

CCI  
2022

*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**

<i>Prefacio del presidente</i>	<b>4</b>
<i>Introducción del vicepresidente</i>	<b>6</b>
<i>Resultados científicos</i>	<b>8</b>
<i>Resultados tecnológicos</i>	<b>40</b>
<i>OCAN y sociedad</i>	<b>62</b>
<i>OCAN y CCI: cifras y datos</i>	<b>72</b>

<i>Foreword by the President</i>	<b>4</b>
<i>Introduction by the Vice-president</i>	<b>6</b>
<i>Scientific Results</i>	<b>8</b>
<i>Technological Results</i>	<b>40</b>
<i>OCAN &amp; Society</i>	<b>62</b>
<i>OCAN &amp; CCI: Facts &amp; Figures</i>	<b>72</b>

**Créditos de imágenes**  
**Image Credits**

<i>General</i>	<i>Daniel López/UC3</i>	<i>P. 36</i>	<i>Gabriel Pérez</i>
<i>P. 14</i>	<i>Kuckein &amp; Glez. Manrique</i>	<i>P. 39</i>	<i>Romano Corradi</i>
<i>P. 15</i>	<i>Reiner Volkmer</i>	<i>P. 43</i>	<i>van der Voort et al.</i>
<i>P. 21</i>	<i>Francesco dall'Olmo</i>	<i>P. 45</i>	<i>Paolo Calisse</i>
<i>P. 22-23</i>	<i>NASA</i>	<i>P. 50</i>	<i>NASA, ESA, CSA, STScI</i>
<i>P. 28-29</i>	<i>Urs Leutenegger</i>	<i>P. 51</i>	<i>J. Méndez</i>

**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 unas setenta y cinco instituciones científicas pertenecientes a veinticinco 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 86 y 87). 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 in Astrophysics and its Protocol was signed in 1979, along with its addenda, and is referred to as the International Treaty in Astrophysics. This provided the IAC with an ideal foundation to open its Observatorios de Canarias to the international astronomical community. In total over seventy five scientific institutions from twenty five countries are currently operating their telescopes and instruments at the Teide & Roque de los Muchachos Observatories (see tables on pages 86 and 87). 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 operation costs.

**Contact address:**

**Julia G. Lecuona Allende – 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**  
**<https://www.iac.es/en/observatorios-de-canarias/international-scientific-committee>**

**Editing & translation: Julia Lecuona & Johan H. Knapen**  
**Design & layout: Julia Lecuona**

**Legal deposit: TF-371-2023**

**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)

## Prefacio del presidente Foreword by the President



Tras los años de pandemia, ha sido estimulante viajar y reencontrarse con los colegas en persona y ver cómo los observatorios volvían a su actividad normal, incluidas las visitas escolares y las jornadas de puertas abiertas. Durante estos años, hemos aprendido a reunirnos a distancia, ahorrando tiempo y recursos y con un importante impacto medioambiental. Sin embargo, esto no puede sustituir la experiencia de encontrarse y debatir con los colegas cara a cara.

Entre los acontecimientos más destacados de 2022 en los Observatorios de Canarias se encuentran el 20 aniversario del Telescopio Solar Sueco en el Observatorio del Roque de los Muchachos y el 25 aniversario de la colaboración entre la Agencia Espacial Europea (ESA) y el Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC) en el Observatorio del Teide. En cuanto a la nueva instrumentación, merece una mención especial el espectrógrafo multifibra WEAVE, que verá su primera luz en el Telescopio William Herschel (WHT) a finales de 2022, y cuyas observaciones regulares comenzarán en 2023.

El año pasado se introdujeron cambios importantes en el Programa Internacional de Tiempo Nocturno (ITP). Se creó un comité especializado en la asignación de tiempo para la evaluación científica y la clasificación de las propuestas del ITP. La Dra. Heidi Korhonen, recién nombrada consejera científica del CCI, preside este comité, que cuenta con nueve miembros en representación de los países firmantes del CCI y de los telescopios implicados.

El ITP fomenta los proyectos científicos internacionales de máxima calidad, promoviendo la colaboración entre las instituciones de los observatorios. Son especialmente bienvenidas las propuestas que se benefician del uso de más de una instalación y que difícilmente podrían obtener la cantidad necesaria

de tiempo de observación mediante la asignación de tiempo en los telescopios individuales. Recientemente, el número de propuestas presentadas al ITP ha ido en aumento y esperamos que el interés de la comunidad siga creciendo en los próximos años.

Por último, me gustaría llamar la atención sobre las megaconstelaciones de satélites previstas, de hasta decenas de miles de satélites en baja órbita terrestre, que ofrecen avances sustanciales en telecomunicaciones y cobertura de Internet de gran ancho de banda. Aunque la mayoría de estos satélites no sean apreciables a simple vista, sus efectos sobre las observaciones astronómicas serán muy graves. Estos van desde los satélites más débiles que dejan estelas en las imágenes astronómicas hasta los satélites suficientemente brillantes que saturan toda una exposición.

Por lo tanto, ahora es crucial concienciar a los responsables políticos y a las agencias reguladoras de los impactos negativos de las constelaciones de satélites en la astronomía. La protección de la oscuridad del cielo nocturno ha tenido una alta prioridad en las Islas Canarias durante mucho tiempo, y el IAC ha desempeñado un papel importante en la promoción de la pionera Ley del Cielo, que data de 1988 y a la que luego han seguido legislaciones similares en otros países.

Espero que en los próximos años se produzcan nuevos y emocionantes avances en la astronomía observacional, como el Nuevo Telescopio Robótico y el Telescopio Solar Europeo, nuevas instalaciones que se construirán en el Observatorio del Roque de los Muchachos (ORM).

After the years of the pandemic, it has been exhilarating to travel and meet colleagues again in person and to see the observatories returning to their normal activities, including school visits and open days. During these years, we have learned how to meet remotely, saving time and resources and with an important environmental impact. However, this can not replace the experience of meeting and discussing with colleagues face-to-face.

During 2022 important highlights at the Observatories of the Canary Islands include the 20th anniversary of the Swedish Solar Telescope at the Roque de los Muchachos Observatory and the 25th anniversary of the collaboration between the European Space Agency (ESA) and the Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC) at the Observatorio del Teide. Highlights on new instrumentation include the WEAVE multi-fibre spectrograph seeing its first light on the William Herschel Telescope (WHT) at the end of 2022, with regular observations due to start during 2023.

During the past year, important changes have been made to the night-time International Time Programme (ITP). A specialist time allocation committee was established for the scientific evaluation and ranking of the ITP proposals. This committee is chaired by Dr Heidi Korhonen, the newly appointed Scientific Advisor to the CCI, and has nine members representing the CCI signatory countries and the telescopes involved.

The ITP encourages international scientific projects of the highest quality, fostering collaboration between the institutions at the observatories. Proposals that benefit from using more than one facility and would be unlikely to obtain the necessary amount of observing time through time allocation at the individual telescopes are especially welcome. Recently, the

number of submitted ITP proposals has been increasing, and we expect a further increase in the community's interest over the coming years.

Finally, I would like to draw attention to the planned satellite mega-constellations of up to tens of thousands of Low Earth Orbit satellites offering substantial advances in telecommunications and high-bandwidth internet coverage. Even if most of these satellites are not visible to the naked eye, their effects on astronomical observations will be very severe. These effects range from the fainter satellites leaving trails in the astronomical images to bright enough satellites saturating an entire exposure.

Therefore, it is now crucial to raise awareness among policymakers and regulatory agencies of the negative impacts of satellite constellations on astronomy. Protecting the darkness of the night sky has had a high priority in the Canary Islands for a long time, with the IAC playing an important role in promoting the pioneering Ley del Cielo or Sky Law that dates back to 1988 and has later been followed by similar legislation in other countries.

I look forward to the coming years with several exciting new developments in observational astronomy, including the New Robotic Telescope and the European Solar Telescope, new facilities to be constructed at the Observatorio del Roque de los Muchachos (ORM).

## Introducción del vicepresidente Introduction by the Vice-president

Es nuestra intención dotar a los Observatorios de Canarias de las mejores infraestructuras y capacidades científicas y en el año 2022 se han dado importantes pasos en esta dirección. Ha comenzado la construcción en el ORM de tres telescopios Cherenkov de 23 m, los LST2-4 que formarán parte de la futura red de telescopios CTA. Junto al primer LST, este conjunto de LSTs se convertirá en 2024 en una de las más potentes instalaciones del mundo para la astrofísica de fuentes de radiación gamma. También se han iniciado otras actuaciones en el ORM conducentes a mejoras en la conectividad digital, red de distribución eléctrica y red de evacuación del observatorio especialmente importante para afianzar nuestra política de cero vertidos. Estas actividades constructivas tienen un impacto inevitable en el funcionamiento del observatorio, pero son imprescindibles para asegurar su futuro. Como lo es, el nuevo cable submarino que dará duplicidad a la conexión digital del ORM con el mundo, que ya está en marcha y esperamos que sea una realidad en 2025. Siguen progresando y están en fase de diseño muy avanzado, el European Solar Telescope y el 4m New Robotic Telescope, cuya instalación está prevista en el ORM. El Centro de Visitantes del Roque de los Muchachos ha recibido diariamente cientos de visitantes y esperamos incrementar su potencial con la incorporación de nuevas mejoras y con el desarrollo del futuro museo de historia de la astronomía en la Palma que se planea instalar en Garafía.

En el Observatorio del Teide (OT) también ha habido una importante actividad constructiva con el desarrollo de la infraestructura necesaria para la red ASTRI de telescopios Cherenkov y la instalación de su primer telescopio. Además tuvo lugar la instalación y exitosa primera luz de los dos telescopios robóticos de 80 cm auxiliares del proyecto Two-meter Twin Telescope (TTT) cuyos dos telescopios de 2m, se espera lleguen a principios de 2024. El OT también acogerá al small-ELF, un telescopio singular de 3.5m de diámetro especializado en imagen de muy alto contraste que ha terminado su fase de diseño y que será el prototipo donde probar las tecnologías del futuro telescopio ELF de 35m. Las primeras cámaras del proyecto ATLAS para la detección de asteroides potencialmente peligrosos fueron ya probadas con éxito en el OT y se espera que en un año este telescopio se instale en la ubicación del antiguo telescopio MAGEC.

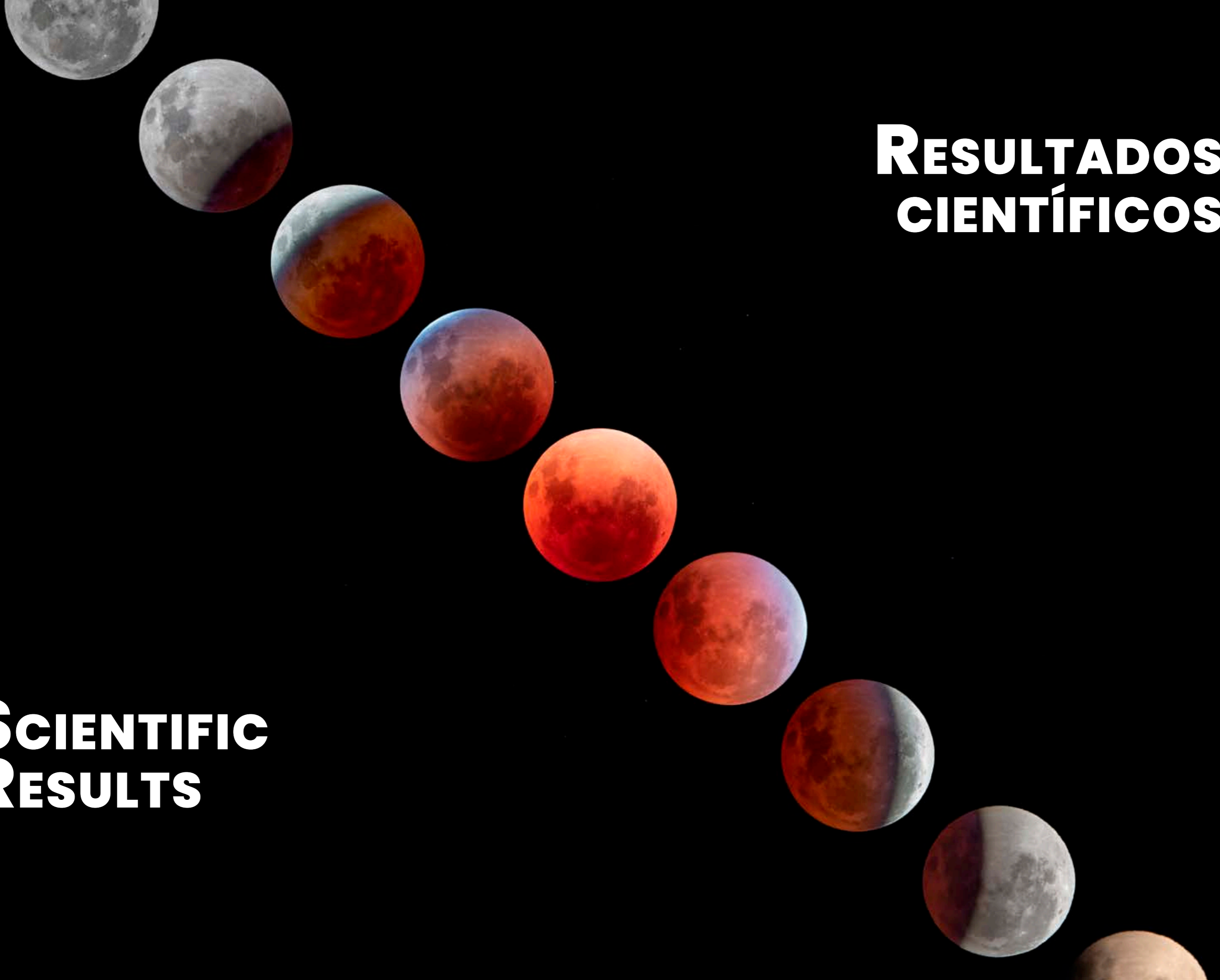
We intend to provide the Canary Islands Observatories with the best scientific infrastructures and capabilities, and in 2022 important steps have been taken in this direction. Construction has begun at the Roque de los Muchachos Observatory (ORM) of three 23 m Cherenkov telescopes, the LST2-4, which will form part of the future CTAO telescope network. Together with the first LST, this set of LSTs will become, by 2024, one of the most powerful facilities in the world for the astrophysics of gamma radiation sources. Other actions have also been initiated at the ORM leading to improvements in the observatory's digital connectivity, power distribution network and disposal network, the latter particularly important to support our zero-discharge policy. These construction activities inevitably impact the observatory's operation, but they are essential to ensure its future. Equally essential is the project for the new submarine cable that will double the capacity of the ORM's digital connection to the world, a project which is already underway and will hopefully be a reality by 2025. The European Solar Telescope and the 4 m New Robotic Telescope, which will be installed at the ORM, continue to progress and are at a very advanced design stage. The Roque de los Muchachos Visitor Centre receives hundreds of visitors daily, and we hope to increase its potential with the incorporation of new improvements and the development of the future Museum of the History of Astronomy in La Palma that is planned to be installed in Garafía.

At the Observatorio del Teide (OT), there has also been significant construction activity, in particular developing the necessary infrastructure for the ASTRI network of Cherenkov telescopes and installing its first telescope. In addition, the installation and successful first light of the two auxiliary 80 cm robotic telescopes of the Two-meter Twin Telescope (TTT) project took place, with two 2-metre telescopes expected to arrive in early 2024. The OT will also host the small-ELF, a unique 3.5 m diameter telescope specialised in very high-contrast imaging, which has completed its design phase and will be the prototype for testing the technologies of the future 35 m ELF telescope. The first cameras of the ATLAS project for the detection of potentially hazardous asteroids have already been successfully tested at the OT, and it is expected that within a year, this telescope will be installed at the site of the former MAGEC telescope.



**RESULTADOS  
CIENTÍFICOS**

**SCIENTIFIC  
RESULTS**

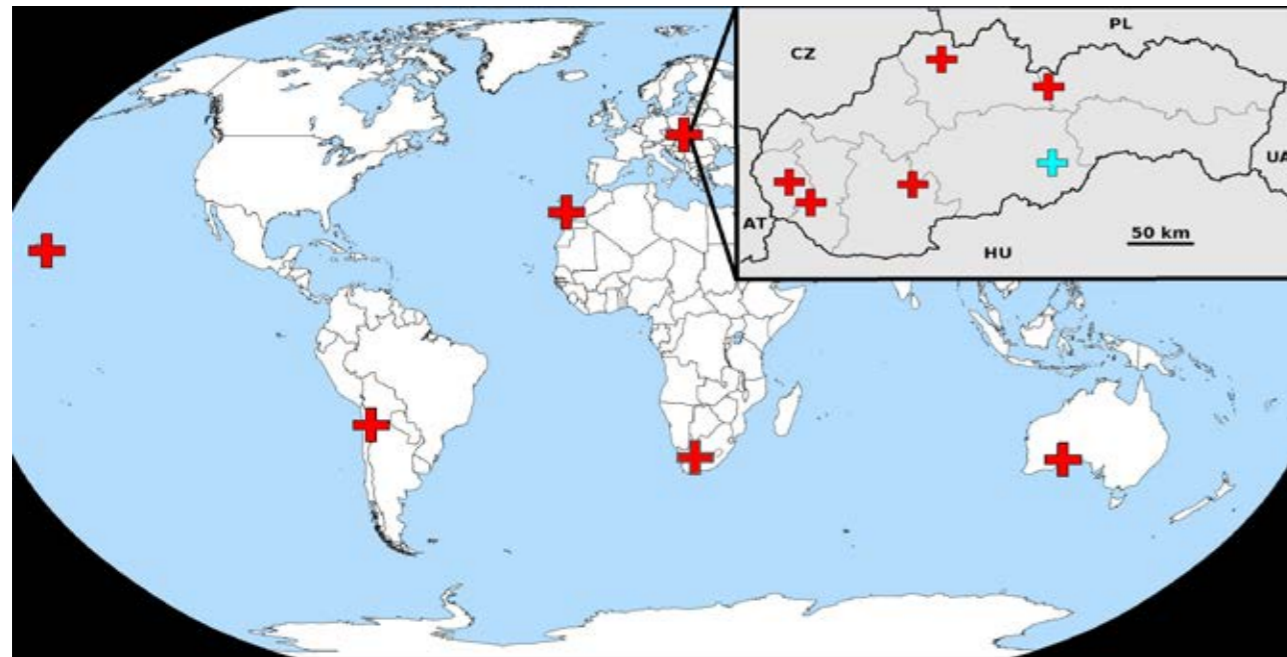


# El sistema AMOS se convirtió en una red mundial de meteoros en 2022

## AMOS system became a global meteor network in 2022

El sistema de órbita de meteoros para todo el cielo AMOS (All-Sky Meteor Orbit System) se amplió a una red mundial en 2022, al añadir dos estaciones en Sudáfrica. Esto permite seguir permanentemente la actividad meteórica, incluidas observaciones espectrales desde los hemisferios norte y sur.

AMOS (All-Sky Meteor Orbit System) expanded to a global network in 2022, with the last two stations in South Africa. This allows the 24/7 monitoring of meteor activity, including spectral observations from the north and south hemispheres.



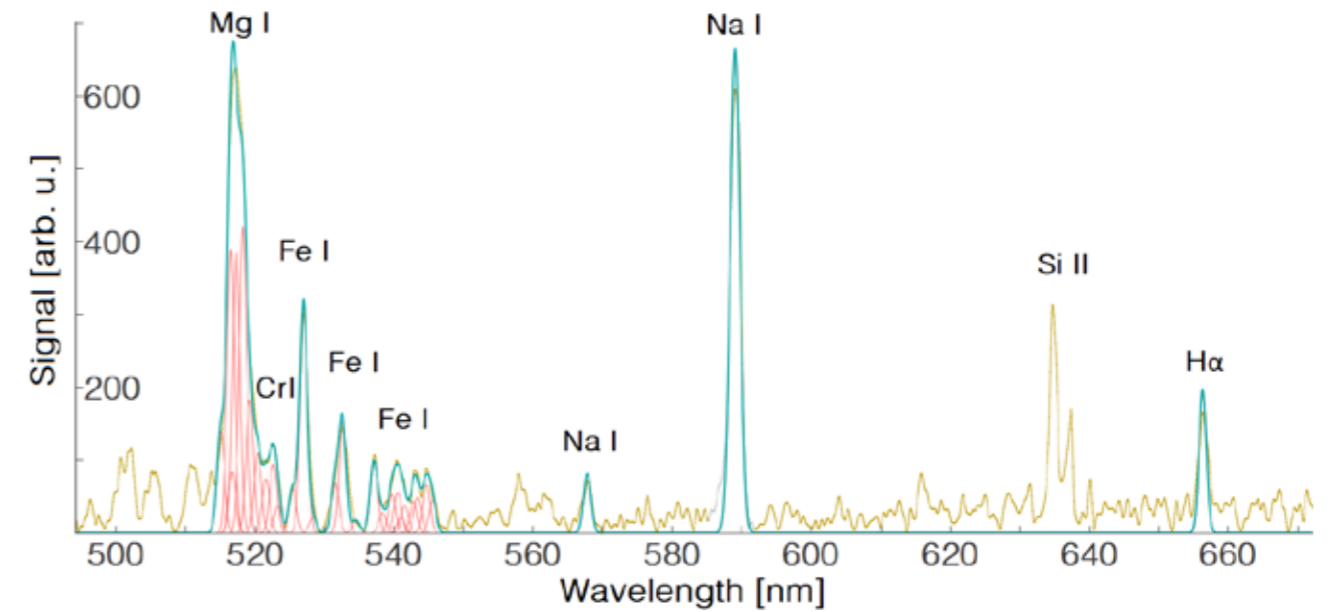
**Distribución mundial del AMOS: las cruces rojas representan las estaciones actuales y las azules, las previstas.**  
**AMOS world distributor: red crosses depict current and blue planned stations.**

El equipo del AMOS investigó la intensidad relativa de H $\alpha$  en 304 espectros de meteoritos observados por la red AMOS. Se supone que la emisión de hidrógeno de los meteoritos procede principalmente de la composición del meteoroide, lo que la convierte en un rastreador potencial de moléculas de H $_2$ O y compuestos orgánicos. La línea H $\alpha$  se ha detectado anteriormente en bolas de fuego individuales, pero todavía no se ha estudiado su variación en un conjunto de datos de meteoritos más amplio, ni su dependencia del origen dinámico y las propiedades físicas. La emisión H $\alpha$  se correlaciona con la emisión de otros volátiles (Na y CN) y es un trazador adecuado de agua y materia orgánica en meteoroides.

The AMOS team investigated the relative intensity of H $\alpha$  in 304 meteor spectra observed by the AMOS network. The hydrogen emission from meteors is assumed to originate mainly from the meteoroid composition, making it a potential tracer of H $_2$ O molecules and organic compounds. The H $\alpha$  line was previously detected in individual fireballs, but its variation in a larger meteor data set and the dependence on the dynamical origin and physical properties have not yet been studied. The H $\alpha$  emission correlates with the emission of other volatiles (Na and CN) and presents a suitable tracer of water and organic matter in meteoroids.

Del mismo modo, la cámara AMOS-Spec-HR había detectado brillantes destellos especulares procedentes de basura espacial en años anteriores, y un nuevo estudio publicado en *Advances in Space Research* describe objetos artificiales disfuncionales en órbitas terrestres bajas (OTB).

Similarly, the AMOS-Spec-HR camera detected bright specular flares from space debris in previous years, and a new study in *Advances in Space Research* describes dysfunctional human-made objects on Low Earth Orbits (LEO).

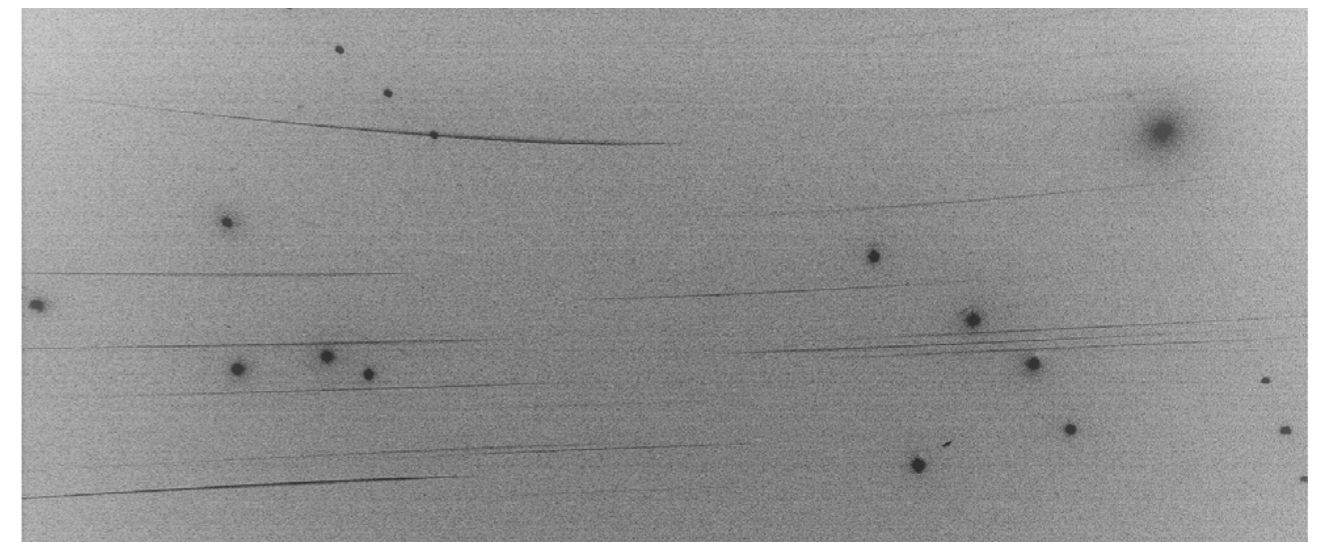


**Ejemplos de espectros de AMOS-Spec-HR de una leónida mu observada con una línea de emisión H $\alpha$  similar a la del espectro sintético (azul-verde) sobre espectros medidos de meteoros (amarillo oscuro) como una convolución de las principales contribuciones de emisiones (rojo) en la región de 500-665 nm.**

**AMOS-Spec-HR example spectra of a mu-Leonid observed with H $\alpha$  emission line of the fit of the synthetic spectra (blue-green) on measured meteor spectra (dark yellow) as a convolution of the main emission contributions (red) in the 500-665 nm region.**

Estos objetos producen en ocasiones destellos brillantes detectables desde la Tierra. Estos eventos son reflejos de la luz solar sobre elementos de superficie planos y altamente reflectantes, y sus espectros representan el material que refleja la luz solar en regiones específicas de longitudes de onda. Las características espectrales definen entonces las propiedades exteriores de los satélites, sobre todo el color del material de la superficie. Este estudio demuestra la capacidad de AMOS para utilizar datos también para otros sucesos transitorios en el cielo, no solo meteoros.

