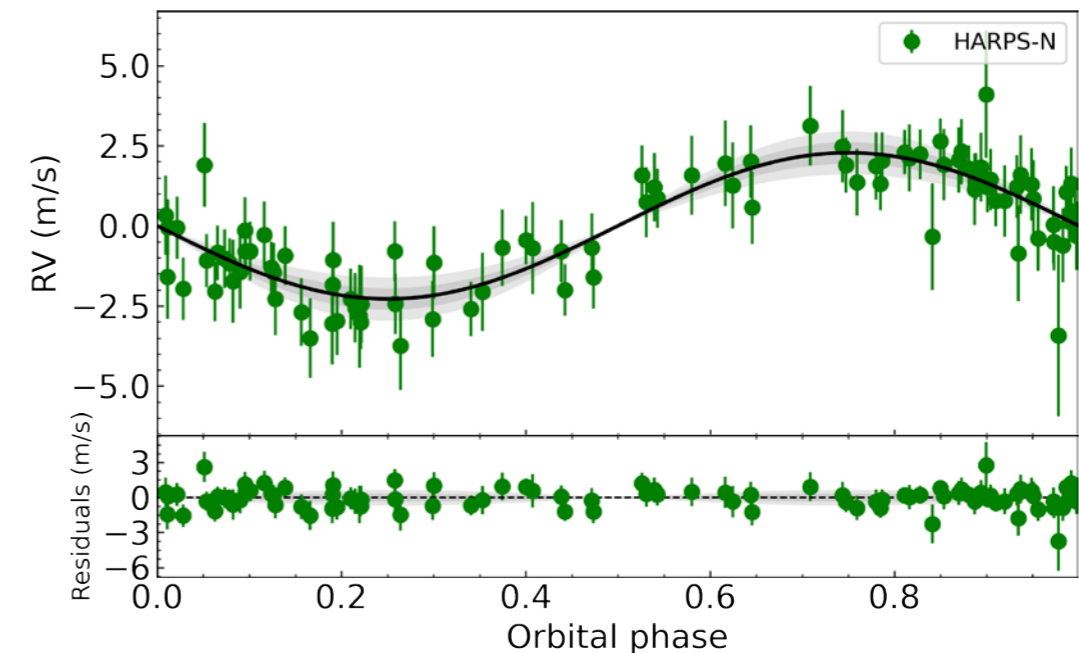
Ultra-short period planets orbit their central star with periods of  $\approx 1$  d or less, and their closeness to the star leads to extremely hot planetary surfaces, probably of molten lava. A similarly rare planet, TOI-1416 b, was identified by the international KESPRINT team, led by the IAC. Its initial identification was from transit data from the TESS space mission, which identified a small candidate with an orbital period of 1.06 d and a size of 1.6 Earth radii. An extensive ground-based follow-up campaign was then initiated that included the acquisition of further time-series from the candidate's transits and the procurement of high-resolution spectra to obtain radial velocities (RVs). The time-series observations were made to identify the precise source of the transit-like signals; these were obtained from a telescope of the LCOGTN network and with MUSCAT-2 on the Carlos Sánchez Telescope (TCS). The RV observations were aimed at verifying the planetary nature of the candidate by measuring its mass. Given the outstanding quality of the data from the TNG's HARPS-N instrument, the system's characterization by RVs was then wholly based on these data, which showed that TOI-1416 b had a mass of 3.5 Earth masses and also indicated the presence of a further planet, with a 27–29 d orbital period.

The host star is a late G- or early K-type dwarf, and its relatively high brightness ( $V = 10$  mag) makes it an ideal target for detailed follow-up studies of the surface and atmosphere of its planet. The discovery of TOI-1416 b, with an orbital period at the intersection between ultra-short and short period planets, also led to a revision of the still sparse population statistics of small planets in this period range. We conclude that USPs with periods of less than 1 d do not form a distinct group but rather belong to a continuous distribution of super-Earths with periods up to approximately 30 d. The observed fast rotation of the central star, TOI-1416, has also led to an ongoing project in which we are revising gyrochronological age estimators (based on their rotation) in the presence of short-periodic planets.



Velocidades radiales de TOI-1416 adquiridas a lo largo de 2,5 años, desde HARPS-N en el TNG y desde otras instalaciones. Cabe destacar la baja dispersión de los datos de HARPS-N.

Radial velocities of TOI-1416 acquired over 2.5 yr, from HARPS-N at the TNG and from several other facilities. Of note is the low scatter of the HARPS-N data.



Velocidades radiales de TOI-1416 obtenidas por HARPS-N, en fase con el período orbital de 1,06 d del planeta, mostrando el modelo de mejor ajuste (línea negra) y sus residuos. De la amplitud de la curva se deduce una masa planetaria de 3,5 masas terrestres.

Radial velocities of TOI-1416 from HARPS-N, in phase with the 1.06 d orbital period of the planet, showing the best-fit model (black line) and its residuals. From the curve's amplitude, a planetary mass of 3.5 Earth masses could be derived.

# El NOT ayuda a comprender la evolución de la forma de las fotosferas de supernovas superluminosas

## The NOT helps to understand the evolution of the shape of the photospheres of superluminous supernovae

La aparición en los últimos años de sondeos transitorios más profundos y de alta cadencia, ha cambiado profundamente la visión que los astrofísicos tienen del Universo cambiante, al descubrir clases de eventos transitorios no identificados anteriormente. Las supernovas superluminosas (SLSNe) representan uno de estos grupos de objetos.

Estas explosiones cósmicas son capaces de alcanzar luminosidades diez veces más brillantes que las supernovas clásicas de tipo Ia (SNe Ia), mostrando magnitudes máximas típicamente  $< -20$  ABmag. Sus curvas de luz son generalmente lentas en comparación con otros tipos conocidos de SNe, con un tiempo de subida típico de unos 50–100 d en estado de reposo.

Basándose en sus propiedades espectroscópicas, las SLSNe se dividen en dos subclases, caracterizadas por la ausencia (tipo I) o la presencia (tipo II) de líneas de hidrógeno. Los rasgos del hidrógeno son indicativos de la colisión entre la eyecta y la materia circunestelar (CSM). Las diferencias en las características espectrales observadas antes del pico, concluyeron en la definición de dos tipos de SLSNe pobres en H, el tipo 15bn y el tipo W.

Las fuentes de energía que alimentan las curvas de luz de las SLSNe siguen sin estar claras. Los mecanismos prometedores incluyen: un motor central; el rápido giro hacia abajo de un magnetar, que explica bien la evolución de la luminosidad cercana al pico; la desintegración radioactiva de hasta varias decenas de masas solares de níquel recién sintetizado por núcleos, y la interacción de la supernova eyecta y la CSM próxima.

Hasta ahora se han notificado al Servidor de Nombres de Tránsitos (TNS) unas 230 SLSNe clasificadas, de las cuales sólo alrededor del 10% han sido observadas con polarimetría o espectropolarimetría. Estos estudios proporcionan información sobre la evolución de la forma de la fotosfera y sobre los mecanismos en el origen de las explosiones.

El NOT y el instrumento ALFOOSC se han utilizado para seguir una muestra de SLSNe con polarimetría de imagen. Los primeros resultados publicados revelan que las fotosferas del tipo W no muestran una pérdida de esfericidad con el tiempo. Por el contrario,

The emergence of deeper, high-cadence transient surveys in recent years has deeply changed the astrophysicist's view of the variable Universe by uncovering previously unidentified classes of transients. Superluminous supernovae (SLSNe) represent one such group of objects.

These cosmic explosions are capable of reaching luminosities more than ten times brighter than classical Type Ia supernovae (SNe Ia) and show peak magnitudes of typically  $< -20$  ABmag. Their light-curves are generally slow compared to other known types of SNe, with a typical rise time of about 50–100 d in the rest frame.

Based on their spectroscopic properties, SLSNe are divided into two subclasses characterized by the absence (Type I) or the presence (Type II) of hydrogen lines. Hydrogen features are indicative of the collision between the ejecta and the circumstellar matter (CSM). Spectral feature differences observed before peak, led to the definition of two types of H-poor SLSNe, namely the 15bn type and the W type.

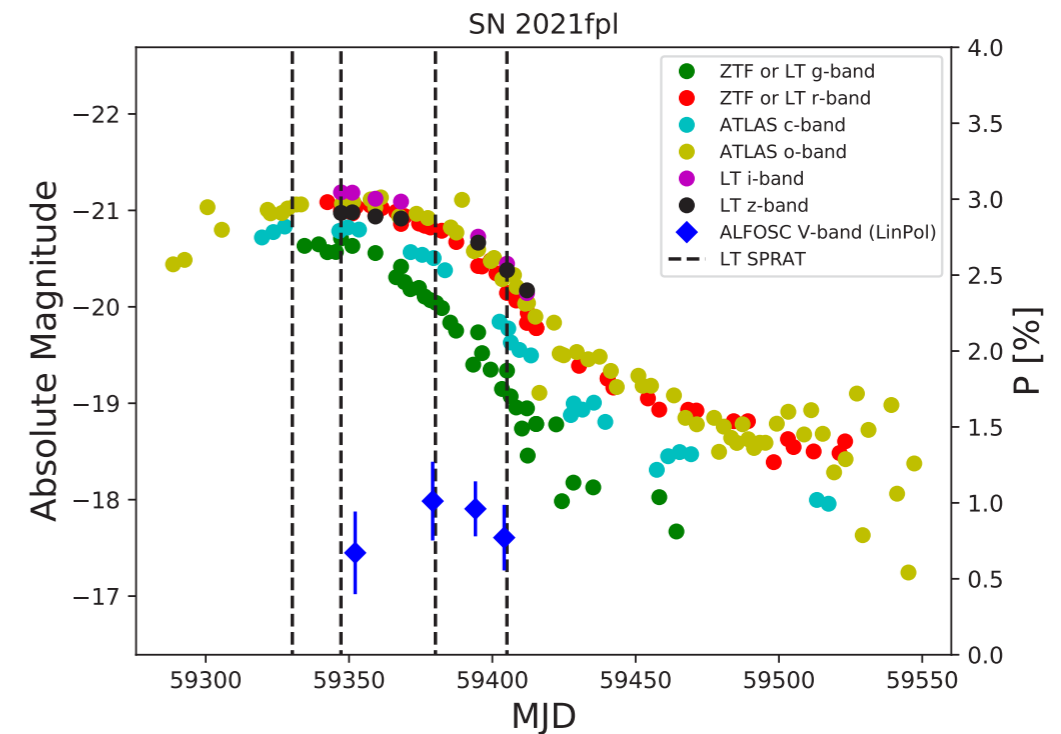
Energy sources that power the light-curves of SLSNe remain unclear. Promising mechanisms include: a central engine; the rapid spin-down of a magnetar which accounts well for the near peak luminosity evolution; the radioactive decay of up to several tens of solar masses of freshly nucleosynthesized nickel, and the interaction of the supernova ejecta and its surrounding CSM.

Up to now about 230 classified SLSNe have been reported to the Transient Name Server (TNS), of which only about 10% have been observed with polarimetry or spectropolarimetry. Such studies provide information on the evolution of the shape of the photosphere and on the mechanisms at the origin of the explosions.

The NOT and the ALFOOSC instrument have been used to follow up a sample of SLSNe with imaging polarimetry. The first published results reveal that W-type photospheres do not show a loss of sphericity with time. On the contrary, the 15bn type seems

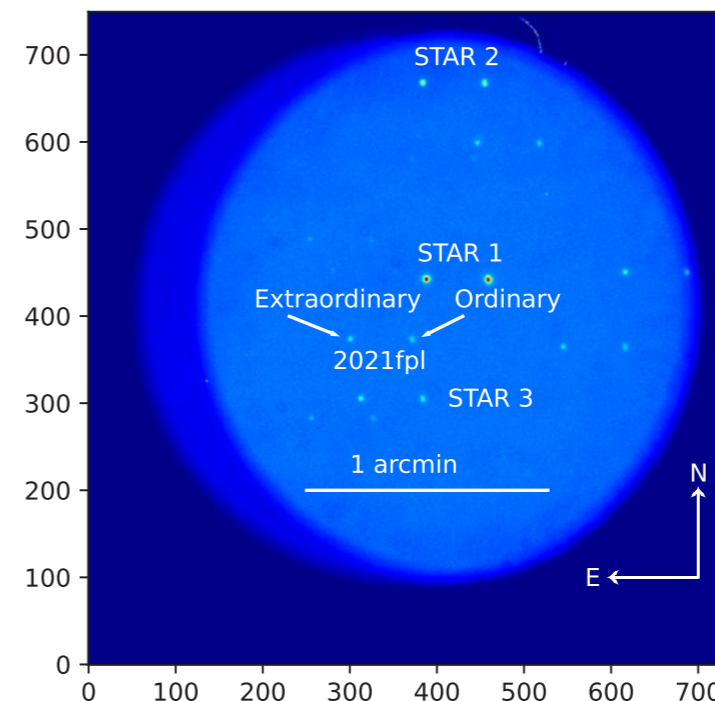
las del tipo 15bn parecen tener propiedades de polarización diferentes, mostrando un aumento del grado de polarización con el tiempo, lo que apoya la idea de una «transición de fase» en torno al máximo de luz.

to have different polarization properties showing an increase of the polarization degree with time, thus lending support to a 'phase transition' around maximum light.



**Fotometría óptica y curvas de luz polarimétricas obtenidas en la SN 2021fpl de tipo H-pobre de 15bn. La curva de luz óptica se obtuvo combinando datos de varios sondeos. La curva de luz polarimétrica se obtuvo a partir de observaciones con ALFOOSC en el NOT. La curva de luz polarimétrica de SN 2021fpl muestra un aumento del grado de polarización alrededor de la luz máxima. Este comportamiento también se ha observado en la curva de luz polarimétrica de SN 2015bn. Podría corresponder a una «transición de fase» cuando la emisión fotosférica pasó de una capa externa, a un núcleo interno más esférico, dominado por material recién nucleosintetizado.**

**Optical photometry and polarimetry light curves obtained on the 15bn Type H-poor SN 2021fpl. The optical light curve was obtained by combining data from several surveys. The polarimetry light curve was obtained from observations with ALFOOSC on the NOT. The polarimetry light curve of SN 2021fpl shows an increase of the polarization degree around maximum light. Such a behavior has also been observed in the polarimetry light curve on SN 2015bn. It could correspond to a "phase transition" when the photospheric emission shifted from an outer layer, to a more aspherical inner core, dominated by freshly nucleosynthesized material.**



**Polarimetría lineal de SN 2021fpl con ALFOOSC en una de las bandas V de campo plano y marco de datos con corrección de polarización obtenidos con la placa de media onda en un ángulo de posición de 0,0°. La polarimetría de imágenes se adquirió mediante placas de media onda con ángulos de posición de 0,0°, 22,5°, 45,0° y 67,5°. La placa de calcita divide la luz de los diversos objetos en imágenes ordinarias e imágenes extraordinarias separadas por unos 15" entre sí. STARS 1, 2 y 3 se utilizaron para estimar la contribución de nuestra galaxia a la polarimetría de SN 2021fpl.**

**Linear polarimetry of SN 2021fpl with ALFOOSC in one of the V-band flat-field and bias-corrected data frame obtained with the half-wave plate at a position angle of 0.0°. Imaging polarimetry was acquired through half-wave plates positions angles at 0.0°, 22.5°, 45.0° and 67.5°. The calcite plate splits the light from the several objects into ordinary images and extraordinary images separated by about 15" from each other. STARS 1, 2 and 3 were used to estimate the contribution of our galaxy to the polarimetry of SN 2021fpl.**

# Observaciones de dos NEA de rotación ultrarrápida: 2021 NY1 y 2022 AB

## Observations of two superfaster rotator NEAs: 2021 NY1 and 2022 AB

Este estudio se realizó como parte del Visible NEAs Observations Survey (ViNOS), un programa de observación que, utilizando varios telescopios en los Observatorios de Canarias, proporciona un análisis fotométrico y espectroscópico detallado de los asteroides cercanos a la Tierra (NEA). ViNOS es una colaboración entre el IAC y el Instituto Astronómico de la Academia Rumana (AIRA), aprovechando la infraestructura y la experiencia de los Observatorios de Canarias.

Los NEA 2021 NY1 y 2022 AB son dos objetos con propiedades extremas/peculiares que fueron seleccionados porque 2021 NY1 fue observado por el Goldstone Solar System Radar el 18 de septiembre de 2021 y 2022 AB es de interés para la NASA como posible objetivo para futuras misiones. El primero es de interés debido a la participación del IAC en el proyecto NEOROCKS financiado por la UE y el segundo debido a la colaboración del IAC con el programa Near-Earth Object Human Space Flight Accessible Targets Study (NHATS).

Los datos se obtuvieron utilizando los telescopios INT de 2,5 m del ORM y el TCS de 1,5 m, el IAC80 de 0,8 m y dos telescopios robóticos de 0,46 m (TAR2 y TAR3) en el Observatorio del Teide.

Las curvas de luz fotométricas mostraron que ambos son rotadores ultrarrápidos, con períodos de rotación  $Prot = 13,3449 \pm 0,0013$  and  $3,0304 \pm 0,0008$  min para 2021 NY1 y 2022 AB, respectivamente. La variación en la amplitud de sus curvas de luz muestra que ambos tienen formas muy alargadas con relaciones de ejes  $a/b \geq 3,6$  and  $a/b \geq 1,6$  respectivamente.

This study was conducted as part of the Visible NEAs Observations Survey (ViNOS), an observing programme that, using several telescopes at the Canary Islands Observatories, provides a detailed photometric and spectroscopic analysis near-Earth asteroids (NEAs). ViNOS is a collaboration between the IAC and the Astronomical Institute of the Romanian Academy (AIRA) that makes use of the infrastructure and expertise at the Canary Islands Observatories.

NEAs 2021 NY1 and 2022 AB, two objects with extreme/peculiar properties, were targeted because 2021 NY1 was observed by the Goldstone Solar System Radar on 2021 September 18, and 2022 AB is of interest to NASA because it is a possible target for future missions. The first one is of interest because of the IAC's participation in the EU-funded NEOROCKS project and the second because of the IAC's collaboration with the Near-Earth Object Human Space Flight Accessible Targets Study (NHATS) programme.

Data was obtained using the 2.5 m INT at the ORM, and the 1.5 m TCS, 0.8m IAC80 and two 0.46 cm robotic telescopes (TAR2 and TAR3) at Teide Observatory.

Times-series photometry showed that both are superfaster rotators, with periods  $Prot = 13.3449 \pm 0.0013$  and  $3.0304 \pm 0.0008$  min for 2021 NY1 and 2022 AB respectively. Their light-curve amplitude variations show that both have very elongated shapes with respective axis ratios  $a/b \geq 3.6$  and  $a/b \geq 1.6$ .

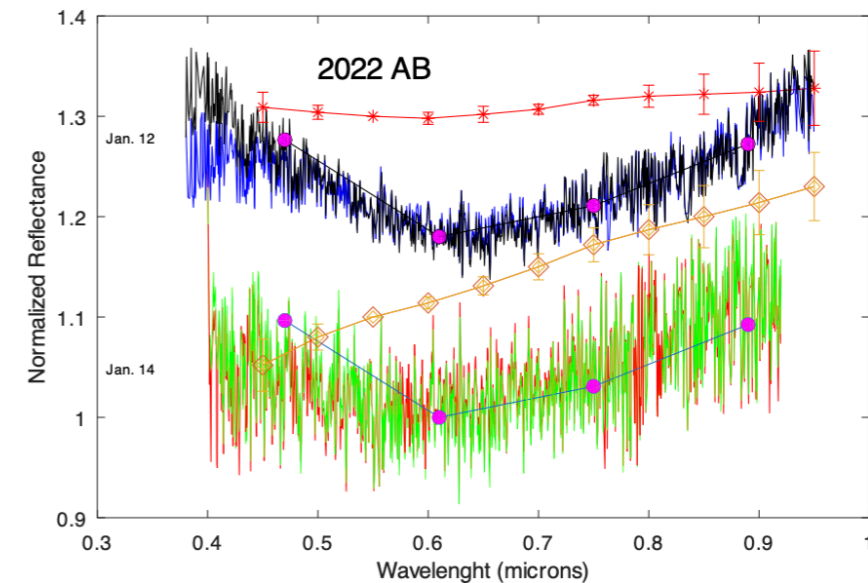
The photometric colours of 2021 NY1 show that this asteroid is an S-type object, while the spectra and colours of 2022 AB do not fit any known asteroid

Los colores fotométricos de 2021 NY1 muestran que este asteroide es un objeto de tipo S, mientras que los espectros y colores de 2022 AB no se ajustan a ninguna clase taxonómica de asteroides o espectro de meteoritos conocidos, lo que dificulta enormemente sacar conclusiones sobre su composición.

taxonomic class or meteorite spectrum, which makes it very difficult to draw conclusions about its composition.

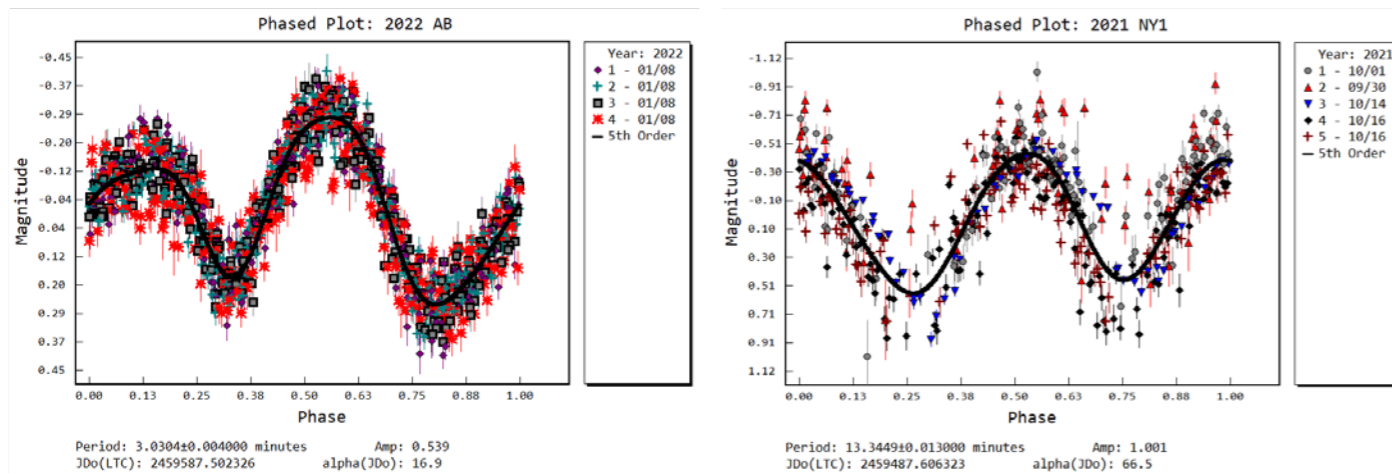
El análisis detallado de 2021 NY1 y 2022 AB proporciona contribuciones significativas a la comprensión de la población de NEA, particularmente aquellos con períodos de rotación extremadamente cortos que parecen prevalecer entre los objetos pequeños. Este proyecto proporciona información sobre sus períodos de rotación, propiedades físicas y clasificaciones taxonómicas. La investigación destaca la gran abundancia de rotadores ultrarrápidos entre los asteroides pequeños, objetos que probablemente sean cuerpos monolíticos o acumulaciones de escombros con una fuerza cohesiva significativa.

The detailed analysis of 2021 NY1 and 2022 AB provides significant contributions to our understanding of the NEA population, particularly those with extremely short rotation periods that seems to prevail among small objects. This project provides insights into their rotation periods, physical properties and taxonomic classifications. The research highlights the presence of superfaster rotators likely to be monolithic bodies or rubble piles with significant cohesive strength.

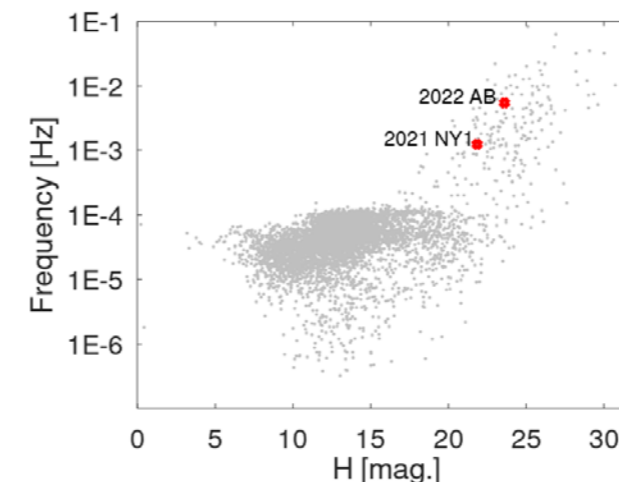


**Espectros de 2022 AB obtenidos las noches del 12 y 14 de enero de 2021 con el INT. En negro y azul, desplazados 0,18 en el eje vertical para mayor claridad, están los espectros de reflectancia obtenidos el 12 de enero. En verde y rojo están los espectros de reflectancia obtenidos el 14 de enero. En círculos rellenos de color rosa, están las reflectancias obtenidas utilizando los colores medidos con el TCS. En marrón, representado por diamantes y desplazado en el eje y por 0,1 para mayor claridad, está el espectro plantilla de la taxonomía tipo X y en rojo, representado por estrellas y desplazado 0,3 en el eje y, está el espectro plantilla de la taxonomía tipo Cb. Observen que el espectro de 2022 AB no encaja con los tipos X o Cb.**

**Spectra of 2022 AB obtained on 2021 January 12 and 14 nights with the INT. In black and blue, shifted 0.18 in the vertical axis for clarity, are the reflectance spectra obtained on January 12. In green and red are the reflectance spectra obtained on January 14. In pink filled circles, are the reflectances obtained using the colours measured with the TCS. In brown, represented by diamonds and shifted on the y-axis by 0.1 for clarity, is the template spectrum of the X-type taxonomy and in red, represented by stars and shifted in the y-axis by 0.3, is the template spectrum of the Cb-type. Note that the spectrum of 2022 AB does not fit with X- or Cb- types.**



**Curva de luz compuesta en fases de 2022 NY1 y 2022 AB**  
**Phased composite light-curve of 2022 NY1 and 2022 AB**



**Distribución del período de rotación versus magnitud absoluta (H) de 5569 asteroides. A modo de comparación, los dos objetos estudiados se muestran con símbolos rojos. Observen que los objetos más débiles (más pequeños) giran mucho más rápido que los grandes, lo que sugiere que son cuerpos monolíticos o montones de escombros con una fuerza cohesiva significativa.**

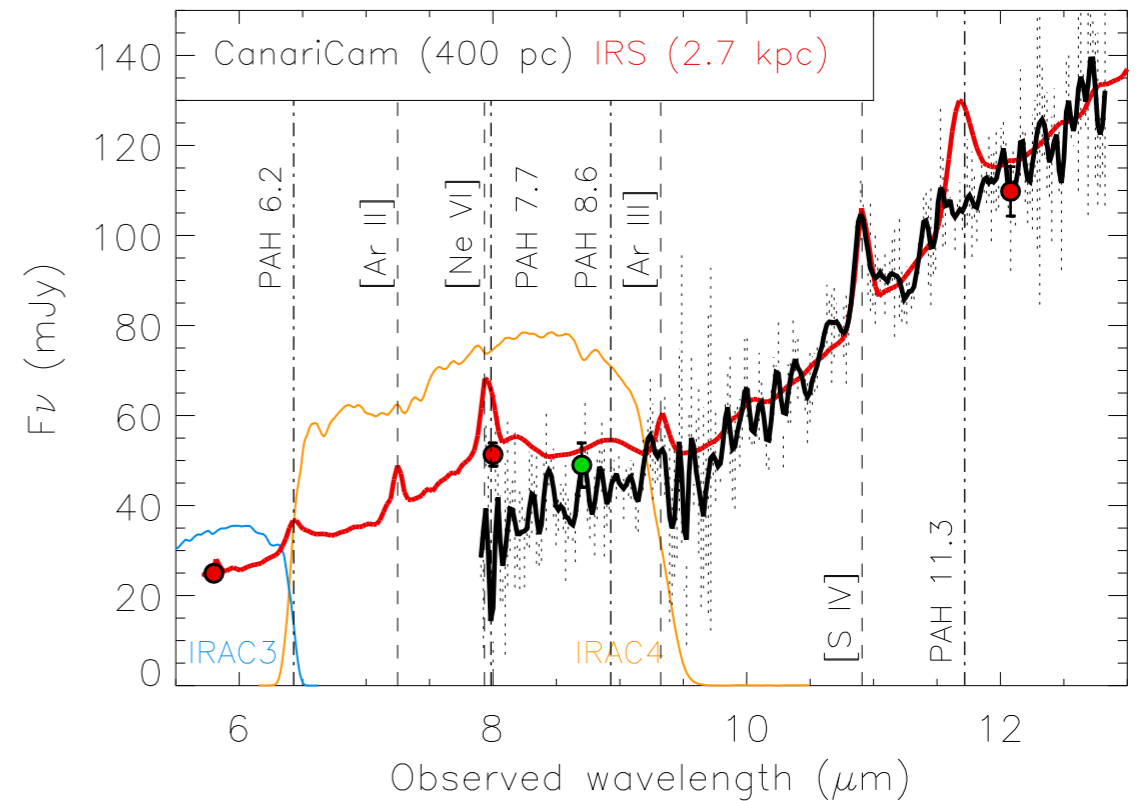
**Distribution of rotation period versus absolute magnitude (H) of 5569 asteroids. For comparison, the two objects studied here are shown with red symbols. Note that fainter (smaller) objects rotate much faster than large ones, suggesting they are monolithic bodies or rubble piles with significant cohesive strength.**

# Ausencia de hidrocarburos aromáticos policíclicos en un brote de formación estelar: el caso del cuásar oscurecido Mrk 477

## Absence of nuclear polycyclic aromatic hydrocarbon emission from a compact starburst: The case of the obscured quasar Mrk 477

Mrk 477 es el cuásar oscurecido más cercano. Esto lo convierte en un laboratorio ideal para estudiar la interacción entre la actividad nuclear y la formación estelar. En este trabajo se presentan nuevas imágenes y espectros en el infrarrojo medio con una resolución angular de 0,4 arcos de segundo (~300 pc) obtenidos con CanariCam en el Gran Telescopio Canarias. El espectro de banda N (8–13  $\mu\text{m}$ ) de los ~400 pc centrales de la galaxia revela una fuerte emisión de líneas, pero ninguna emisión de hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH) de 8,6 o 11,3  $\mu\text{m}$ , que suelen utilizarse como trazadores de formación estelar reciente. Esto contrasta con la presencia de un brote de formación estelar nuclear de ~300 pc de tamaño, una edad de 6 millones de años y una masa de  $1,1 \times 10^8 M_{\odot}$ , medidos a partir de observaciones ultravioletas obtenidas con el Hubble Space Telescope. Esto indica que incluso las moléculas neutras más resistentes, que principalmente producen el PAH a 11,3  $\mu\text{m}$  probablemente son destruidas en las proximidades del núcleo activo, a pesar de la alta densidad de columna ( $\log N_{\text{H}} = 23,5 \text{ cm}^{-2}$ ), y de la modesta luminosidad de rayos X ( $1,5 \times 10^{43} \text{ erg/s}$ ). Este resultado, obtenido gracias a la buena resolución angular proporcionada por CanariCam, sugiere precaución a la hora de utilizar las bandas de PAHs como trazadores de formación estelar en la región central de galaxias activas.

Mrk 477 is the closest obscured quasar, at a distance of only 163 Mpc. This makes it an ideal laboratory for studying the interplay between nuclear activity and star formation with a high level of detail and signal-to-noise. This work is based on mid-infrared imaging and spectroscopic data with an angular resolution of 0.4 arcsec (~300 pc) obtained with the Gran Telescopio Canarias instrument CanariCam. The N-band (8–13  $\mu\text{m}$ ) spectrum of the central ~400 pc of the galaxy reveals strong line emission, but no 8.6 or 11.3  $\mu\text{m}$  polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH) features, which are commonly used as tracers of recent star formation. This is in stark contrast with the presence of a nuclear starburst of ~300 pc in size, an age of 6 million yr, and a mass of  $1.1 \times 10^8 M_{\odot}$ , as constrained from ultraviolet Hubble Space Telescope observations. Considering this, the most likely explanation is that even the more resilient, neutral molecules that mainly produce the 11.3  $\mu\text{m}$  PAH band are most probably being destroyed in the vicinity of the active nucleus despite the relatively large X-ray column density ( $\log N_{\text{H}} = 23.5 \text{ cm}^{-2}$ ) and modest X-ray luminosity ( $1.5 \times 10^{43} \text{ erg/s}$ ). This result, obtained thanks to the high angular resolution provided by CanariCam, highlights the importance of exercising caution when using PAH features as star formation tracers in the central region of galaxies.



Espectro de los ~400 pc centrales de Mrk 477 obtenido con GTC/CanariCam. La banda de absorción de los silicatos y la línea de emisión [S IV]  $\lambda 10,51 \mu\text{m}$  son las únicas características espectrales detectadas. La línea roja corresponde al espectro de Spitzer/IRS (~2,7 kpc centrales), el cual muestra bandas de emisión de PAHs at 6,2, 7,7, 8,6, and 11,3  $\mu\text{m}$ .

CanariCam nuclear spectrum of the central ~400 pc of Mrk 477. Weak silicate absorption and [S IV]  $\lambda 10.51 \mu\text{m}$  emission are the only spectral features detected. The solid red line corresponds to the Spitzer/IRS spectrum (central ~2.7 kpc), which shows clear PAH emission bands at 6.2, 7.7, 8.6, and 11.3  $\mu\text{m}$ .

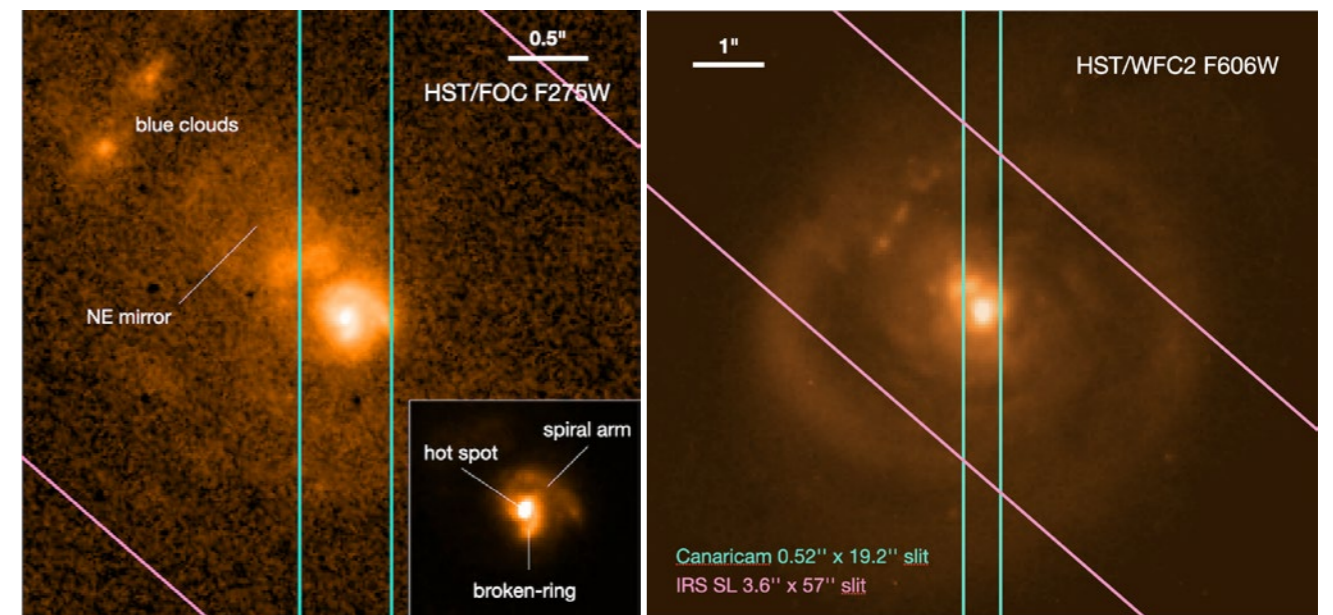


Imagen ultravioleta (izquierda) y óptica (derecha) de Mrk 477 obtenidas con el Hubble Space Telescope. El panel de la izquierda incluye un detalle de la región nuclear de la galaxia. Las rendijas de CanariCam e Spitzer/IRS se muestran en azul y rosa.

Ultraviolet (left panel) and optical (right panel) Hubble Space Telescope images of Mrk 477. The left panel includes an inset of the central  $1 \times 1 \text{ arcsec}$  region ( $735 \times 735 \text{ pc}^2$ ) of the galaxy. The GTC/CanariCam and Spitzer/IRS slits are shown as solid cyan and pink lines.

# Lockman-SpReSO, un estudio óptico exhaustivo de las galaxias infrarrojas utilizando GTC/OSIRIS

## Lockman-SpReSO, a comprehensive optical study of infrared galaxies using GTC/OSIRIS

El proyecto Lockman Spectroscopic Redshift Survey using OSIRIS (Lockman-SpReSO) es un cartografiado espectroscópico óptico de seguimiento de fuentes infrarrojas, previamente observadas por el telescopio espacial Herschel. Este proyecto es una colaboración entre el equipo de desarrollo del instrumento OSIRIS y el Instituto de Astronomía de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Lockman-SpReSO pretende obtener las propiedades fundamentales de las galaxias infrarrojas: extinción, tasa de formación estelar, metalicidad, utilizando la información óptica y compararlas con sus homólogos derivadas a través de la información infrarroja. Además, se compararán con las obtenidas para otras muestras de objetos, tanto con el mismo criterio de selección como siguiendo otros.

La principal cualidad de Lockman-SpReSO es la significancia estadística del estudio. Se analizan 956 fuentes infrarrojas, lo que lo convierte en una muestra más de un orden de magnitud mayor que la analizada en anteriores estudios de seguimiento óptico de fuentes infrarrojas. Lockman-SpReSO es, por tanto, el estudio más completo de seguimiento óptico de fuentes infrarrojas y está únicamente limitado en magnitud RC (AB) < 24,5 mag.

El campo estudiado, el Lockman Hole, presenta una densidad de columna de hidrógeno galáctica menor que la observada en los polos y, además de esta excepcional cualidad, este campo ha sido estudiado en profundidad en todo el espectro electromagnético. Sin embargo, hay una escasez de estudios espectroscópicos.

Las observaciones del cartografiado se han realizado utilizando el modo multi-objeto del instrumento OSIRIS instalado en el Gran Telescopio de Canarias. Para complementar científicamente el proyecto y aprovechar al máximo las máscaras de OSIRIS, se incluyeron 188 objetos adicionales de interés para la

The Lockman Spectroscopic Redshift Survey using OSIRIS (Lockman-SpReSO) is an optical spectroscopic follow-up survey of infrared sources previously observed by the Herschel Space Telescope. This project is a collaboration between the OSIRIS instrument development team and the Instituto de Astronomía de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Lockman-SpReSO aims to obtain the fundamental properties of infrared galaxies, such as extinction, star formation rate and metallicity using optical information and comparing them with their counterparts derived from infrared data. Additionally, the properties will be compared with those obtained for other samples of objects, both selected with the same criteria and following different ones.

The main quality of Lockman-SpReSO is the statistical significance of the study. It analyses 956 infrared sources, making it a sample more than an order of magnitude larger than those analysed in previous optical follow-up studies of infrared sources. Lockman-SpReSO is therefore the most comprehensive optical follow-up study of infrared sources and is limited only by a magnitude of RC(AB) < 24.5 mag.

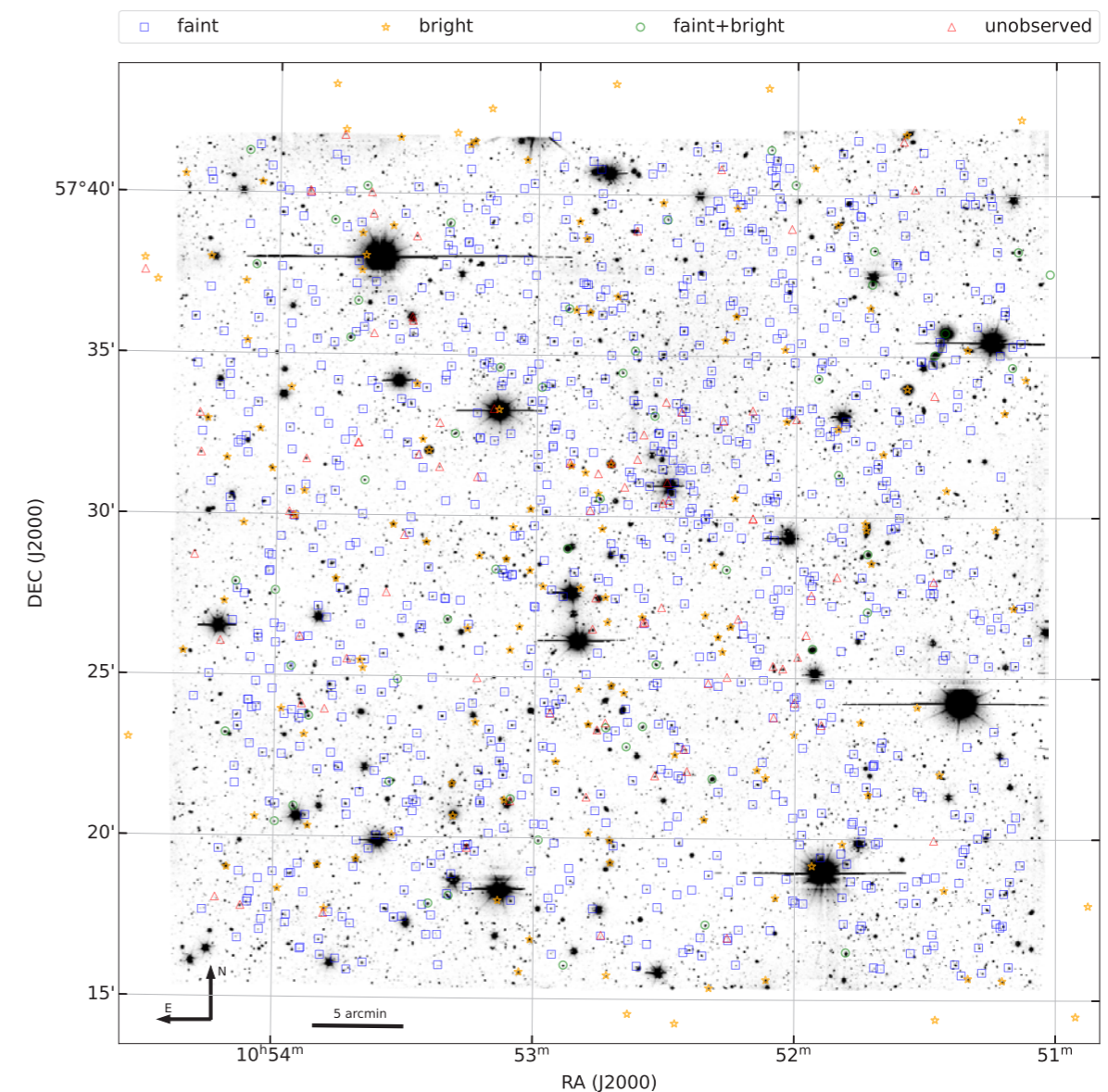
The studied field, the Lockman Hole, has a galactic hydrogen column density lower than that observed at the poles. In addition to this exceptional quality, this field has been extensively studied across the entire electromagnetic spectrum. However, there is a dearth of spectroscopic studies.