These objects occasionally produce bright flares or glints, which can be detected by a ground-based observer. These events are reflections of sunlight from flat, highly reflective surface elements, and their spectra represent the material to reflect sunlight in specific regions of wavelengths. Spectral features then define the exterior properties of satellites, mainly the colour of the surface material. This study demonstrates the ability of AMOS to use data also for other transient events in the sky, not only meteors.



**Imagen negativa compuesta que contiene 20 espectros de basura espacial OTB a partir de fotogramas de imágenes adquiridos con el sistema AMOS-Spec-HR. Los puntos representan los destellos de los satélites, y las líneas/curvas tenues representan sus espectros de primer orden de reflexiones del continuo.**

**Composite negative image containing 20 spectra of LEO space debris from image frames acquired with the AMOS-Spec-HR system. Dots represent satellite glints, and faint lines/curves represent their 1st order spectra of continuum reflections.**

# Observando la variabilidad de curvas de fase de asteroides con los Observatorios OpenScience

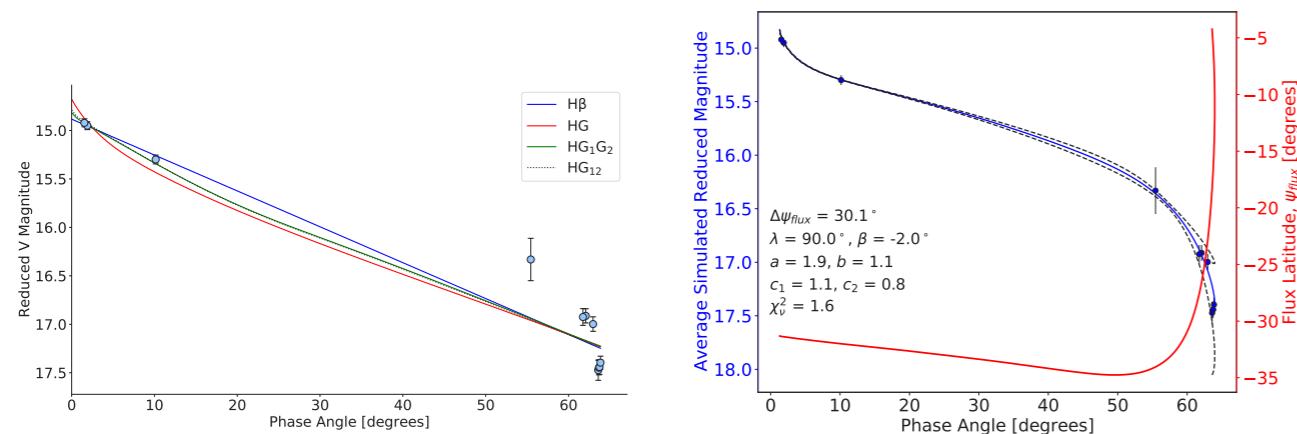
## Observing the Variability in Asteroid Phase Curves with the OpenScience Observatories

En los últimos años, PIRATE se ha encargado de vigilar una muestra de asteroides cercanos a la Tierra (NEA, por sus siglas en inglés). Estas observaciones se han usado para determinar las propiedades físicas de los asteroides mediante la caracterización de sus curvas de fase. De particular interés es la curva de fase del NEA 7358 Oze, en la que se observó una curva de fase que no podía explicarse adecuadamente con los modelos fotométricos existentes, probablemente debido a los cambiantes aspectos visuales durante la aparición que presentaban diferentes áreas transversales del asteroide al observador.

Over the past few years, PIRATE has been tasked with monitoring a sample of near-Earth asteroids (NEAs). These observations have been used to determine asteroid physical properties by characterising their phase curves. Of particular interest is the phase curve of the NEA 7358 Oze, which was observed to have a phase curve that could not be suitably explained by existing photometric models, likely due to changing viewing aspects during the apparition presenting differing cross-sectional areas of the asteroid to the observer.

También se muestra la forma del modelo, que tiene parámetros de elipsoide  $a=1.9$ ,  $b=1.1$ ,  $c_1=1.1$ ,  $c_2=0.8$ . Este resultado no es una confirmación inequívoca de la forma y la orientación de los polos de este objeto, ya que los datos son demasiado limitados para ello, pero, en cambio, el hallazgo ilustra cómo las diferentes formas de los asteroides cercanos a la Tierra pueden alterar significativamente sus curvas de fase. Por lo tanto, hay que tener mucho cuidado al interpretar las curvas de fase de objetos individuales para estudios posteriores, como los del infrarrojo.

$a=1.9$ ,  $b=1.1$ ,  $c_1=1.1$ ,  $c_2=0.8$ , is also shown. This result is not an unambiguous confirmation of the shape and pole orientation of this object, as the data are too limited for that, but instead, the finding illustrates how different shapes of near-Earth asteroids may significantly alter their phase curves. Significant care must therefore be taken when interpreting phase curves of single objects for further studies, such as those in the infrared.

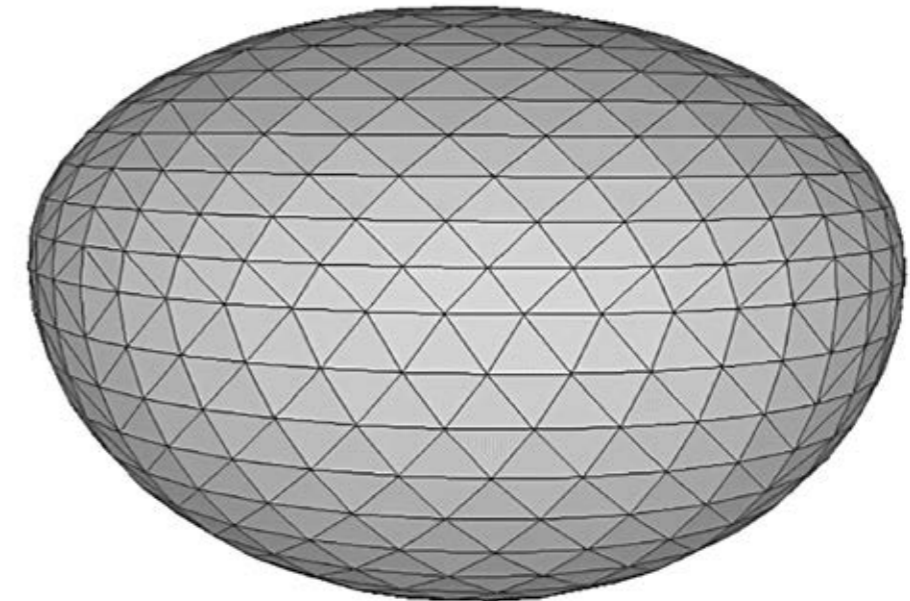


(a) Curva de fase observada de 7358 Oze; los modelos fotométricos estándar no pueden reproducir los datos (b) Curva de fase simulada de una forma elipsoidal triaxial con una orientación de polos definida que puede reproducir los datos observados.

(a) Observed phase curve of 7358 Oze, standard photometric models can not reproduce the data. (b) Simulated phase curve of a triaxial ellipsoid shape with a defined pole orientation that is able to reproduce the observed data.

Se desarrolló un método para determinar la forma del asteroide y la orientación del polo de rotación que es el que mejor reproduce la curva de fase observada. Se encontró una forma elipsoidal triaxial del asteroide, con un polo de rotación orientado en  $\lambda=90^\circ, \beta=-2^\circ$ , capaz de reproducir los datos observados. También se representa la «latitud de flujo», es decir, la latitud media céntrica del cuerpo desde la que se observa el brillo. Esto demuestra que la forma modelo se observó predominantemente en el hemisferio sur con ángulos de fase bajos, pero esto cambió rápidamente a la geometría de visión ecuatorial con ángulos de fase altos, induciendo el cambio de brillo observado más allá del comportamiento esperado de la curva de fase.

A method was developed to determine an asteroid shape and rotation pole orientation that is best able to reproduce the observed phase curve. A triaxial ellipsoidal shape of the asteroid, with a rotation pole oriented as  $\lambda=90^\circ, \beta=-2^\circ$ , was found that was able to reproduce the observed data. The “flux latitude”, i.e. the mean body-centric latitude from which the brightness is observed, is also plotted. This shows that the model shape was predominantly observed on the southern hemisphere at low phase angles, but this rapidly changed to equatorial viewing geometry at high phase angles, inducing the observed brightness change beyond the expected phase curve behaviour. The shape of the model, which has ellipsoid parameters



Forma de elipsoide triaxial que mejor reproduce los datos observados de la curva de fase para 7358 Oze. Triaxial ellipsoid shape that best reproduces the observed phase curve data for 7358 Oze.

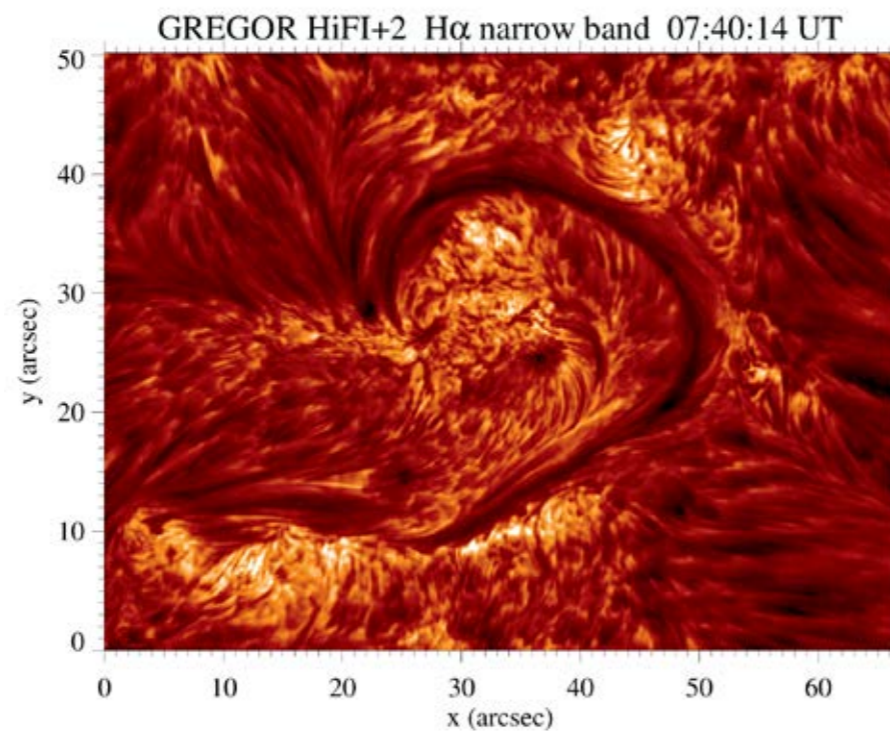
## Ciencia con los telescopios solares alemanes Science with the German Solar Telescopes

Los telescopios solares alemanes del Observatorio del Teide son operados por el Instituto Leibniz de Física Solar (KIS) en nombre de un consorcio alemán con el Instituto Leibniz de Astrofísica (AIP) y el Instituto Max Planck para la Investigación del Sistema Solar (MPS), en estrecha colaboración con el IAC. En 2022, la reducción de las restricciones por COVID-19 permitió centrarse en la ciencia y llevar a cabo una temporada de observación in situ casi normal. Sin embargo, algunas de las campañas de observación se realizaron a distancia. A partir de ahora, se ofrecerá acceso remoto para facilitar que los que no pueden desplazarse a la isla participen en las observaciones.

The German solar telescopes at the Teide Observatory are operated by the Leibniz Institute for Solar Physics (KIS) on behalf of a German consortium with the Leibniz Institute for Astrophysics (AIP) and the Max Planck Institute for Solar System Research (MPS), in close cooperation with the IAC. In 2022, reduced COVID-19 restrictions allowed to focus on science and conduct an almost normal on-site observing season. However, some of the observing campaigns were done remotely. From now on, remote access will be offered to make it easier for those who cannot travel to the island to participate in observations.

**Filamento cromosférico solar de banda estrecha H $\alpha$  observado con el HiFi+ colocado en el GREGOR el 04.07.2022.**

**H $\alpha$  narrow-band solar chromospheric filament observed with HiFi+ placed at GREGOR on 04.07.2022.**



El mayor telescopio solar de Europa, GREGOR, se utilizó para realizar observaciones que arrojaron luz sobre diversos aspectos del comportamiento del Sol. Los estudios sobre las erupciones y su impacto en la atmósfera solar han revelado datos fascinantes sobre el comportamiento de los campos magnéticos cromosféricos. Se observó para analizar estos campos y, con ello, que los científicos entiendan mejor la evolución de las erupciones a lo largo del tiempo. Además, gracias a las observaciones en múltiples longitudes de onda, los investigadores comprenderán mejor la respuesta atmosférica a las erupciones. Estas observaciones también han puesto de relieve las similitudes y diferencias en la respuesta atmosférica a erupciones de distintas clases.

Europe's largest solar telescope, GREGOR, was utilized to conduct observations that shed light on various aspects of the Sun's behaviour. Studies of flares and their impact on the Sun's atmosphere have revealed fascinating insights into the behaviour of chromospheric magnetic fields. Observations were made to analyze these fields, and scientists will be able to understand the evolution of flares over time better. Additionally, through multi-wavelength observations, researchers will gain a more comprehensive understanding of the atmospheric response to flares. These observations have also highlighted the similarities and differences in the atmospheric response to flares of different classes.

El telescopio GREGOR realizó varias observaciones significativas, entre ellas el descubrimiento de la conexión entre los puntos magnéticos brillantes y el suministro de plasma en los filamentos. También observó filamentos activos o en erupción, minifilamentos enlazados y espículas de tipo II con chorros coronales y ayudó a mejorar la modelización y las inversiones de prominencias y filamentos mediante la región de He I de 1083 nm.

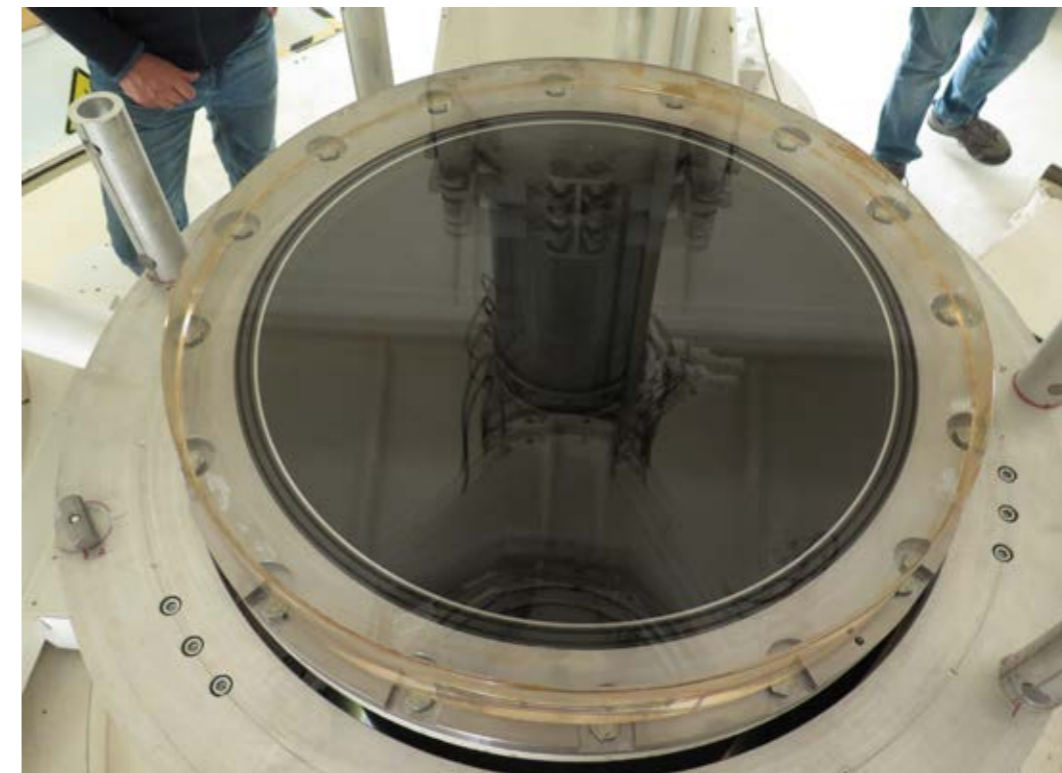
The GREGOR telescope made several significant observations, including discovering the connection between bright magnetic points and plasma supply in filaments. It also observed active or erupting filaments, linked mini-filaments and type II spicules to coronal jets, and helped improve modelling and inversions of prominences and filaments using the He I 1083 nm region.

Asimismo, el GREGOR ha permitido realizar varias observaciones importantes, como el estudio de estructuras frías para conocer mejor la corona. También ha observado la interacción de líneas granulares con campos magnéticos, la conducción de ondas magnetoconvectivas y la modulación del magnetismo del Sol en calma. Además, el GREGOR se ha usado para estudiar la formación y evolución de los filamentos penumbrales y el papel de la cubierta cromosférica en la formación de la penumbra. El polarímetro ZIMPOL@GREGOR permitió realizar mediciones de gran precisión y exactitud del campo magnético del Sol.

Additionally, GREGOR has enabled several important observations, including studying cool structures to gain insights into the corona. It has also observed the interaction of granular lanes with magnetic fields, magnetoconvective wave driving, and quiet Sun magnetism modulation. Furthermore, GREGOR has been used to study the formation and evolution of penumbral filaments and the role of the chromospheric canopy in penumbra formation. The ZIMPOL@GREGOR polarimeter allowed for high precision and accuracy measurements of the Sun's magnetic field.

Dado el gran interés que suscita este tipo de observaciones, se están mejorando las herramientas de observación de la cromosfera y el limbo solar. El diseño y las pruebas del nuevo sistema de óptica adaptativa H $\alpha$  permitirán estudiar objetivos hasta ahora no observados cerca del limbo solar. Además, a finales de 2022 se instaló una nueva ventana de entrada en el VTT.

Given a high interest in observations of this kind, tools for observing the chromosphere and solar limb are being upgraded. Design and tests of the new H $\alpha$  adaptive optics system will allow the study of previously unobserved targets near the solar limb. Furthermore, a new VTT entrance window was installed at the end of 2022.



**Nueva ventana de entrada al VTT.**

**New entrance window of the VTT.**



# Una enana marrón ancestral en nuestra vecindad cósmica

## An ancient brown dwarf in our cosmic neighbourhood

Un estudio ha confirmado la presencia de una inusual enana marrón pobre en metal a menos de 30 años luz de distancia del Sol. Su cercanía podría sugerir una posible sobreabundancia de enanas marrones formadas en las primeras etapas de la Vía Láctea.

A escala cósmica, nuestro vecindario inmediato está compuesto por apenas unos cientos de estrellas y de enanas marrones con sus propios sistemas planetarios. A diferencia de las estrellas, las enanas marrones no poseen masa suficiente para que en su interior se fusione el hidrógeno, la fuente de energía de estrellas como el Sol, por lo que se van apagando con el tiempo. Debido a su baja luminosidad y energía, son muy difíciles de detectar. Sin embargo, su estudio es fundamental para comprender los procesos de formación estelar y planetaria.

En una investigación llevada a cabo con los instrumentos OSIRIS, EMIR e HiPERCAM del Gran Telescopio Canarias (GTC), ALFOSC (NOT) y Omega2000 (CAHA) se ha podido realizar un estudio observacional detallado de una candidata a enana marrón pobre en metales descubierta en 2020, un tipo de enana marrón que posee una atmósfera desprovista de sustancias como el nitrógeno y el carbono.

Este estudio ha revelado que este objeto, denominado WISE1810 (o WISE J181005.5-101002.3, según las normas de la Unión Astronómica Internacional) se encuentra a solo 29 años luz de distancia, por lo que formaría parte de la vecindad solar más cercana, y también ha determinado que tiene una temperatura superficial fría (de 525 °C), una luminosidad un millón de veces inferior a la del Sol y una masa en el rango de las enanas marrones.

Esta nueva enana marrón posee además unas propiedades fotométricas y espectroscópicas muy peculiares que requerirán de futuras investigaciones, ya que ninguno de los modelos atmosféricos actuales es capaz de reproducir la luz emitida por este peculiar objeto en un amplio rango de longitudes de onda. Los investigadores no tienen constancia de la existencia de un objeto similar a este, carente de rastros de amoníaco y metano en longitudes de onda del infrarrojo cercano, lo que significa que la atmósfera tiene alrededor del 3 % de la composición química solar.

A study has confirmed the presence of an unusual metal-poor brown dwarf less than 30 light-years away from the Sun. Its proximity could suggest a possible overabundance of brown dwarfs formed in the early stages of the Milky Way.

On a cosmic scale, our immediate neighbourhood is composed of just a few hundred stars and brown dwarfs with their own planetary systems. Unlike stars, brown dwarfs do not have enough mass to sustain nuclear fusion of hydrogen, the energy source of stars like the Sun, so they fade over time. Because of their low luminosity and energy, they are very difficult to detect. However, their study is essential for understanding the processes of star and planet formation.

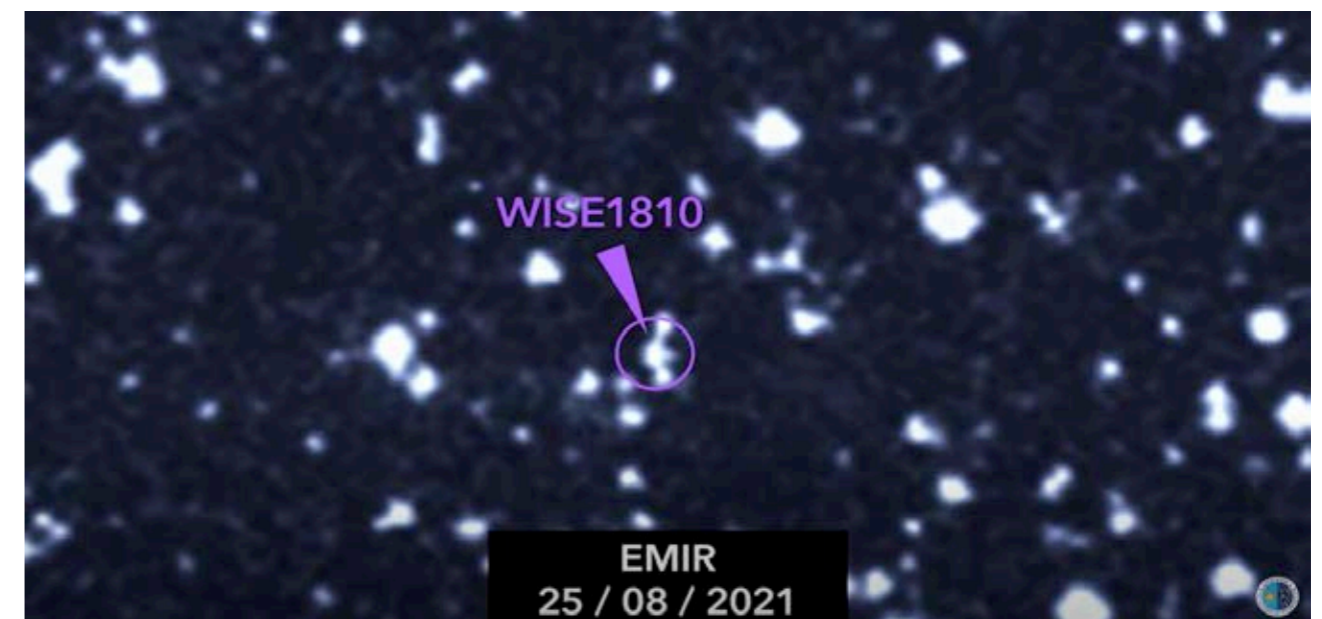
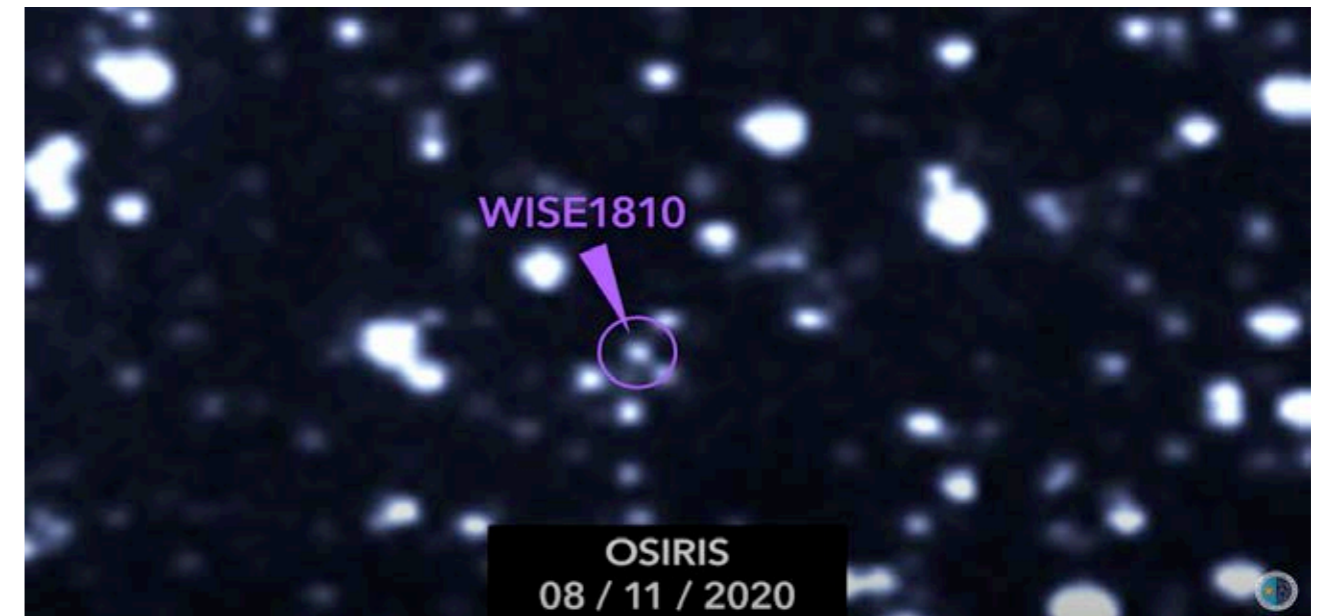
In research carried out using the OSIRIS, EMIR and HiPERCAM instruments at the Gran Telescopio Canarias (GTC), ALFOSC (NOT) and Omega2000 (CAHA), a detailed observational study of a candidate metal-poor brown dwarf discovered in 2020 was performed, a type of brown dwarf which has an atmosphere devoid of substances such as nitrogen and carbon.