The survey observations were conducted using the multi-object mode of the OSIRIS instrument installed on the Gran Telescopio Canarias. To scientifically complement the project and maximize the use of OSIRIS masks, 188 additional objects of interest for scientific collaboration were included. These include X-ray sources with infrared counterparts, high proper motion halo stars, radio sources, sub-millimetre sources, red quasar candidates and cataclysmic variables.

colaboración científica, entre los que se encuentran fuentes emisoras en rayos X con contrapartida en el infrarrojo, estrellas del halo con alto movimiento propio, fuentes en radio, fuentes en sub-milimétricas, candidatos a quásares enrojecidos y estrellas cataclísmicas.

El primer resultado del proyecto fue la determinación del desplazamiento al rojo espectroscópico, para un total de 456 objetos del catálogo, donde, para más del 75% de los mismos, se trata de la primera determinación. A su vez, el desplazamiento al rojo permitió realizar ajustes más precisos a las distribuciones espectrales de energía, derivando de ellos parámetros como la masa estelar o la luminosidad total infrarroja de los objetos.

The first result of the project was the determination of spectroscopic redshifts for a total of 456 catalogue objects, with over 75% being the first ever determination for these objects. The redshift determination enabled a more precise fitting of the spectral energy distributions, deriving parameters such as stellar mass and the total infrared luminosity of the objects.



Mosaico realizado con OSIRIS (norte arriba, este izquierda) de la región estudiada del campo Lockman Hole centrado en las coordenadas ecuatoriales (J2000):  $10^{\text{h}}52^{\text{m}}43^{\text{s}} + 57^{\circ}28'48''$ . Los objetos del proyecto Lockman-SpReSO están marcados en la imagen.

OSIRIS mosaic (north up, east left) of the studied region of the Lockman Hole field centred on the equatorial coordinates (J2000):  $10^{\text{h}}52^{\text{m}}43^{\text{s}} + 57^{\circ}28'48''$ . The Lockman-SpReSO project objects are marked in the image.

# TECHNOLOGICAL RESULTS

# RESULTADOS TECNOLÓGICOS

## El primer telescopio de la minirred ASTRI The first telescope of the ASTRI mini-array

Durante 2023 tuvo lugar la instalación y puesta en servicio, en el OT, del primero de los nueve telescopios que formarán la minirred ASTRI de los Telescopios de Imágenes Cherenkov.

Se trata de un experimento financiado por el Ministerio de Investigación italiano y propiedad del INAF, desarrollado en colaboración con el IAC y otras universidades e instituciones italianas e internacionales, con la ayuda para las fases de logística y AIV de la Fundación Galileo Galilei (que también gestiona el TNG de La Palma).

El prototipo de estos telescopios ha sido construido por el EIE e instalado en el Observatorio INAF-Catania, en el monte Etna. Se trata del primer espejo doble con la configuración óptica Schwarzschild-Coudé que

During 2023 the installation and commissioning at the OT took place of the first of nine telescopes that will form the ASTRI mini-array of Cherenkov Imaging Telescopes.

This is an experiment funded by the Italian Ministry of Research and owned by INAF, and developed in collaboration with the IAC and other Italian and international universities and institutions, with the help for the logistic and AIV phases of the Fundación Galileo Galilei (which also manages the TNG in La Palma).

The prototype of these telescopes has been constructed by EIE and installed at the INAF-Catania Observatory on Mt. Etna. It is the first dual mirror with the Schwarzschild-Coudé optical configuration



*El Consejo Científico del INAF en el OT, a la sombra del primer telescopio de la minirred ASTRI, durante su visita en verano de 2023.*

*The Scientific Council of INAF at the OT, in the shadow of the first telescope of the ASTRI mini-array, during their visit in summer 2023.*

demonstró el ingenio y la capacidad de Italia para proporcionar lo que podría ser un pequeño telescopio para el CTA.

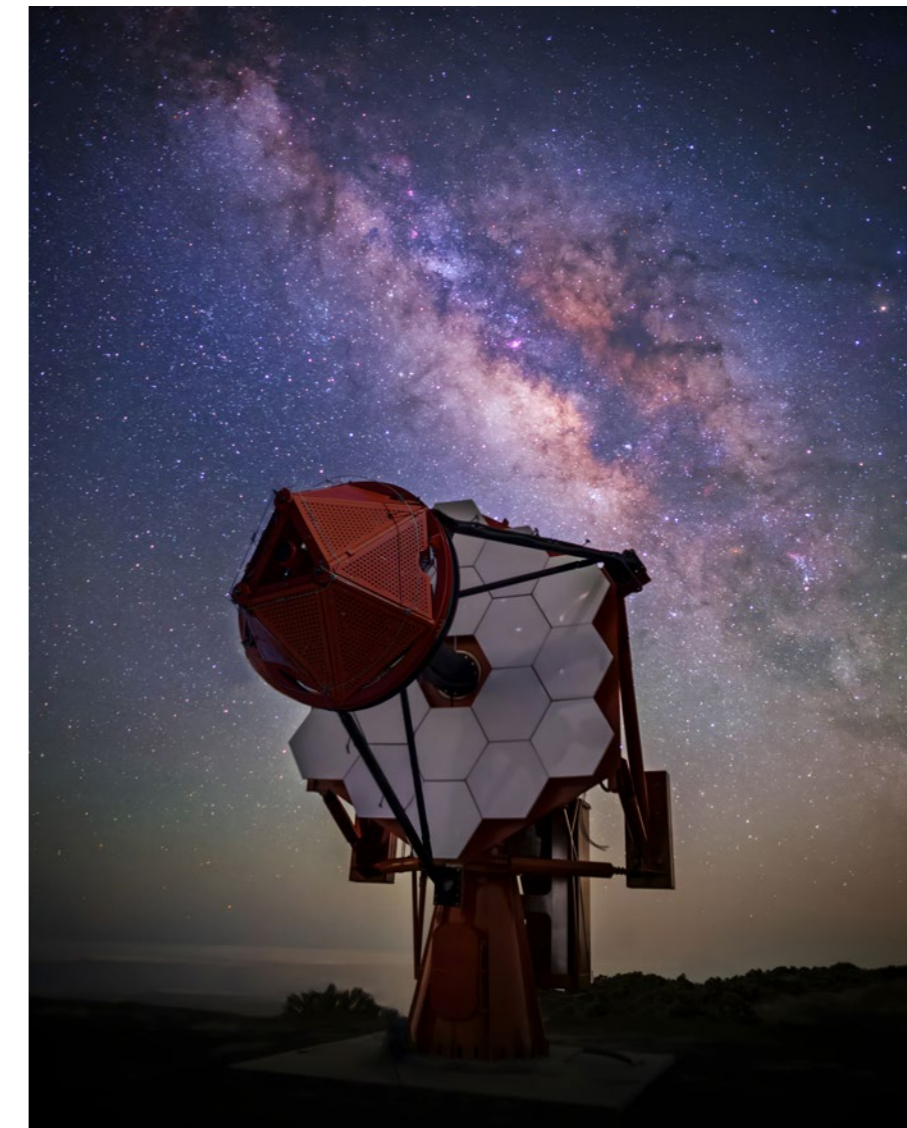
Con pequeños cambios respecto al prototipo, el ASTRI N.1 (también fabricado por EIE) fue instalado y finalmente aceptado en otoño de 2023, y ahora se encuentra en fase de alineación y puesta a punto para recibir la cámara Cherenkov SiPM en la segunda parte de 2024. El resto del miniconjunto se completará a mediados de 2025. Cada telescopio tiene un espejo primario de 18 segmentos de 4 m de diámetro y un espejo secundario monolítico cóncavo de casi 2 m de diámetro. El plano focal tiene un campo de visión de  $\approx 10$  grados.

Durante el verano de 2023, el Consejo Científico del INAF visitó la Instalación del INAF en Canarias (ASTRI en el OT; TNG, LST y MAGIC en el ORM) y regresó a Italia con entusiasmo, convencido de que Italia debería invertir más recursos en estos observatorios.

and demonstrated the ingenuity and capability of Italy in providing what could be a small telescope for the CTA.

With small changes from the prototype, the ASTRI N.1 (also produced by EIE) was installed and finally accepted in the autumn of 2023 and is now undergoing a phase of alignment and fine tuning in order to receive the SiPM Cherenkov camera in the second part of 2024. The rest of the mini array will be completed by the middle of 2025. Each telescope has an 18-segment primary mirror of 4 m diameter and a monolithic concave secondary mirror nearly 2 m in diameter. The focal plane has a field of view of  $\approx 10$  deg.

During the summer of 2023 the Scientific Council of INAF visited the Installation of INAF in the Canary Islands (ASTRI at the OT; TNG, LST and MAGIC at the ORM) and returned to Italy with enthusiasm, convinced that Italy should invest more resources in these observatories.





## EST: estado y avances en 2023

### EST: Status and progress in 2023

Promovido por la Asociación Europea de Telescopios Solares, el Telescopio Solar Europeo (EST) formará parte de la próxima generación de instalaciones terrestres adaptadas para observar la actividad del Sol en longitudes de onda visibles e infrarrojas. Con un espejo primario de 4,2 m, EST estará optimizado para el estudio del acoplamiento magnético de la atmósfera solar mediante el análisis de las propiedades térmicas, dinámicas y magnéticas del plasma solar en diferentes capas de la atmósfera solar con las máximas resoluciones espaciales y temporales alcanzables. EST se ubicará en la zona del Telescopio Solar Sueco (SST) y del Telescopio Abierto Holandés (DOT) en el Observatorio del Roque de los Muchachos.

Para alcanzar sus objetivos científicos, el diseño de EST utiliza los avances tecnológicos más innovadores: el primer espejo secundario adaptativo diseñado para un telescopio solar, una compleja óptica adaptativa multiconjugada con espejos deformables que forman parte del camino óptico de manera natural, un telescopio compensado polariméricamente que elimina la compleja variación temporal y la dependencia con la longitud de onda del comportamiento polarimétrico del telescopio, completado con un conjunto de instrumentos que contiene varios espectropolarímetros de imagen sintonizable (basados en etalones) y varios espectropolarímetros de unidad de campo integral.

Compuesta por 10 instituciones de investigación de ocho países europeos, el 25 de julio de 2023 se constituye la Fundación Canaria de EST, para conferir personalidad jurídica al consorcio del proyecto y establecer un marco adecuado para el desarrollo de EST.

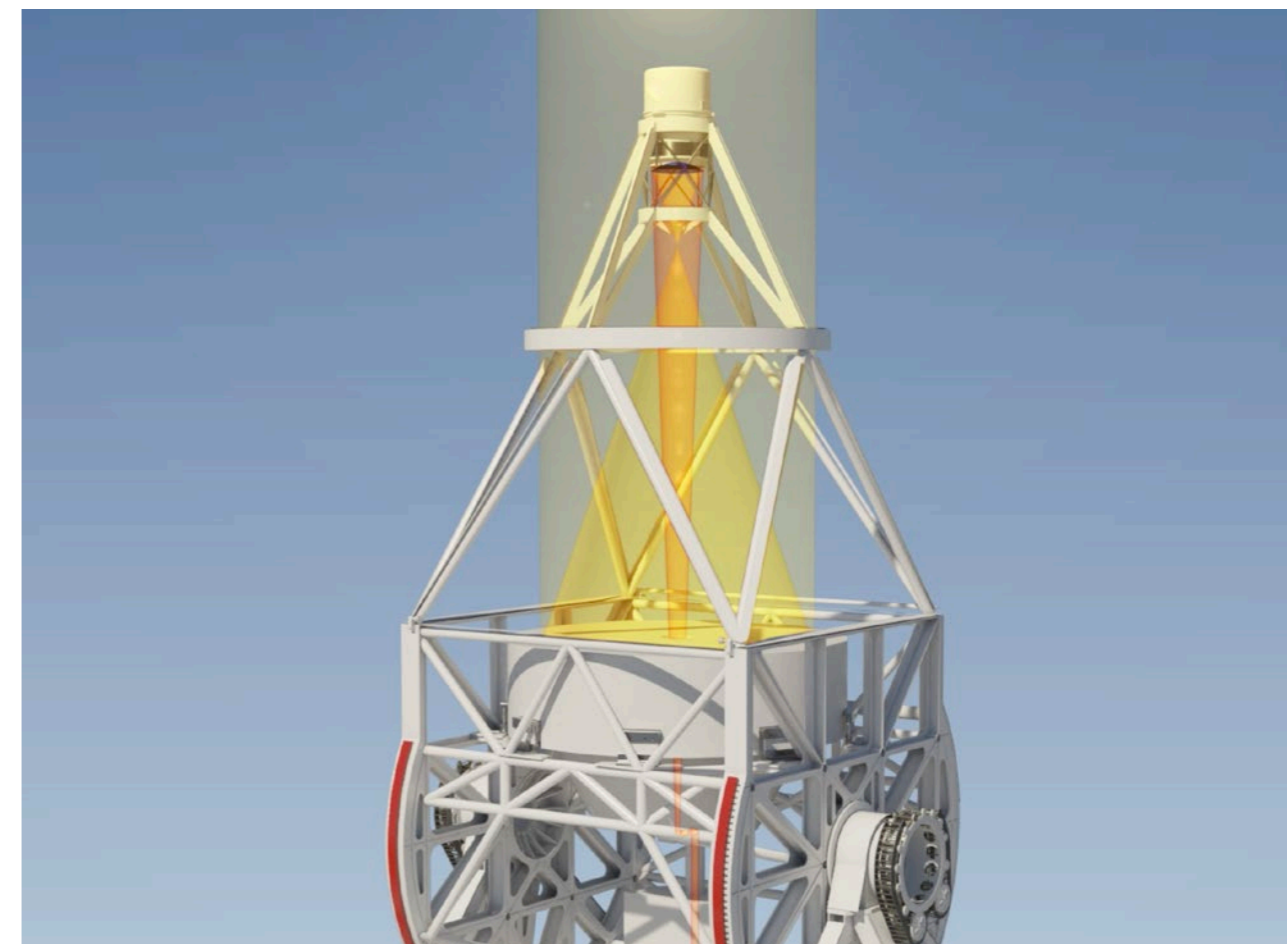
Durante 2023 la Oficina de Proyecto de EST ha continuado su trabajo de revisión y seguimiento del diseño preliminar de su sistema de disipación de calor «heat rejector» y de un prototipo de espejo deformable con actuadores de bobina para su espejo secundario (M2). Así mismo, se ha optimizado el sistema óptico del telescopio. La definición de la distribución de la luz en el pilar para los instrumentos ha permitido avanzar en la consolidación de la óptica de transferencia y calibración (TOCA) y de las interfaces con los instrumentos.

Promoted by the European Association for Solar Telescopes, the European Solar Telescope (EST) will become part of the next-generation ground-based facilities tailored for observing the Sun's activity in visible and infrared wavelengths. With its 4.2 m primary mirror, the EST will be optimized for studies of the magnetic coupling of the solar atmosphere through the analysis of the thermal, dynamical and magnetic properties of the solar plasma at different layers of the solar atmosphere with the highest achievable spatial and temporal resolutions. The EST will be sited in the area of the Swedish Solar Telescope (SST) and the Dutch Open Telescope (DOT) at Roque de los Muchachos Observatory.

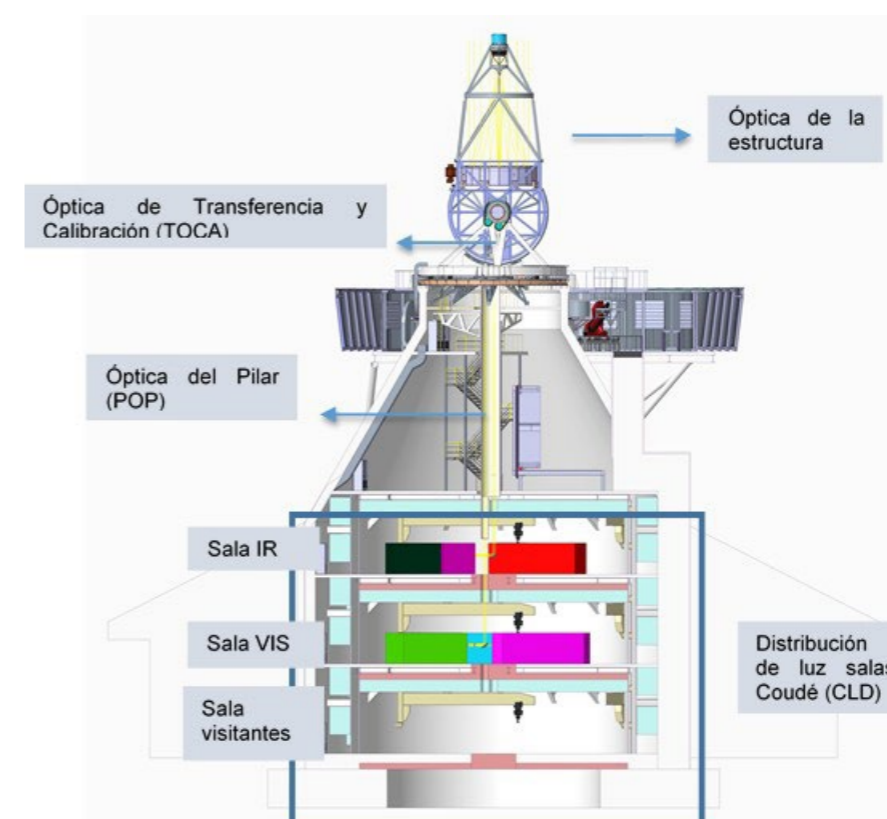
To achieve its scientific goals, the design of the EST uses the most innovative technological advances (the first adaptive secondary mirror ever devised for a solar telescope, complex multi-conjugated adaptive optics with deformable mirrors that form part of the optical train in a natural way, a polarimetrically compensated telescope that eliminates the complex temporal variation and wavelength dependence of the polarimetric performance of the telescope, and a complete instrument suite containing several (etalon-based) tunable imaging spectropolarimeters and several integral field unit spectropolarimeters.

Comprising ten research institutions from eight European countries, the EST Canarian Foundation was established on 2023 July 25 to confer legal personality on the project consortium and to establish an appropriate framework for the development of the EST.

During 2023, the EST Project Office continued its work reviewing and monitoring the Preliminary Design of its heat dissipation system, the 'Heat Rejector', and a prototype for a deformable secondary mirror. The telescope's optical system has also been optimized. The definition of the light distribution for the instruments within the pier has facilitated progress in the consolidation of the Transfer Optics and Calibration Assembly (TOCA) and the interfaces with the instruments.



Representación del diseño preliminar digital del EST.  
EST preliminary design computer representation.



Trazado óptico de EST.  
EST optical layout.

# EMIR regresa a Nasmyth A incorporando un nuevo detector H2RG: primeros resultados

## EMIR back at Nasmyth A with an upgraded H2RG detector: First results

El Espectrógrafo Infrarrojo Multiobjeto (EMIR) se instaló por primera vez en el GTC en mayo de 2016 para realizar observaciones en el infrarrojo cercano tanto en modo de imagen como en modo espectroscópico de rendija larga/multiobjeto. Ya en la primera luz, se vio que el rendimiento esperado del instrumento se veía afectado por las limitaciones de su detector infrarrojo (sensible hasta 2,5  $\mu\text{m}$ ). Las unidades Hawaii-2 pronto quedaron obsoletas en la comunidad astrofísica y fueron sustituidas por detectores Teledyne H2RG más estables y sensibles. El instrumento fue puesto fuera de servicio y reinstalado en la estación focal Nasmyth A en 2023. Los trabajos de mantenimiento incluyeron la sustitución de los componentes piezoeléctricos del CSU y de los pads de fricción de la rendija, y (lo que es más importante) la instalación de un detector H2RG más sensible para recuperar la falta de sensibilidad que el instrumento mostraba con los antiguos detectores Hawaii-2. El nuevo detector H2RG está controlado por un ASIC criogénico especialmente diseñado y se comunica con el telescopio mediante un protocolo sobre IP con una interfaz de tipo MACIE. En la tabla siguiente se enumeran los puntos cero medidos en las bandas fotométricas estándar  $J$ ,  $H$  and  $K_s$ . Una vez finalizados estos trabajos, EMIR se instaló de nuevo en la estación focal Nasmyth A en julio de 2023.

### Primeros resultados con el nuevo detector

Las pruebas en el cielo con el nuevo detector H2RG para EMIR se completaron con éxito en noviembre-diciembre de 2023 y se proporcionó un nuevo



Desmontaje de EMIR en la estación focal Nasmyth A para trasladarlo al laboratorio del GTC.

Removal of EMIR from the Nasmyth A focal station to be stored at the GTC lab.