This study revealed that this object, named WISE1810 (or WISE J181005.5-101002.3, following International Astronomical Union naming practices), is only 29 light years away, so it would be part of the immediate Solar vicinity. The object has a cold surface temperature of 525 Celsius, a luminosity one millionth of the Sun, and a mass in the brown dwarf regime.

The new brown dwarf has very peculiar photometric and spectroscopic properties that will require new investigations, as none of the current atmospheric models can reproduce the light emitted by this peculiar object over a wide wavelength range. Researchers have no knowledge of an object similar to this one, where no traces of ammonia and methane at near-infrared wavelengths are found, hence deducing that the atmosphere has about 3 % of the Solar chemical composition.

Es la primera vez que se confirma la presencia de un objeto tan tenue y carente de metales en nuestra galaxia, y se ha determinado finalmente que WISE1810 es la enana marrón pobre en metal más cercana a la vecindad solar. La mayoría de estos objetos de baja metalicidad se formaron en los primeros momentos de nuestra galaxia, por lo que la presencia de WISE1810 tan cerca del Sol podría sugerir una posible sobreabundancia de enanas marrones formadas en las primeras etapas de la Vía Láctea.

This is the first time that the presence of such dim, metal-depleted objects in our Galaxy has been confirmed, and it was finally determined that WISE1810 is the closest metal-poor brown dwarf to the Solar neighbourhood. Most of these low-metallicity objects were formed in the early days of our Galaxy, so the presence of WISE1810 so close to the Sun could suggest a possible overabundance of brown dwarfs formed in the early stages of the Milky Way



Imágenes de WISE1810 obtenidas con OSIRIS (panel superior) y EMIR (panel inferior) en los filtros z y J, respectivamente. Cada imagen cubre aproximadamente 80 segundos de arco, con el norte arriba y el este a la izquierda.

Images of WISE1810 with OSIRIS (upper panel) and EMIR (lower panel) in z and J filters, respectively. Each image is about 80 arcsec across (North is up and East to the left).

## Edad rotacional del cúmulo abierto NGC 2281 a partir de la fotometría de STELLA

### A rotational age for the open cluster NGC 2281 from STELLA photometry

Una serie temporal fotométrica de ocho meses obtenida con el telescopio robótico STELLA-I de 1,2 m sirvió para medir los periodos de rotación estelar de 127 estrellas frías del cúmulo estelar abierto NGC 2281 (el 70 % de los miembros observados).

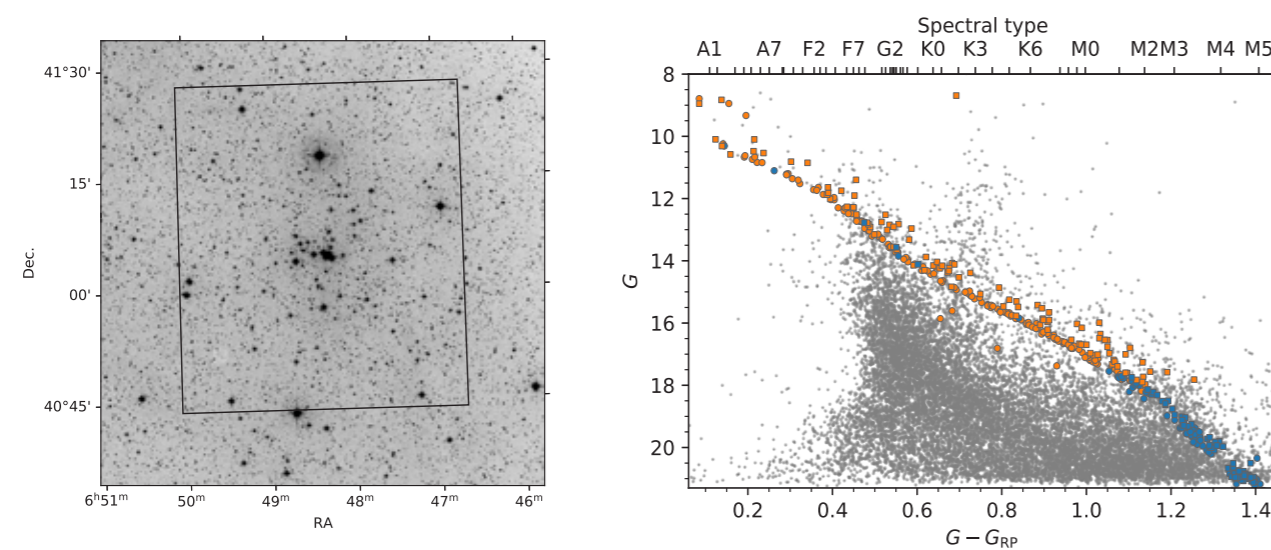
Este amplio conjunto de periodos de rotación permitió construir un nutrido diagrama color-periodo con muy pocos valores atípicos por encima de la secuencia de rotadores lentos. Se identificó una secuencia de rotación rápida evolucionada que puede utilizarse para datar con precisión el cúmulo abierto en relación con otros cúmulos abiertos. Las comparaciones con M37 y M48 muestran que los tres cúmulos abiertos son aproximadamente coetáneos, siendo la edad de NGC 2281 de  $435 \pm 50$  Ma. Mediante comparaciones con la estrella más joven, NGC 3532, y la más antigua, Praesepe, se descubrió que las tasas de ralentización de los rotadores rápidos medios K y tempranos M eran significativamente menores que las de las estrellas tempranas K.

Se sospecha que una dependencia adicional de la masa podría gobernar la ralentización de los rotadores rápidos K tempranos. El estudio concluye que la evolución de los rotadores rápidos en cúmulos abiertos puede describirse en términos de una dependencia exponencial del tiempo de rotación convectiva.

Based on an eight-month-long photometric time series obtained with the 1.2 m robotic STELLA-I telescope, stellar rotation periods for 127 cool star members of the open star cluster NGC 2281 (70 % of the observed members) were measured.

This large set of rotation periods allowed the construction of a rich colour-period diagram with very few outliers above the slow rotator sequence. Identified is an evolved fast rotator sequence which can be used to accurately age-date the open cluster relative to other open clusters. Comparisons with M37 and M48 show that all three open clusters are roughly coeval, with an age for NGC 2281 of  $435 \pm 50$  Myr. Through comparisons with the younger NGC 3532 and the older Praesepe, the spin-down rates of mid-K and early-M fast rotators were found to be significantly lower than for early-K stars.

It is suspected that an additional mass dependence might govern the spin-down of early-K fast rotators. The study concluded that the evolution of fast rotators in open clusters can indeed be described in terms of an exponential dependence on the convective turnover time.



El cúmulo abierto NGC 2281. Se utilizó la fotometría de STELLA-WiFSIP del núcleo del cúmulo abierto NGC 2281 para determinar su edad. La imagen de la izquierda muestra la posición en el cielo del mosaico CCD centrado en el núcleo del cúmulo (rectángulo negro); la imagen de la derecha es el nutrido diagrama color-magnitud.

The open cluster NGC 2281. STELLA-WiFSIP photometry of the core of the open cluster NGC 2281 was used to determine its disputed age. The left image shows the sky position of the CCD mosaic centred on the cluster core (black rectangle); the right image is the rich colour-magnitude diagram.

## Primer año completo de operaciones en el OT

### First full year of operations at the OT

2022 supuso el primer año completo de operaciones con los dos telescopios LCO de 1 metro y los dos de 0,4 metros, todos ellos operando en el Observatorio del Teide. Este emplazamiento constituye un importante nodo del hemisferio norte en la red robótica mundial LCO.

El siguiente ejemplo es una excelente muestra de la potencia de estos nuevos telescopios en Tenerife. Está previsto realizar observaciones espectroscópicas con el telescopio espacial James Webb del exoplaneta en tránsito HD 80606 b. El planeta se encuentra en una órbita muy excéntrica alrededor de su estrella, lo que hace que la cantidad de radiación estelar que experimenta varíe en un factor de 1000. El JWST observará el objetivo durante el eclipse planetario cuando se sitúe detrás de la estrella. Esto permitirá estudiar una amplia variedad de propiedades atmosféricas, como la composición, las escalas temporales químicas y dinámicas y los movimientos atmosféricos a gran escala. Para planificar las observaciones del JWST, es fundamental saber el momento del eclipse planetario.

Se llevó a cabo una campaña mundial con pequeños telescopios para medir la órbita de HD 80606 b con mayor precisión y, por tanto, reducir las incertidumbres en los tiempos del eclipse de decenas de minutos a unos pocos minutos.

La campaña se llevó a cabo los días 7 y 8 de diciembre de 2021 e incluyó los telescopios LCO de Tenerife y Texas. Aunque hizo mal tiempo en muchos lugares durante la campaña, LCO observó con éxito el objetivo. Según un artículo en el que se describen los resultados, «HD 80606 se observó durante tres días desde varios puntos de la red LCO. Lamentablemente, el tiempo estuvo nublado en la mayor parte del hemisferio norte, por lo que solo unos pocos sitios adquirieron datos.

La mayoría de las observaciones aprovechables proceden de los telescopios del LCO en el Observatorio McDonald, en Texas, y en el Observatorio del Teide, en Tenerife». La campaña redujo con éxito la incertidumbre del momento del eclipse de ~24 minutos a ~5 minutos, ahorrando así casi una hora del tiempo requerido con el JWST.

2022 provided the first full year of operations that included the two 1-meter and two 0.4-meter LCO telescopes, all operating at the Teide Observatory. This site provides an important northern hemisphere node in the LCO global robotic network.

The following example provides an excellent example of the power of these new telescopes in Tenerife. Spectroscopic observations are planned with the James Webb Space Telescope of the transiting exoplanet HD 80606 b. The planet is in a highly eccentric orbit around its star, which results in the amount of stellar radiation it experiences varying by a factor of 1000. JWST will observe the target during the planetary eclipse when it goes behind the star. This will allow the study of a wide variety of atmospheric properties, including composition, chemical and dynamical timescales, and large-scale atmospheric motions. For planning the JWST observations, it is critical to know the timing of the planetary eclipse.

A worldwide campaign with small telescopes was carried out to measure the orbit of HD 80606 b more accurately and, therefore, reduce the uncertainties in the eclipse timing from tens of minutes to a few minutes.

The campaign was carried out December 7-8, 2021, and included the LCO telescopes in Tenerife and Texas. While the weather was poor at many locations during the campaign, LCO successfully observed the target. To quote from a paper describing the results, «HD 80606 was observed over the course of 3 days from multiple locations in the LCO network. Unfortunately, weather clouded out most of the Northern Hemisphere, so that only a few sites acquired data.

Most of the usable observations come from LCO's telescopes at McDonald Observatory in Texas and Teide Observatory in Tenerife.» The campaign successfully reduced the uncertainty in the timing of the eclipse from ~24 minutes to ~5 minutes, reducing by almost an hour the time required with JWST.

# LST-1 y la candidata a PeVatron LHAASO J2108+5157

## LST-1 and the PeVatron candidate LHAASO J2108+5157

El origen de los rayos cósmicos galácticos es un misterio desde hace más de 100 años. Los rayos cósmicos se componen predominantemente por protones y núcleos de helio, con una fracción restante de electrones y elementos más pesados. Aunque los restos que se mueven a gran velocidad de las explosiones de las supernovas, los llamados remanentes de supernova (SNR), son el mejor candidato para el origen de los rayos cósmicos galácticos, no se ha demostrado que ninguna fuente astrofísica acelere los protones de los rayos cósmicos hasta sus energías más altas de 1 PeV. Las fuentes que los podrían acelerar hasta tales energías se denominan PeVatrones.

Recientemente, la colaboración LHAASO descubrió varias nuevas fuentes de rayos gamma de energía extremadamente alta (UHE,  $E > 100$  TeV) que podrían ser PeVatrones galácticos. En particular, LHAASO J2108+5157 es una fuente UHE sin homóloga de muy alta energía (VHE,  $E > 100$  GeV). A raíz de ello, un equipo de investigadores internacionales, miembros de la Colaboración LST-1, realizó un estudio en múltiples longitudes de onda, desde la banda de rayos X hasta energías TeV, con el fin de investigar a fondo esta fuente.

Los investigadores observaron la fuente unas 49 horas, con un indicio de detección a energías comprendidas entre 300 GeV y 100 TeV, lo que demostró que el LST-1 puede proporcionar resultados científicos significativos estando en fase de puesta en servicio.

Junto con los datos del LST-1, los investigadores recopilieron datos de XMM-Newton y Fermi-LAT que restringieron en gran medida la emisión de rayos gamma y rayos X de la fuente. De este modo, pudieron modelar la emisión de longitud de onda múltiple de la fuente y debatir posibles escenarios de emisión. Descubrieron que las observaciones se explican mejor como emisión Compton inversa de electrones relativistas y que las propiedades espectrales de la homóloga de alta energía (HE, energía por encima de unos pocos GeV) concuerdan con la hipótesis de un púlsar de tipo Geminga. Finalmente, LHAASO J2108+5157 podría formar parte de la nueva y enigmática clase de fuentes conocidas como halos TeV.

Este trabajo representa el primero de muchos artículos científicos fruto del proyecto CTA-LST en un futuro próximo. La misteriosa fuente, LHAASO J2108+5157, será sin duda un objetivo interesante para un estudio más profundo por parte de la futura Red Norte del CTAO.

The origin of Galactic cosmic rays has been a continuing mystery for over 100 years. Cosmic rays are predominantly composed of protons and helium nuclei with a remaining fraction of electrons and heavier elements. While leftover fast-moving shocks from supernovae, so-called supernova remnants (SNRs), are the strongest candidate for the origin of Galactic cosmic rays, no astrophysical source has been shown to accelerate cosmic ray protons to their highest energies of 1 PeV. Sources that could accelerate Galactic cosmic rays to such energies are called PeVatrons.

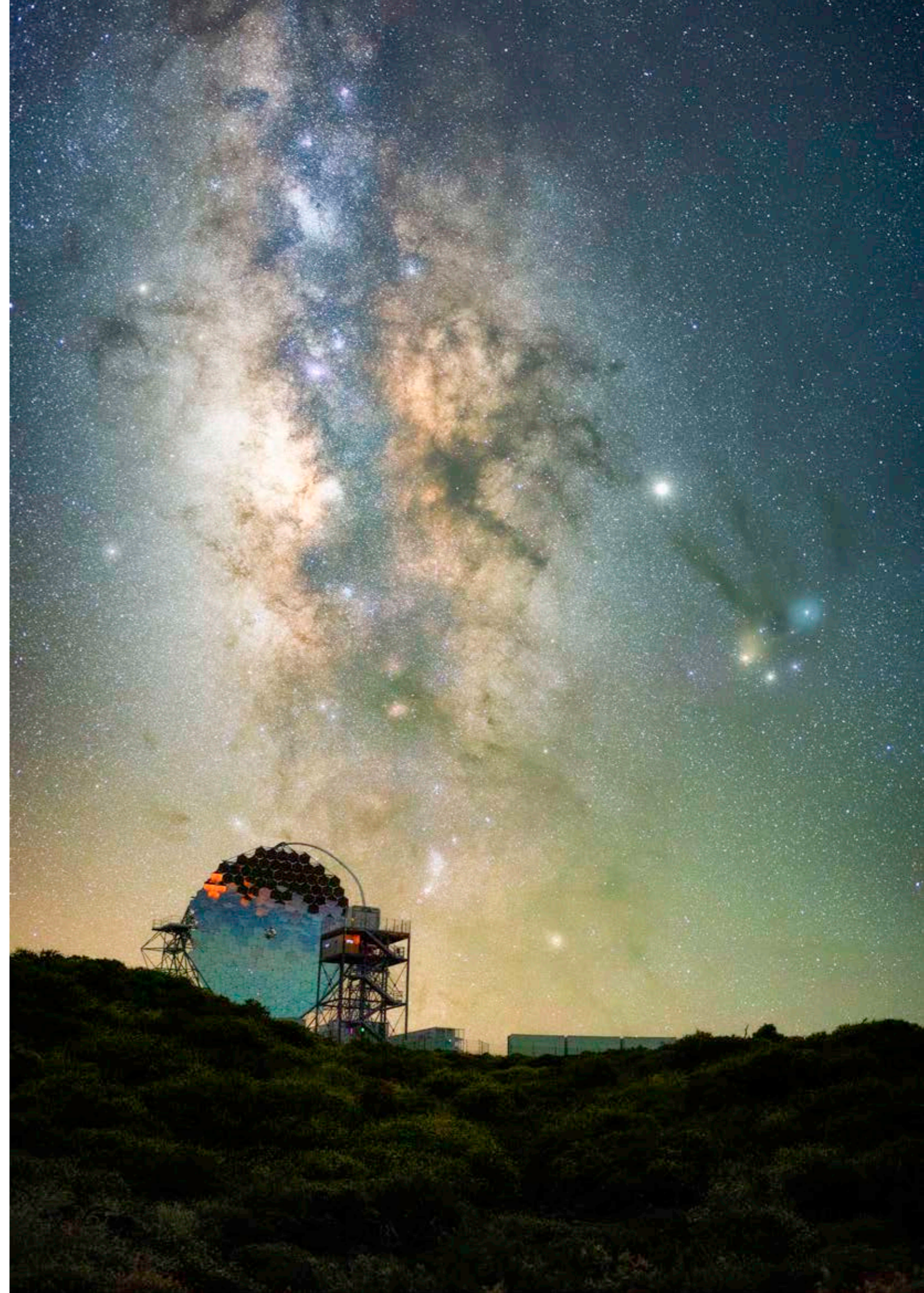
Recently, the LHAASO collaboration discovered several new Ultra-High-Energy (UHE,  $E > 100$  TeV) gamma-ray sources that may be Galactic PeVatrons. In particular, LHAASO J2108+5157 is a UHE source with no Very-High-Energy (VHE,  $E > 100$  GeV) counterpart. Consequently, a team of international researchers, members of the LST-1 Collaboration, performed a multi-wavelength study, ranging from the X-ray band up to TeV energies, in order to investigate this source thoroughly.

The researchers observed the source for about 49 hours, with a hint of detection at energies between 300 GeV and 100 TeV, which demonstrated that LST-1 can provide significant scientific results while still in the commissioning phase.

Together with the LST-1 data, the researchers collected data from XMM-Newton and Fermi-LAT, providing strong constraints on the gamma-ray and X-ray emission of the source. In this way, they could model the multi-wavelength emission of the source and discuss possible emission scenarios. They found that the observations are best explained as Inverse Compton emission of relativistic electrons and that the spectral properties of the High-Energy (HE, energy above a few GeV) counterpart are consistent with the hypothesis of a Geminga-like pulsar. Finally, LHAASO J2108+5157 may be part of the new enigmatic class of sources known as TeV halos.

This work represents the first of many scientific papers coming from the CTA-LST Project in the near future. The mysterious source, LHAASO J2108+5157, will clearly be an interesting target for deeper study by the future CTAO Northern Array

*LST-1 y la Vía Láctea.*  
*LST-1 and the Milky Way.*



# Primera detección de un disco de acreción truncado en un núcleo galáctico activo con el LT

## First detection of a truncated accretion disc in an active galactic nucleus using the LT

La mayoría de las galaxias albergan agujeros negros supermasivos (SMBH) en sus centros. Alrededor de los agujeros negros de las galaxias activas hay discos de acreción de gas caliente girando en espiral para desaparecer más allá del horizonte de sucesos del centro.

En las partes más internas del disco, inmediatamente alrededor del agujero negro, hay una región extremadamente caliente que emite rayos X. La mayor parte de los rayos X escapa, pero una fracción significativa se cruza con el disco y se reprocessa en forma de luz óptica y ultravioleta. Cualquier variación natural en el flujo de rayos X se ve reflejada en variaciones en las emisiones UV, ópticas y de líneas, pero solo tras retrasos debidos a los tiempos de viaje de la luz a través del disco. La técnica de «mapeado reverberante» usa estos retardos para explorar la estructura geométrica del disco de acreción y las regiones circundantes.

Un reciente trabajo dirigido por Ian McHardy, de la Universidad de Southampton, utilizó el Telescopio Liverpool para realizar un estudio de mapeado

Most galaxies harbour supermassive black holes (SMBHs) at their centres. Surrounding the black holes in active galaxies are accretion discs of hot gas spiralling in to disappear beyond the event horizon at the centre.

In the very inner parts of the disc, immediately surrounding the black hole, is an intensely hot region emitting X-rays. Most of the X-rays escape, but a significant fraction intersects with the disc and is reprocessed into optical and UV light. Any natural variations in the X-ray flux are echoed by variations in the UV, optical and line emissions, but only after time delays due to the light travel times across the disc. The “reverberation mapping” technique uses these time delays to explore the geometric structure of the accretion disc and surrounding regions.

A recent paper led by Ian McHardy at the University of Southampton used the Liverpool Telescope to conduct a reverberation mapping study of the low-mass active galactic nucleus in NGC 4395. The group did not have access to simultaneous X-ray

reverberante del núcleo galáctico activo de baja masa de NGC 4395. El grupo no tuvo acceso a observaciones simultáneas con satélites de rayos X, pero pudo medir variaciones en cinco bandas de onda ópticas para sondear distintas regiones del disco. Los resultados fueron lo suficientemente prometedores como para asegurar observaciones de mayor cadencia con el instrumento HiPERCAM en el Gran Telescopio Canarias.

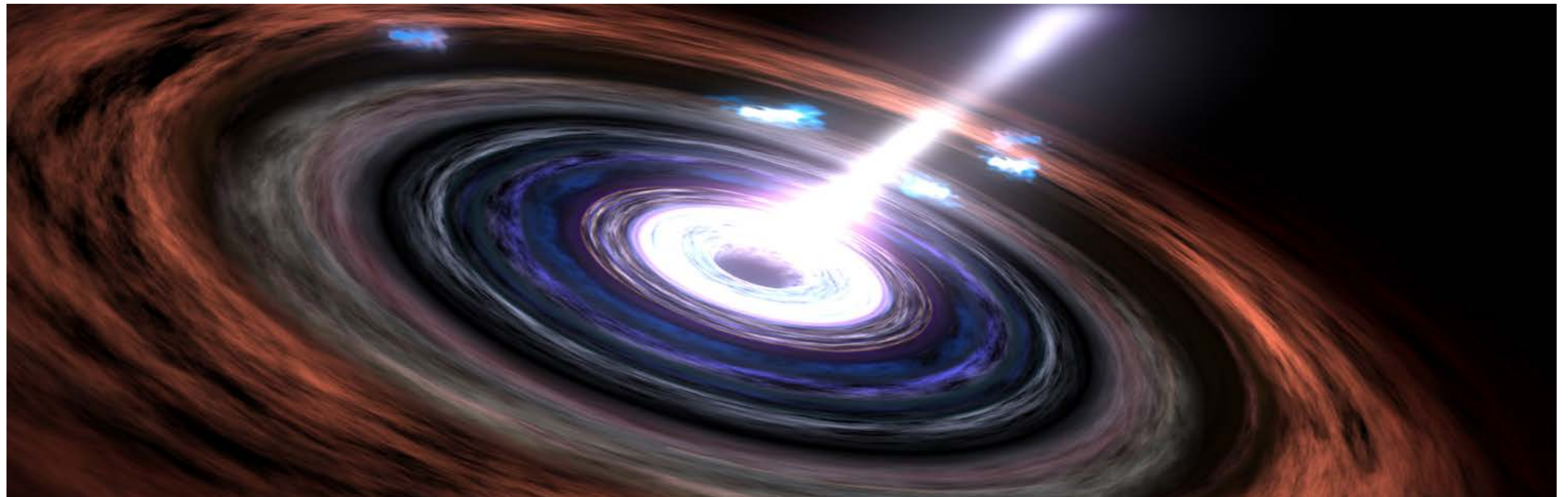
Las observaciones revelaron el borde exterior del disco de acreción y establecieron que el truncamiento en este punto podría deberse a un viento que se eleva desde el disco, oscureciéndolo debido a una alta densidad de gas o a la presencia de polvo en el viento. Esto ocurre aproximadamente a la misma distancia del agujero negro que el comienzo de la «Región de Línea Ancha», que rodea el motor central de la galaxia activa, por lo que este viento podría representar la transición del disco a esta región. Se trata de la primera observación de un disco de acreción de AGN truncado, y el descubrimiento incidirá en las futuras investigaciones sobre mapeado de reverberación.

satellite observations but was able to measure variations across five different optical wavebands to probe different regions of the disc. The results were promising enough to secure higher-cadence observations using the HiPERCAM instrument on the Gran Telescopio Canarias.