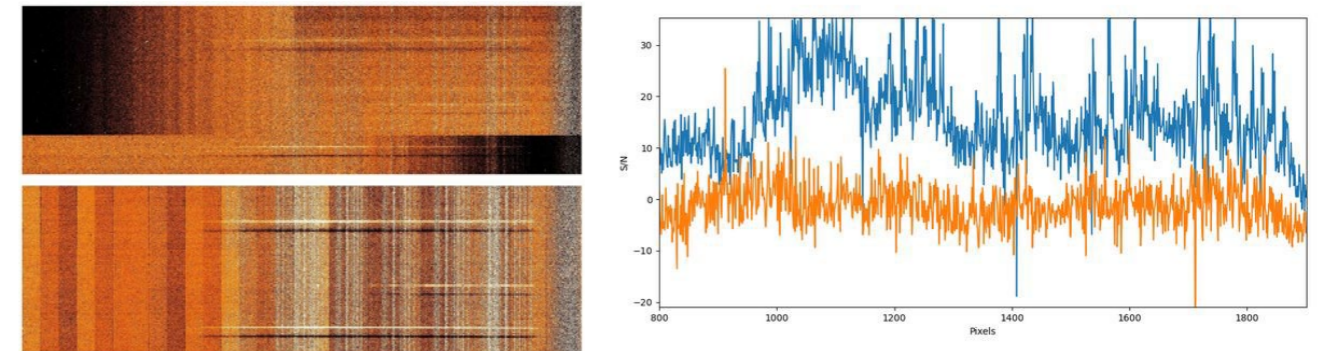
CCI 2023 - 64

The Multi-object Infrared Spectrograph (EMIR) was first installed at the GTC in May 2016 to perform near-Infrared observations in both imaging and long-slit/multiobject spectroscopic modes. Already at first light, the expected performance of the instrument was seen to be affected by the limitations of its infrared detector (sensitive up to 2.5  $\mu\text{m}$ ). The Hawaii-2 units soon became obsolete in the astrophysical community and were replaced by stabler and more sensitive Teledyne H2RG detectors. The instrument was stood down and re-installed on the Nasmyth A focal station in 2023. The maintenance work included the replacement of CSU piezoelectric components and slit friction pads, and (more importantly) the instalment of a more sensitive H2RG detector in order to recover the lack of sensitivity that the instrument showed with the former Hawaii-2 detectors. The new H2RG detector is controlled by a specially designed cryogenic ASIC and communicates with the telescope by means of a protocol over IP with a MACIE-type interface. The table below lists the measured zero points in the standard  $J$ ,  $H$  and  $K_s$  photometric bands. Once this work was completed, EMIR was mounted back on the Nasmyth A focal station in July 2023.

Filter	[adu/s]	e-/s
$J$	$25.551 \pm 0.172$	26.848
$H$	$25.646 \pm 0.173$	26.942
$K_s$	$25.180 \pm 0.161$	26.476

### First results with the new detector

On-sky tests with the new H2RG detector for EMIR were completed successfully in November-December 2023 and new control software with the corresponding operational tools were provided that made EMIR available for science operations again late December 2023. The performance of this new H2RG detector is notably better than that obtained with the old H2 detector, thus rendering EMIR more sensitive than before. Comparison with previously observed data clearly demonstrates the gain in sensitivity with the current instrument configuration.



En la imagen de la izquierda se comparan espectros del mismo objeto tomados con el antiguo detector H2 (arriba) y el nuevo H2RG (abajo). Se aprecia un notable aumento de la sensibilidad. La S/N del mismo objeto a la derecha muestra una mejora de S/N = 1 en el anterior EMIR a S/N = 10-20 con el nuevo detector (el tiempo de exposición fue el mismo en ambos casos). Estos resultados mejorados concuerdan totalmente con las predicciones de la Exposure Time Calculator (ETC) utilizada para preparar las observaciones con el instrumento en el GTC.

The above figure on the left compares spectra of the same object taken with the old H2 detector (top) and the H2RG replacement (bottom). There is a notable gain in sensitivity. The S/N of the same target on the right shows an improvement from S/N = 1 on the earlier EMIR to S/N = 10-20 with the new detector (the exposure time was the same in both cases). These improved results are in complete accord with the predictions of the Exposure Time Calculator (ETC) used for preparing observations with the instrument on the GTC.

software de control con las correspondientes herramientas operativas que hicieron que EMIR volviera a estar disponible para operaciones científicas a finales de diciembre de 2023. El rendimiento de este nuevo detector H2RG es notablemente mejor que el obtenido con el antiguo detector H2, lo que hace que EMIR sea más sensible que antes. La comparación con los datos observados anteriormente demuestra claramente la ganancia en sensibilidad con la configuración actual del instrumento.

### HIPERCAM instalado permanentemente en Folded Cass G

HIPERCAM se reinstaló en el GTC haciendo uso de un rotador privado suministrado por el equipo del instrumento.

El instrumento HIPERCAM se integró en el telescopio durante el 17 al 21 abril de 2023 con un nuevo rotador para el Folded Cass G y el nuevo subsistema COMPO necesario para aumentar el campo de visión accesible para la adquisición de estrellas de referencia requeridas para observaciones de fotometría diferencial. Una vez finalizadas las pruebas en el cielo, el instrumento se incluyó en las operaciones regulares del GTC a partir de septiembre de 2023.

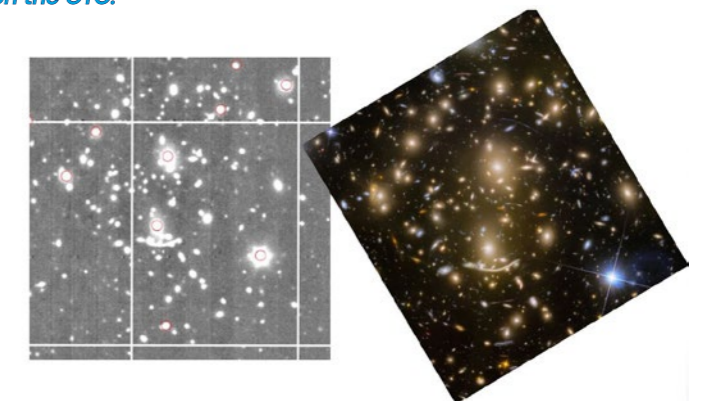
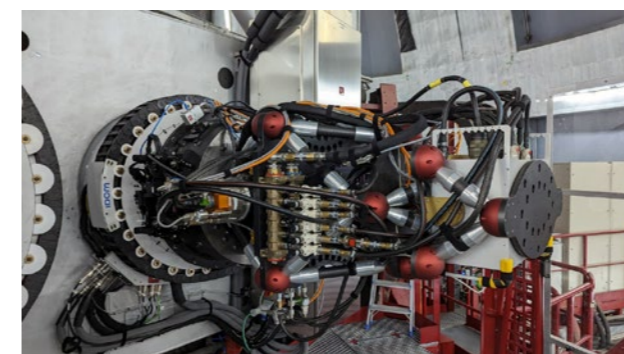


Imagen de la región central del cúmulo de galaxias Abell 370 en formato raw tomada con el renovado EMIR en la banda J (izquierda) y en el visible con el HST (derecha).

Image of the central region of the Abell 370 galaxy cluster in raw format taken with the renewed EMIR in the J band (left) and in the visible with the HST (right).

### HIPERCAM permanently installed at Folded Cass G

HIPERCAM was re-installed on the GTC using a private rotator provided by the instrument team.

The HIPERCAM instrument was integrated at the telescope in the period 2023 April 17-21 with a new folded Cass G rotator and the new COMPO subsystem needed to increase the available FOV to acquire reference stars for differential photometry observations. Once the sky tests were completed, the instrument was included in the regular operations of the GTC from September 2023.

HIPERCAM instalado en la nueva estación focal Folded Cass G.

HIPERCAM installed at new Folded Cass G focal station.

CCI 2023 - 65

# Integración y puesta en servicio de los sistemas de óptica adaptativa del GTC

## Integration and commissioning of the GTC adaptive optics systems

El sistema de óptica adaptativa del GTC (GTCAO) puede proporcionar al telescopio GTC imágenes casi limitadas por difracción en el infrarrojo cercano con el uso de una estrella de guía natural (NGS) más brillante que magnitud 14. Desde el principio, el sistema fue diseñado para ser actualizado a una estrella de guía láser de sodio (LGS), que puede aumentar significativamente la cobertura del cielo utilizando una estrella natural de *tip-tilt* más brillante a que magnitud 18. El sistema de GTCAO permitirá proporcionar imágenes con una resolución de  $\sim 40$  mas en banda *K*. Esto es más de diez veces mejor que las mejores condiciones de seeing en los mejores observatorios terrestres y es 1,6 veces mejor que la resolución del James Webb Space Telescope.

El GTCAO es un sistema postfocal de óptica adaptativa, mono-conjugado a la pupila del GTC. Está equipado con un único espejo deformable (DM) con 373 actuadores y un sensor de frente de onda Shack-Hartmann (SH-WFS) con 312 subaberturas. Las prestaciones requeridas del diseño del sistema prevén alcanzar un 65% de Strehl ratio en la banda *K* usando una estrella de guía natural brillante (NGS) en condiciones de seeing promedio del Observatorio. Hasta la llegada del European Large Telescope (ELT), el GTC es el telescopio óptico e infrarrojo más grande del mundo y, por lo tanto, proporcionará las imágenes de mejor resolución.

El sistema de GTCAO fue recibido en el laboratorio del IAC en 2023, fue transportado con éxito al Observatorio el 28 de junio, e integrado completamente en la plataforma Nasmyth-B del GTC, en tiempo récord, el 30 de junio. La primera luz técnica del instrumento tuvo lugar el 24 de Julio. A lo largo del último año, hemos llevado a cabo la puesta en marcha del sistema de GTCAO en tiempo brillante para afectar lo menos posible a los programas científicos. El 7 de septiembre de 2023, se cerró el lazo de alto orden de óptica adaptativa por primera vez en el cielo. El 29 de noviembre de 2023, pudimos cerrar todos los lazos de la óptica adaptativa, incluyendo las correcciones de *tip-tilt* y se obtuvieron las primeras imágenes cerca del límite de difracción del telescopio. Como parte de la verificación científica, hemos resuelto binarias cercanas, como DG CVn con una separación de  $\sim 70$  mas.

GRANTECAN espera poder ofrecer esta nueva y potente herramienta a la comunidad lo antes posible y de forma compatible, con una instalación eficiente y correcta de GTCAO dentro del ecosistema del telescopio.

The GTC adaptive optics (GTCAO) system can provide the GTC telescope with near diffraction-limited capabilities in the near infrared with the use of a natural guide star (NGS) brighter than 14 mag. From the beginning, the system was designed to be upgraded to a sodium laser guide star (LGS), which will significantly increase sky coverage using a tip-tilt star brighter than 18 mag. The GTCAO system will be able to provide images with a resolution of  $\sim 40$  mas in the *K*-band. This is more than ten times better than the best seeing conditions at the best ground-based observatories, and 1.6 times better than the resolution of the James Webb Space Telescope.

The GTCAO is a single-conjugate adaptive optics postfocal system, conjugated to the GTC's telescope pupil. It is equipped with a single 373-actuator deformable mirror (DM), and an OCAM2-based Shack-Hartmann wavefront sensor (SH-WFS) with 312 subapertures. The required performance of the system design is a 65% Strehl ratio in the *K*-band using a bright natural guide star with average seeing conditions at the Observatory. Until the arrival of the European Large Telescope (ELT), the GTC will be the largest optical and near-infrared telescope in the world and will therefore provide the highest-resolution images.

The GTCAO system was received at the IAC laboratory in 2023, successfully transported to the observatory on June 28 and fully integrated on the Nasmyth-B platform of the GTC in record time on June 30. We had first technical light of the instrument on July 24. Over the last year we have performed the commissioning of the GTCAO system during bright time to minimize the effects on scientific programmes. On 2023 September 7, we closed the adaptive optics high-order loop for the first time on sky. On 2023 November 29, we were able to close all the adaptive optics loops, including tip-tilt correction with M2, and were able to obtain the first images close to the diffraction limit of the telescope. As part of the science verification, we have resolved some close binaries, such as DG CVn at a separation of  $\sim 70$  mas.

GRANTECAN looks forward to offering this powerful new tool to the community as soon as possible and compatibly with an efficient and correct installation of GTCAO within the telescope ecosystem.

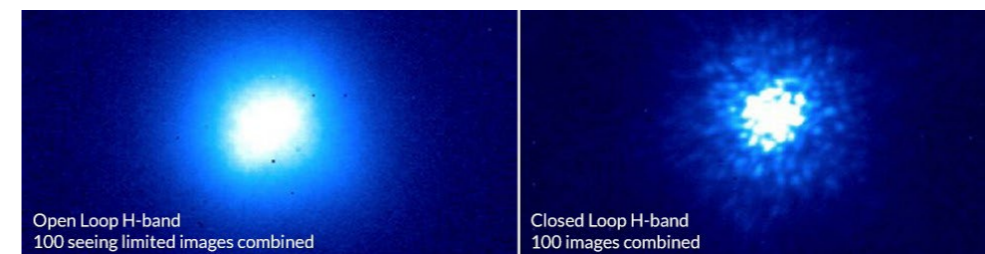
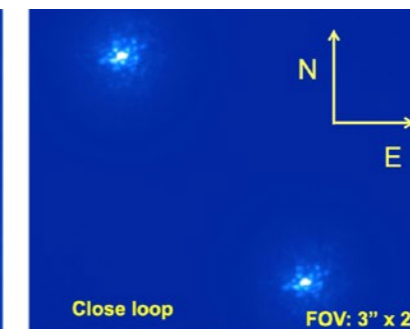
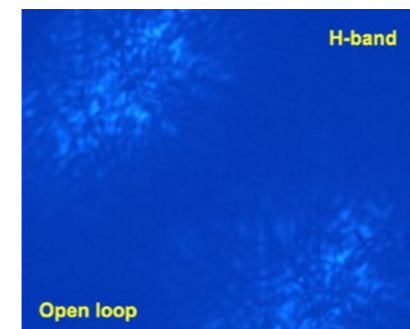
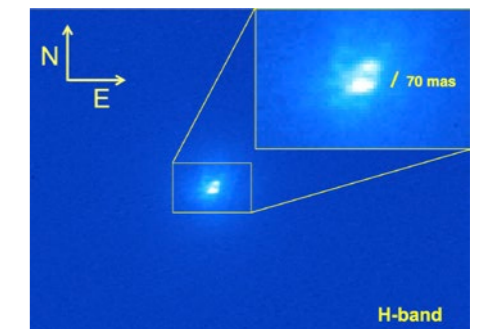


Imagen de HR8799 obtenida durante la primera luz técnica del GTCAO.

Image of HR8799 during the first technical light of the GTCAO.

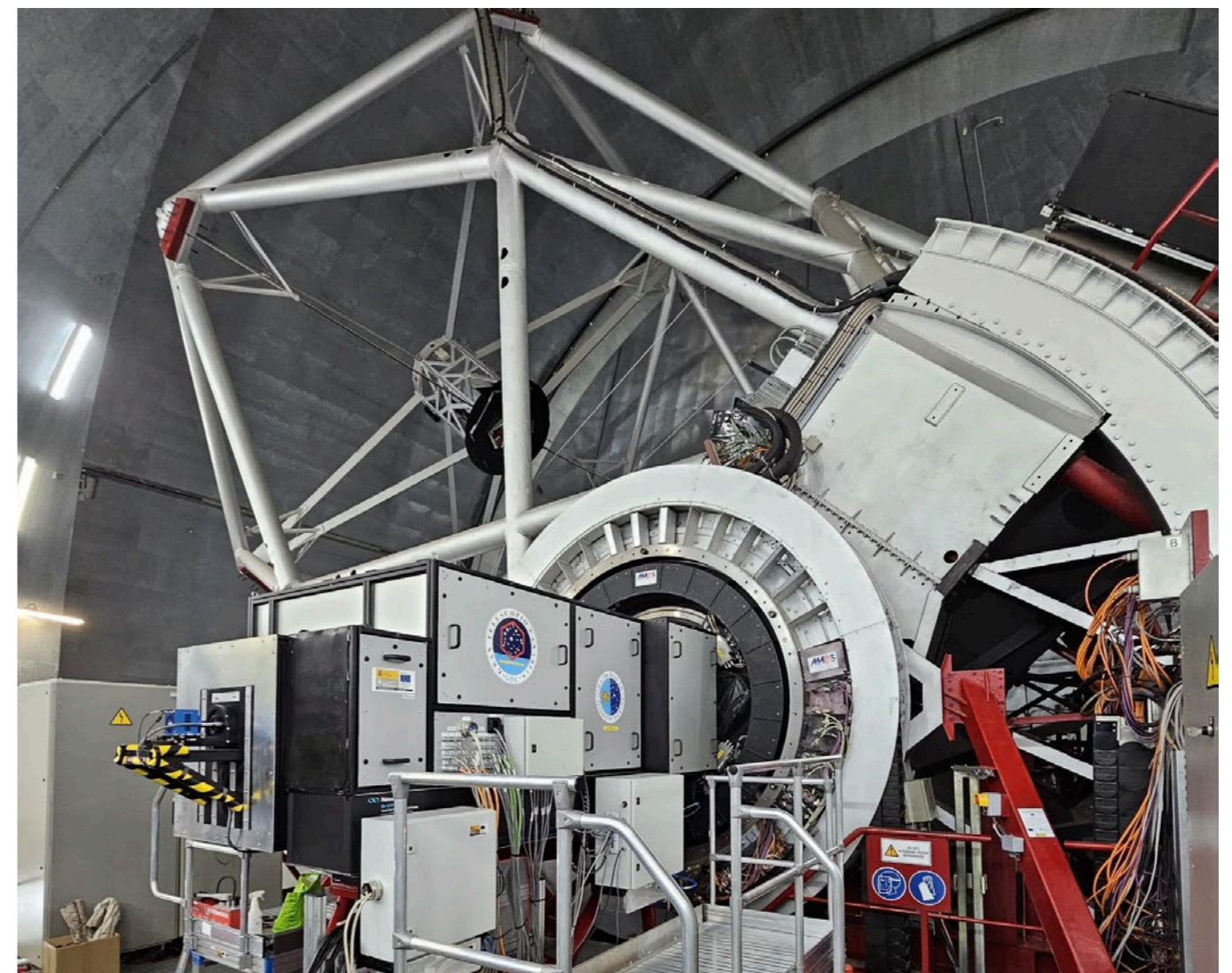


Imágenes de la binaria  $\xi$  UMa en lazo abierto (izquierda) y cerrado (derecha).  
TestCam images of the binary  $\xi$  UMa in open loop (left) and close loop (right).



Imágenes con la TestCam de la enana M binaria DG CVn M.

TestCam images of the dwarf binary DG CVn M.



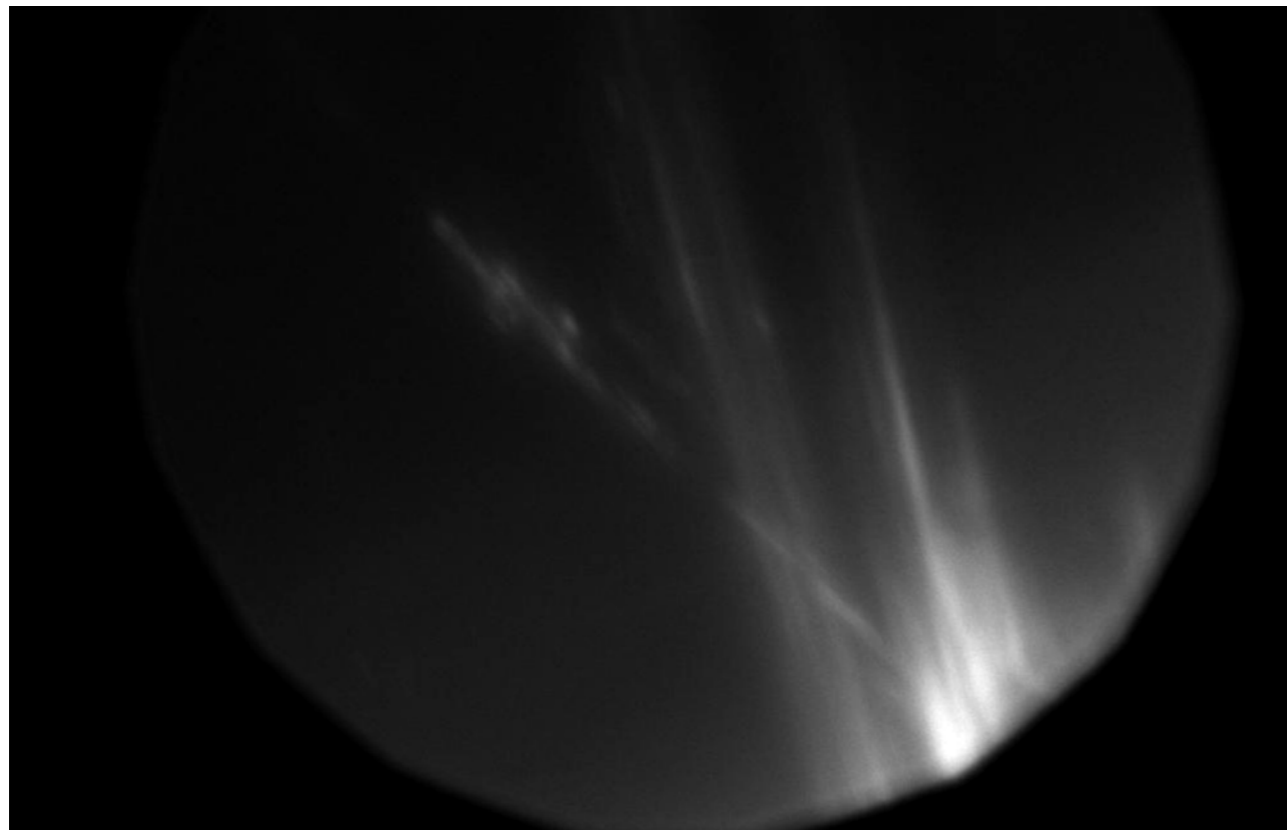
El GTCAO en la plataforma Nasmyth B del GTC.  
The GTCAO on the GTC Nasmyth B platform.