The observations revealed the outer edge of the accretion disc, with the truncation at this point potentially due to a wind rising from the disc, obscuring it due to a high gas density or the presence of dust within the wind. This happens at about the same distance from the black hole as the beginning of the “Broad Line Region”, which surrounds the central engine of the active galaxy, and so this wind might represent the transition from the disc to this region. This is the first observation of a truncated AGN accretion disc, and the discovery has implications for future research in reverberation mapping.

*Representación artística del disco de acreción que rodea al agujero negro supermasivo situado en el centro de un núcleo galáctico activo.*

*Artist's impression of the accretion disc surrounding the supermassive black hole at the centre of an active galactic nucleus.*



# Sondeo de la atmósfera de Venus en el TNG

## Probing Venus atmosphere at the TNG

Datos obtenidos desde tierra con la NICS/TNG permitieron monitorizar la variabilidad del viento en la cubierta de nubes inferior nocturna de Venus. NICS es la Cámara y Espectrógrafo de Infrarrojo Cercano montada en el Telescopio Nazionale Galileo (TNG) desde el año 2000. La observación del planeta vecino en el infrarrojo cercano (en Kcont a 2,28  $\mu\text{m}$ ) permite ahondar en el interior de su atmósfera, distinguir características de las nubes cercanas a 48 km de altitud y medir la velocidad del viento en varias latitudes.

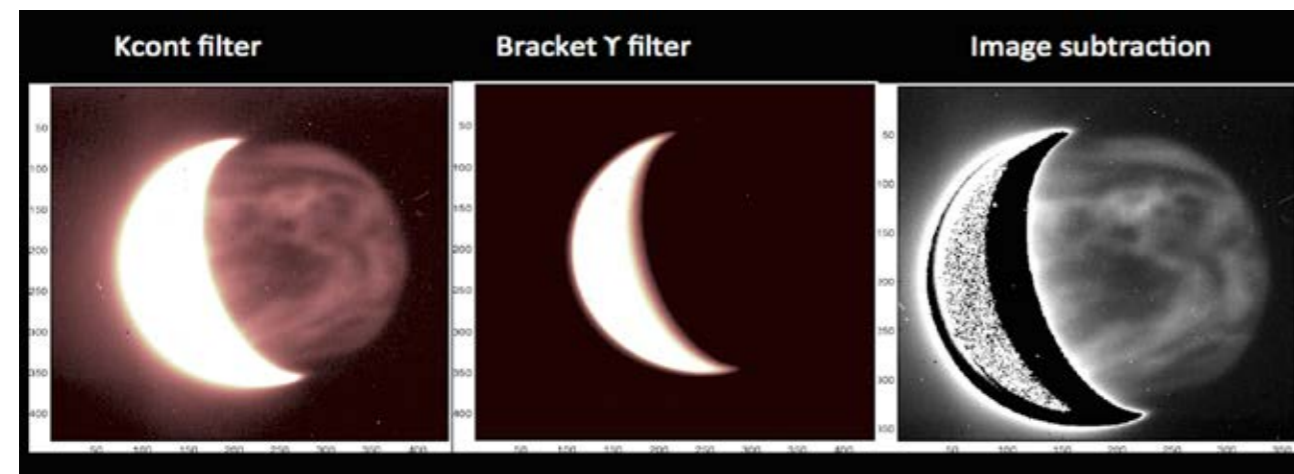
El perfil latitudinal del viento zonal obtenido a partir de estas observaciones coincide con los resultados obtenidos desde el espacio. Dado que desde la Tierra es posible observar simultáneamente los dos hemisferios de Venus, las observaciones ampliaron el seguimiento de los vientos más profundos en el hemisferio norte con una calidad más próxima a las observaciones del satélite japonés Akatsuki/IR2, y mejoraron drásticamente las observaciones terrestres anteriores, confirmando vientos zonales hemisféricamente simétricos en contraste con la morfología de las nubes.

Con una técnica precisa de seguimiento de las nubes, este estudio presenta el perfil más detallado y completo de las velocidades eólicas venusinas jamás realizado con observaciones terrestres. También se obtuvo el primer esquileo vertical del viento combinando datos de NICS/TNG y observaciones espaciales de la misión Venus Express, que observó las nubes de Venus en el ultravioleta a unos 70 km de altitud. El equipo dirigido por el Instituto de Astrofísica y Ciencias

Ground-based data with NICS/TNG allowed monitoring the wind variability on the night-side lower cloud deck of Venus. NICS is the Near Infrared Camera and Spectrograph mounted at the Telescopio Nazionale Galileo (TNG) since 2000. Observing our neighbour planet in the near-infrared (in Kcont at 2.28  $\mu\text{m}$ ) allows us to see deeper inside its atmosphere, distinguish features of the clouds close to 48 km altitude, and measure the wind speed at several latitudes.

The latitudinal zonal wind profile obtained from these observations is consistent with previous space-based results. Given that, from the Earth, it is possible to simultaneously observe both the northern and southern hemispheres of Venus, these observations helped to extend the monitoring of deeper winds in the northern hemisphere with a quality closer to the observations by the Japan satellite Akatsuki/IR2, and drastically improve past ground-based observations, confirming zonal winds that can be regarded as hemispherically symmetric in contrast to the cloud morphology.

Using an accurate technique to perform cloud tracking, this study presents the most detailed and complete profile of wind speeds ever performed using ground-based observations of Venus. The vertical shear of the wind was also obtained for the first time, combining data from NICS/TNG and space-based observations from the Venus Express mission, observing the clouds of Venus in the UV at roughly 70 km altitude. The team led by the Institute of Astrophysics



De izquierda a derecha, una imagen K continua de Venus, una imagen obtenida con un filtro Bracket-gamma y el resultado de sustraer la imagen Br $\gamma$  de la tomada con Kcont. En estas imágenes, las regiones oscuras son nubes, las regiones brillantes son zonas ópticamente más finas entre las nubes que dejan escapar la emisión térmica de la atmósfera inferior y la media luna perfilada es el lado diurno saturado del planeta.

From left to right, a continuum K image of Venus, an image obtained with a Bracket gamma filter, and the result of subtracting a Br $\gamma$  image from the one taken with Kcont. On these images, the dark regions are clouds, the bright regions are optically thinner areas between the clouds that allow thermal emission from the lower atmosphere to escape, and the outlined crescent is the saturated day-side of the planet.

Espaciales de Lisboa registró una diferencia en la velocidad del viento de unos 150 km/h, más rápida en la parte superior de las nubes. Esto da pistas importantes sobre cómo se transfiere la energía del calor de las capas inferiores para alimentar la superrotación de la atmósfera. La temperatura a nivel del suelo alcanza los 460 grados Celsius y produce radiación infrarroja, que calienta el aire y lo hace ascender. Esta radiación atraviesa las regiones más transparentes de la parte inferior de las nubes a unos 48 kilómetros de altitud. Cuando Venus se observa en el infrarrojo, esta luz irradia el calor de la superficie, y las siluetas de las nubes, opacas y oscuras, se hacen visibles.

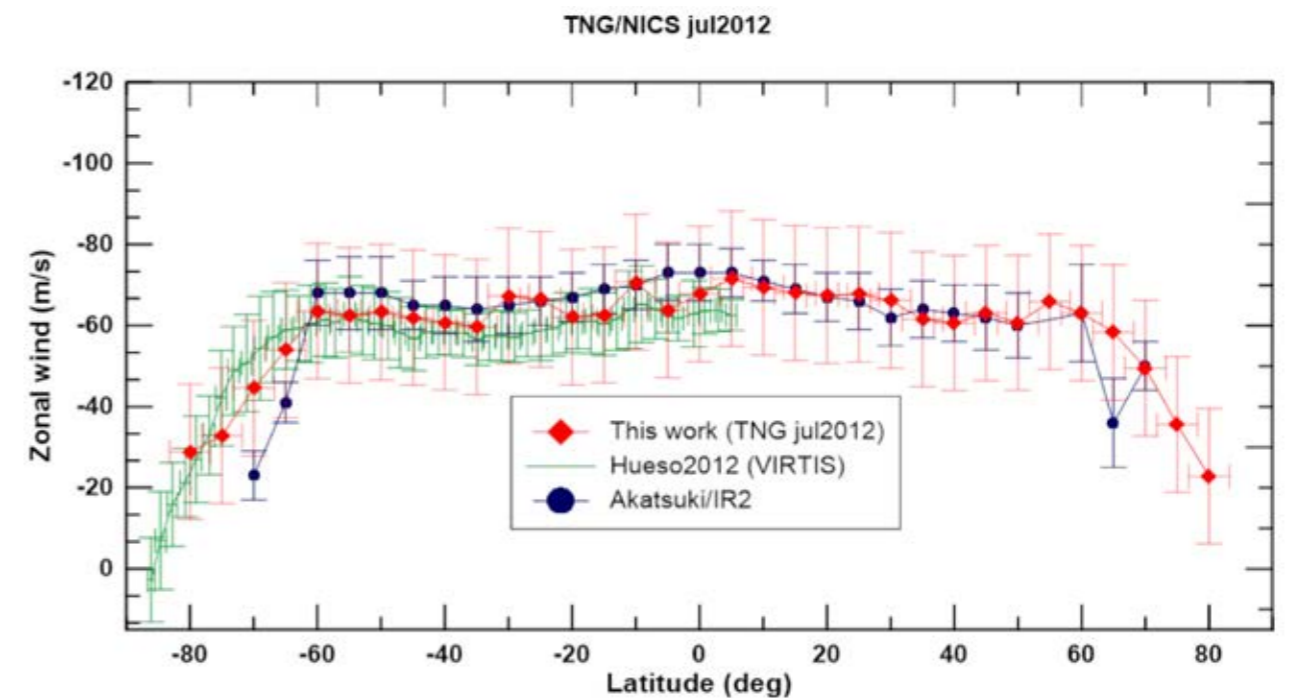
Otros estudios y simulaciones por ordenador indican que la velocidad eólica en el fondo de las nubes es casi constante, sin grandes diferencias entre el día y la noche. Se pudo entonces suponer que la velocidad del viento registrada por la noche es la misma en las capas inferiores de la atmósfera en el lado diurno.

Este estudio es importante para demostrar que las observaciones realizadas desde la Tierra complementan bien los datos que recogen simultáneamente las misiones espaciales. A pesar de la menor resolución espacial, en general es posible tener una visión global de nuestro vecino, que las sondas espaciales, debido a sus órbitas, a veces no pueden observar.

and Space Sciences in Lisbon registered a difference in wind speed of about 150 km/h, being faster at the top of the clouds. This result gives important clues about how energy is being transferred from the heat of the lower layers to feed the super-rotation of the atmosphere. The temperature at the ground level reaches 460 degrees Celsius and produces infrared radiation, which heats the air and makes it move up. This radiation passes through the most transparent regions of the bottom of the clouds at roughly 48 kilometres altitude. When Venus is observed in the infrared, this light radiates from the surface's heat, and the silhouettes of the clouds, opaque and dark, become visible.

Other studies and computer simulations indicate that the speed of the wind at the bottom of the clouds is nearly constant, without significant differences between day and night. The team was then able to assume that the wind speed registered at night is the same at the lower layers of the atmosphere on the day side.

This study is important to demonstrate that the observations conducted from Earth well complement the data being collected simultaneously by space missions. Despite the lower spatial resolution, it is generally possible to have a global view of our neighbor, which space probes, due to their orbits, sometimes cannot observe.



Perfil latitudinal del viento zonal en la cubierta de nubes inferior de Venus (48 km de altitud), obtenido mediante observaciones terrestres en el infrarrojo cercano (mostradas como diamantes rojos) de NICS/TNG. Por razones comparativas, se presenta el perfil latitudinal del viento zonal obtenido utilizando datos espaciales de los canales infrarrojos del instrumento VIRTIS de la sonda espacial Venus Express (verde) y de la cámara IR2 del orbitador Akatsuki (azul). Nótese que los resultados de VEx/VIRTIS solo cubren el hemisferio sur de Venus debido a limitaciones orbitales, mientras que la órbita ecuatorial de Akatsuki permite sondear ambos hemisferios de Venus.

Latitudinal profile of the zonal wind at the bottom cloud deck on Venus (48 km altitude), obtained using ground-based, near-infrared observations (shown as red diamonds) from NICS/TNG. For comparative reasons, the latitudinal profile of the zonal wind obtained using space-based data from the infrared channels of the VIRTIS instrument from the Venus Express space probe (green) and from the IR2 camera on the Akatsuki orbiter (blue) are presented. Note that the VEx/VIRTIS results only cover the southern hemisphere of Venus due to orbital constraints, while the Akatsuki's equatorial orbit enables the probing of both hemispheres of Venus.

## Telescopio Mercator: ciencia en 2022

### Mercator telescope: Science in 2022

En 2022 se publicaron 36 trabajos con datos obtenidos mediante el telescopio Mercator en revistas arbitradas, lo que significa que, a pesar de las difíciles condiciones (COVID y la erupción del volcán), el telescopio Mercator siguió siendo muy productivo. Aquí se enumeran algunos hitos científicos destacados.

Dada su naturaleza de telescopio pequeño pero moderno, equipado con instrumentos de vanguardia, el Mercator se usa sobre todo para astrofísica solar. La publicación de los datos de Gaia inspiró a muchos astrónomos, y el equipo de Mercator fomentó una amplia gama de investigaciones basadas en los resultados de Gaia en las que Mercator se utiliza para el seguimiento desde tierra. Lo mismo ocurre con la misión en curso TESS, y varios artículos de 2022 se basan en una combinación de fotometría TESS y seguimiento espectroscópico de alta resolución desde tierra.

Uno de los temas centrales de la investigación de Mercator es el impacto de la binariedad en la evolución estelar. El escaso conocimiento sobre la interacción binaria es habitual, y una mejor comprensión es esencial para restringir la evolución estelar, así como la evolución química del Universo.

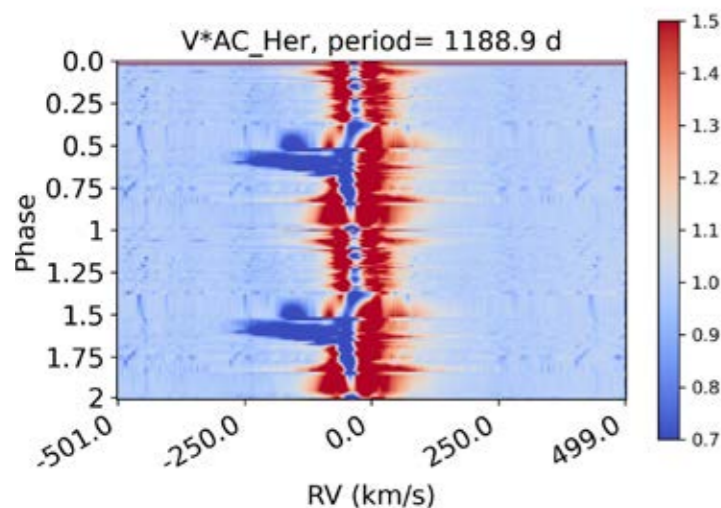
Las binarias evolucionadas son un tema central en la explotación científica del telescopio Mercator. La figura ilustra las variaciones del perfil de línea alrededor de la línea H $\alpha$  de las binarias evolucionadas. En el momento de la conjunción, cuando la compañera está en la línea de visión hacia la primaria, aparece una fuerte componente de absorción desplazada al azul en los perfiles de Balmer (ver figura). Ya está bien establecido que esto se debe a un chorro bipolar procedente de la compañera no evolucionada. Este disco de acreción se alimenta de material circunestelar.

In the course of 2022, 36 publications with data obtained on the Mercator telescope were published in journals with a peer-review process, which means that despite the difficult conditions (COVID as well as the volcano outburst), the Mercator telescope remained very productive. Here are listed some scientific highlights only.

Given its nature as a modern but small telescope equipped with state-of-the-art instruments, Mercator is mainly used for stellar astrophysics. The Gaia data releases inspired many astronomers, and the Mercator team fostered a broad range of research founded on Gaia results in which Mercator is used for ground-based follow-up. The same goes for the ongoing TESS mission, and several papers of 2022 are based on a combination of TESS photometry and ground-based high-resolution spectroscopic follow-up.

One of the central themes in the Mercator research is the impact of binarity on the evolution of stars. Poorly understood binary interaction processes are more the rule than the exception, and a better understanding is essential to constrain stellar evolution as well as the chemical evolution of the Universe.

Evolved binaries are a central theme in the scientific exploitation of the Mercator telescope. The figure illustrates the line-profile variations around the H $\alpha$  line of evolved binaries. At the time of conjunction, when the companion is in the line of sight towards the primary, a strong blue-shifted absorption component appears in the Balmer profiles (see figure). It is by now well established that this is due to a bipolar jet-like outflow from the un-evolved companion. This accretion disc is fed by circumstellar material.

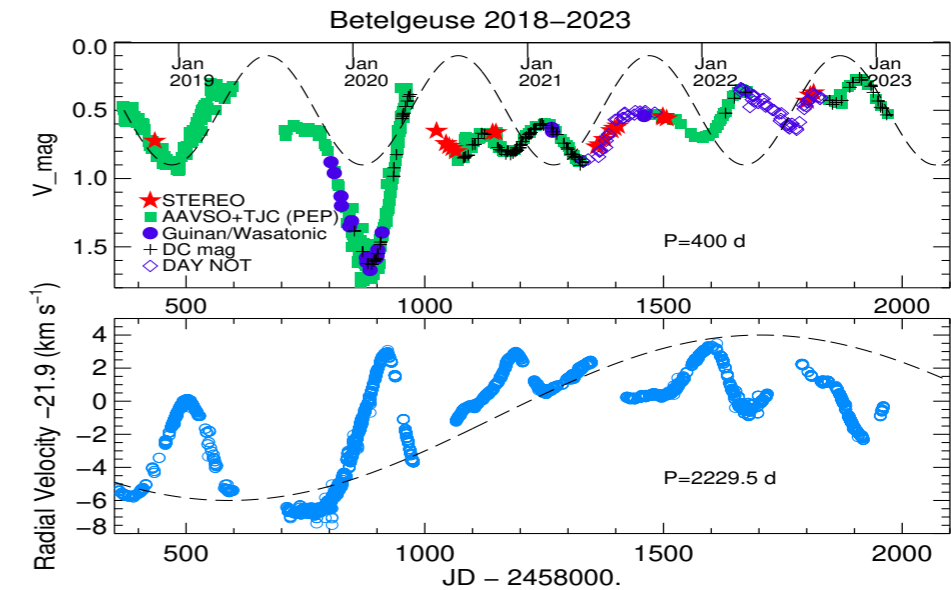


*Los espectros de alta resolución se pliegan sobre el período orbital y se muestra el perfil H $\alpha$ . En la conjunción superior aparece una componente de absorción de alta velocidad cuando la compañera está delante del primario posAGB. La componente de emisión también es variable debido a las pulsaciones fotosféricas.*

*High-resolution spectra are folded on the orbital period and the H $\alpha$  profile is displayed. At superior conjunction, a high-velocity absorption component appears, when the companion is in front of the post-AGB primary. The emission component is also variable due to photospheric pulsations.*

## El gran oscurecimiento de Betelgeuse

### The great dimming of Betelgeuse



*Brillo (panel superior) y velocidad radial (panel inferior, STELLA) de  $\alpha$  Orionis (Betelgeuse) en 2018–2023. Las velocidades radiales proceden de STELLA–SES y se muestran como círculos azules. La velocidad radial a largo plazo de la estrella sugiere un período de más de 2200 días (línea discontinua), mientras que el período de pulsación fotosférico fundamental a partir de la fotometría es de ~400 días. El origen de este largo período no está claro todavía.*

*Brightness (top panel) and radial velocity (lower panel, STELLA) of  $\alpha$  Orionis (Betelgeuse) for 2018–2023. The radial velocities are from STELLA–SES and are shown as blue circles. The long-term radial velocity of the star suggests a period of over 2200 days (dashed line), while the fundamental photospheric pulsation period from photometry is ~400 days. The origin of the long period is still unclear.*

La brillante supergigante Betelgeuse sufrió un histórico oscurecimiento óptico a principios de 2020. Su velocidad radial se midió continuamente durante este tiempo con el STELLA-II, equipado con el espectrógrafo Echelle STELLA SES. La fotosfera comenzó a expandirse en enero de 2019 y mantuvo un valor de salida máximo constante de  $-8$  km/s durante la mayor parte del año hasta mediados de noviembre de 2019, cuando la velocidad de salida comenzó a disminuir. Estas observaciones de Betelgeuse revelan que se produjo una importante eyección de masa superficial (SME) que se desplazó a través de la extensa atmósfera de la supergigante.

Entre enero y marzo de 2019 se produjo un choque fotosférico que dio lugar a la producción de polvo en la atmósfera, lo que provocó el Gran Oscurecimiento.

La masa expulsada representa una fracción significativa de la pérdida de masa anual total de la estrella, lo que sugiere que los episodios de pérdida de masa pueden contribuir con una cantidad comparable a la del viento estelar. Tras el SME, Betelgeuse quedó con una fotosfera media más fría, una oscilación fotométrica inusualmente corta, excursiones de velocidad reducidas y la desaparición durante más de dos años tras el Gran Oscurecimiento de la pulsación ~400 días.

The bright supergiant Betelgeuse underwent a historic optical dimming in early 2020. Its radial velocity was measured continuously during this time by STELLA-II equipped with the STELLA Echelle Spectrograph SES. The photosphere began to expand in January 2019 and maintained a constant maximum outflowing value of  $-8$  km/s for most of the year until mid-November 2019, when the outward velocity began to decrease. These observations of Betelgeuse reveal that a substantial surface mass ejection (SME) occurred and moved out through the extended atmosphere of the supergiant.

A photospheric shock occurred in January–March 2019 and led to dust production in the atmosphere, which caused the Great Dimming.

The mass ejected represents a significant fraction of the total annual mass loss from the star, suggesting that episodic mass-loss events can contribute an amount comparable to that of the stellar wind. Following the SME, Betelgeuse was left with a cooler average photosphere, an unusually short photometric oscillation, reduced velocity excursions, and the disappearance of the ~400-day pulsation for more than two years following the Great Dimming.

# Los Telescopios MAGIC rastrean señales de materia oscura en el centro de nuestra Galaxia

## MAGIC Telescopes scrutinise the centre of our home Galaxy for fingerprints of dark matter

Un grupo internacional de científicos de la colaboración MAGIC usó su sistema estereoscópico de dos telescopios de 17 m de diámetro para observar el centro de la Vía Láctea en busca de líneas de rayos gamma de muy alta energía procedentes de partículas de materia oscura. Aunque estas observaciones no mostraron indicios de la elusiva materia oscura, ayudaron a restringir las propiedades de las partículas candidatas.

La profundidad de la observación y la alta sensibilidad del sistema MAGIC a energías de Teraelectronvoltios (TeV) es crucial, dado que la masa de las partículas de materia oscura podría estar en este rango de energías y, por tanto, puede que la luz emitida en sus infrecuentes interacciones tenga energías similares.

Para diferenciar las señales de interacciones de la materia oscura de aquellas producidas por fenómenos astrofísicos ya conocidos, se buscaron específicamente «líneas» de rayos gamma, es decir, luz emitida dentro de un rango de energías muy estrecho y específico. Muy similares a las líneas de las huellas dactilares, capaces de identificar a una persona, esas líneas a energías de TeV revelarían la interacción de partículas mucho más pesadas que cualquiera de las conocidas dentro del Modelo Estándar de partículas y, por lo tanto, podrían considerarse una evidencia irrefutable de la existencia de la materia oscura.

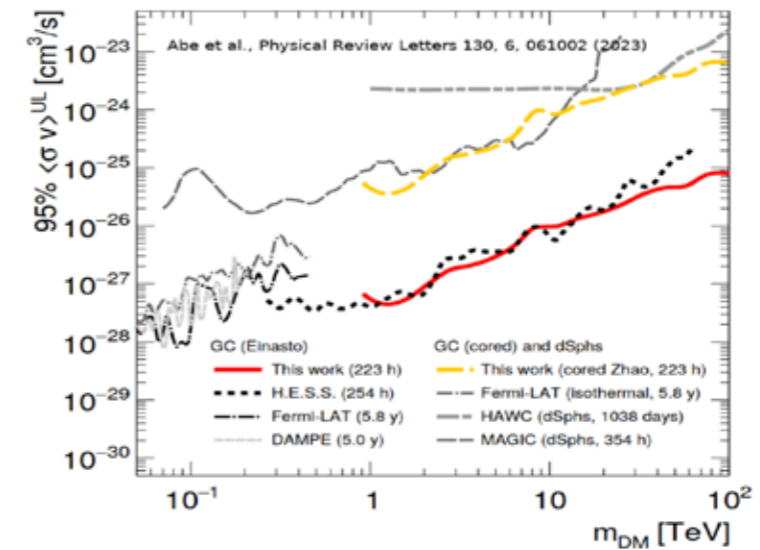
El equipo apuntó los telescopios MAGIC al centro de nuestra galaxia, la Vía Láctea, porque se presume que alberga una gran concentración de materia oscura. Al examinar un total de 223 horas de datos

An international team of scientists from the MAGIC collaboration, using a system of two 17m diameter telescopes on La Palma, have observed the centre of the Milky Way in search for very high energy gamma-ray lines that could originate from particle dark matter. While these observations did not show signs of the elusive dark matter, they helped constrain the candidate particles' properties.

The high sensitivity and large exposure of the MAGIC system at TeV-energies is crucial, as the mass of the dark matter particles – and thus the light that may be produced in their rare interactions – may well be around those energies.

To be able to distinguish any possible signal from dark matter interactions from already known astrophysical phenomena, scientists specifically searched for gamma-ray “lines” – light emitted within a very narrow and specific range of energies. Quite similar to the lines in the fingerprints of a human, which can identify any single human, such TeV-lines would be a giveaway for interactions of particles much heavier than anything known within the Standard Model and can thus be considered a “smoking gun signature” for dark matter.

The team decided to point the MAGIC telescopes at the centre of our home Galaxy, the Milky Way, because this region is strongly suspected of harbouring a large concentration of dark matter. Scrutinising a total of 223 hours of observational data collected over a time span of seven years, from 2013 to 2020,



El gráfico muestra los resultados de la búsqueda de líneas de materia oscura con MAGIC: los límites superiores observados en la sección eficaz de aniquilación  $\langle\sigma v\rangle$  en dos rayos  $\gamma$  que se muestran con líneas rojas y amarillas (para dos perfiles de densidad de materia oscura), se comparan con los obtenidos por otros experimentos.

The plot shows the results of the search of Dark Matter lines with MAGIC: the observed upper limits on the annihilation cross section  $\langle\sigma v\rangle$  into two  $\gamma$ -rays, shown as red and yellow lines (for two different dark matter density profiles), are compared to the ones obtained by other experiments.

de observación recopilados durante siete años, desde 2013 hasta 2020, no encontraron ninguna emisión similar a una línea. Sin embargo, la no detección de líneas de rayos gamma, combinada con la capacidad de detección de esta observación profunda con MAGIC, se ha usado para producir límites muy restrictivos en la tasa de aniquilación de partículas de materia oscura (el más restrictivo para masas de materia oscura por encima de 20 TeV). Estos resultados ayudan a restringir las propiedades de las partículas de materia oscura y los múltiples modelos teóricos de la física y han demostrado la gran capacidad de los telescopios MAGIC para el estudio de física tan fundamental.

the scientists did not find any line-like emission. However, the non-detection of a gamma-ray line-like signal, combined with the MAGIC exposure from this deep observation, yielded very constraining limits on the annihilation rate of dark matter particles (best limits, for dark matter masses above 20 TeV). These results helped to constrain the properties of the dark matter particles and the multiple physics theoretical models and showed the potential of MAGIC telescopes for such a fundamental physics case.



## QUIJOTE – Resultados científicos

### QUIJOTE – Scientific results

QUIJOTE es un proyecto dedicado a la caracterización de la polarización del fondo cósmico de microondas en grandes escalas y en frecuencias entre 10 y 40 GHz. El instrumento multifrecuencia (MFI) realizó observaciones de todo el hemisferio norte ecuatorial en cuatro frecuencias (11, 13, 17 y 19 GHz) durante 11 000 horas entre 2012 y 2018. En 2022 se enviaron y aceptaron seis artículos científicos en los que se presentaron los principales resultados derivados de los mapas de intensidad y polarización obtenidos a partir de estas observaciones, que son los primeros en este rango de frecuencias y cubriendo extensiones tan grandes del cielo.

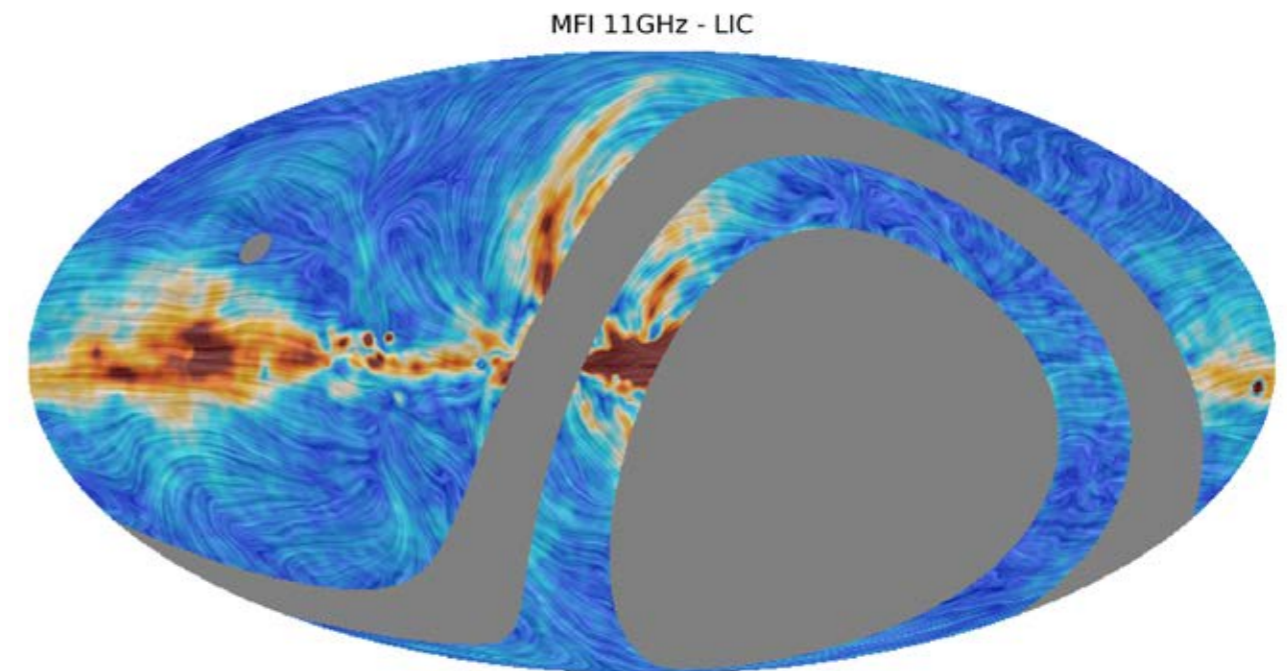
Estos mapas amplían hasta frecuencias más bajas la cobertura espectral alcanzada por misiones espaciales recientes como WMAP (NASA) y Planck (ESA), permitiendo medir con mayor precisión la polarización de la emisión sincrotrón originada por electrones relativistas que se mueven alrededor de las líneas del campo magnético de nuestra galaxia, como se muestra en la figura. Los resultados obtenidos han permitido medir el espectro de esta emisión con una resolución espacial de un grado, revelando que su dependencia en frecuencia presenta una variación espacial mayor de lo que se pensaba. Este resultado es crucial para poder corregir la emisión sincrotrón en los datos de futuros experimentos en Tierra o misiones espaciales que, como LiteBIRD, pretenden detectar el patrón de modos B en la polarización del fondo cósmico de microondas asociado a las ondas gravitacionales producidas durante el periodo inflacionario en los primeros instantes del Universo. Esta señal se espera que, en cualquier rango de frecuencia, tenga una amplitud muy inferior a las producidas por la emisión sincrotrón y la emisión térmica de granos de polvo del medio interestelar.

Los resultados también han permitido medir con mayor precisión la cantidad de emisión anómala de microondas en diferentes regiones de nuestra Galaxia y mejorar la comprensión de este fenómeno de emisión, mejorar la medida del espectro de la emisión de microondas generada alrededor del centro galáctico, que podría estar generada por el decaimiento de partículas de materia oscura, e incluso medir las densidades de flujo en intensidad y polarización y la variación temporal de un gran número de radiofuentes compactas.

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. The multi-frequency instrument (MFI) did observations in four frequencies (11, 13, 17 and 19) for 11,000 hours between 2012 and 2018. Six scientific papers were submitted and accepted in 2022, which presented the main results derived from the intensity and polarization maps resulting from these observations, the first ever produced in this frequency range and encompassing such a large fraction of the sky.

These maps extend to lower frequencies the spectral coverage of recent space missions such as WMAP (NASA) and Planck (ESA), allowing to measure with higher accuracy the polarization of synchrotron radiation emitted by relativistic electrons spiralling through the lines of the Galactic magnetic field, as illustrated in the image. The derived results allowed measuring the spectrum of this emission with a spatial resolution of 1 degree, revealing a more pronounced variation of the spectral index than previously thought. This result is key to correcting the contamination introduced by synchrotron emission in future data from ground-based experiments and space missions, like LiteBIRD, targeting the detection of the B-mode signal in the CMB polarization induced by gravitational waves generated during the inflationary epoch just after the Big Bang. This signal is expected to have, at any frequency range, an amplitude much lower than those of the signals produced by synchrotron emission and by thermal emission from dust grains in the interstellar medium.

The QUIJOTE-MFI results have also allowed measuring the amount of anomalous microwave emission in different Galactic regions with higher accuracy and improve our knowledge of this emission mechanism; to improve the measurements of the microwave emission produced around the Galactic centre that could be produced by the decay of dark-matter particles; and even to measure the flux densities in intensity and in polarization, and their time variation, in a larger number of compact radio sources.



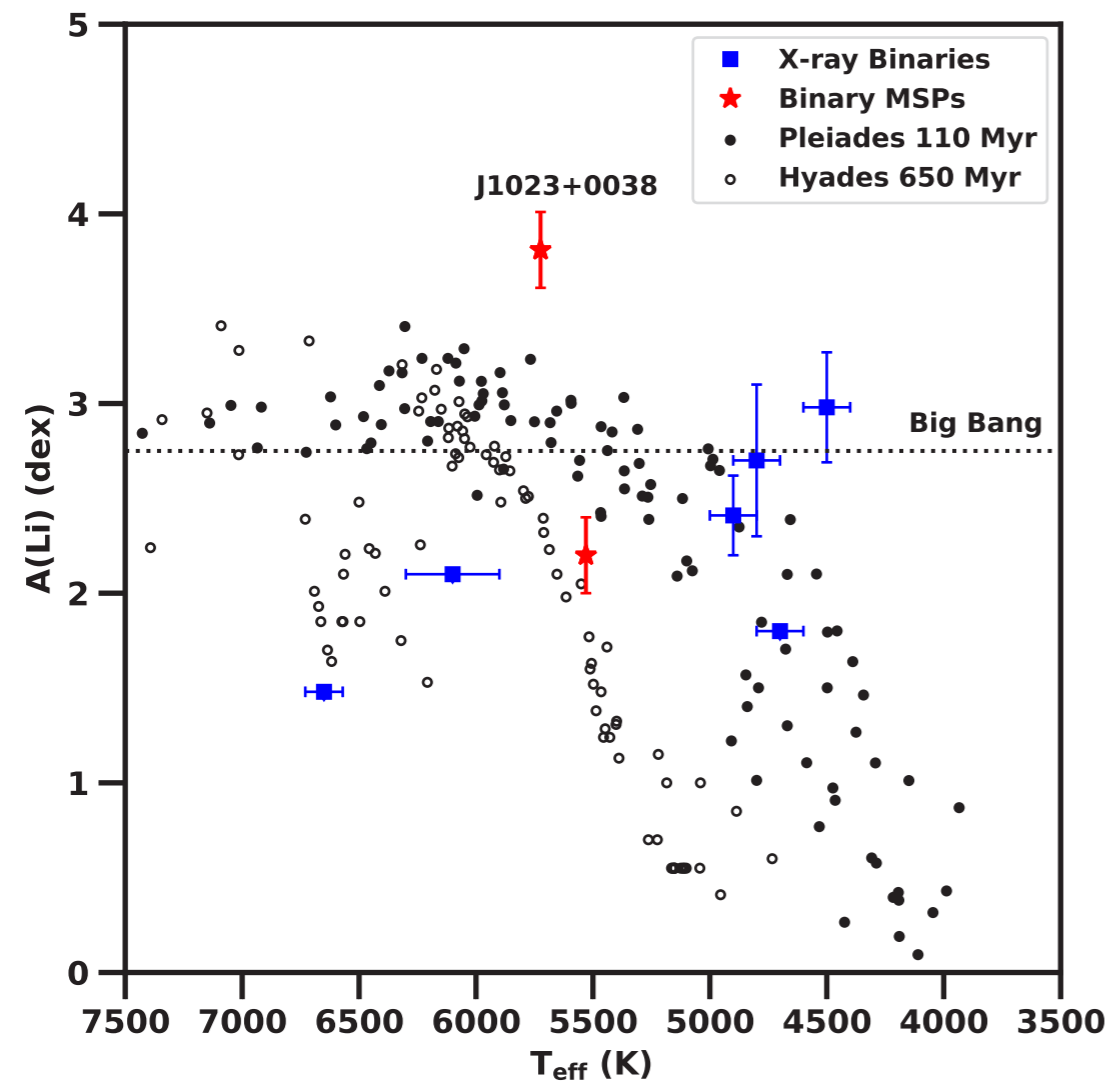
**Mapa de intensidad polarizada, a 11 GHz, obtenido por el instrumento MFI del experimento QUIJOTE, junto con las líneas del campo magnético galáctico derivadas a partir de la medida del ángulo de polarización.**

**Map showing the polarized intensity, at 11 GHz, obtained with the QUIJOTE-MFI instrument, along with the Galactic magnetic field lines derived from the measurement of the polarization angle.**



# Hallada una nueva fuente de producción de litio en el Universo

## New source of lithium production found in the Universe



La abundancia de Li observada en la estrella compañera del púlsar binario de milisegundos PSR J1023+0038 comparada con las estrellas compañeras en binarias de rayos X y estrellas en los jóvenes cúmulos Pléyades e Híades.

The observed Li abundance of the companion star in the binary millisecond pulsar PSR J1023+0038 compared with the companion stars in X-ray binaries and stars in the young clusters, Pleiades and Hyades.

El litio es un elemento frágil. Se destruye gradualmente en los interiores estelares de estrellas similares al Sol mediante combustión nuclear a baja temperatura. Sin embargo, la abundancia de litio en las estrellas jóvenes de la Población I es superior al valor producido en la nucleosíntesis del Big Bang, lo que significa que algunas estrellas/mecanismos producen y expulsan litio al medio interestelar.

Las condiciones en torno a los objetos compactos de las binarias de rayos X son ideales para la producción de litio mediante la espalación de núcleos de carbono-nitrógeno-oxígeno (CNO). Aunque la abundancia de litio observada en las binarias de rayos X es relativamente alta, no supera el valor cósmico ni lo observado en estrellas jóvenes de la Población I.

Utilizando espectroscopia de archivo de alta resolución tomada con el Very Large Telescope y el Telescopio William Herschel, se realizó un análisis detallado de la abundancia química del púlsar binario de milisegundos PSR J1023+0038. Se observó una estrella compañera con sobreabundancia de litio, superior a la de las estrellas simples con la misma temperatura efectiva, estrellas jóvenes de la Población I y, de hecho, a lo que se observa en las binarias de rayos X.

La explicación más probable del aumento de litio es la interacción de rayos gamma de alta energía o pares relativistas en el viento del púlsar con los núcleos de CNO en la atmósfera de la estrella compañera a través de la espalación. En principio, esto puede conducir a un enriquecimiento sustancial de litio en la atmósfera de la estrella compañera, por lo que los púlsares binarios de milisegundos podrían proporcionar lugares para la producción de litio nuevo.

Lithium is a fragile element. It is gradually destroyed in stellar interiors of stars similar to the Sun via low-temperature nuclear burning. However, the lithium abundance in young Population I stars is higher than the value produced in the Big Bang Nucleosynthesis, which means that some stars/mechanisms produce and eject lithium into the interstellar medium.

The conditions around the compact objects in X-ray binaries are ideal for lithium production through the spallation of carbon-nitrogen-oxygen (CNO) nuclei. Although the observed lithium abundance in X-ray binaries is relatively high, it is not in excess of the Cosmic value, or what is observed in young Population I stars.

Using archival high-resolution spectroscopy taken with the Very Large Telescope and the William Herschel Telescope, a detailed chemical abundance analysis of the binary millisecond pulsar PSR J1023+0038 was performed. A companion star with over-abundant lithium was observed, higher than single stars with the same effective temperature, young Population I stars and indeed to what is observed in X-ray binaries.

The most likely explanation for the enhanced lithium is the interaction of high-energy gamma rays or relativistic pairs in the pulsar wind with the CNO nuclei in the companion star's atmosphere via spallation. In principle, this can lead to substantial lithium enrichment in the companion star's atmosphere, so binary millisecond pulsars could provide sites for fresh lithium production.

# La naturaleza de la supergigante B extrema 2MASS J20395358+4222505

## The nature of the extreme B-supergiant 2MASS J20395358+4222505

2MASS J20395358+4222505 es una supergigante B temprana y oscurecida cerca de la asociación de estrellas OB masivas Cyg OB2. A pesar de su brillante magnitud en el infrarrojo ( $K_s=5.82$ ) ha permanecido ignorada durante mucho tiempo, debido en gran medida a su débil magnitud en el óptico ( $B=16.63$ ,  $V=13.68$ ).

Observaciones iniciales con el telescopio Isaac Newton permitieron clasificarla como una supergigante temprana de tipo B altamente enrojecida y potencialmente extremadamente luminosa, lo que alentó observaciones adicionales.

Durante la puesta a punto del instrumento MEGARA@GTC, se obtuvieron nuevos espectros en las bandas espectrales  $U$ ,  $B$  y  $R$ . El espectro en  $R$  mostró una emisión de  $H\alpha$  particularmente fuerte para su tipo espectral B1 Ia. Con una temperatura efectiva  $T_{\text{eff}}=24\,000\pm 500$  K, una gravedad  $\log g=2.88\pm 0.15$ , una luminosidad  $\log(L/L_{\odot})=5.71\pm 0.04$  y una alta tasa de pérdida de masa de  $2.40\pm 0.30 M_{\odot} \text{ a}^{-1}$ , la estrella parece estar en una fase intermedia entre super- e hipergigante, un grupo al que probablemente se unirá en un futuro (astronómico) cercano.

Su gran velocidad de rotación (para una supergigante B1), junto con una abundancia de CNO casi solar y la falta de un movimiento propio significativo con respecto a la asociación Cyg OB2, apuntan a la posible evolución en un sistema binario, en el que J20395358+4222505 sería la secundaria inicial.

Los espectros individuales muestran una diferencia de velocidad radial de hasta  $60 \text{ km s}^{-1}$ , una variación de velocidad radial muy alta para una estrella de unos  $46 M_{\odot}$ . Además, la curva de luz del satélite TESS muestra dos intrigantes mínimos estrechos separados por unos 13 días. Por lo tanto, la compañera no detectada tiene que ser un objeto masivo.

La probable naturaleza como un sistema binario que contiene un agujero negro estelar masivo, el peculiar estado evolutivo y la posición alejada del centro de la asociación Cyg OB2 vuelven a J20395358+4222505 un objeto particularmente interesante para futuros estudios.

2MASS J20395358+4222505 is an obscured early B supergiant near the massive OB star association Cyg OB2. Despite its bright infrared magnitude ( $K_s=5.82$ ), it has remained largely ignored because of its dim optical magnitude ( $B=16.63$ ,  $V=13.68$ ).

First observations with the Isaac Newton Telescope allowed its classification as a highly reddened, potentially extremely luminous, early B-type supergiant, encouraging follow-up observations.

During the commissioning observations with the MEGARA@GTC instrument, new spectra in the  $U$ ,  $B$  and  $R$  spectral bands were obtained. The  $R$  spectrum displayed  $H\alpha$  emission particularly strong for the star's B1 Ia spectral type. With an effective temperature  $T_{\text{eff}}=24\,000\pm 500$  K, a gravity  $\log g=2.88\pm 0.15$ , a luminosity  $\log(L/L_{\odot})=5.71\pm 0.04$  and a high mass-loss rate of  $2.40\pm 0.30 M_{\odot} \text{ a}^{-1}$ , the star seems to be in an intermediate phase between super- and hypergiant, a group that it will probably join in the near (astronomical) future.

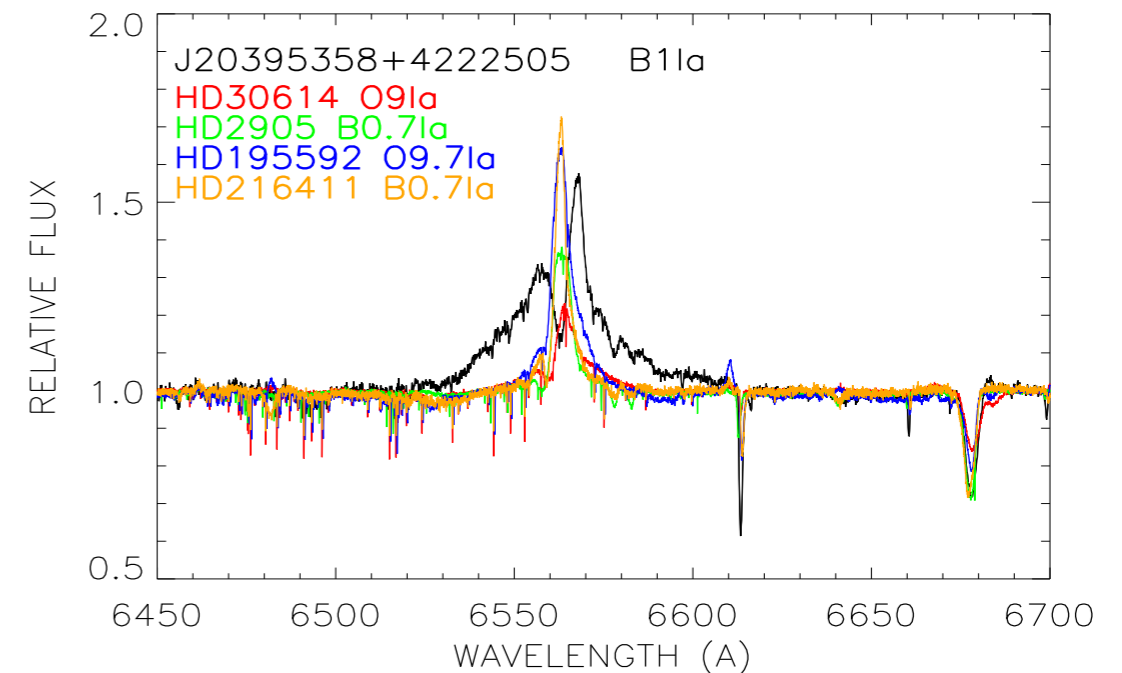
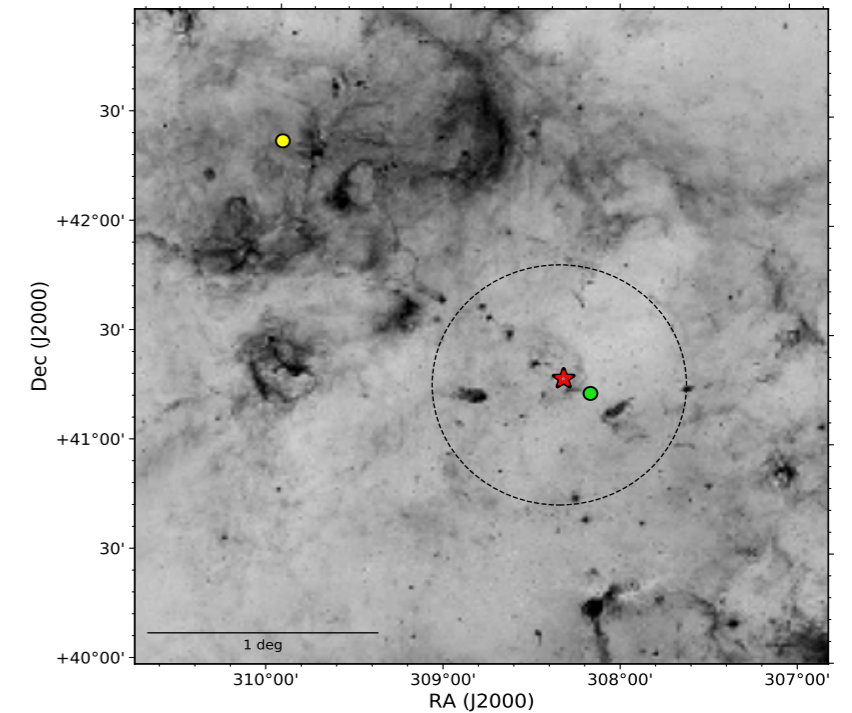
A large rotational velocity (for a B1 supergiant), together with a nearly solar CNO abundance and the lack of a significant proper motion relative to the Cyg OB2 association point to a possible evolution in a binary system, in which J20395358+4222505 would be the initial secondary.

Interestingly, individual spectra show a radial velocity difference of up to  $60 \text{ km s}^{-1}$ , a very high radial velocity variation for a star of about  $46 M_{\odot}$ . Moreover, the light curve of the TESS satellite shows two intriguing narrow minima separated by about 13 days. The undetected companion, therefore, has to be a massive object.

The probable nature as a binary system containing a massive stellar black hole, the peculiar evolutionary status and the position far from the centre of the Cyg OB2 association renders J20395358+4222505 a particularly interesting object for further studies.

Imagen del Digital Sky Survey de la región de la asociación Cyg OB2 y la ubicación de 2MASS J20395358+4222505 (círculo amarillo). La estrella roja marca la posición del centro de la asociación y el círculo verde representa la hipergigante de tipo B Cyg OB2#12. El círculo discontinuo enmarca el núcleo de la asociación Cyg OB2.

Digital Sky Survey image showing the region of the Cyg OB2 association and the location of 2MASS J20395358+4222505 (yellow dot). The red star marks the position of the centre of the association and the green dot represents the B-type hypergiant Cyg OB2#12. The dashed circle encloses the core of the Cyg OB2 association.



Perfil  $H\alpha$  de J20395358+4222505 (en negro) comparado con algunos de los perfiles más fuertes de supergigantes O9-B1. La lista en la esquina superior izquierda sigue la altura de los picos de los perfiles de las estrellas citadas.