# Ampliación del sistema de óptica adaptativa GREGOR

## GREGOR adaptive optics system extended

El sistema GREGOR de óptica adaptativa (AO) diurna se ha ampliado con un sensor de frente nocturno de onda (WFS). El nuevo WFS tiene dos canales, cada uno con una cámara específica optimizada y para un propósito particular: uno para fijarse en estructuras  $H\alpha$  cercanas al borde solar, en el borde o en prominencias, y el otro para verdaderas observaciones nocturnas (investigación planetaria del sistema solar). La nueva unidad WFS está montada junto al sistema AO estándar. La alternancia entre el WFS diurno y el nocturno se realiza mediante una unidad motorizada de divisor del haz. La conmutación entre el canal  $H\alpha$  y el canal nocturno real se realiza mediante un intercambio motorizado del limitador del campo de entrada del WFS, el conjunto de lentes del WFS y la cámara del WFS.

The GREGOR daytime adaptive optics (AO) system has been extended with a night-time wave front sensor (WFS). The new WFS has two channels, each with an optimized dedicated camera for a particular purpose: one for locking onto  $H\alpha$  structures close to the solar limb, on the limb or in prominences, and the other for true night-time observations (Solar System planetary research). The new WFS unit is mounted next to the standard AO system. Switching between the daytime and night-time WFS is carried out by means of a motorized beam-splitter unit. Switching between the  $H\alpha$  channel and the true night-time channel is performed with a motorized exchange of the WFS entrance field stop, the WFS lenslet array and the WFS camera.



*Prominencias observadas con un filtro de interferencia  $H\alpha$  de 0,1 nm, datos de imagen sin procesar obtenidos mientras se utiliza el AO  $H\alpha$ . El campo de visión circular mide unos 20 segundos de arco de diámetro y los elementos más finos unos 0,2 segundos de arco.*

*Prominences observed with a 0.1 nm  $H\alpha$  interference filter, raw image data obtained while running the  $H\alpha$  AO. The circular field of view measures about 20 arcsec in diameter and the finest details measure about 0.2 arcsec.*

La necesidad de utilizar diferentes WFS para fijar las características en el disco solar, cerca del borde y fuera del borde surge del hecho de que el bucle de control del instrumento requiere un cierto contraste y tamaño de imagen mínimos para correlacionar los

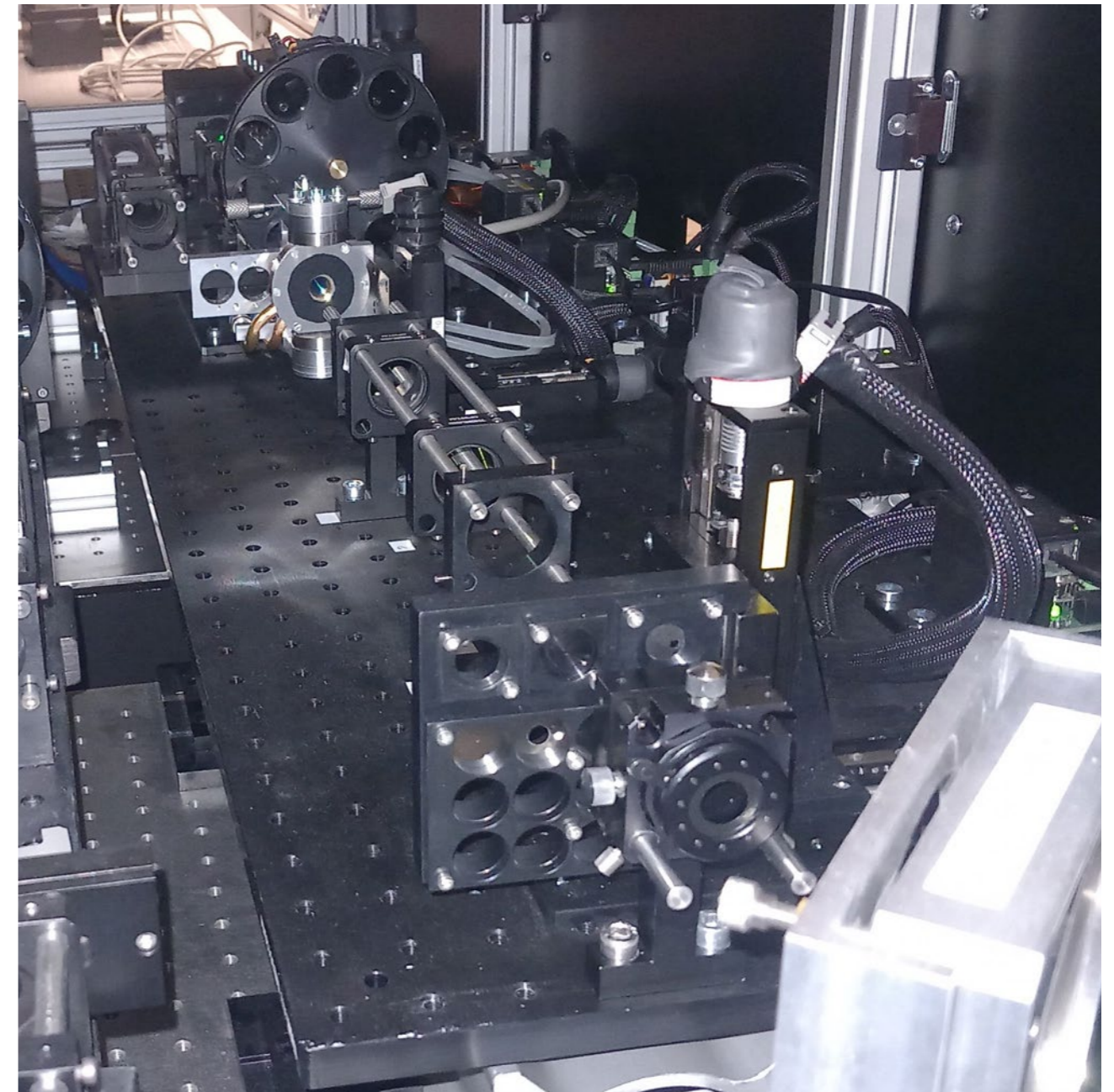
The need to use different WFSs for locking onto features on the solar disc, close to the limb and off-limb arises from the fact that the instrument control loop requires a certain minimum image contrast and image size to correlate the subfields of the image.

subcampos de la imagen. Cerca del borde, esto puede obtenerse utilizando luz en la línea  $H\alpha$ , mientras que el sistema AO normal, que funciona a 430 nm, carece de contraste en esta zona.

Close to the limb, this can be obtained by using light in the  $H\alpha$  line, whereas the regular AO system, which works at 430 nm, lacks contrast there.

Una vez demostrado que el concepto del instrumento funciona, se llevará a cabo una actualización con una cámara más rápida en 2024. En combinación con el postproceso de las imágenes, se obtendrán imágenes con una resolución espacial cercana al valor teórico de 0,1 segundos de arco.

Having demonstrated that the instrument concept works, an upgrade will be carried out with a faster camera in 2024. In combination with post-processing of the images, this should deliver images with a spatial resolution close to the theoretical value of 0.1 arcsec.



*El WFS nocturno en el laboratorio de óptica de GREGOR: la luz se refleja en el sistema a través del espejo situado en la parte inferior derecha. La rueda de filtros permite atenuar el nivel de luz para el canal  $H\alpha$ . Cada canal tiene su propio limitador de campo (en la parte delantera), conjunto de lentes (soporte brillante delante de la rueda de filtros) y cámara (oculta detrás de la rueda de filtros), cada uno optimizado para el objetivo respectivo (es decir, nivel de luz, longitud de onda, tamaño/forma).*

*The night-time WFS in the GREGOR optics lab: light is reflected into the system by the mirror in the lower right. The filter wheel allows attenuation of the light level for the  $H\alpha$  channel. Each channel has its own field stop (in the front), lenslet array (shiny holder in front of the filter wheel) and camera (hidden behind the filter wheel), each optimized for the respective target (i.e. light level, wavelength, size/shape).*



Durante 2023 nos visitó el cometa C/2022 E3 (ZTF), apodado el "Cometa Neandertál". Fotografía tomada con el telescopio C14 a f2.0 con Canon Ra.

The comet C/2022 E3 (ZTF), nicknamed the "Neanderthal Comet", visited us in 2023. Photo taken with the C14 telescope at f2.0 with a Canon Ra camera.

## Los dos telescopios STELLA funcionan actualmente con controladores lógicos programables

### Both STELLA telescopes now with programmable logic controllers



Los dos telescopios STELLA funcionan actualmente con la última generación de controladores lógicos programables (PLC). Algunos de sus componentes electrónicos más antiguos, principalmente los controladores de motor, ya han llegado al final de su vida útil. A finales de 2022, se cambió la lógica de los controladores de motor estándar de STELLA-I a PLC. En 2023, añadimos STELLA-II y también cambiamos a un nuevo sistema de supervisión de energía del observatorio. La nueva distribución eléctrica aumentó significativamente, y estabilizó, la precisión de adquisición de ambos telescopios, pero en particular disminuyó drásticamente las omnipresentes oscilaciones del codificador. Además, STELLA puede ahora rastrear objetos no sidéreos.

Both STELLA telescopes are now operating with the latest generation of programmable logic controllers (PLCs). Some of their older electronic core components, mainly motor controllers, have already reached the end of their lives. In late 2022, we had switched over to the standard motor controller logics of STELLA-I to PLCs. In 2023, we added STELLA-II and also switched to a new observatory power-monitoring system. The new electrical layout significantly increased, and stabilized, the acquisition accuracy of both telescopes, but in particular dramatically decreased the omnipresent encoder oscillations. Moreover, STELLA can now track non-sidereal objects.



El nuevo control de potencia STELLA. Su núcleo se basa actualmente en PLC fabricados por Beckhoff y permiten una gestión avanzada de la energía. Se muestran 24 horas de potencia, corriente de línea neutra y voltaje según suministrado a los telescopios el 18 de junio de 2024.

The new STELLA power monitoring. Its core is now based on PLCs produced by Beckhoff and allows advanced power management. Shown are 24 hours of power, neutral-line current and voltage as provided to the telescopes on 2024 June 18.

## Inauguración de WEAVE en el WHT Inauguration of WEAVE on the WHT

WEAVE, un potente espectrógrafo multi-fibra instalado en el WHT, fue inaugurado el 30 de octubre de 2023.

La ceremonia de inauguración reunió en La Palma autoridades de las agencias financiadoras de la ciencia de los países miembros del Consorcio WEAVE, así como a una gran representación de los más de 500 miembros de los equipos científicos y organizaciones que participaron en el diseño y construcción de WEAVE. Fue la mayor concentración de personas en la historia en el interior de la cúpula del WHT.

El ING inició el proyecto WEAVE hace más de 10 años cuando la Hoja de Ruta para la Astronomía Europea, propuesta por la organización Astronet, enfatizó la necesidad de espectroscopía multi-fibra de gran campo para explotar ingentes cantidades de datos tales como los proporcionados por el satélite Gaia de la Agencia Espacial Europea (ESA). Esto dio la oportunidad de un nuevo rol al WHT, equipado con una de las mayores lentes astronómicas construidas hasta la fecha.

Tras años de diseño y construcción de sus múltiples componentes, en países de cuatro continentes, WEAVE se instaló en el WHT en mayo 2022, y tuvo su primera luz científica en diciembre de ese año. Varios de sus modos de observación fueron calibrados y comisionados durante el 2023, y se tomaron datos de verificación científica.

La inauguración de WEAVE coincide con el inicio de su explotación científica; específicamente, el comienzo de los grandes cartografiados y las observaciones en tiempo internacional (ITP) y tiempo abierto usando su unidad de gran campo integral.

*Composiciones de J. S. Bach, F. Schubert y William Herschel (el músico-astrónomo del siglo XVIII que da nombre al WHT) pusieron la banda sonora a la proyección de colores en el evento de inauguración de WEAVE en la cúpula del WHT. La música fue interpretada bajo el telescopio por el Grupo Sempiternum (profesores de la Escuela Insular de Música de La Palma).*

*Works of J. S. Bach, F. Schubert and William Herschel (the 18th century musician-turned-astronomer after whom the WHT is named) added sound to the light show that marked WEAVE's inauguration in the WHT dome. The music was performed on the observing floor of the WHT by the Sempiternum Ensemble (professors of the Escuela Insular de Música de La Palma).*



WEAVE, a powerful, next-generation multi-fibre spectrograph installed on the WHT, was inaugurated on 2023 October 30.

The inauguration ceremony brought to La Palma leaders of the science funding agencies from countries in the WEAVE Partnership, and there was a strong representation from the 500 members of the science teams and the organizations involved in the design and construction of WEAVE, making it the largest ever gathering of people inside the dome of the WHT.

The ING launched the WEAVE project more than ten years ago after Astronet's Roadmap for European Astronomy highlighted the need for wide-field spectroscopy using optical fibres to exploit large data sets, such as those provided by the European Space Agency's (ESA) Gaia satellite. This provided the opportunity for a new role for the WHT, now refurbished and equipped with one of the largest astronomical lenses ever built.

After years of design and construction of its multiple elements in countries on four continents, WEAVE was installed at the WHT in May 2022 and obtained its first scientific data in December of that year. Several of its observing modes were fine-tuned during 2023, and data have been obtained to verify its scientific capabilities.

The inauguration of WEAVE marks the beginning of its regular scientific exploitation and, more specifically, the kick-off of the WEAVE Survey, international (ITP) and open-time programmes using its large integral-field unit.



# Enlaces ópticos entre los Observatorios de Canarias

## Optical links between the Canary Islands observatories

Los Observatorios de Canarias llevan varias décadas desarrollando un gran número de actividades en el campo de las comunicaciones ópticas en espacio libre. De hecho, cuentan con una configuración única en el mundo en la cual dos observatorios gestionados por el IAC tienen una línea de visión directa entre ellos, lo que proporciona un entorno ideal para probar tecnologías de comunicaciones ópticas en entornos relevantes, muy similares a los de los enlaces con satélites de órbita baja cuando el satélite empieza a aparecer en el horizonte.

Este enlace ha sido utilizado en múltiples experimentos en el pasado, uno de los cuales recibió el premio Nobel de Física en 2022. El IAC tiene previsto llevar a cabo las reformas necesarias en el JKT, así como construir un nuevo edificio en el OT, para proporcionar a la comunidad científica internacional una infraestructura de pruebas fácilmente accesible y equipada con los elementos necesarios para realizar ensayos de desarrollo de comunicaciones ópticas en espacio libre.

En febrero de 2023, un consorcio internacional de instituciones de Alemania, Austria y España realizó pruebas destinadas, entre otras cosas, a verificar la viabilidad de los enlaces con la carga útil prevista para el satélite ALISIO-1, que es el módulo CubeLCT fabricado por la empresa TESAT. Para ello, se instaló uno de estos módulos en el techo del JKT y se establecieron enlaces con el OGS situado en el Observatorio del Teide, donde se había instalado una baliza de 1590 nm y un receptor de 1550 nm. También se instaló un sensor de frente de onda Shack-Hartmann para evaluar la turbulencia existente, junto con un sistema de corrección de *tip-tilt* desarrollado por TUWien, cuyos resultados se muestran aquí.

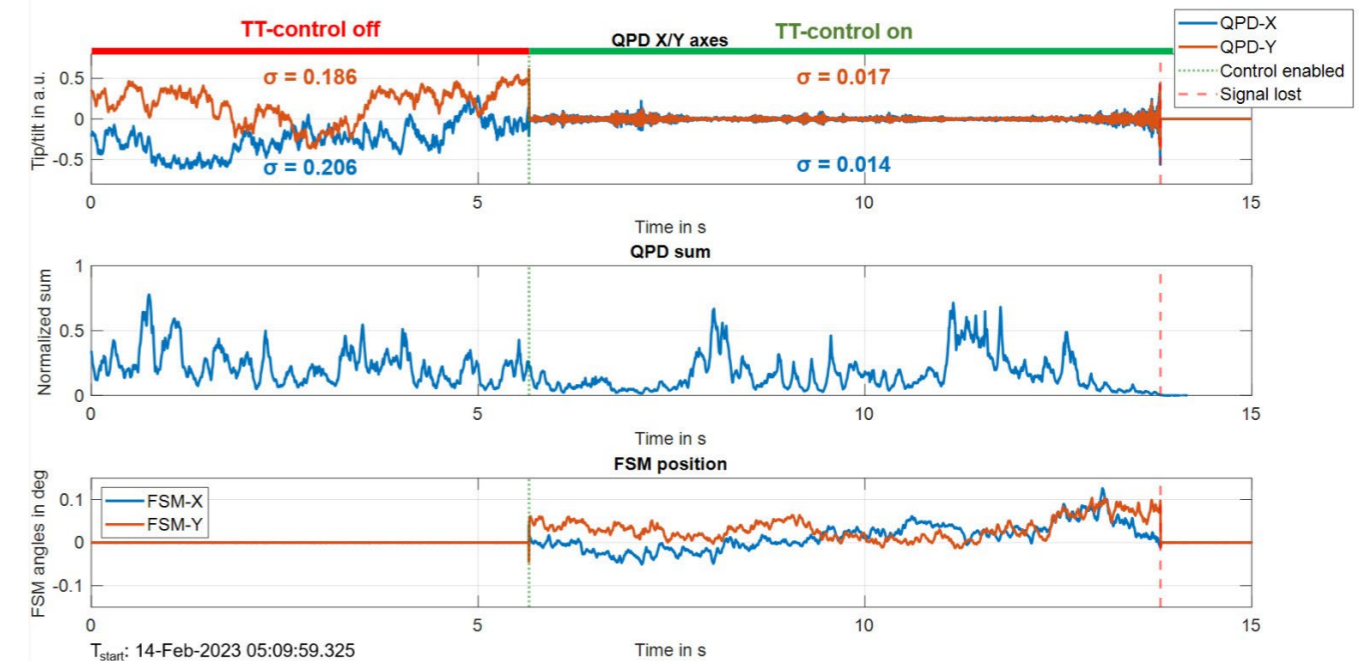
En septiembre de 2023, el equipo de FSOC del IAC realizó pruebas de enlace emitiendo un láser de 1590 nm desde el techo del JKT utilizando un telescopio de 25 cm de apertura. Instalaron un sensor de frente de onda en el OGS, tanto con la configuración Shack-Hartmann como con la plenóptica, para comprobar sobre el terreno las ventajas de la configuración plenóptica que las simulaciones han demostrado, especialmente en casos de alta turbulencia.

The Canary Islands Observatories have been carrying out a large number of activities in the field of free-space optical communications for several decades. In fact, they have a unique set-up in the world where two observatories managed by the IAC have a direct line of sight between them, thus providing an ideal environment for testing optical communication technologies in relevant settings, very similar to those for links with low Earth orbit satellites when the satellite starts to appear on the horizon.

This link has been used in multiple experiments in the past, one of which received the Nobel Prize in Physics in 2022. The IAC intends to carry out the necessary renovations on the JKT and construct a new building at the OT to provide the international scientific community with an easily accessible testing infrastructure equipped with the necessary elements for conducting free-space optical communication development tests.

In February 2023, an international consortium of institutions from Germany, Austria and Spain conducted tests aimed, among other things, at verifying the feasibility of the links with the payload planned for the ALISIO-1 satellite, which is the CubeLCT module manufactured by the TESAT company. For this purpose, one of these modules was installed on the roof of the JKT, and links were established with the OGS located at the Teide Observatory, where a 1590 nm beacon and a 1550 nm receiver had been installed. A Shack-Hartmann wavefront sensor was also installed to evaluate the existing turbulence, along with a tip-tilt correction system developed by TUWien, whose results are shown here.

In September 2023, the IAC's FSOC team conducted link tests by emitting a 1590 nm laser from the roof of the JKT using a 25 cm aperture telescope. They installed a wavefront sensor at the OGS, configured with both Shack-Hartmann and plenoptic set-ups, to verify in the field the advantages of the plenoptic configuration that simulations have demonstrated, particularly in cases of high turbulence.



Medida en el tiempo de desviaciones tip-tilt (arriba), suma de señales normalizadas en el QPD (centro) y la posición del FSM (abajo).

Measured time signals of tip-tilt deviations (top), the corresponding sum signal of the QPD (centre) and the FSM position (bottom).



Fotos tomadas desde la parte superior del edificio del Jacobus Kapteyn en el ORM mientras se realizaba el apuntado grueso a la OGS del Observatorio del Teide. La distancia entre ambas es de 144Km.

Photos taken from the top of the Jacobus Kapteyn building at the ORM during the rough alignment towards the OGS at the OT. The distance between them is 144 km.



Imagen recibida en el Wavefront sensor plenoptico ubicado en la OGS del OT, tras la recepción de un láser de 1590 nm emitido desde el ORM. En esta actividad se tomaron datos que sirvieron para caracterizar la atmósfera y medir la turbulencia.

Image received on the plenoptic Wavefront sensor located at the OGS in the OT, after receiving a 1590 nm laser emitted from the ORM. Data collected during this activity was used to characterize the atmosphere and measure turbulence.

# Banco de pruebas de óptica adaptativa para EST

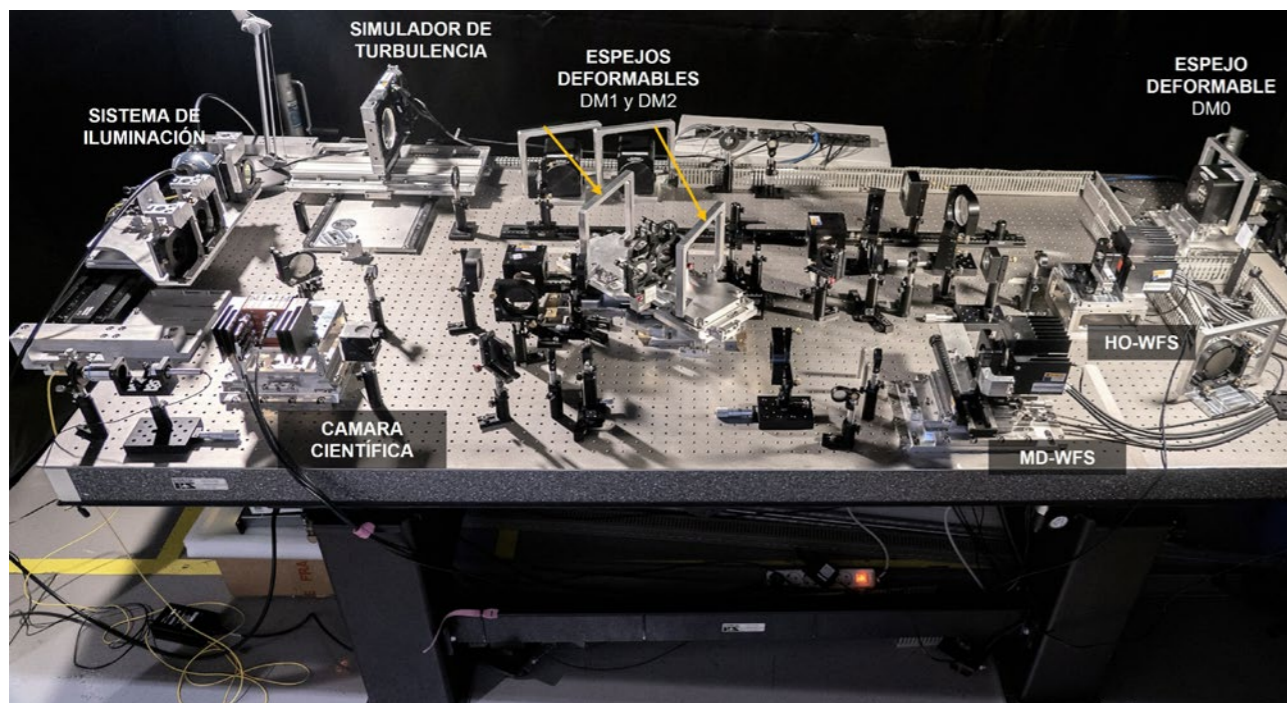
## Adaptive optics test bench for EST

El Telescopio Solar Europeo (EST) de 4,2 m está destinado a estudiar el proceso magnético entre la fotosfera profunda y la alta cromosfera. Para proporcionar imágenes de alta resolución espacial en un campo de visión (FoV) circular de 60 segundos de arco, el EST corregirá el efecto de la turbulencia atmosférica, que es muy fuerte en condiciones de observación diurnas. Para estudiar la mejor estrategia en términos de detección y corrección de frente de onda, se ha desarrollado un banco de pruebas del prototipo de óptica adaptativa multi-conjugada (MCAO) para EST con el fin de simular las condiciones de trabajo del telescopio en el Observatorio del Roque de los Muchachos, en La Palma.

El banco de pruebas puede configurarse para diferentes montajes de óptica adaptativa. Está equipado con un conjunto de tres sensores de frente de onda Shack-Hartmann (SH-WFS) para realizar tomografías de toda la atmósfera. También cuenta con tres espejos deformables. El banco de pruebas está equipado con un sistema de iluminación capaz de simular fuentes puntuales y extendidas para representar objetos como estrellas, granulación solar o manchas solares. Este sistema está acoplado a un simulador de turbulencias compuesto por pantallas de fase para generar diversos perfiles atmosféricos.

The 4.2 m European Solar Telescope (EST) is intended to study the magnetic process between the deep photosphere and upper chromosphere. In order to provide images at high spatial resolution in a 60 arcsec circular field of view (FoV), the EST will correct the effect of atmospheric turbulence, which is very strong in daytime observing conditions. To study the best strategy in terms of sensing and wavefront correction, a test bench multi-conjugate adaptive optics (MCAO) prototype for EST has been developed to simulate the working conditions of the telescope at Roque de los Muchachos Observatory on La Palma.

The test bench can be configured for different adaptive optics set-ups. It is equipped with a set of three Shack-Hartmann wavefront sensors (SH-WFSs) to perform tomography of the entire atmosphere. It also features three deformable mirrors. The test bench is equipped with an illumination system capable of simulating both point-like and extended sources to represent objects such as stars, solar granulation and sunspots. This system is coupled with a turbulence simulator composed of phase screens for generating of a variety of atmospheric profiles.



El banco de pruebas de MCAO.

The MCAO test bench.

Hasta la fecha, se han probado configuraciones de óptica adaptativa conjugada simple (SCAO) y de óptica adaptativa de capa terrestre (GLAO) mediante reconstrucción modal y zonal. Se puede alcanzar una relación Strehl del 60% para una fuente puntual con  $r_0 = 10$  cm. La corrección es homogénea en todo el campo, pero empeora en capas atmosféricas más altas. En SCAO se observa una corrección del centro del campo por granulación solar. Se han desarrollado nuevas estrategias de calibración para mejorar el rendimiento del sistema. Asimismo, se está integrando el primer espejo de altitud para las pruebas de MCAO.

To date, single conjugate adaptive optics (SCAO) and ground layer adaptive optics (GLAO) configurations have been tested using both modal and zonal reconstruction. A Strehl ratio of 60% can be achieved for a point source with  $r_0 = 10$  cm. The correction is homogeneous throughout the field but worsens for higher atmospheric layers. Correction of the centre of the field for solar granulation is observed for SCAO. New calibration strategies have been developed to improve system performance. The first altitude mirror is currently being integrated for MCAO testing.

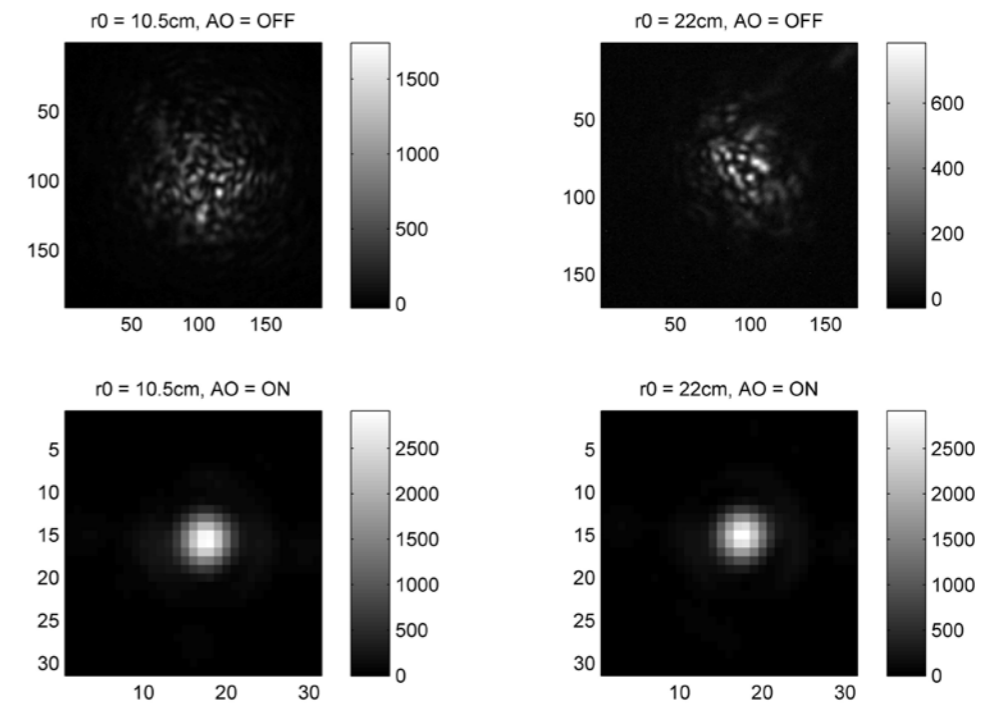
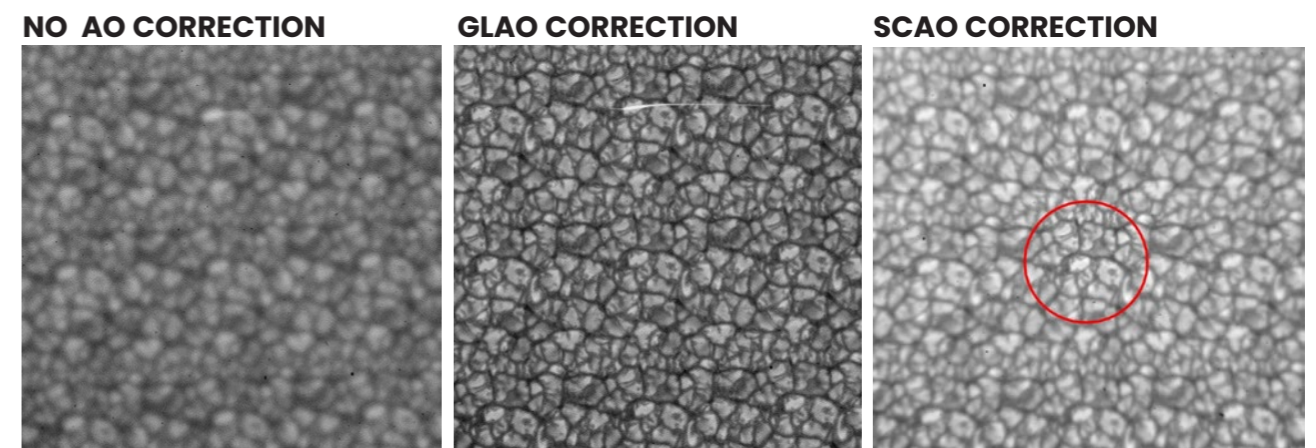


Imagen puntual a 10 segundos de arco difuminada por una turbulencia caracterizada por un parámetro Fried ( $r_0$ ) de 10cm a 500nm, sin corrección de AO (izquierda); con corrección de AO y Strehl del 60% (derecha).

Figure 2 Point-like source at 10 arcsec FoV blurred by a turbulence characterised by a Fried parameter ( $r_0$ ) of 10 cm for at 500 nm wavelength. No AO correction (left); with AO correction and Strehl of 60% (right).



Granulación solar borrosa debido a la turbulencia caracterizada para un  $r_0 = 10$  cm a 500 nm. Sin corrección de AO (izquierda). La imagen corregida utilizando la configuración GLAO proporciona un FoV corregido uniforme (centro). SCAO sólo corrige el campo de visión de 10" (derecha).

Blurred solar granulation due to turbulence characterised for  $r_0 = 10$  cm at 500 nm. No AO correction (left). The corrected image using GLAO configuration provides a uniform corrected FoV (middle). SCAO just corrects the central 10" FOV (right).





**OCAN  
Y SOCIEDAD**

**OCAN  
& SOCIETY**

# Eventos, divulgación y acción social en 2023

## Events, outreach and social action in 2023

### EVENTOS, DIVULGACIÓN Y ACCIÓN SOCIAL EN 2023

El IAC tiene como uno de sus objetivos estructurales la divulgación del trabajo científico y tecnológico que se lleva a cabo en los Observatorios de Canarias (OCAN) y, también, que estos sirvan de vehículo para fomentar el conocimiento científico en la población y despertar vocaciones en las áreas STEAM.

La Unidad de Comunicación y Cultura Científica (UC3) del IAC es la encargada, en coordinación con el resto de áreas y unidades del centro, de canalizar las acciones y actividades de divulgación, educación y comunicación que garanticen que se cumplen los objetivos antes mencionados.

La UC3 organiza, para ello, desde visitas de centros educativos a los OCAN hasta actividades de divulgación para el público general como jornadas de puertas abiertas, formación de profesorado y alumnado o gestión de entrevistas y reportajes de medios de comunicación locales, nacionales e internacionales. A esto se suman la gestión de los medios de comunicación propios, como redes sociales, con el fin de difundir la actividad que se realiza en los observatorios astrofísicos de La Palma y Tenerife a los distintos públicos.

### EVENTS, OUTREACH AND SOCIAL ACTION IN 2023

One of the IAC's structural objectives is to disseminate the scientific and technological work carried out at the Canary Islands Observatories (OCAN) and also to ensure that these serve as a vehicle to promote scientific knowledge among the population and to awaken vocations in STEAM areas.

The IAC's Scientific Communication and Culture Unit (UC3) is responsible, in coordination with the other areas and units of the centre, for conducting outreach, education and communication actions, and activities to ensure that the aforementioned objectives are met.

To this end, UC3 organises everything from educational visits to the OCAN to outreach activities for the general public, such as open days, teacher and student training, and the management of interviews and reports by local, national and international media. In addition to this, we manage our own media, such as social networks, in order to disseminate the activities undertaken at the astrophysical observatories of La Palma and Tenerife to different audiences

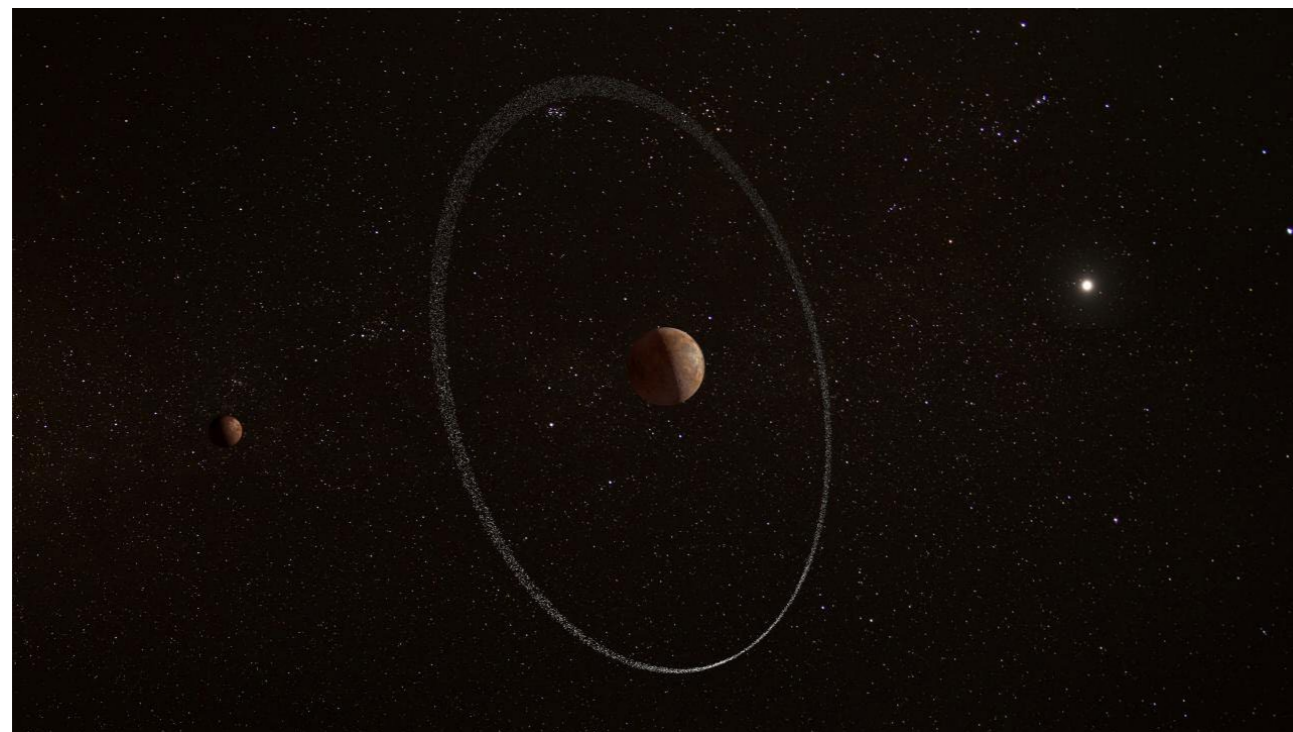


Ilustración del sistema de anillos de Quaoar.  
Illustration of the Quaoar ring system.

### PRENSA Y MEDIOS DE COMUNICACIÓN

Una parte muy importante de la acción de comunicación externa de los OCAN se canaliza a través de la acción del equipo de comunicación de la UC3.

En este sentido, en 2023 se publicaron alrededor de 34 notas de prensa relacionadas de manera directa con la actividad científica o institucional de los OCAN. De ellas, un tercio han versado sobre descubrimientos publicados en revistas de alto impacto y las otras han sido noticias institucionales, organizativas o de actividades científicas. Gran parte de los descubrimientos más destacados llegaron a los medios nacionales e internacionales. Además, se realizaron decenas de grabaciones de televisiones y productoras de todo el mundo.

Algunas de las notas de prensa con muy alto alcance mediático han sido, por ejemplo, el anuncio de que «El telescopio LST-1 en La Palma descubre el cuásar más lejano en muy altas energías» publicado en *Astronomer's Telegram*; y «el hallazgo de una gigante corriente de estrellas en el cúmulo de Coma» publicado en *A&A* y que se produjo a través del Telescopio William Herschel, que también fue protagonista en 2023 por haber inaugurado su nuevo espectrógrafo WEAVE.

El mayor telescopio del rango visible e infrarrojo del mundo, el Gran Telescopio Canarias (GTC), también fue protagonista de algunas noticias como la que tuvo lugar con la publicación en *The Astrophysical Journal* de un estudio sobre el brillo de los discos de las galaxias y el descubrimiento del anillo del planeta enano Quaoar, publicado en *Nature*. También ha sido protagonista el telescopio QUIJOTE con su cartografía del campo magnético de nuestra Galaxia, publicado en *MNRAS*.

### PRESS AND MEDIA

A very important part of the external communication action of the OCAN is channelled through the action of the UC3 team.

In this regard, around 34 press releases directly related to the scientific or institutional activity of the OCAN were published in 2023. Of these, one third were about discoveries published in high impact journals and the others were institutional, organisational or scientific activity news. Many of the most outstanding discoveries reached the national and international media. In addition, dozens of recordings were made by television and production companies from all over the world.

Some of the press releases with very high media coverage were, for example, the announcement that 'The LST-1 telescope on La Palma discovers the most distant quasar at very high energies' published in *Astronomer's Telegram*, and 'the discovery of a giant star stream in the Coma cluster' published in *A&A* and produced by the William Herschel Telescope, which was also in the limelight in 2023 for having inaugurated its new WEAVE spectrograph.

The world's largest visible and infrared telescope, the Gran Telescopio Canarias (GTC), was also the star of some news, such as the publication in *The Astrophysical Journal* of a study on the brightness of galaxy discs and the discovery of the ring of the dwarf planet Quaoar, published in *Nature*. The QUIJOTE telescope has also been in the spotlight with its cartography of the magnetic field of our Galaxy, published in *MNRAS*.



Grupo de invitados a la inauguración de WEAVE.  
Group of guests at the inauguration of WEAVE.



**Foto grupal de la Winter School.**  
**Group photo of the Winter School.**

A estas notas de prensa científicas se suma más de una veintena de notas y noticias web de índole más social e institucional como visitas oficiales, reuniones o encuentros de todo tipo que han tenido como protagonistas a los OCAN.

La inauguración del nuevo espectrógrafo del Telescopio William Herschel, WEAVE, en el Observatorio del Roque de los Muchachos (ORM) también fue protagonista de las actividades de comunicación del año 2023.

#### ESCENARIO AUDIOVISUAL

En 2023 se retransmitieron cuatro eventos astronómicos a través del canal Sky-Live.TV, del proyecto Interreg EELabs.

Los OCAN han sido también escenario de distintas grabaciones de proyectos audiovisuales como es el caso del llevado a cabo por Insularia Films con la película *La partitura del cosmos* o la serie de *Amazing* filmado por la productora Canarias Aerial.

A estas grabaciones se suman las realizadas por la BBC, Astrobiscuit, Spiegel T, Interprofit, Dutch National Broadcasters, Like a Shot Entertainment, Islabentura Films, RTVE and National Geographic, entre otros. Esto sin contar con las coberturas de los

In addition to these scientific press releases, there are more than twenty more social and institutional press releases, and web news items, such as official visits, meetings and encounters of all kinds that have had the OCAN as protagonists.

The inauguration of the William Herschel Telescope's new spectrograph, WEAVE, at Roque de los Muchachos Observatory (ORM) also featured in 2023 communication activities.

#### AUDIOVISUAL SCENARIO

In 2023, four astronomical events were broadcast on the Sky-Live.TV channel of the Interreg EELabs project.

The OCAN have also been the scene of various recordings of audiovisual projects such as the film *La partitura del cosmos* by Insularia Films and the *Amazing* series filmed by the Canarias Aerial production company.

In addition to these recordings, the BBC, Astrobiscuit, Spiegel T, Interprofit, Dutch National Broadcasters, Like a Shot Entertainment, Islabentura Films, RTVE and National Geographic, among others. Not to mention the coverage by the usual news services of the most popular regional and national television stations



**Inauguración CosmoLAB.**  
**CosmoLAB Inauguration**

habituales servicios informativos de las televisiones regionales y nacionales con más audiencia como TVC, TVE en Canarias, Antena 3 o Telecinco.

Con respecto a visitas y encuentros destacamos la que realizaron al Observatorio del Teide (OT) los participantes en la XXXIV Canary Islands Winter School of Astrophysics que se clausuró el 16 de noviembre, encuentro que fue comunicado por la UC3 y que fue recogido en las redes sociales del IAC. Algo similar a lo que ocurrió con el Primer Campamento de Astronomía del MIT en el OT.

También la inauguración del proyecto CosmoLab 2023-2027 en el OT que contó con la presencia del consejero Insular de Innovación del Cabildo de Tenerife, Juan José Martínez.

#### VISITAS INSTITUCIONALES Y EVENTOS

Dentro de las visitas destacadas se encuentran la del embajador de Japón al ORM; la del Grupo de Trabajo del Espacio del Consejo de la Unión Europea a ambos observatorios y la de los asistentes a la Conferencia de Infraestructuras de Investigación al OT; la del Secretario de Estado de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, David Lucas; y la del presidente del Cabildo de La Palma, Sergio Rodríguez.