The  $H\alpha$  profile of J20395358+4222505 (in black) is compared with some of the strongest profiles in O9-B1 supergiants. The list in the upper-left corner follows the height of the profile peaks of the quoted stars.

The image is a vertical artistic rendering of the Orion Nebula. It features a large, glowing, orange and yellow nebula with a prominent, bright, vertical jet of gas extending upwards from the center. The background is dark with numerous small, bright stars scattered throughout. The overall color palette is dominated by warm tones like orange, yellow, and red, with some cooler blue and purple hues in the darker regions.

## Posible evidencia de formación planetaria en la Nebulosa de Orión

### Possible evidence of planet formation found in the Orion Nebula

La Nebulosa de Orión es la región de formación de estrellas masivas más cercana a nuestro planeta. Contiene una gran cantidad de protoestrellas y discos protoplanetarios. Sin embargo, la intensa radiación ultravioleta que emiten las estrellas vecinas más calientes ioniza el gas y fotoevapora dichas estructuras, convirtiéndose en un entorno hostil para la formación de planetas.

Algunos de estos discos emiten chorros de gas, revelando la composición química interna del sistema al destruir compuestos sólidos de polvo y liberarlos a su fase gaseosa. Esto nos permite entender la formación de planetas en estas condiciones adversas.

Un estudio basado en el análisis de espectroscopia e imágenes tomadas con VLT, GTC y HST de HH514, un chorro de gas emanado del disco protoplanetario 170-337, en el centro de la Nebulosa de Orión, ha encontrado una abundancia de azufre dos veces superior al valor solar.

Este hallazgo indica la presencia de compuestos de azufre en el interior del disco. Los trabajos teóricos indican que cuando los planetas se forman, la acreción de material no es uniforme. Esto se debe a que la presencia de un protoplaneta en el disco de acreción aumenta localmente la presión, acumulando los compuestos químicos de gran tamaño, como los sulfuros. En HH514, parte de los granos ricos en azufre pudieron ser arrastrados, siendo destruidos posteriormente en los frentes de choque.

Este fenómeno libera una gran cantidad de azufre gaseoso, el cual fue detectado en estudio mencionado. Este es el primer indicio de que los planetas podrían formarse en el duro entorno del centro de la Nebulosa de Orión.

The Orion Nebula is the closest massive star-forming region to our planet. It contains a large number of protostars and protoplanetary discs. However, the intense ultraviolet radiation emitted by the hottest stars immersed in the nebula ionizes the gas and photo-evaporates these structures, making it a hostile environment for planet formation.

Some of these discs emit jets of gas, revealing the internal chemical composition of the system by destroying solid dust compounds and releasing them into their gas phase. This allows us to understand the formation of planets in these adverse conditions.

A study based on the analysis of spectroscopy and imaging taken with the VLT, GTC and HST of the Herbig-Haro (HH) object HH514, a jet of gas emanating from the protoplanetary disk 170-337, in the centre of the Orion Nebula, has found a sulphur abundance two times higher than the Solar value.

This finding indicates the presence of sulphur compounds inside the disk. Theoretical works indicate that when planets form, the accretion of material is not uniform. This is because the presence of a protoplanet in the accretion disk increases the local pressure, accumulating large chemical compounds such as sulphides. In HH514, part of the sulphur-rich grains could have been dragged along, being subsequently destroyed by shock fronts inside the jet.

This phenomenon releases a large amount of gaseous sulphur, which was detected in the aforementioned study. This is the first indication that planets may form in the harsh environment at the centre of the Orion Nebula.

*Recreación artística del disco protoplanetario 170-337 y el chorro de gas HH514, emanado desde su interior. Estos objetos se encuentran localizados en el centro de la Nebulosa de Orión. La alta concentración de azufre en HH514 puede ser evidencia indirecta de procesos de formación de exoplanetas.*

*Artist's impression of the protoplanetary disc 170-337 and the gas jet HH514 emanating from within it. These objects are located in the centre of the Orion Nebula. The high concentration of sulphur in HH514 may be indirect evidence for exoplanet formation processes.*

# Estudio espectroscópico de nebulosas planetarias

## Spectroscopic study of planetary nebulae

Una nebulosa planetaria es la envoltura gaseosa expulsada de una estrella de masa baja o intermedia al final de su evolución. Mientras la envoltura se expande en el medio interestelar, el núcleo de la estrella alcanza rápidamente temperaturas muy elevadas, emitiendo radiación ultravioleta energética que calienta e ioniza el gas expulsado.

Una fracción significativa de la luz ultravioleta estelar absorbida por los átomos de la nebulosa es procesada y emitida a 5007 Angstrom por átomos de oxígeno doblemente ionizado, [OIII], formando una línea de emisión desconocida cuando fue observada por primera vez en el siglo XIX, por lo que inicialmente se la denominó «nebulium».

A pesar de la gran variedad de masas (de 1 a 8 masas solares), composición química, trazas evolutivas y sus escalas temporales de las estrellas que forman las nebulosas planetarias, se ha comprobado empíricamente que las nebulosas planetarias más brillantes en cualquier tipo de galaxia tienen el mismo brillo intrínseco en la línea [OIII]5007, un valor «mágico» que ninguna nebulosa parece ser capaz de superar.

Esta uniformidad es una propiedad tan robusta que puede utilizarse para medir la distancia de las galaxias hasta 70 millones de años luz o más. Sin embargo, también contradice lo que predicen los modelos teóricos, y esta discrepancia fundamental ha permanecido sin explicación durante décadas.

El problema se abordó estudiando espectroscópicamente una muestra de nebulosas planetarias cercanas al «corte» de alta luminosidad en nuestra galaxia espiral hermana, M31, utilizando el mayor telescopio, el GTC, de 10,4 m, y las herramientas de análisis más actualizadas. El análisis muestra que las nebulosas planetarias más brillantes del disco de M31 descienden todas de estrellas con masas cercanas a 1,5 masas solares.

Esta uniformidad es muy notable y por esta razón importante para acotar los modelos estelares. Estos resultados se comprobarán en galaxias de diferentes metalicidades y contenido estelar, como las Nubes de Magallanes, para tener una visión empírica global que permita comprender mejor la formación y evolución de las nebulosas planetarias, y su uso como candelas estándar para medir distancias extragalácticas.

A planetary nebula is the gaseous envelope expelled from a star of low or intermediate mass at the end of its evolution. While the envelope expands into the interstellar medium, the stellar core quickly reaches very high temperatures, emitting energetic ultraviolet radiation that ionises and heats the ejected gas.

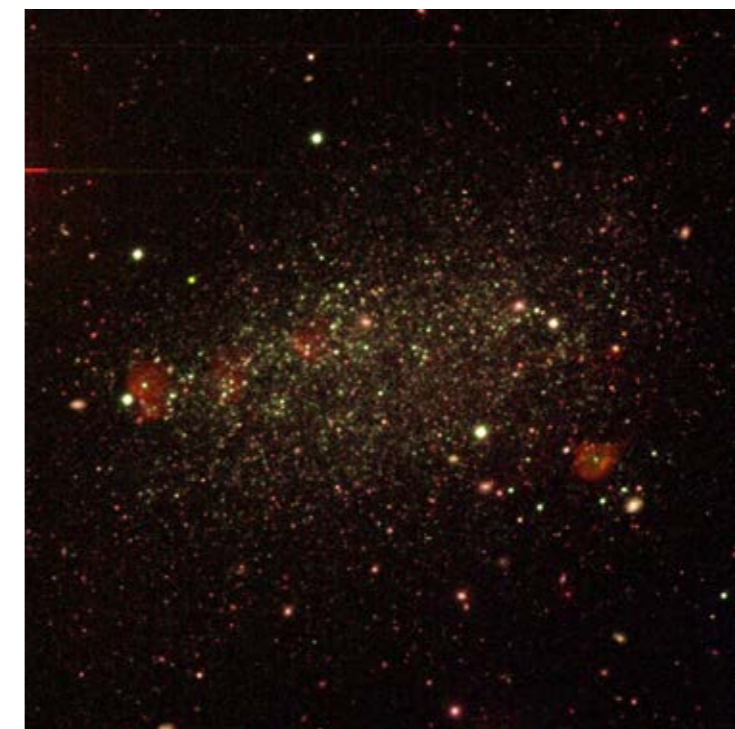
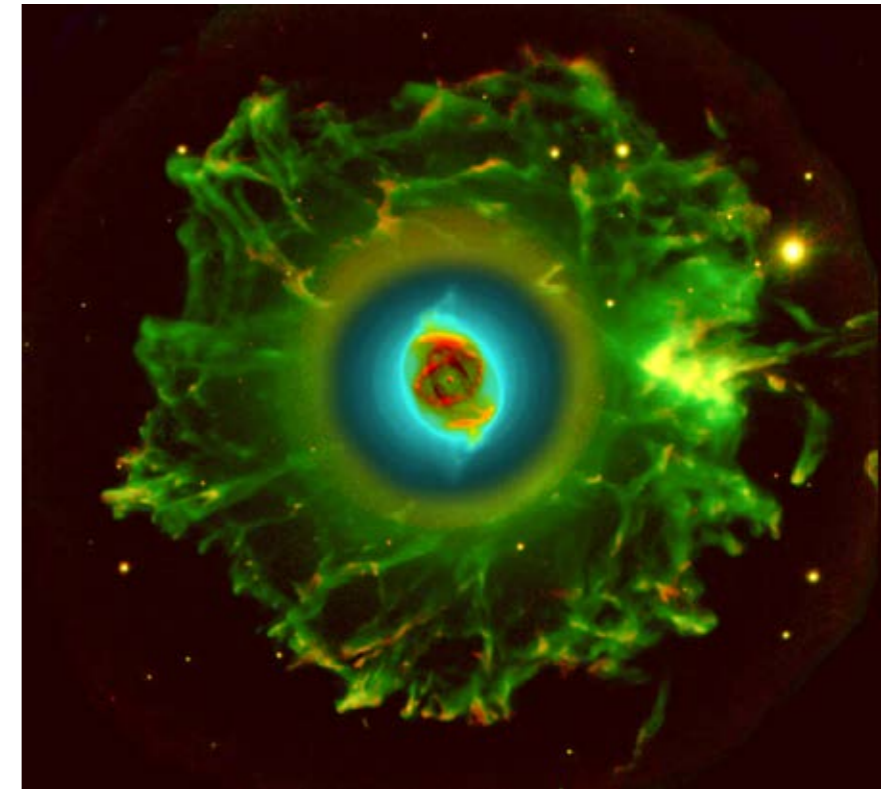
A significant fraction of the stellar ultraviolet light absorbed by the atoms of the nebula is processed and emitted at 5007 Angstrom by doubly ionised atomic oxygen, [OIII], forming the old “nebulium” line discovered in the XIX century.

Despite the large range of masses (1 to 8 Solar masses), chemical contents, evolutionary paths and timescales of stars that form planetary nebulae, it is empirically found that the brightest planetary nebulae in any type of galaxy have the same intrinsic [OIII]5007 brightness, a “magic” value which no nebulae seem to be able to exceed.

This uniformity is such a robust property that it can be used to measure distances to galaxies at up to 70 million light-years away and even further. However, it also contradicts what theoretical models predict, and this fundamental discrepancy has remained unexplained for decades.

The problem was tackled by studying spectroscopically a sample of planetary nebulae near the high luminosity “cut-off” in our sister spiral galaxy, M31, using the largest telescope, the 10.4m GTC, and state-of-the-art analysis tools. The analysis shows that the brightest planetary nebulae in the disc of M31 all descend from stars with masses close to 1.5 Solar masses.

This uniformity is striking and provides firm empirical constraints to stellar models. Further tests will be done in galaxies of different metalicities and stellar contents, such as the Magellanic Clouds, to gain a global empirical framework to fully understand the formation and evolution of planetary nebulae and their use as standard candles to measure extragalactic distance.



Arriba, la Nebulosa Ojo de Gato, en nuestra galaxia. A la distancia de la galaxia Leo A (abajo), similar a la de M31, estas nebulosas se observan como «puntos verdes» porque emiten una fracción importante de su luz en la línea de [OIII]5007.

Above, the Cat's Eye Nebula in our Galaxy. In external galaxies, such as Leo A (below) or M31, these nebulae are not resolved and are seen as “green dots” as they emit a large fraction of their light in the [OIII]5007 line.

A wide-angle, fisheye photograph of a space station in orbit against a starry night sky. A bright sun is visible in the upper right, creating a lens flare. The station's complex structure, including a large cylindrical module and various external components, is visible. The text 'TECHNOLOGICAL RESULTS' is overlaid in the top left, and 'RESULTADOS TECNOLÓGICOS' is overlaid in the bottom right.

**TECHNOLOGICAL  
RESULTS**

**RESULTADOS  
TECNOLÓGICOS**

## ASTRI en el OT ASTRI at the OT

Las obras civiles de los emplazamientos de los nueve telescopios, el centro de datos y su central eléctrica finalizaron en noviembre de 2022. La integración del primer telescopio, ASTRI-1, en su ubicación está a punto de concluir y la puesta a punto de los motores y controles del telescopio está en marcha.

En mayo de 2023, la óptica del telescopio estará alineada, lista para albergar la primera cámara Cherenkov a principios del próximo verano. Los dos telescopios siguientes, ASTRI-8 y ASTRI-9, se entregarán pronto en el observatorio (a finales del verano de 2023) y, a continuación, se procederá a su ensamblaje e integración.

Civil works for the nine telescope sites, the data centre, and the dedicated power station were completed in November 2022. Integration of the first telescope at the site, ASTRI-1, is close to completion, and the telescope motors and control fine-tuning are underway.

In May 2023, the telescope's optics will be aligned, ready to host the first Cherenkov camera at the beginning of next summer. The following two telescopes - ASTRI-8 and ASTRI-9 - will be delivered soon at the site (by the end of summer 2023), and then they will be assembled and integrated.



*El telescopio ASTRI-1.  
The ASTRI-1 telescope.*

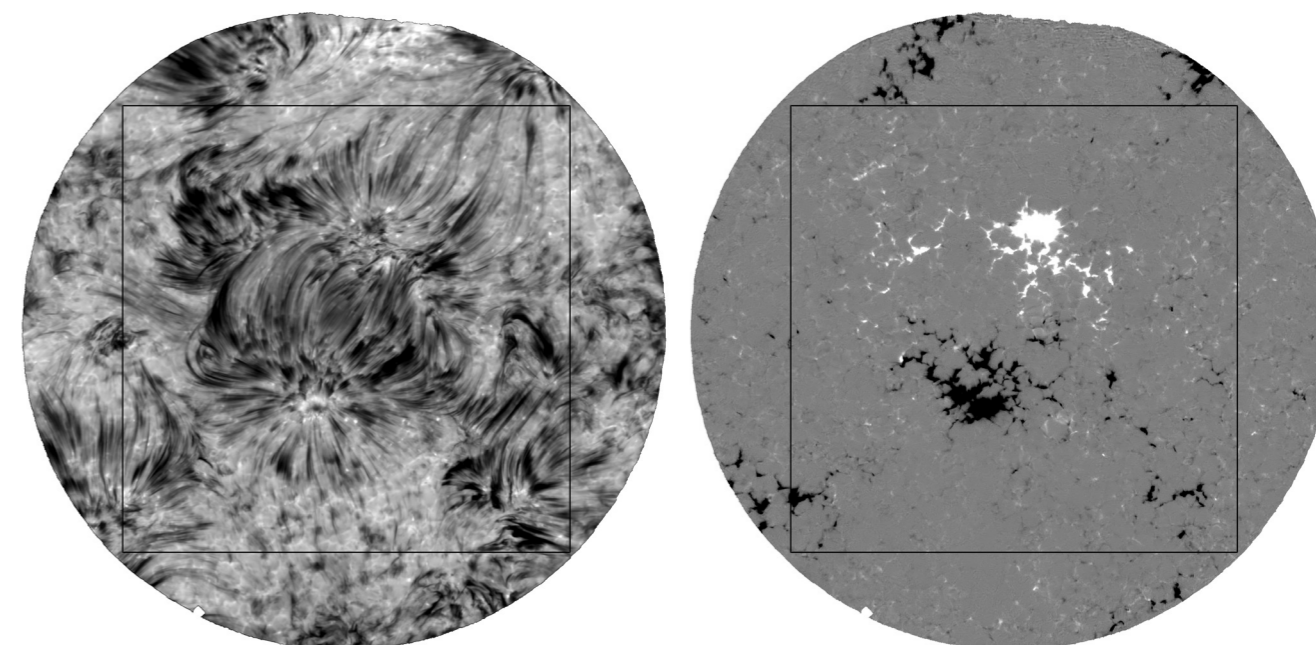
## CAMPO DE VISIÓN AMPLIADO PARA EL SST/CRISP EXPANDED FIELD OF VIEW FOR THE SST/CRISP

El espectropolarímetro de formación de imágenes CRISP del telescopio solar sueco de 1 metro (SST) tiene un campo de visión (FOV) mucho mayor desde agosto de 2022, cuando se instalaron detectores nuevos y más grandes. El campo de visión se ha ampliado de un cuadrado de 1 minuto de arco a un círculo con un diámetro de 1,5 minutos de arco, lo que supone un aumento del área del 75 %. La figura muestra cómo la mejora permite observar una parte significativamente mayor de una región activa.

Además de su mayor campo de visión, las nuevas cámaras de Ximea mejoran en otros aspectos a las Sarnoff, de casi 20 años de antigüedad, a las que sustituyen. No requieren un obturador externo, permiten un ciclo de trabajo cercano al 100 %, no tienen retrodispersión en longitudes de onda cercanas al IR y presentan un menor ruido de lectura.

The CRISP Imaging SpectroPolarimeter of the Swedish 1-meter Solar Telescope (SST) has a much larger field of view (FOV) as of August 2022, when new and larger detectors were installed. The FOV has expanded from a 1 arcminute square to a circle with a diameter of 1.5 arcmin, a 75 % increase in area. The figure shows how the improvement allows observation of a significantly larger part of an active region.

In addition to the larger FOV, the new cameras from Ximea are an improvement to the almost 20-year-old Sarnoff cameras they are replacing in several other respects. They do not require an external shutter, allow a near 100 % duty cycle, have no backscattering at near IR wavelengths, and lower read noise.



*Una región activa con dos poros de polaridad opuesta en el centro observada con el SST/CRISP el 17 de septiembre de 2022. La primera imagen muestra estructuras cromosféricas captadas en el ala de H $\alpha$  y la segunda imagen muestra la intensidad del campo magnético a lo largo de la línea de visión observada en la línea 6173 Å Fe I. El cuadrado marca el FOV antes de la actualización.*

*An active region with two opposite polarity pores in the centre observed with SST/CRISP on 17 September 2022. The first image shows chromospheric structures captured in the wing of H $\alpha$  and the second image shows the magnetic field strength along the line of sight observed in the 6173 Å Fe I line. The square marks the FOV before the upgrade.*

## Hitos del CTAO en 2022 CTAO milestones in 2022

En el verano de 2022, el Observatorio de la Red de Telescopios Cherenkov (CTAO, por sus siglas en inglés) publicó los planos que definen la posición geográfica de los elementos que compondrán sus dos instalaciones, incluidos los telescopios, los sistemas de calibración y los dispositivos de caracterización atmosférica. La distribución considera el número aprobado de telescopios dentro de la llamada configuración alfa: 13 telescopios (cuatro telescopios de gran tamaño, LST, y nueve telescopios de tamaño medio, MST) distribuidos en una superficie de ~0,5 km<sup>2</sup> para el CTAO Norte en La Palma, España y 51 telescopios (14 MST y 37 telescopios de pequeño tamaño, SST) en una superficie de ~3 km<sup>2</sup> para el CTAO Sur en el desierto de Atacama, Chile.

Estas coordenadas son el resultado de un meticuloso proceso de optimización para alcanzar mejor rendimiento científico posible. La disposición definida garantiza que el CTAO tendrá una sensibilidad entre 5 y 10 veces superior a la de cualquier instrumento actual. Podrían producirse pequeñas modificaciones en función de las limitaciones geofísicas locales y otros factores, pero cualquier cambio sería limitado para evitar una diferencia significativa en el rendimiento. Con una sensibilidad sin precedentes, el CTAO garantizará una ciencia transformadora.

La configuración alfa y sus posiciones geográficas se utilizarán en la próxima fase de construcción del observatorio, que se iniciará una vez que el CTAO pase de ser la actual gGmbH (sujeta a la legislación alemana) a un Consorcio Europeo de Infraestructuras de Investigación o ERIC (sujeto a la legislación europea).

En mayo de 2022, el Consejo de Gobierno del CTAO presentó una solicitud formal a la Comisión Europea para crear el CTAO-ERIC. Esta solicitud, conocida como «paso 2», incluye la versión final de toda la documentación requerida con la aprobación de los futuros países miembros del CTAO-ERIC, así como su compromiso formal de construir y apoyar el observatorio durante toda su vida útil.

La Comisión Europea está revisando actualmente la documentación para preparar su decisión final. La creación del CTAO-ERIC, uno de los mayores hitos en la vida del observatorio, está prevista para 2023. El lanzamiento del CTAO-ERIC marca el inicio oficial de la construcción del CTAO, el primer observatorio terrestre de rayos gamma y el instrumento más potente del mundo para detectar esta radiación de alta energía. Y con los datos accesibles por primera vez a todo el mundo, ¡los avances en cómo vemos el Universo están a la vuelta de la esquina!

In the summer of 2022, the Cherenkov Telescope Array Observatory (CTAO) released the layouts that define the geographical position of the elements that will compose the two CTAO arrays, including the telescopes, calibration systems and atmospheric characterization devices. The distribution considers the approved number of telescopes within the so-called alpha configuration: 13 telescopes (four Large-Sized Telescopes, LSTs, and nine Medium-Sized Telescopes, MSTs) distributed over an area of ~0.5 km<sup>2</sup> for the CTAO Northern Array at La Palma, Spain; and 51 telescopes (14 MSTs and 37 Small-Sized Telescopes, SSTs) over a ~3 km<sup>2</sup> surface for the CTAO Southern Array in the Atacama Desert, Chile.

These coordinates result from a meticulous optimization process to reach the most outstanding scientific performance. The defined layout ensures that the CTAO will have 5 to 10 times better sensitivity than any current instrument. Small modifications may occur based on local geophysical constraints and other factors, but any shift would be limited to prevent a significant difference in performance. With such unprecedented sensitivity, the CTAO will guarantee transformational science.

The alpha configuration and its geographical positions will be used in the coming construction phase of the Observatory, which will initiate once the CTAO transitions its legal status from the current gGmbH (under German law) to a European Research Infrastructure Consortium or ERIC (under European law).

In May 2022, the CTAO's Board of Governmental Representatives (BGR) submitted a formal request to the European Commission to establish the CTAO ERIC. This request, known as the "Step 2" application, included the final version of all the required documentation with the approval of the future CTAO ERIC member countries, as well as their formal commitment to build and support the Observatory throughout its lifetime.

The European Commission is currently revising the documentation to prepare its final decision. The establishment of the CTAO ERIC, one of the biggest milestones in the lifetime of the Observatory, is expected to take place in 2023. The launch of the CTAO ERIC marks the official start of the construction of the CTAO, the first ground-based gamma-ray observatory and the world's most powerful instrument to detect this high-energy radiation. And with the data open to all for the first time, exciting advances in how we see the Universe are just around the corner!

El emplazamiento de la Red Norte en La Palma ya alberga un prototipo de LST (LST-1). Inaugurado en 2018 por la colaboración LST, se encuentra ahora en fase avanzada de puesta en servicio y produciendo los primeros resultados científicos. En septiembre de 2022, el Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC) recibió los permisos de construcción para el segundo lote de telescopios y dispositivos de calibración. Posteriormente, se firmaron los primeros contratos de obra civil para construir los cimientos de otros tres LST, el Lidar, el Monitor Robótico Atmosférico Fotométrico (FRAM, por sus siglas en inglés) y los conductos para las fibras de energía y datos. Se trata de un hito importante en la preparación del emplazamiento de la Red Norte.

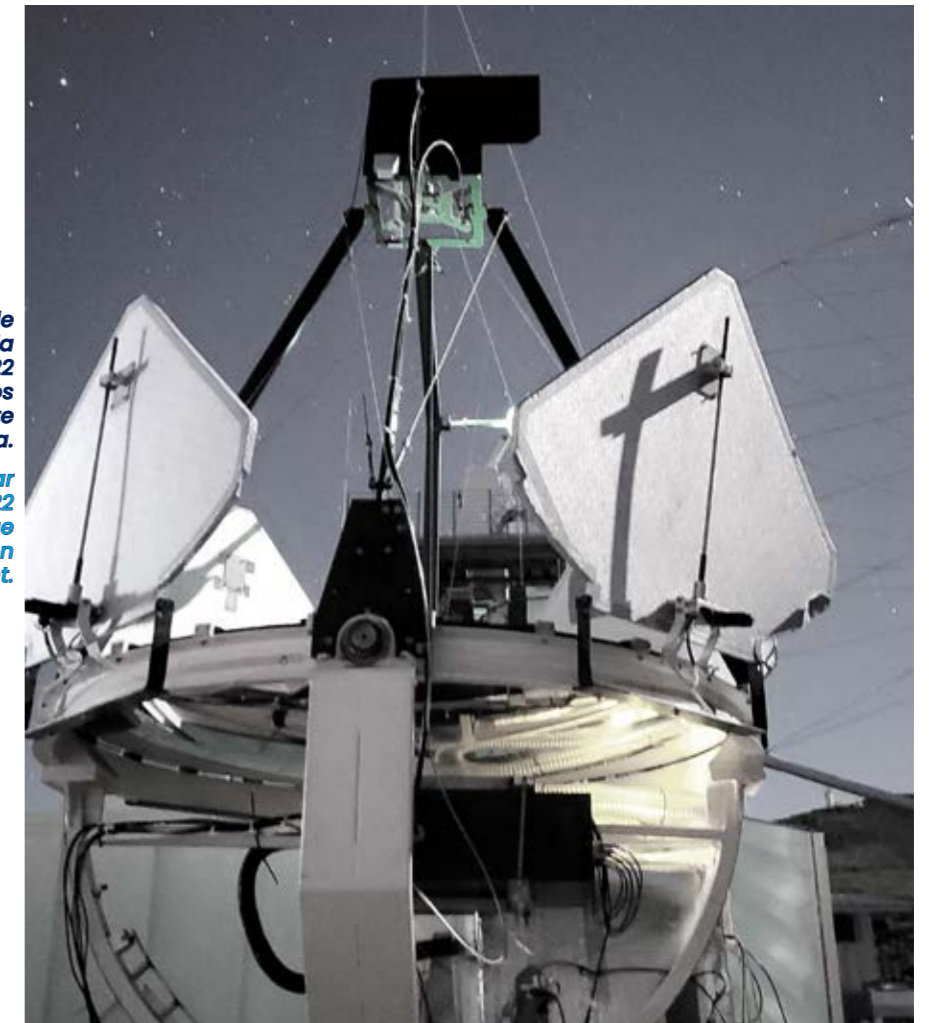
Por último, en mayo de 2022, el prototipo Raman LIDAR de Barcelona, construido en esa ciudad e instalado en el emplazamiento de la Red Norte del CTAO dentro de la zona de construcción del LST-1 en febrero de 2021, finalizó su fase de puesta en servicio. El instrumento, fundamental para medir los perfiles verticales del aerosol en la atmósfera y calibrar así los telescopios del CTAO, se desmontó el 18 de mayo y se devolvió a Barcelona para ser actualizado a partir de los datos recogidos tras más de un año de observaciones.

The Northern Array site in La Palma is already hosting an LST prototype (LST-1). Inaugurated in 2018 by the LST collaboration, it is now in advanced commissioning and producing the first science results. In September 2022, the Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC) received the construction permits for the second batch of telescopes and calibration devices. Subsequently, the first contracts for civil works have been signed to build the foundations for three additional LSTs, the Lidar, the F(Ph)otometric Atmospheric Robotic Monitor (FRAM) and the ducts for power and data fibres. This is an important milestone in the preparation of the Northern array site.

Finally, in May 2022, the Barcelona Raman LIDAR Pathfinder, built in Barcelona and installed at the CTAO Northern array site inside the LST-1 construction area in February 2021, finished its commissioning phase. The instrument, fundamental to measuring the vertical profiles of aerosol within the atmosphere and so to calibrate the CTAO telescopes, was dismantled on May 18 and returned to Barcelona to be updated based on the data collected after more than one year of observations.

**El prototipo Raman Lidar de Barcelona en acción durante la campaña de verificación de 2022 en el Observatorio el Roque de Los Muchachos durante una brillante noche de luna llena.**

**The Barcelona Raman Lidar prototype in action during the 2022 verification campaign at the Roque de Los Muchachos Observatory on a bright full moon night.**



# Trabajando para construir el mejor telescopio solar del mundo

## Aiming for the world's best Solar telescope

El Telescopio Solar Europeo (EST) es una iniciativa promovida por la Asociación Europea de Telescopios Solares (EAST), organización que reúne 24 instituciones de 18 países europeos para construir el mayor telescopio solar de Europa. Con un espejo primario de 4,2 metros, triplicará la capacidad colectora de fotones y de resolución angular de los telescopios solares europeos actuales. Este es un aspecto clave para observar el Sol rápidamente, antes de que las estructuras magnéticas que lo pueblan cambien. Además, el EST podrá detectar señales débiles que ahora, sencillamente, quedan enterradas en el ruido. El EST supondrá un avance sin precedente en nuestro conocimiento del Sol.

La Oficina de Proyecto (OP) se ubica en la nueva sede de IACTEC en La Laguna, Tenerife y trabaja en estrecha colaboración con los socios del consorcio europeo y con la industria para cerrar el diseño del EST y la preparación de la fase de construcción.

Tras la consolidación del sitio en el Observatorio del Roque de los Muchachos, en la zona del Telescopio Solar Sueco (SST) y el telescopio Solar Abierto

The European Solar Telescope (EST) is an initiative promoted by the European Association of Solar Telescopes (EAST), an umbrella organisation of 24 institutions in 18 European countries, and will be the largest Solar telescope ever built in Europe. With a 4.2 m primary mirror, it will triple the photon collecting capability and angular resolution of European Solar telescopes. This is a key aspect for observing the Sun quickly, before the magnetic structures that populate it change. In addition, the EST will detect faint signals that are now simply buried in the noise. The EST will be an unprecedented advance in our understanding of the Sun.

The project office (PO) is located at IACTEC's new headquarters in La Laguna, Tenerife. This team works closely with the European consortium partners and industry to close the EST design and to prepare the construction phase.

Following the consolidation of the site at the Roque de los Muchachos Observatory, in the area of the Swedish Solar Telescope (SST) and the Dutch Open Solar Telescope (DOT), the PO is working on adapting the



Render del diseño preliminar del telescopio en el emplazamiento propuesto en el ORM.

Render of the telescope preliminary design on the proposed site at the ORM.

Holandés (DOT), la OP trabaja en la adaptación al mismo del edificio e instalaciones del EST, minimizando el impacto en el entorno y en las instalaciones próximas, y en la contratación de los estudios para la tramitación ambiental.

Los contratos del diseño preliminar de los espejos primario, secundario, y la estructura, pilar y cúpula del telescopio han finalizado con la entrega de los diseños y los prototipos necesarios para la validación de los mismos. Los diseños de estos sistemas subcontratados han pasado la revisión de la OP y están listos para la revisión preliminar de diseño del telescopio. Estos contratos se financian con fondos H2020 y con fondos del Gobierno de Canarias, cofinanciados por el Programa Operativo FEDER Canarias 2014-2020.

En 2023 se realizará la revisión preliminar de diseño para dejar el proyecto listo para iniciar la construcción a partir de 2024.

Las variaciones térmicas a pequeña escala crean turbulencias en la atmósfera de la Tierra y degradan la calidad de la imagen. Para minimizar este problema, se ha incorporado de manera natural en el camino óptico un sistema de óptica adaptativa multiconjugada (MCAO) desde las primeras fases. Este sistema corregirá las distorsiones del frente de onda procedentes de dos capas separadas de la atmósfera, además de la capa superficial cercana al suelo. El IAC ha desarrollado un banco demostrador con tres espejos deformables que permitirá consolidar el concepto de este complejo sistema de MCAO.

El EST contará con siete instrumentos para la observación y análisis espectral y polarimétrico del Sol. Estos instrumentos se dividen en tres categorías, para cuyo diseño y fabricación se han creado tres consorcios, uno por cada tipo de instrumento, en los que participan diferentes instituciones internacionales.

Las categorías de instrumentos son:

- Tres instrumentos basados en tecnologías de interferometría Fabry-Pérot para capturar imágenes con un gran campo de visión y con la mayor resolución espacial y temporal posible con la capacidad de operar a una banda espectral fija (FBI) o sintonizable (TIS).
- Cuatro espectrógrafos de tipo red de difracción acoplados a dos tipos de tecnologías de unidad de campo integral (IFS) para observaciones con muy alta resolución espectral sobre un menor campo de visión:
  - o Tres IFS basados en conjuntos de microlentes (IFS-M)
  - o Un IFS basado en un segmentador de campo (IFS-S)

EST building and facilities to the site, minimising the impact on the surroundings and nearby facilities, and on contracting studies for environmental processing.

The contracts for the preliminary design of the primary and secondary mirrors and the structure, pillar and dome of the telescope have been completed with the delivery of the designs and prototypes, which were necessary for their validation. The designs of these subcontracted systems have passed the PO review and are ready for the preliminary design review of the telescope. These contracts have been awarded with Horizon 2020 funds and with funds from the Government of the Canary Islands, co-financed by the Canary Islands ERDF Operational Programme 2014-2020.

In 2023, the preliminary design review will be carried out to prepare the project to start construction from 2024 onwards.

Small-scale thermal variations create turbulence in the Earth's atmosphere and degrade image quality. To minimise this problem, a Multi-Conjugate Adaptive Optics (MCAO) system has been naturally incorporated into the optical path from the earliest stages. This system will correct the wavefront distortions coming from two separate layers of the atmosphere, in addition to the surface layer near the ground. The IAC has developed a demonstrator bench with three deformable mirrors to consolidate the concept of this complex MCAO system.

EST will have seven instruments for the observation and spectral and polarimetric analysis of the Sun, divided into three categories. Three consortia involving different international institutions have been created for the design and manufacture of the instruments, one for each type of instrument.

These categories of instruments are:

- Three instruments based on Fabry-Pérot interferometry technologies for imaging with a large field of view and the highest possible spatial and temporal resolution with the ability to operate at a fixed (FBI) or tunable (TIS) spectral band.
- Four diffraction grating spectrographs coupled to two types of integral field spectrograph (IFS) technologies for observations at a very high spectral resolution over a smaller field of view:
  - o Three IFSs based on Micro Lens Arrays (IFS-M)
  - o An IFS based on Field Segmenter (IFS-S)



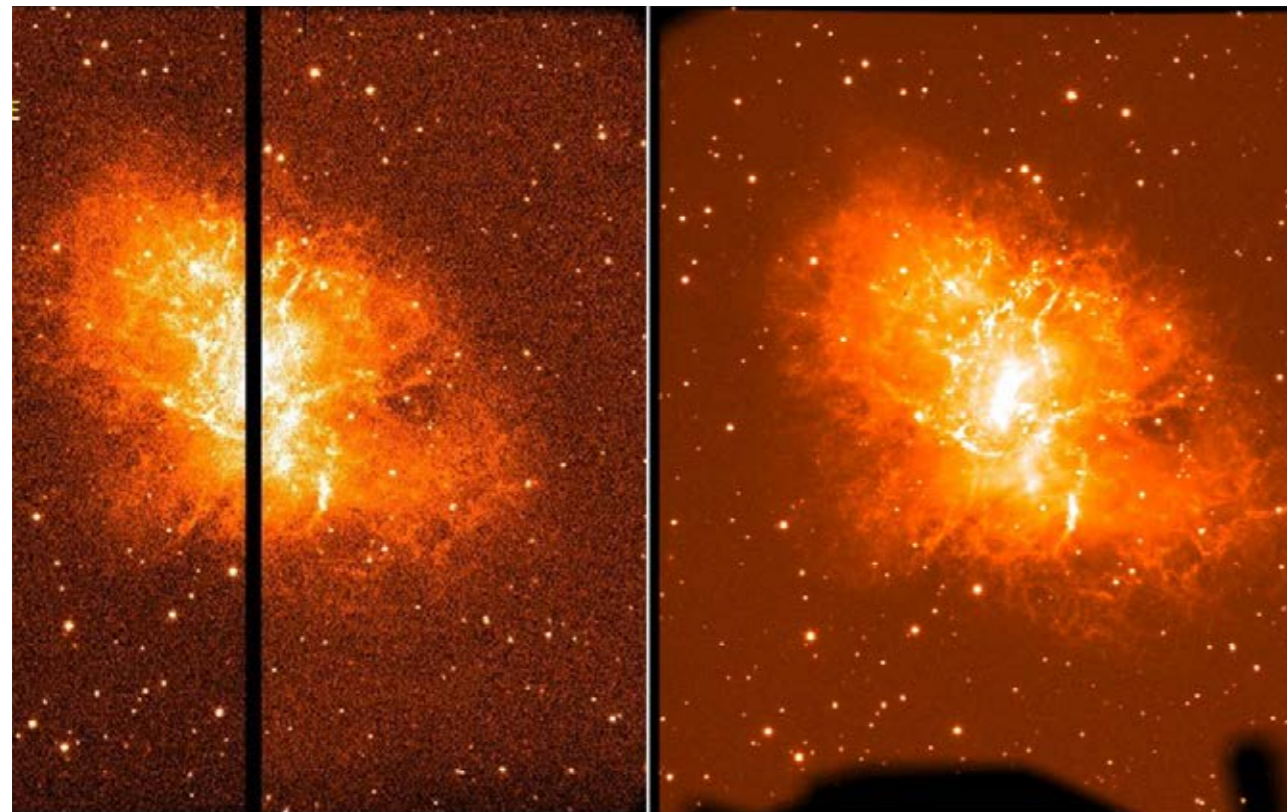
## Actualización del instrumento OSIRIS (OSIRIS+) OSIRIS instrument upgrade (OSIRIS+)

El instrumento OSIRIS se instaló en 2022 en la estación focal Cassegrain e incorpora además un nuevo detector monolítico más sensible en el azul, mejorando así las prestaciones científicas del instrumento más demandado del GTC.

La cámara y espectrógrafo óptico OSIRIS ha sido el instrumento más demandado y exitoso del GTC desde su instalación a finales de 2008 en la plataforma Nasmyth B. OSIRIS es responsable de más del 80 % de los artículos científicos producidos con el GTC, y más del 70 % de las observaciones científicas solicitadas en el GTC están directamente relacionadas con este instrumento.

The OSIRIS instrument was installed at the Cassegrain focal station in 2022, including a new monolithic blue sensitive detector, enhancing the scientific capabilities of the most demanded instrument of GTC.

The OSIRIS optical imager and spectrograph has been the most demanded and successful instrument of the GTC since its installation in late 2008 at the Nasmyth B platform. OSIRIS is responsible for more than 80 % of the scientific papers produced with the GTC, and more than 70 % of the science observations requested at the GTC are related to this instrument.



*Imagen de la Nebulosa del Cangrejo obtenida con el nuevo CCD monolítico (derecha), comparada con misma imagen obtenida en marzo de 2022 con el antiguo mosaico de CCD (izquierda).*

*Crab Nebula image obtained with the new monolithic CCD (right) compared with an image obtained in March 2022 with the old CCD mosaic (left).*

Tras su desinstalación del foco Nasmyth B en agosto de 2021 como paso previo para la próxima llegada del sistema de GTC/O, OSIRIS se instaló en el foco Cassegrain en febrero de 2022 para aprovechar la ventaja de contar con un espejo menos (M3) en el camino óptico, mejorando su sensibilidad de un modo significativo. En esta nueva configuración, OSIRIS retomó las observaciones científicas en mayo de 2022, incorporándose finalmente a las operaciones rutinarias desde julio de 2022.

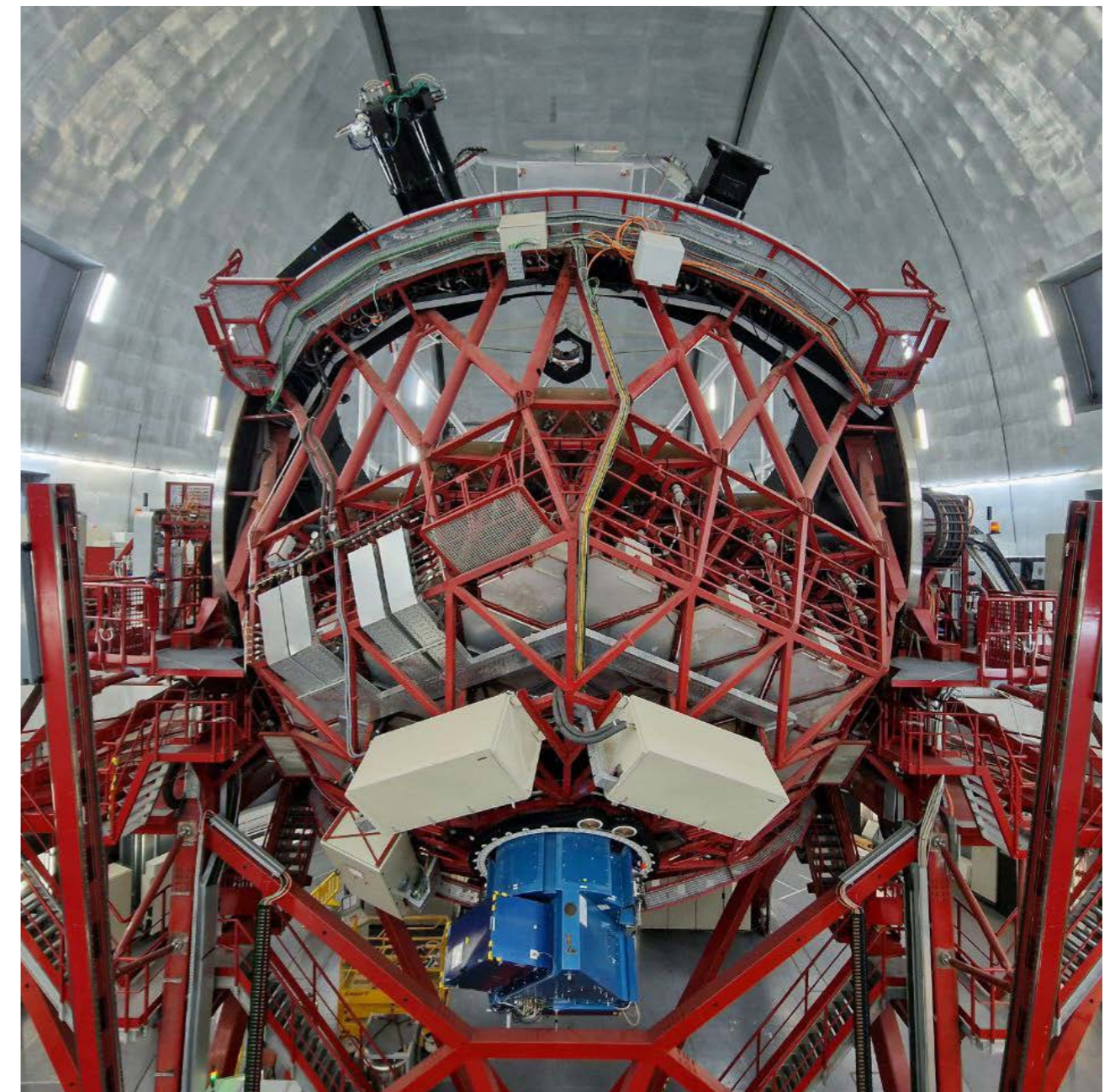
After its removal from the Nasmyth B focus in August 2021, in preparation for the upcoming arrival of the GTC/O system, OSIRIS was installed at the Cassegrain focus in February 2022 to take advantage of removing a mirror (M3) from the optical path, thus enhancing its sensitivity in a significant manner. With this new configuration, OSIRIS resumed the scientific observations in May 2022 and was finally included in routine operations from July 2022.

La mejora definitiva del instrumento se completó al sustituir el antiguo mosaico de CCD 2k x 4k por un nuevo detector monolítico 4k x 4k más sensible en el rango azul (el mismo modelo que utiliza MEGARA) en diciembre de 2022. Este nuevo detector hace que OSIRIS sea de 0,8 a 1,5 magnitudes más sensible en longitudes de onda menores de 450 nm. Con la actualización completa, el GTC incorpora desde el 1 de enero de 2023 de forma definitiva un «nuevo» instrumento, OSIRIS+, con el objetivo de que coseche todavía más éxitos que su versión anterior.

The full upgrade of the instrument was completed with the substitution of the old 2k x 4k CCD mosaic by a new monolithic blue-sensitive 4k x 4k detector (the same as the one used in MEGARA) in December 2022. This new detector makes OSIRIS 0.8-1.5 magnitudes more sensitive for wavelengths lower than 450 nm. With the full upgrade, from January 1st 2023, the GTC definitely incorporates a “new” instrument, OSIRIS+, aiming to be even more successful than its former version.

*OSIRIS instalado en la estación focal Cassegrain del GTC.*

*OSIRIS at the GTC's Cassegrain focal station.*



## WEAVE en el WHT WEAVE on the WHT

Este año se han dado pasos clave hacia el inicio de las operaciones científicas de WEAVE en el Telescopio William Herschel (WHT). WEAVE es una instalación espectroscópica multifibra para el WHT, construida para permitir a los astrónomos realizar cartografiados masivos. Diseñado para complementarse con infraestructuras astronómicas europeas clave en el espacio y en tierra, como el satélite Gaia y el conjunto de radio de baja frecuencia LOFAR, WEAVE cuenta con tres modos de entrada de fibra, a saber, un modo multiobjeto (MOS) con múltiplex de hasta 960, un modo de unidad de campo multiintegral (mIFU) y un modo de campo integral grande (LIFU). WEAVE destaca del resto de instalaciones multiobjeto por su combinación de amplio campo de visión (3,14 grados cuadrados), altas resoluciones espectrales (5000 y 20 000) y amplia cobertura espectral (370 a 900 nm a una resolución de 5000).

The year saw key steps toward the start of scientific operations of WEAVE on the William Herschel Telescope (WHT). WEAVE is a multi-fibre spectroscopic facility for the WHT, built to allow astronomers to carry out massive surveys. Designed for complementarity with key European astronomical infrastructures in space and on the ground, such as the Gaia satellite and the LOFAR low-frequency radio array, WEAVE features three fibre input modes, namely a multi-object (MOS) mode with multiplex up to 960, a multi-integral field unit (mIFU) mode, and a large-integral field (LIFU) mode. WEAVE stands out among multi-object facilities elsewhere due to its combination of wide field of view (3.14 square degrees), high spectral resolutions (5000 and 20 000) and wide spectral coverage (370 to 900 nm at resolution 5000).



Las 547 fibras del LIFU de WEAVE, que cubren un diámetro de 90 segundos de arco, impresas en la imagen del Quinteto de Stephan obtenida por el JWST.

The 547 fibres of the WEAVE LIFU, covering a diameter of 90 arcsec, footprinted on the JWST image of Stephan's Quintet.

WEAVE se instaló en el WHT el 25 de mayo de 2022. Una de las figuras muestra el WHT con el posicionador de fibras en la parte superior. Tras un verano de pruebas técnicas y alineación, la puesta en servicio en el cielo comenzó a finales de septiembre. A finales de año, la puesta en marcha del modo LIFU estaba prácticamente terminada. La campaña de puesta en servicio permitió verificar la gran precisión de la adquisición y el guiado, el enfoque y la resolución espectral, así como el tratamiento de los datos. Las observaciones científicas de primera luz con el LIFU se obtuvieron en octubre y se pusieron a disposición de la comunidad WEAVE para su análisis el 16 de diciembre.

El Quinteto de Stephan, un grupo de galaxias en interacción a 100 Mpc de la Tierra, fue el elegido para observaciones con el LIFU en modos de baja y alta resolución. Otra figura muestra la huella del LIFU del WEAVE superpuesta a la imagen óptica e infrarroja del grupo obtenida con el telescopio espacial James Webb (JWST), parte de la publicación de datos de la primera luz del JWST. Y otra figura muestra una muestra de espectros de baja y alta resolución de los datos del LIFU de WEAVE extraídos de una serie de localizaciones en el grupo de galaxias, incluidos espectros estelares en los cuerpos principales de las galaxias y emisión de gas en el medio de intragrupo.

WEAVE fue construido por los países ING (Reino Unido, España y Países Bajos) en colaboración con Italia y Francia, con aportaciones financieras de institutos, observatorios y universidades de México, Hungría, Suecia, Alemania y Estados Unidos. Los cartografiados y las observaciones científicas en tiempo abierto, incluidos los primeros programas asignados al ITP, comenzarán en 2023.

Vista de ojo de pez del WHT con WEAVE montado en la parte superior. El cilindro negro situado debajo del posicionador contiene el corrector óptico, que proporciona un campo de visión corregido de un diámetro de 2 grados.

Fish-eye view of the WHT with WEAVE mounted on top. The black cylinder below the positioner contains the optical corrector, which delivers a corrected field of view of a 2-degree diameter.

WEAVE was mounted on the WHT on 25 May 2022. One figure shows the WHT with the fibre positioner at the top. After a summer of technical testing and alignment, on-sky commissioning started in late September. By the end of the year, the commissioning of the LIFU mode was essentially completed. The commissioning campaign allowed for verifying the high accuracy of acquisition and guiding, the focus and spectral resolution, as well as the data processing. First-light scientific observations with the LIFU were obtained in October and released to the WEAVE community for analysis on 16 December.

Stephan's Quintet, a group of interacting galaxies 100 Mpc from Earth, was chosen for observations with the LIFU in low- and high-resolution modes. One figure shows the footprint of the WEAVE LIFU overlaid on the optical and infrared image of the group obtained with the James Webb Space Telescope (JWST), part of the first-light data release from JWST. The figure shows a sample of low- and high-resolution spectra from the WEAVE LIFU data extracted from a range of locations in the group of galaxies, including stellar spectra in the main bodies of the galaxies and gas emission in the intragroup medium.

WEAVE was built by the ING countries (UK, Spain and The Netherlands) in partnership with Italy and France, with financial contributions from Institutes/Observatories/Universities in Mexico, Hungary, Sweden, Germany and the USA. Surveys and open-time scientific observations, including the first ITP allocated programmes, are due to start in 2023.



# Sistema receptor adaptativo Cassegrain (CARO) para la OGS de la ESA

## Cassegrain Adaptive Receiver System (CARO) for ESA's OGS

La Estación Óptica Terrestre (OGS) de la Agencia Espacial Europea (ESA) se encuentra en el Observatorio del Teide. La estación se diseñó y se puso en operación para hacer demostraciones en órbita de sistemas de comunicaciones ópticas entre tierra y satélites, así como de la problemática que supone la turbulencia atmosférica en los sistemas de comunicación óptica por espacio libre (en contraste con la transmisión por fibra óptica). El telescopio puede operarse tanto en modo Coudé como en Ritchey-Chretien.