Los presidentes de los Tribunales Superiores de Justicia (TSJ) de España también aprovecharon su encuentro anual celebrado en La Palma en junio de 2023 para desplazarse al ORM para conocer sus instalaciones y telescopios.

El agosto de 2023 el OT también tuvo protagonismo mediático, aunque esta vez debido al gran incendio

**El Grupo de Trabajo del Espacio del Consejo de Competitividad e Innovación de la Unión Europea (Grupo Espacio) en el OT.**

**The Space Working Group of the European Union's Competitiveness and Innovation Council (Space Group) at the OT.**



such as TVC, TVE in the Canary Islands, Antena 3 and Telecinco.



**Emilio García, administrador del ORM, junto al secretario de Estado de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, David Lucas, y la directora insular de la Administración del Estado, Ana María de León.**  
**Emilio García, ORM Administrator, together with the Secretary of State for Transport, Mobility and the Urban Agenda, David Lucas, and the Island Director of the State Administration, Ana María de León.**

With regards to visits and meetings, we would like to highlight the one held at the Teide Observatory (OT) by the participants in the XXXIV Canary Islands Winter School of Astrophysics, which ended on November 16, a meeting that was communicated by the UC3 and was reported on the IAC's social networks. Something similar to what happened with the First MIT Astronomy Camp at the OT.

Also, the inauguration of the CosmoLab 2023-2027 project at the OT, which was attended by the Tenerife Island Councillor for Innovation, Juan José Martínez.

que tuvo lugar en la isla de Tenerife y que casi afectó al OT. Por este motivo, la vicepresidenta tercera y ministra de Transición Ecológica en funciones, Teresa Ribera, el delegado del Gobierno en Canarias, Anselmo Pestana, la presidenta del Cabildo Insular de

## INSTITUTIONAL VISITS AND EVENTS

Among the most important visits were those of the Japanese ambassador to the ORM; the Space Working Group of the Council of the European Union to both



**El grupo de presidentes del TSJ de España en el ORM.**

*The group of Spanish TSJ presidents at the ORM.*

Tenerife, Rosa Dávila, y la consejera de Universidades, Ciencia, Innovación, Cultura y Patrimonio del Gobierno de Canarias, Migdalia Machín, visitaron el OT para recibir información del estado de las instalaciones tras el incendio. La visita fue atendida por el director del IAC, Rafael Rebolo, el jefe de operaciones telescópicas, Álex Oscoz, y el jefe de mantenimiento instrumental, Héctor Quintero.

observatories and of those attending the Conference on Research Infrastructures to the OT; the Secretary of State for Transport, Mobility and the Urban Agenda, David Lucas; and the president of the Cabildo of La Palma, Sergio Rodríguez.

Una de las acciones de comunicación más originales del año fue el acuerdo con el Club Baloncesto Lenovo Tenerife que llevó a parte de sus jugadores al OT a presentar a finales de 2022 su equipamiento «Orión» inspirado en el cielo de Canarias en colaboración con el IAC, con el que jugó varios partidos en la temporada 2022–2023 de la Liga Endesa.

The presidents of the Spanish High Courts of Justice (TSJ) also took advantage of their annual meeting held in La Palma in June 2023 to visit the ORM to see its facilities and telescopes.

In August 2023, the OT was also in the news media, although this time owing to the massive fire that took place on the island of Tenerife and almost affected



**(De derecha a izquierda) Rafael Rebolo, director del IAC, Teresa Ribera, vicepresidenta tercera, Anselmo Pestana, delegado del Gobierno en Canarias, Migdalia Machín, consejera de Universidades, y Rosa Dávila, presidenta del Cabildo de Tenerife.**

**(From right to left) Rafael Rebolo, IAC's Director, Teresa Ribera, Third Vice-President, Anselmo Pestana, Government Delegate in the Canary Islands, Migdalia Machín, Councillor for Universities, and Rosa Dávila, President of the Cabildo of Tenerife.**



## VISITAS ESCOLARES

En cuanto a las actividades educativas, en 2023 se mantuvieron y consolidaron los programas de visitas escolares a ambos observatorios. Así, el programa «Nuestros alumnos y el Roque» mantuvo el acceso del alumnado al Centro de Visitantes del ORM gracias a la colaboración con el Cabildo de La Palma.

El programa consta de una charla, que se imparte en los centros educativos y una visita al Observatorio llevada por voluntariado de las diferentes instituciones usuarias. En 2023 se realizaron 14 charlas y 17 visitas, con la participación de 627 estudiantes dentro del programa «Nuestros Alumnos» y 463 más de forma directa, lo que supone 1.090 visitas escolares.

the OT. For this reason, the Third Vice-President and acting Minister for Ecological Transition, Teresa Ribera, the Government Delegate in the Canary Islands, Anselmo Pestana, the President of the Island Council of Tenerife, Rosa Dávila, and the Councillor for Universities, Science, Innovation, Culture and Heritage of the Government of the Canary Islands, Migdalia Machín, visited the OT to receive information on the status of the facilities post-fire. The visit was attended by the director of the IAC, Rafael Rebolo, the head of telescopic operations, Álex Oscoz, and the head of instrumental maintenance, Héctor Quintero.

One of the most original communication actions of the year was the agreement with the Lenovo Tenerife Basketball Club that took some of its players to the OT to present at the end of 2022 its 'Orion' team equipment inspired by the sky of the Canary Islands in collaboration with the IAC, with which it played several games in the 2022–2023 season of the Endesa League.

## SCHOOL VISITS

In terms of educational activities, in 2023 the programmes of school visits to both observatories were maintained and consolidated. Thus, the programme 'Our Students and the Roque' maintained the access of students to the ORM Visitor's Centre in collaboration with the Cabildo de La Palma.

The programme consists of a talk given at educational centres and a visit to the Observatory led by volunteers from the different user institutions. In 2023, 14 talks and 17 visits were given, with the participation of 627 students within the 'Our Students' programme and 463 more directly, which means 1090 school visits.



**Alumnado del CEO Barlovento con Gloria Andreuzzi en el Telescopio Nazionale Galileo. Students of the CEO Barlovento with Gloria Andreuzzi at the Telescopio Nazionale Galileo.**

En Tenerife, 1609 escolares visitaron el OT a través del convenio con la empresa Volcano Teide que ofrece visitas gratuitas con guías especializados.

Fuera de las visitas escolares, el OT recibió en 2023 15.000 visitantes que fueron guiados por el personal de Volcano Teide y el ORM recibió más de 40.000 visitas que fueron guiadas por personal de distintas entidades colaboradoras. En el caso de La Palma, hay que añadir las 60.000 visitas sin guía que se recibieron en 2023 al tratarse de un observatorio abierto con paso libre por carretera.

### IAC INSPIRA

Dentro de los miles de visitantes a las instalaciones de ambos Observatorios, se recibió una realmente especial dentro del programa «IAC Inspira» con la llegada de la astronauta de reserva de la ESA, Sara García, en el OT, donde conoció de primera mano los proyectos que se realizan en el mismo y la instrumentación instalada en este observatorio. El personal del IAC le explicó las condiciones que hacen de Canarias un lugar privilegiado para la observación, así como los detalles de la Ley del Cielo.

### PUERTAS ABIERTAS

Los OCAN están en constante apertura de puertas para la población, pero hay dos fechas muy singulares en las que se ‘engalanan’. En Tenerife, se celebran las tradicionales jornadas de puertas abiertas en el OT cada verano en torno al solsticio. Esta actividad, organizada de forma conjunta por el OT y por la UC3, forma parte de las tareas de divulgación que realiza el IAC para que la ciudadanía pueda conocer de primera mano uno de los mejores observatorios del mundo, sus infraestructuras, el trabajo de su personal y la investigación astrofísica que en él se desarrolla.

**XV Reunión de la Sociedad Española de Astronomía.**

**XV Meeting of the Spanish Astronomy Society.**



In Tenerife, 1609 school children visited the Teide Observatory through the agreement with the company Volcano Teide, which offers free visits with specialized guides.

Besides school visits, in 2023 the OT received 15,000 visitors guided by Volcano Teide staff, and the ORM received more than 40,000 visits guided by staff from different collaborating organizations. In the case of La Palma, we must add the 60,000 unguided visits received in 2023 as it is an open observatory with free passage by road.

### IAC INSPIRA

Among the thousands of visitors to the facilities of both Observatories, a really special one was received as part of the ‘IAC Inspira’ programme with the arrival of the ESA reserve astronaut Sara García at the OT. She learned first-hand about the projects being carried out there and the instrumentation installed at the observatory. IAC staff explained to her the conditions that make the Canary Islands a such privileged place for observation, as well as details of the Sky Law.

### OPEN DAYS

The OCAN are constantly opening their doors to the public, but there are two very special dates when they ‘dress up’. In Tenerife, the traditional Open Days are held at the OT every summer around the solstice. This activity, organized jointly by the OT and the UC3, is part of the IAC’s outreach work so that the public can learn first-hand about one of the best observatories in the world, its infrastructures, the work of its staff and the astrophysical research carried out there.

During the visit, participants have contact with the different telescopes and professional instruments and receive talks given by scientific staff from the centre who explain the different lines of research being carried out at the IAC, from the study of the Sun and helioasteroseismology to microwave radiation,



**Vecinos de Garafía visitan GRANTECAN.**

**Citizens of Garafía visit GRANTECAN.**

Durante la visita, los participantes tienen contacto con los distintos telescopios e instrumentos profesionales y reciben charlas impartidas por personal científico del centro que explica las diferentes líneas de investigación que se realizan en el IAC, desde el estudio del Sol y la helioastrosismología hasta la radiación de microondas que da información sobre el cosmos en el proyecto Quijote. Las explicaciones se complementan con otras actividades como hacer observaciones solares en directo.

Estas jornadas despertaron un gran interés en el público que en menos de 24 h habían cursado solicitudes para más de 4.000 personas, aunque debido a la limitación de espacio en el Observatorio y en la zona de aparcamiento, solo se han podido aceptar 900 plazas.

En el caso del ORM, cada año en agosto se realiza una jornada de convivencia para todo el municipio de Garafía donde se favorece el contacto directo entre la población garafiana y el personal científico, técnico y laboral que trabaja en el Observatorio.

### PROYECTOS EDUCATIVOS

Los OCAN son esenciales para el avance de dos de los programas educativos más destacados de la UC3: el proyecto CosmoLAB y el proyecto PETeR.

El objetivo de CosmoLAB, que cuenta con la colaboración del Cabildo de Tenerife y de la Consejería de Educación del Gobierno de Canarias, es que la comunidad educativa de la isla de Tenerife identifique la cultura científica y el cielo de Canarias como parte de su propio patrimonio. Para ello se propone la



which provides information about the cosmos in the Quijote project. The explanations are complemented with other activities such as live solar observations.

This conference aroused great interest among the public, who in less than 24 hours had submitted applications for more than 4000 people, although due to limited space in the Observatory and in the parking area, only 900 places could be accepted.

Every year in August a day of conviviality is held at the ORM for the whole municipality of Garafía, where direct contact is encouraged between the Garafía population and the scientific, technical and working staff who work at the Observatory.

### EDUCATIONAL PROJECTS

The OCAN are essential for the progress of two of UC3’s most important educational programmes: the CosmoLAB project and the PETeR project.

The aim of CosmoLAB, with which the Cabildo of Tenerife and the Department of Education of the Canary Islands Government collaborates, is for the educational community of the island of Tenerife

formación y motivación apropiadas del profesorado, el uso de material adecuado para realizar observaciones y utilizar el método científico sobre nuestro laboratorio astronómico más cercano, el Sistema Solar, y dar apoyo y soporte continuo a toda la comunidad educativa.

Para que el profesorado se sienta cómodo y confiado a la hora de usar los telescopios ubicados en los CEP, se ofrece una formación específica en montaje y uso de telescopios nocturnos y solares. Para garantizar el cuidado de dichos equipamientos, tan solo los docentes que hagan la formación pueden pedirlos en préstamo y llevarlos a sus centros.

Estas formaciones se realizan en dos acciones: la primera en el CEP, con una duración de 3 h, y una segunda en el OT, con una duración de 7 h, generalmente en grupos de diez profesores.

Por su parte, el Proyecto PETeR permite a escolares realizar observaciones y proyectos de investigación usando telescopios robóticos de los OCAN y otros observatorios.

Con este proyecto se ha llegado a 445 centros educativos de toda España y a aproximadamente a 13.000 estudiantes desde Primaria a Bachillerato y Formación Profesional.

En este año se han realizado observaciones y elaborado nuevos recursos didácticos y contenidos para la web y se han impartido 12 horas de formación online a un total de 510 docentes de España y Argentina.

Se ha presentado el proyecto en el evento internacional *Mediterranean Regional STEAM Astronomy Summer School* (IAU) y se han mantenido reuniones y colaboraciones con representantes de otros programas educativos nacionales e internacionales: Consejerías de Educación de Canarias, Madrid y Valencia, programa de socios educativos del LCO (44 instituciones de todo el mundo), National Schools' Observatory (NSO), Faulkes Telescope Project (FTP), NUCLIO, proyecto CESAR (ESAC), IAA, proyecto ExoClock (Ariel, ESA), etc.

Además, se ha organizado la XIX Escuela Internacional para profesorado «Astronomy Education Adventure in the Canary Islands», organizada por el IAC, en el marco de PETeR y el programa Severo Ochoa, en colaboración con NUCLIO, NSO, FTP y CESAR. En esta edición se llegó a 65 educadores de 19 países.

to identify the scientific culture and the sky of the Canary Islands as part of their own heritage. To this end, this project proposes the appropriate training and motivation of teachers, the use of suitable material to carry out observations and use the scientific method on our nearest astronomical laboratory, the Solar System, and to give continuous support and assistance to the entire educational community.

To help teachers feel comfortable and confident when using the telescopes located in the PECs, specific training is offered in the assembly and use of night and solar telescopes. To guarantee the care of this equipment, only teachers who take the training can borrow them and take them to their centres.

These training sessions are conducted in two stages: the first at the CEP, lasting 3 h, and the second at the OT lasting 7 h, generally in groups of ten teachers.

The PETeR project enables school children to carry out observations and research projects using robotic telescopes at the OCAN and other observatories.

This project has reached 445 educational centres throughout Spain and approximately 13,000 students from Primary to Baccalaureate and Vocational Training.

This year, observations have been made and new teaching resources and web content have been developed, and 12 h of online training have been given to a total of 510 teachers from Spain and Argentina.

The project has been presented at the international event *Mediterranean Regional STEAM Astronomy Summer School* (IAU), and meetings and collaborations were held with representatives of other national and international educational programmes: Education Ministries of the Canary Islands, Madrid and Valencia, LCO educational partners programme (44 institutions worldwide), National Schools' Observatory (NSO), Faulkes Telescope Project (FTP), NUCLIO, CESAR project (ESAC), IAA, ExoClock project (Ariel, ESA), etc.

In addition, the XIX International School for teachers, 'Astronomy Education Adventure in the Canary Islands', was organized by the IAC, within the framework of PETeR and the Severo Ochoa programme, in collaboration with NUCLIO, NSO, FTP and CESAR. This school reached 65 educators from 19 countries.



# SLOOH: el aula cósmica

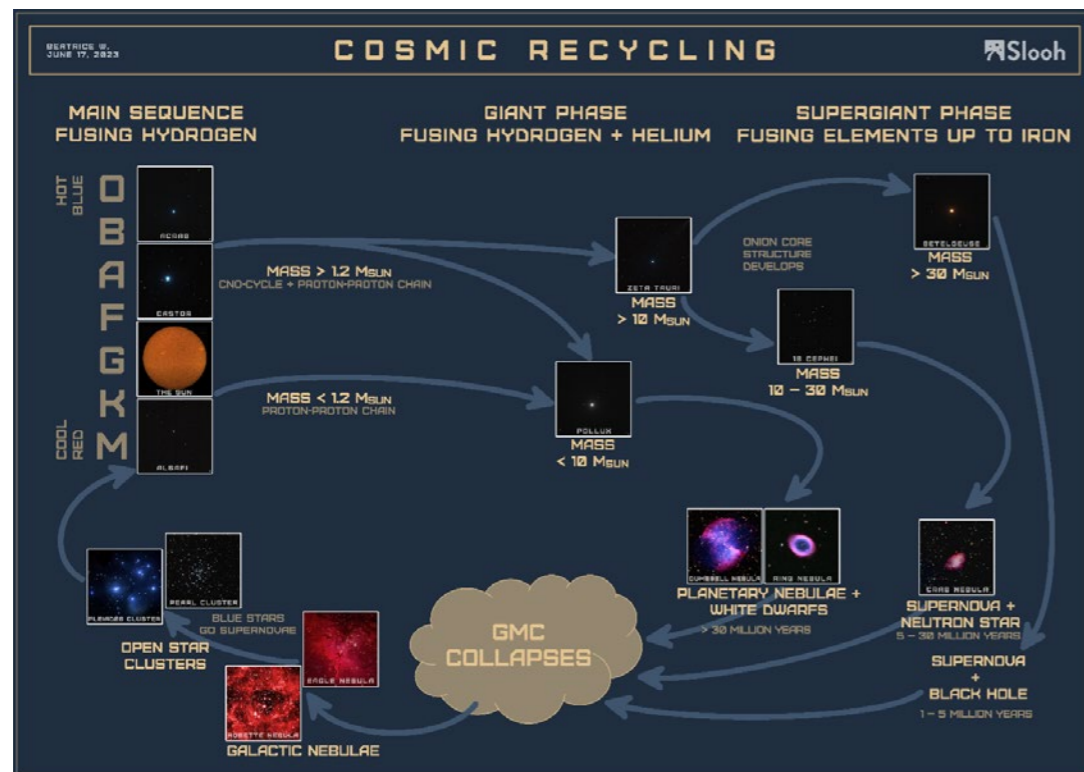
## SLOOH: The cosmic classroom

### PLATAFORMA DE EDUCACIÓN ASTRONÓMICA EN LÍNEA

En 2023, las actividades de Slooh destacaron por el lanzamiento de la beca Slooh's Space Exploration. Este innovador programa tenía como objetivo ampliar la accesibilidad de la plataforma a las escuelas clasificadas de Título 1 y a los estudiantes que no tenían un acceso adecuado a la enseñanza de la astronomía. Michael Paolucci, fundador de Slooh, subrayó con razón: «No enseñarías biología sin un microscopio; ¿por qué enseñar lo relativo al espacio sin un telescopio?»

### ONLINE ASTRONOMY EDUCATION PLATFORM

In 2023, Slooh's activities were notable for the launch of the Slooh's Space Exploration Grant. This innovative programme aimed to broaden the platform's accessibility to Title 1 schools and students who did not have adequate access to astronomy education. Michael Paolucci, the founder of Slooh, rightfully emphasized, 'You wouldn't teach biology without a microscope; why teach about space without a telescope?'



La búsqueda de infografías incorpora las imágenes que los estudiantes capturan de los telescopios en directo y las respuestas que han escrito durante la búsqueda.

Quest infographics incorporate the images students capture from the live telescope feeds and the answers they have written during the Quest.

### ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE INTERACTIVAS Y EXPERIENCIALES

Las actividades educativas de Slooh se centran en los estudiantes de primaria, secundaria y bachillerato. El equipo educativo creó más de sesenta actividades de aprendizaje interactivas. Estas actividades permitieron a los estudiantes no sólo aprender conceptos y fenómenos astronómicos, sino también capturar imágenes de los telescopios en vivo en Izaña y en Chile. Cada búsqueda terminaba con un informe y una infografía que los profesores utilizaban para la evaluación.

### INTERACTIVE, EXPERIENTIAL LEARNING ACTIVITIES

Slooh's educational activities are centred around K-12 and HE students. The education team created more than sixty interactive learning activities. These activities allowed students to not only learn about astronomical concepts and phenomena but also to capture images from the live telescopes at Izaña and in Chile. Each 'Quest' ended with a report and infographic that teachers used for assessment.

La plataforma de Slooh está diseñada para estudiantes de primaria, secundaria, bachillerato y universitarios, con el objetivo de involucrarlos en la ciencia de la astronomía, junto con sus conexiones culturales, históricas, artísticas y literarias. En 2023, varios miembros se graduaron con el programa de formación de Slooh para el seguimiento de objetos cercanos a la Tierra. Estos miembros han realizado conjuntamente casi 15.000 presentaciones en MPC.

Slooh's platform is designed for students in elementary, middle, high school, and college grades, aiming to engage them in the science of astronomy, along with its cultural, historical, artistic and literary connections. In 2023, several members graduated from Slooh's Near-Earth Object tracking training programme. These members have collectively made nearly 15,000 MPC submissions.

A lo largo de 2023, los estudiantes capturaron un total de 507.950 imágenes FITS.

Throughout 2023, students captured a total of 507,950 FITS images.

### DESARROLLO PROFESIONAL DE LOS EDUCADORES

En 2023, el Programa de Desarrollo Profesional de educadores de Slooh siguió avanzando. El programa está dirigido por educadores experimentados que han incorporado la plataforma a sus enseñanzas en todos los niveles de grado. Ellos guían a los profesores sobre cómo enseñar astronomía de manera efectiva utilizando las búsquedas vinculadas al plan de estudios.

### EDUCATORS' PROFESSIONAL DEVELOPMENT

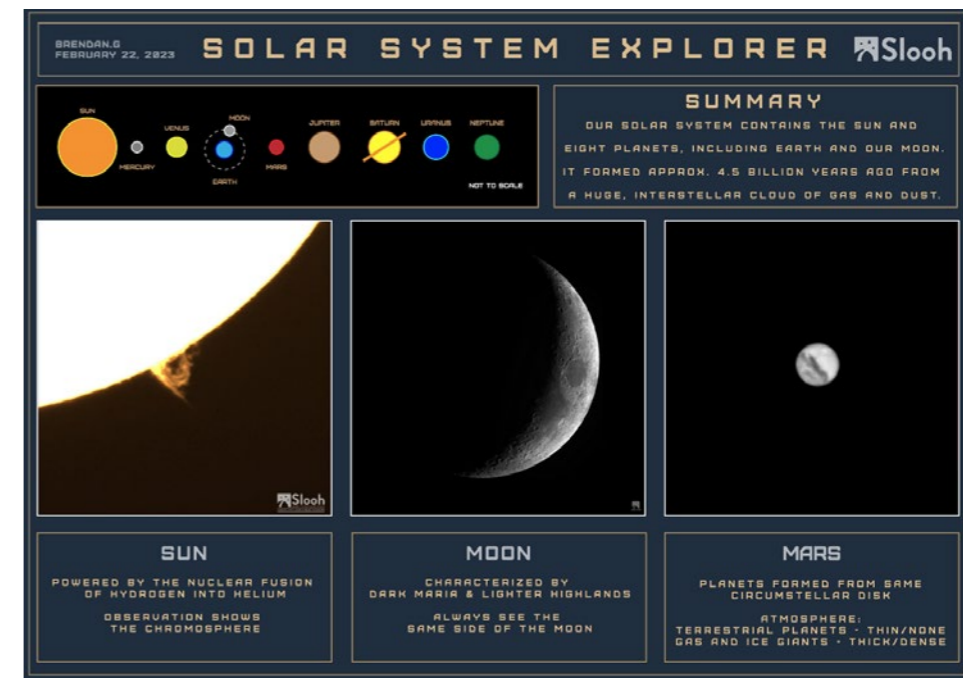
In 2023, Slooh's educator Professional Development Programme continued to progress. The programme is led by experienced educators who have incorporated the platform into their teachings across all grade levels. They guide teachers on how to effectively teach astronomy using the curriculum-linked Quests.

### EL AÑO QUE VIENE

De cara a 2024, Slooh planea mejorar su plataforma educativa instalando un segundo telescopio de medio metro en el OT y un nuevo telescopio de medio metro en Siding Spring. Además, se introducirán nuevas funciones como la espectroscopia de baja resolución y la fotometría.

### THE YEAR AHEAD

Looking ahead to 2024, Slooh plans to enhance its educational platform by installing a second Half Metre telescope at Siding Spring. Additionally, new features such as low-resolution spectroscopy and photometry will be introduced.



Las actividades de aprendizaje de Slooh implican el uso de telescopios en el OT para recopilar datos. Por ejemplo, se utilizan el H $\alpha$  Solar, el Half Metre Wide-Field y el Solar System Telescope. Al finalizar las búsquedas, se crean posters, infografías y GIFs animados con intervalos de tiempo.

Slooh's learning activities involve using telescopes at the OT to gather data. For instance, the H $\alpha$  Solar, Half Metre Wide-Field, and the Solar System Telescope are used. Posters, infographics, and animated timelapse GIFs are created at the completion of Quests.

## PIRATE y COAST ganan un prestigioso premio PIRATE and COAST win a prestigious award

Las instalaciones PIRATE y COAST de The Open University, conocidas conjuntamente como los Observatorios OpenScience, forman la Astronomy Wing de los OpenSTEM Labs de The Open University.

La iniciativa OpenSTEM Labs ha sido galardonada con el premio The Queen's Anniversary Prizes, la máxima distinción nacional que se concede en la enseñanza superior del Reino Unido y que recompensa trabajos sobresalientes que demuestran excelencia e innovación y aportan un beneficio real al mundo en general. The Open University recibió el premio de manos de Su Majestad la Reina en el Palacio de Buckingham.

Los laboratorios OpenSTEM comprenden un conjunto de experimentos virtuales y a distancia que abarcan todas las materias STEM. Gracias a ellos, más de 100.000 estudiantes universitarios han adquirido competencias prácticas y experimentales en STEM, incluida la astronomía observacional. Las instalaciones robóticas autónomas PIRATE y COAST, y sus predecesoras, PIRATE en el (entonces) Observatori Astronòmic de Mallorca y el Telescopio Robòtic Bradford en el Observatorio del Teide, actuaron como pioneras de la iniciativa y siguen siendo la joya de la corona de los OpenSTEM Labs

The Open University facilities PIRATE and COAST, jointly known as the OpenScience Observatories, form the Astronomy Wing of The Open University's OpenSTEM Labs.

The OpenSTEM Labs initiative has been recognized by the The Queen's Anniversary Prizes, the highest national Honour awarded in UK further and higher education, rewarding outstanding work which demonstrates excellence and innovation, and delivers real benefit to the wider world. The Open University was presented with the award from Her Majesty The Queen at Buckingham Palace.

The OpenSTEM Labs comprise a suite of remote and virtual experiments covering the breadth of STEM subjects. They have enabled more than 100,000 university students to acquire practical and experimental STEM skills, including in observational astronomy. The autonomous robotic facilities PIRATE and COAST, and their predecessor facilities, PIRATE at the (then) Observatori Astronòmic de Mallorca and the Bradford Robotic Telescope at Teide Observatory, acted as trailblazers for the initiative and remain the OpenSTEM Labs' jewel in the crown.



*PIRATE Mark 3 tomando planos al atardecer es la imagen de portada del reconocimiento de The Open University por The Queen's Anniversary Prizes.*


*PIRATE Mark 3 taking dusk flats is the cover image of The Open University's recognition by The Queen's Anniversary Prizes.*

*El Vicerrector de The Open University, el Profesor Tim Blackman, y el Decano Ejecutivo de la Facultad STEM, el Profesor Nick Braithwaite, recibieron el premio de manos de Su Majestad la Reina.*

*The Open University's Vice-Chancellor Professor Tim Blackman and Executive Dean of the STEM Faculty Professor Nick Braithwaite were presented with the award from Her Majesty The Queen.*





A night sky with the Milky Way galaxy visible, stretching across the frame. In the foreground, several white observatory domes are visible, some with their lids open, revealing the interior. The scene is illuminated by the soft light of a sunset or sunrise, creating a gradient from blue to orange near the horizon.

# **OCAN y CCI: CIFRAS Y DATOS**

# **OCAN & CCI: FACTS & FIGURES**

# Observatorio del Roque de los Muchachos La Palma

**Location:** Island of La Palma (Canary Islands/Spain)

**Altitude:** 2.396 m

**Area:** 189 hectares

**Longitude:** 17°52'34" West

**Latitude:** 28°18'00" North

Ø cm	INSTRUMENT	OWNER / OPERATOR	SINCE
20	Automatic Seeing Monitor (DIMMA)	IAC (ES), UN (FR)	2004
30	Automatic Seeing Monitor (RoboDIMM)	STFC (UK)/ING*	2007
<b>Optical &amp; IR Telescope</b>			
36 x 2	CLASP	Un. Warwick (UK)	2021
40 x 16	GOTO	Un. Warwick (UK)**	2017
4 x 12	SuperWASP	Un. Warwick (UK)	2014
97	SST: Swedish Solar 1m Telescope	Un. Stockholm (SE)	2002
100	Warwick 1m	Un. Warwick (UK)	2014
100	JKT	IAC/SARA	2015
120	MERCATOR	KU Leuven (BE)	2002
200	LT	LJMU (UK)	2003
250	INT	IAC (ES)/ING*	1984
256	NOT	Un. Turku (FI) & Aarhus Un. (DK)	1989
358	TNG	INAF (IT)	1998
420	WHT	IAC (ES)/ING*	1987
1,050	GTC	GRANTECAN (ES), Un. Florida (US) INAOE & UNAM (MX)	2008
<b>Cherenkov Telescopes</b>			
	FRAM	Czech Academy of Sciences (CZ)	2018
300	FACT	FACT Collaboration***	2011
1,700x2	MAGIC I & MAGIC II	MAGIC Collaboration****	2005 & 2008
2,300	LST 1	LST Collaboration*****	2018
<b>Cameras</b>			
	CILBO	ESA (International)	2011
	AMOS-CI	CU in Bratislava (SK)	2014
12 x 4	SuperWASP	Un. Warwick (UK)	2014

# Observatorio del Teide Tenerife

**Location:** Island of Tenerife (Canary Islands/Spain)

**Altitude:** 2.390 m

**Area:** 50 hectares

**Longitude:** 16°30'35" West

**Latitude:** 28°45'34" North

Ø cm	INSTRUMENT	OWNER / OPERATOR	SINCE
20	Automatic Seeing Monitor (DIMMA)	IAC (ES)	2010
<b>Microwave Telescopes</b>			
40	GroundBIRD Experiment	GroundBIRD Collaboration*****	2019
150	LSPE/STRIP	UniMI (IT), INFN (IT), IAC (ES)	2019
250 x 2	QUIJOTE I+II	IFCA & UnC & IAC (ES); UC & UM (UK)	2012 & 2014
<b>Optical &amp; IR Telescopes</b>			
43	COAST	The Open University (UK)	2016
30x2 + 40x2	SLOOH-Optical Telescope Array (OTA)	Telescope Society (US)	2015
60	PIRATE	The Open University (UK)	2016
80 x 2	TTT	Lightbridges (ES)	2022
50	Mons Telescope	Un. Mons (BE)	1972
70	Vacuum Tower (VTT)	L-KIS (DE)	1989
80	IAC-80	IAC (ES)	1993
90	THEMIS	CNRS (FR)	1996
100	SONG	Un Aarhus (DK) - IAC (ES)	2014
100	OGS	ESA (International)	1996
80	IZN-1 - ELRS	ESA (International)	2022
100	ARTEMIS - SPECULOOS	Uliège (BE), MIT (US), IAC (ES)	2019
100x2 + 40x2	LCOGT-Teide Norte	LCOGTN (US)	2015
120x2	STELLA	AIP (DE)	2005 & 2008
150	Gregor (GT)	KIS, AIP & MPS (DE)	2014
155	Carlos Sánchez Telescope (TCS)	IAC (ES)	1972
<b>Cherenkov Telescope</b>			
400	ASTRI	INAF (IT)	2022
<b>Solar Laboratory Instruments I</b>			
30	Integral Spectrophotometer: MARK-I	UB (UK) & IAC (ES)	1977
7	GONG	NSO (US)	1996
<b>Cameras</b>			
	CILBO	ESA (International)	2011
	AMOS-CI	CU Bratislava (SK)	2014

## ORM: instituciones usuarias y países ORM: user institutions and countries

**Aarhus U.** Aarhus University; **CILBO** Canary Islands Long-Baseline Observatory; **CU** Comenius Un.; **IAC** Instituto de Astrofísica de Canarias; **ICRR** Institute for Cosmic Ray Research – University of Tokyo; **INAF** Istituto Nazionale di Astrofisica; **INAOE** Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica; **IS** Instituut Sterrenkunde; **KU Leuven** Katholieke Universiteit Leuven; **LJMU** Liverpool John Moores University; **SARA** The Southeastern Association for Research in Astronomy (US); **STFC** Science and Technology Facilities Council; **UN** University of Nice; **UNAM** Universidad Nacional Autónoma de México; **UTU** University of Turku; **UU** University of Utrecht.

\***ING Partnership** of **UK**: STFC/UKRI (Science and Technology Facilities Council / United Kingdom Research and Innovation), **ES**: IAC, and **NL**: NWO (Nederlands Wetenschappelijk Onderzoek)

\*\***GOTO Consortium** of **UK** Universities: Armagh, Leicester, Manchester, Portsmouth, Sheffield, Warwick. **AU**: Monash University. **TH**: NARIT. **FI**: Univ. of Turku.

\*\*\***FACT Collaboration**: **CH**: ETH Zurich; Un Geneva. **DE**: Un. Würzburg; TU Dortmund

\*\*\*\***MAGIC Collaboration**: **BG**: Institute for Nuclear Research and Nuclear Energy, Sofia. **CH**: ETH, Zurich. **DE**: DESY, Zeuthen; MPI für Physik, Munich; Un. Würzburg; TU Dortmund; **ES**: CIEMAT, Madrid; IAC, La Laguna; IFAE-BIST and CERES-IEEC, Un. Autònoma de Barcelona, Barcelona; ICE-CSIC, Barcelona; Un. Barcelona, Barcelona; Un. Complutense, Madrid. **FI**: Finnish MAGIC Consortium (Tuorla Observatory, Un. Turku and Dept. of Physics, Un. Oulu.) **HR**: Croatian MAGIC Consortium (Rudjer Boskovic Institute, Un. Rijeka and Un. Split.) **IN**: SINP, Kolkata. **IT**: Un. di Udine, and INFN Trieste; INAF, Rome; Un. Siena and INFN Pisa, Siena; Un. Padova and INFN Padova, Padova; Un. Insubria and INFN Milano, Como. **JP**: Japanese MAGIC Consortium (ICRR, Un. Tokyo, Tokyo and Division of Physics and Astronomy, Un. Kyoto, Kyoto). **PL**: Un. Łódź, Lodz

\*\*\*\*\***LST Collaboration**: **BR**: CBFP, Rio de Janeiro. **BG**: INRNE, Sofia. **CH**: Un. Geneva; EPFL Lausanne; **CZ**: FZU, Prague **DE**: MPI für Physik, Munich; Un. Dortmund; Un. Hamburg; Un. Würzburg. **ES**: CIEMAT, Madrid; IAC, La Laguna; IFAE-BIST, Barcelona; ICC, Un. Barcelona; PIC, Barcelona; Un. Complutense, Madrid; Un. Alcalá de Henares; Un. Jaén. **FR**: CPPM, Marseille; CNRS/LAPP, Annecy. **HR**: FESB, Un. Split., Un. Osijek. **IT**: INFN Bari; Un. Padova and INFN Padova; INFN Perugia; Un. Siena and INFN Pisa, Siena; Un. Udine and INFN Trieste, Udine. **JP**: ICRR and Un. Tokyo, Tokyo; Un. Kyoto; Un. Ibaraki; Un. Nagoya; Un. Hiroshima; Un. Yamagata; Un. Waseda; Un. Konan; Un. Aoyama; Un. Saitama, Un. Kinki; KEK, Tsukuba; RIKEN and Un. Saitama, Saitama; Un. Tokai, Kanagawa, Un. Tokushima. **PL**: Un. Łódź, Lodz.

**AU** Australia; **BE** Belgium; **BG** Bulgaria; **BR** Brazil; **CH** Switzerland; **CZ** Czech Republic; **ES** Spain; **FI** Finland; **FR** France; **DE** Germany; **DK** Denmark; **HR** Croatia; **IN** India; **IT** Italy; **JP** Japan; **MX** Mexico; **NL** Netherlands; **PL** Poland; **SE** Sweden; **SK** Slovakia; **TH** Thailand; **UK** United Kingdom; **US** United States of America

## OT: instituciones usuarias y países OT: user institutions and countries

**AIP** Leibniz-Institut für Astrophysik Potsdam; **CILBO** Canary Islands Long-Baseline Observatory; **CNRS** Centre National de la Recherche Scientifique; **CU** Comenius Un.; **ESA** European Space Agency; **IAC** Instituto de Astrofísica de Canarias; **IFCA** Instituto de Física de Cantabria; **INAF** Istituto Nazionale di Astrofisica; **INFN** Istituto Nazionale di Fisica Nucleare; **LCOGTN** Las Cumbres Observatory Global Telescope Network; **KIS** Kiepenheuer-Institut für Sonnenphysik; **MIT** Massachusetts Institute of Technology; **MU** Mons University; **NSO** National Solar Observatory; **OGS** Optical Ground Station; **OU** The Open University; **RIKEN** Center for Advanced Photonics; **STScI** Space Telescope Science Institute; **TCS** Carlos Sánchez Telescope; **UB** University of Birmingham; **UC** University of Cambridge; **UnC** Universidad de Cantabria; **ULiège** Université de Liège; **UM** University of Manchester; **UniMI** Università Degli Studi di Milano.

### \*\*\*\*\*GroundBIRD Collaboration

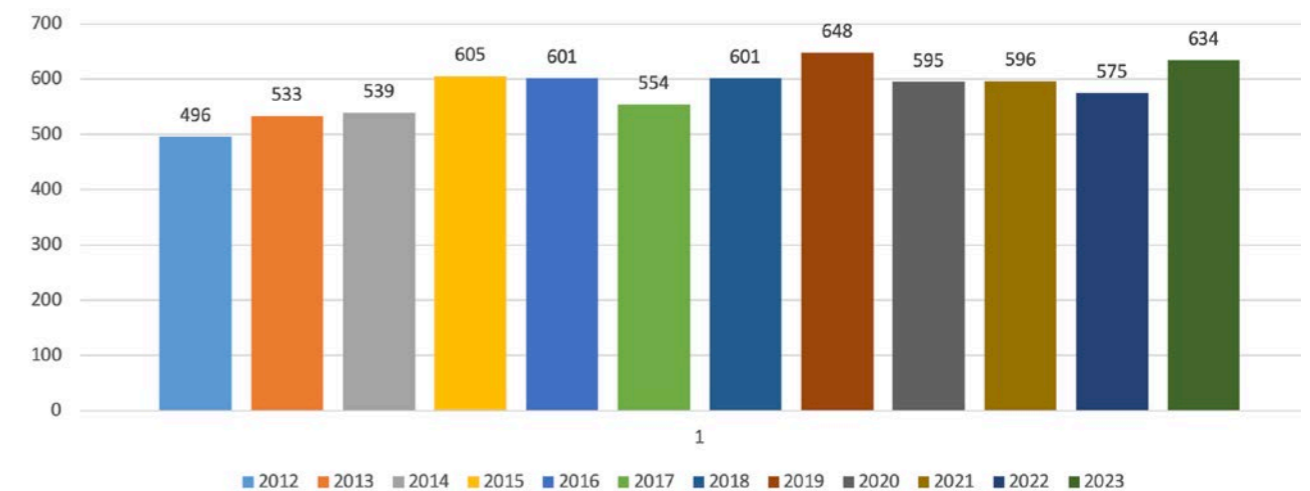
**JP**: RIKEN Institute for Advanced Photonics, KEK (High Energy Accelerator Research Organization), Kyoto University, Saitama University, The University of Tokyo, NAOJ (National Astronomical Observatory of Japan), Tohoku University

**KR**: Korea University

**ES**: Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC)

**BE** Belgium; **DK** Denmark; **ES** Spain; **FR** France; **DE** Germany; **JP** Japan; **IT** Italy; **KR** Korea; **SK** Slovakia; **UK** United Kingdom; **US** United States of America

## Artículos Papers



Número aproximado de artículos en revistas con jueces publicados cada año con datos obtenidos con los telescopios de los Observatorios de Canarias.

Approximate number of papers published each year in refereed journals with data obtained with the telescopes of the Canary Islands Observatories.

# Miembros del CCI en 2023

## CCI members in 2023

**President:** Seppo Mattila  
**Vice-President:** Rafael Rebolo

Research Council of Finland, FI  
Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC), ES

Svetlana Berdyugina  
Aurélie Marchaudon  
J Miguel Mas Hesse  
Antonio Aparicio Juan  
Rafael Bachiller  
Colin Vincent  
Christoffel Waelkens  
Filippo Zerbi

Leibniz-Institut für Sonnenphysik (KIS), DE  
Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS), FR  
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), ES  
Universidad de La Laguna (ULL), ES  
Comisión Nacional de Astronomía (CNA), ES  
Science and Technology Facilities Council (STFC), UK  
Flemish Research Foundation (FWO), BE  
Istituto Nazionale di Astrofisica (INAF), IT

### Appointees:

Heidi Korhonen - ESO  
Johan H. Knapen - IAC  
Laura Riba Costa - IAC

CCI scientific adviser  
CCI scientific secretary  
CCI administrative secretary

# Miembros de subcomités del CCI en 2023

## CCI sub-committees members in 2023

### ORM Common Services Committee

**Chair:** Thomas Augusteijn - NOT  
**Secretary:** Javier Herrera - ORM site mng.  
Marc Balcells - ING  
Romano Corradi - GTC  
Álex Oscoz - IAC  
Dirk Raback - LT  
Adriano Ghedina - TNG  
Saskia Prins - Mercator  
**Observers:** Daniel Mazin - LST  
Peter Suetterlin - SST

### OT Common Services Committee

**Chair:** Bernard Gelly - THEMIS  
**Secretary:** Miquel Serra - OT Site Manager  
Álex Oscoz - IAC  
Ulrich Kolb - PIRATE & COAST  
Reiner Volkmer - KIS  
Michael Weber - STELLA  
Artem Burdanoc - OT-CSC  
Giovanni Pareschi - ASTRI  
**Observer:** Jorge Piris - ESA/OGS

### SUCOSIP Laser Guide Star Working Group

**Chair:** Chris Benn - ING  
Casiana Muñoz-Tuñón - IAC  
Antonio Cabrera - GTC  
Julio Castro & Juan Carlos Pérez - IAC  
Christophe Dumas - TMT  
Ángel Otarola - ESO  
Markus Gaug - CTAO  
Emilio Molinari - Former TNG  
Clemens Heese - ESA

### Site Properties Sub-Committee (SUCOSIP)

**Chair:** Casiana Muñoz-Tuñón - IAC  
**Secretariat:** CCI secretaries - IAC  
Antonio Cabrera - IAC  
Chris Benn - ING  
Chris Copperwheat - LT  
Daniel Mazin - LST  
Markus Gaug - CTAO  
Bernard Gelly - THEMIS  
Don Pollaco - SW  
Razmik Mirzoyan - MAGIC  
Sergio Ortolani - TNG  
Saskia Prins - Mercator  
Göran Scharmer - SST  
Jean Vernin - University of Nice  
Juan Cortina - LST  
Jorge Piris - ESA