Cuenta con un telescopio de 1 m de diámetro para recibir los haces láser que transmiten las terminales de comunicaciones ópticas a bordo de los satélites. Esta apertura es mayor que la distancia característica de la turbulencia atmosférica en el Observatorio de Izaña, típicamente descrito a través del parámetro de Fried,  $r_0$ . El resultado es que la distorsión causada por las inhomogeneidades de la atmósfera en el haz transmitido hace difícil acoplar la luz que entra en la apertura completa del telescopio en las minúsculas fibras ópticas de los receptores de comunicaciones ópticas. Para subsanar esta dificultad, la OGS se equipó con un sistema de óptica adaptativa que compensa de forma activa estas distorsiones. Así se espera poder establecer con mayor facilidad enlaces con terminales ópticas a bordo de satélites tanto en órbita geoestacionaria (aprox. 35 000 km de altitud) como de cota baja (aprox. 500 km de altitud) en las bandas de 1064 nm y 1550 nm comúnmente utilizadas para transmisión láser.

Para corregir el frente de onda que recoge el telescopio se aplican dos actuadores dentro del sistema de recepción: un espejo de movimiento rápido para corregir el movimiento de la imagen y un espejo deformable para corregir aberraciones de orden más alto.

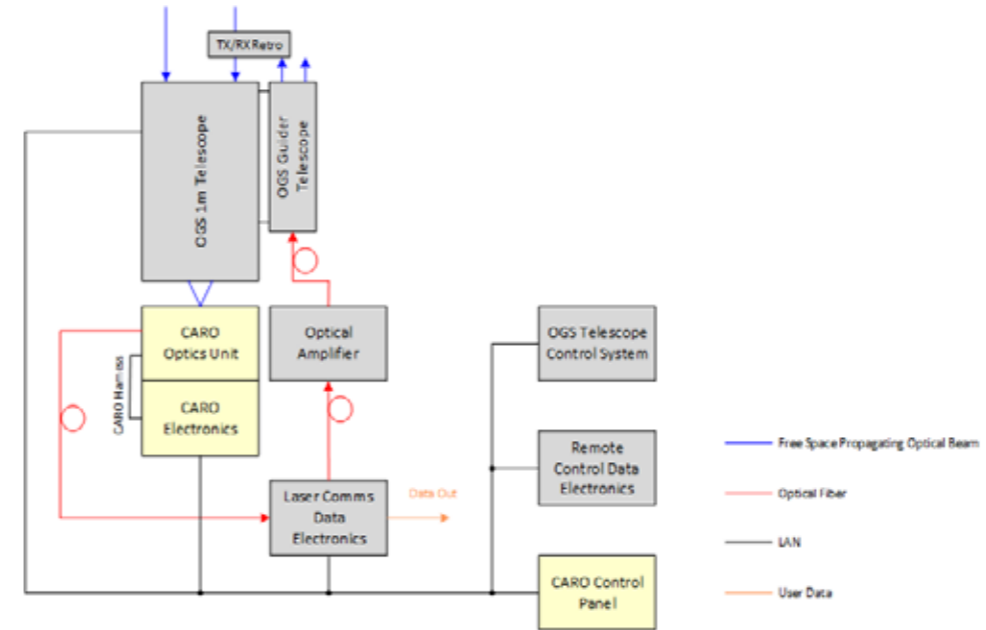
El Sistema receptor adaptativo Cassegrain (CARO, por sus siglas en inglés), es un sistema de óptica adaptativa desarrollado para el telescopio de la OGS. Se monta en la parte posterior del propio telescopio, donde recoge la imagen distorsionada del foco Cassegrain y la acopla en una fibra monomodo como puerto de salida.

**CARO montado en el extremo posterior del telescopio de la OGS.**

**CARO mounted to the back end of the OGS telescope.**

The Optical Ground Station (OGS) of the European Space Agency (ESA) is located at the Teide Observatory. The station was designed and put into operation for in-orbit demonstrations of optical communications systems between the ground and satellites, as well as of the problems posed by atmospheric turbulence on free-space optical communication systems (in contrast to fibre-optic transmission). The telescope can be operated in either a Coudé or Ritchey-Chretien configuration.

The OGS has a 1 m diameter telescope to receive the laser beams transmitted by the optical communication terminals on board the satellites. This aperture is larger than the characteristic scale of the atmospheric turbulence at the Izaña site, typically described by Fried's parameter,  $r_0$ . The result is that the distortion caused by atmospheric inhomogeneities in the transmitted beam makes it difficult to couple the light entering the full aperture of the telescope into the tiny optical fibres of the optical communications receivers. To overcome this difficulty, the OGS was equipped with an adaptive optics system that actively compensates for these distortions. This is expected to make it easier to establish links with optical terminals on board satellites in both geostationary (approx. 35 000 km altitude) and low-altitude (approx. 500 km altitude) orbits in the 1064 nm and 1550 nm bands commonly used for laser transmission.



**CARO integrado en la OGS de la ESA cuando se configura para enlaces satélite-tierra.**

**CARO embedded into the ESA OGS when configured for satellite-to-ground links.**

El sistema logra una relación de Strehl de 0,6 para un valor de  $r_0$  de 5 cm ( $\lambda = 1064$  nm). La velocidad del viento máxima especificada es de 50 km/h.

El sistema CARO es una parte integral de las instalaciones de la OGS durante un enlace de comunicaciones ópticas vía satélite. El diagrama muestra de manera esquemática el sistema completo tal y como se instala en la OGS.

Se controla en modo remoto desde la sala de control; todos los subsistemas operan de manera autónoma, sin requerir intervención directa del operador.

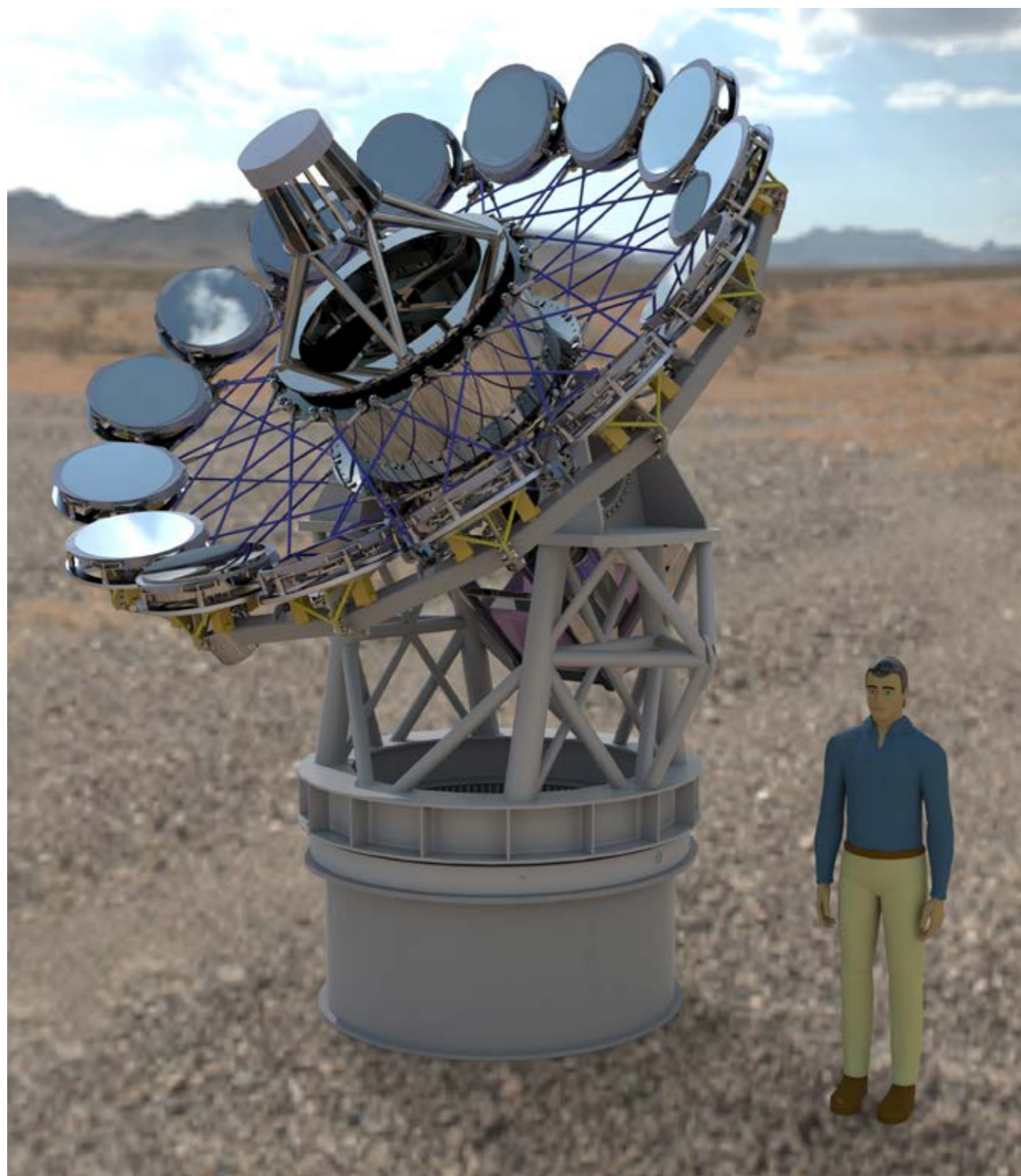
CARO contiene todos los elementos indicados en el diagrama, salvo el panel de control, que se encuentra en la sala de control. Se cuelga mediante el anillo de acople situado en la parte posterior del tubo del telescopio, quedando como aparece en la fotografía. Se recibió en otoño de 2021; desde entonces ha superado todas las pruebas de aceptación y ha contribuido positivamente a los enlaces realizados desde la OGS en 2022 con el satélite geoestacionario Alphasat.

To correct the wavefront collected by the telescope, two actuators are applied within the receiving system: a fast-moving mirror to correct the image motion and a deformable mirror to correct higher-order aberrations.

The Cassegrain Adaptive Receiver System (CARO) is an adaptive optics system developed for the OGS telescope. It is mounted on the back of the telescope itself, where it collects the distorted image from the Cassegrain focus and couples it into a single-mode fibre as an output port. The system achieves a Strehl ratio of 0.6 for an  $r_0$ -value of 5 cm ( $\lambda = 1064$  nm). The specified maximum wind speed is 50 km/h.

The CARO system is an integral part of the OGS facilities during an optical satellite communications link. The schematic shows the complete system as installed at the OGS. It is remotely controlled from the control room; all subsystems operate autonomously without requiring direct operator intervention.

CARO contains all the elements indicated in the schematic except the control panel, located in the control room. It is attached at the rear of the telescope tube by means of the coupling ring, as shown in the photograph. The system was received in autumn 2021. Since then, it has passed all acceptance tests and has contributed positively to the links made from the OGS in 2022 with the geostationary satellite Alphasat.



**Diseño detallado del prototipo Small-ELF con un humano como referencia de su tamaño.**  
**Detailed design of the Small-ELF prototype with a human as a reference for size.**

## Interferometría de enmascaramiento de apertura: el ExoLife Finder

### Aperture masking interferometry: the ExoLife Finder

El IAC colabora con el Instituto de Astronomía de la Universidad de Hawái y el Centre de Recherche d'Astrophysique de Lyon (CRAL/INSA) para desarrollar la interferometría de enmascaramiento de apertura y profundizar el conocimiento tecnológico ligado a esta técnica con potenciales aplicaciones en la detección y caracterización de exoplanetas.

El objetivo es desarrollar prototipos que sitúen al IAC en una posición ventajosa para construir telescopios de 40-50 m a menor coste mediante la integración de cables tensados (tensegrity) y espejos ultraligeros.

La detección de vida extrasolar es uno de los descubrimientos científicos más esperado de las próximas décadas. El diseño del ExoLife Finder es un telescopio-interferómetro altamente flexible. Actúa como un coronógrafo que utiliza la estrella central para magnificar las combinaciones independientes de los espejos primario y secundario en un foco gregoriano, al tiempo que permite un alto grado de cancelación en la posición central.

El IAC participa en el diseño de un prototipo, apodado Small-ELF que tendrá 15 espejos primarios de 0,5 m de diámetro y un pequeño espejo secundario elíptico. Inicialmente se utilizarán espejos convencionales, pero se irán sustituyendo gradualmente por espejos ultraligeros fabricados con electropolímeros. Además, la estructura mecánica estándar se sustituirá por cables tensados más ligeros.

Este nuevo concepto de telescopio, varias veces más ligero que los actuales y futuros de 40-50 m, permitirá abordar nuevos casos científicos y servirá de prototipo para futuros grandes telescopios de menor coste.

Small-ELF proporcionará una capacidad coronográfica única a la comunidad española. Aunque el principal objetivo científico es obtener imágenes de exoplanetas en estrellas cercanas, Small-ELF proporcionará imágenes de alto contraste en el infrarrojo para detectar compañeras enanas marrones en torno a estrellas de tipo solar, compañeras estelares alrededor de estrellas masivas y objetos extragalácticos.

En España no existen otras instalaciones capaces de proporcionar imágenes con un contraste de más de 107 a 6 veces la PSF en el infrarrojo cercano.

The IAC is part of a consortium led by the Institute of Astronomy of the University of Hawaii and the Centre de Recherche d'Astrophysique de Lyon (CRAL/INSA) to develop aperture masking interferometry and to deepen the technological knowledge linked to this technique with potential applications in the detection and characterisation of extrasolar planets.

This technology aims at developing prototypes that will place the IAC in an advantageous position to build 40 to 50m-sized telescopes at a lower cost by integrating tensioned cables ("tensegrity") and light mirrors.

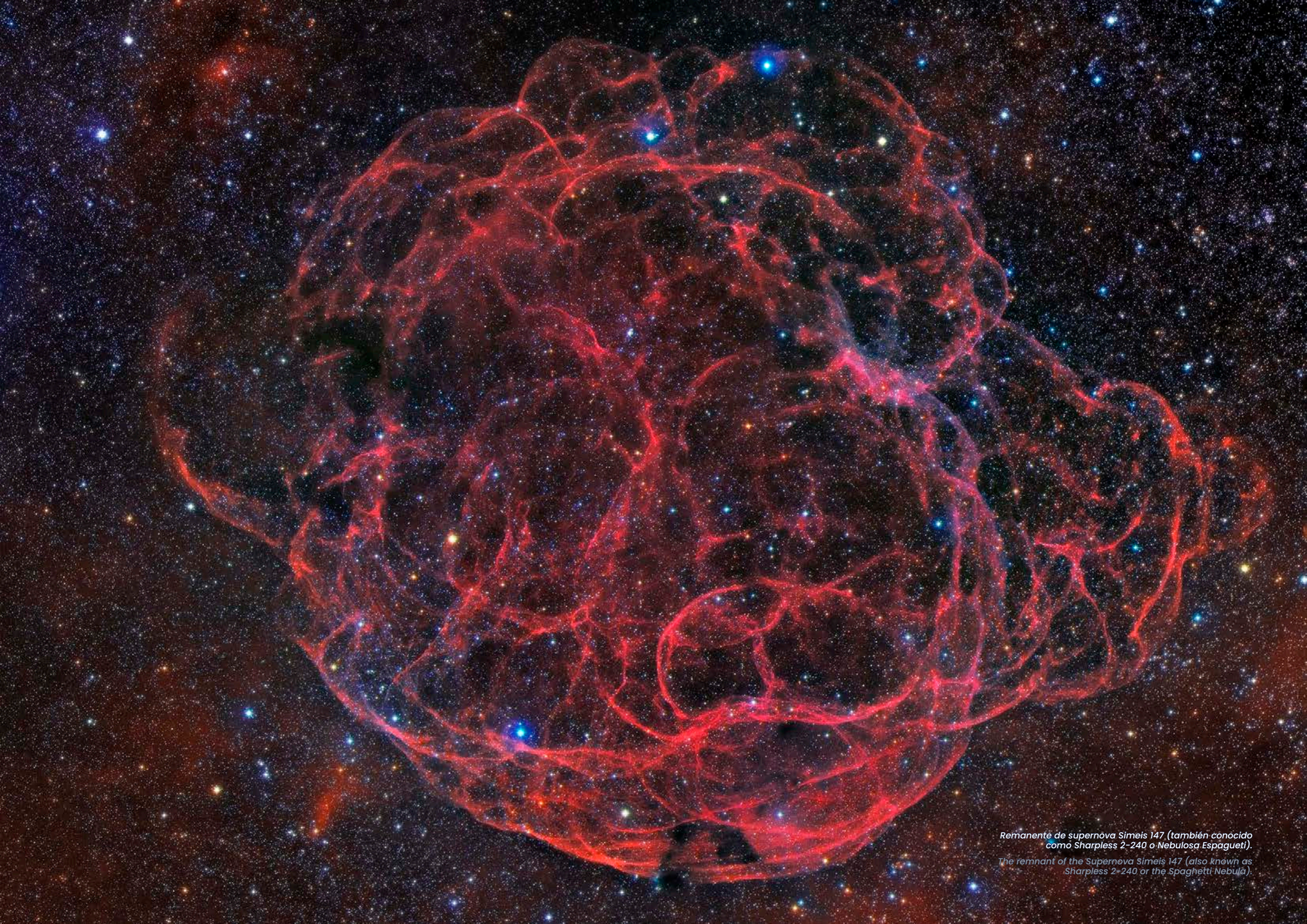
Detecting extrasolar life is one of the most important scientific discoveries for the coming decades. The ExoLife Finder design is a highly flexible telescope-interferometer acting as a coronagraph that uses the central star to magnify the independent combinations of the primary and secondary mirrors at a Gregorian focus while allowing a high degree of cancellation at the central position.

The IAC is involved in the design of a prototype, nicknamed Small-ELF, made of 15 "primary" mirrors of 0.5 m diameter and a small elliptical secondary mirror. Initially, conventional mirrors will be used, but they will be gradually replaced by ultra-light mirrors made of electro-polymers. In addition, the standard rigid mechanical structure will be replaced by lighter tensioned cables.

This new telescope concept, several times lighter than that used for current and future 40-50 m telescopes, will allow new scientific cases to be addressed and will serve as a prototype for future large telescopes at a lower cost.

Small-ELF will provide a unique coronagraphic capability to the Spanish community. Although the main scientific objective is the imaging of exoplanets around nearby stars, Small-ELF will provide high-contrast imaging in the near-infrared with applications ranging from the detection of brown dwarf companions around solar-type stars to stellar companions around high-mass stars and extragalactic objects.

No such facility exists in Spain to provide images with a contrast better than 107 at 6 times the PSF in the infrared.



*Remanente de supernova Simeis 147 (también conocido como Sharpless 2-240 o Nebulosa Espagueti).  
The remnant of the Supernova Simeis 147 (also known as Sharpless 2-240 or the Spaghetti Nebula).*

## Autómatas programables para STELLA Programmable logic controllers for STELLA

Ambos telescopios STELLA tienen ahora aproximadamente veinte años. Algunos de sus componentes electrónicos básicos, principalmente los controladores motóricos, ya han llegado al final de su vida útil. Esto planteaba el riesgo de una parada completa de los telescopios en caso de fallo del hardware que, hasta ahora, se había mitigado con un conjunto de piezas de repuesto.

En 2021 se decidió abordar este inminente problema cambiando la lógica del controlador principal del motor por controladores lógicos programables (PLC) fabricados por Beckhoff, un sistema que también utiliza la ESO, con la esperanza de que esta conexión proporcione asistencia a largo plazo. La nueva disposición eléctrica se introdujo por primera vez en el clon de pruebas STELLA, más pequeño, de AIP en Babelsberg (Alemania), denominado RoboTel. Tras probar la nueva configuración y el software, la nueva electrónica se trasladó a Tenerife y se instaló en el telescopio STELLA-I en noviembre de 2022.

El reacondicionamiento de STELLA-II tendrá lugar en 2023. El trabajo actual se centra en la precisión de adquisición de ambos telescopios.

Both STELLA telescopes are now approximately twenty years old. Some of its electronic core components, mainly motor controllers, have already suffered from reaching their end-of-life. This posed the risk of a complete shutdown of the telescopes in case of a hardware failure which, so far, had been mitigated by a set of spare parts.

In 2021, it was decided to tackle this looming problem by switching over the main motor controller logic to Programmable Logic Controllers (PLCs) produced by Beckhoff, a system also used by ESO, hoping via this connection for long-term support. The new electrical layout was first introduced to AIP's smaller STELLA test clone in Babelsberg, Germany, named RoboTel. After testing the new setup and software, the new electronics were moved to Tenerife and implemented at the STELLA-I telescope in November 2022.

The refurbishment of STELLA-II will follow in 2023. The current effort is focussing on the acquisition accuracy of both telescopes.

*El nuevo bastidor de control del telescopio STELLA-I. Su núcleo es ahora controladores lógicos programables (PLC) fabricados por Beckhoff.*

*The new STELLA-I telescope control rack. Its core is now Programmable Logic Controllers (PLCs) produced by Beckhoff.*



*El observatorio STELLA.  
The STELLA observatory.*



# REFORMA INTEGRAL DEL TELESCOPIO CARLOS SÁNCHEZ COMPREHENSIVE REFORM OF THE CARLOS SÁNCHEZ TELESCOPE

El IAC está desarrollando un nuevo sistema de control integral de los telescopios TCS e IAC80. Este nuevo diseño implica grandes reformas tanto en cuestiones relacionadas con el software como con el hardware, en algunos casos muy obsoleto y sin repuesto. Entre estos últimos se encuentra la cúpula del TCS, con décadas de antigüedad, que presentaba una serie de problemas endémicos que ocasionaban un porcentaje significativo de fallos, lo que afectaba a las observaciones.

A lo largo de junio y julio de 2022 se ha llevado a cabo una reparación completa de la cúpula del TCS, que se ha remodelado por completo. Simultáneamente, se ha aprovechado para realizar diversas mejoras en el resto del telescopio y edificio.

Estos trabajos han incluido la reparación, eliminación de deformaciones, aislamiento e impermeabilización de cúpula, compuerta y ventana, cambios de los rodamientos y soportes axiales y radiales, cementación y nivelado de la base de la cúpula, instalación de nuevos sistemas hidráulicos, reparación de paramentos interiores, mejora de la instalación eléctrica del telescopio y del edificio e instalación de un nuevo control de los motores y de sensores de posición y de cero, entre otros.

Esta actuación ha involucrado al personal de varios departamentos del IAC: Mantenimiento Instrumental, Mantenimiento del OT, Grupo de Operaciones y Taller de Mecánica, así como a seis empresas externas. Tras varias semanas de trabajo y de una batería de pruebas para comprobar las distintas reformas realizadas, los resultados han sido excepcionales, consiguiéndose la mayor parte de los objetivos inicialmente previstos.

The IAC is developing a new integral control system for the TCS and IAC80 telescopes. This new design implies significant reforms in issues related to software and hardware, in some cases very obsolete and without spares. Among the latter is the decades-old TCS dome, which presented a series of endemic problems that caused a significant percentage of failures, affecting the observations.

Throughout June and July 2022, a complete repair and remodelling of the TCS dome has been carried out. At the same time, various improvements were made to the rest of the telescope and the building.

These works have consisted of repair, elimination of deformations, insulation and waterproofing of the dome, lower and upper hatches, changes of supports and axial and radial supports, foundation and levelling of the base of the dome, installation of new hydraulic systems, repair of interior walls, improvement of the electrical installation of the telescope and construction and installation of a new motor control and position and zero sensors, among others.

Personnel from various IAC departments have participated in this action: Instrumental Maintenance, OT Maintenance, Operations Group and Mechanics Workshop, as well as six external companies. After several weeks of work and a battery of tests to verify the different reforms carried out, the results have been exceptional, achieving most of the initially planned objectives.



*Dos momentos del proceso de desmontaje de la cúpula.  
Two moments in the process of disassembling the dome.*

A vibrant red nebula with intricate filamentary structures against a star-filled black background. The nebula's colors range from deep red to bright orange, with some darker, almost black, regions interspersed. The background is densely populated with stars of various colors, including white, yellow, and blue.

**OCAN  
Y SOCIEDAD**

**OCAN  
& SOCIETY**



## Eventos, divulgación y acción social en 2022 Events, outreach and social action in 2022

Como uno de los objetivos estructurales del IAC, la divulgación de la actividad que se realiza en los Observatorios de Canarias (OCAN) forma parte de su día a día. Desde visitas de centros educativos a los OCAN a actividades de divulgación para el público general a través de guías y empresas especializadas, formación del profesorado, retransmisiones de eventos astronómicos, congresos, etc., son muchas las formas y los canales a través de los que se difunde la actividad que se realiza en los observatorios astrofísicos de La Palma y Tenerife a los distintos públicos.

### Prensa y medios de comunicación

En 2022 se publicaron alrededor de una veintena de notas de prensa relacionadas con la actividad científica de los OCAN. Algunos de los descubrimientos más destacados llegaron a los medios nacionales e internacionales y se realizaron 52 grabaciones de televisiones y productoras de todo el mundo (33 en el Observatorio del Roque de los Muchachos y 19 en el Observatorio del Teide).

The dissemination of the activities carried out at the Canary Island Observatories (OCAN), one of the structural objectives of the IAC, is part of its day-to-day work. From school visits to the OCAN to dissemination activities for the general public through guides and specialised companies, teacher training, broadcasts of astronomical events, congresses, etc., there are many ways and channels through which the activity of the astrophysical observatories of La Palma and Tenerife is divulged to different audiences.

### Press and media

Around 20 press releases related to the scientific activity of the OCAN were published in 2022. Some of the most outstanding discoveries reached the national and international media, and 52 recordings were made by television and production companies worldwide (33 at the Roque de los Muchachos Observatory and 19 at the Teide Observatory).



Observación solar durante la acción Moving Chain en el Teide.  
Solar observation during the Moving Chain action on Mount Teide.

Por ejemplo, en febrero, Producciones Ibora se interesó por los trabajos de recogida de muestras de aire que la Universidad de La Laguna realiza en el Observatorio del Teide y se acercó con un equipo para elaborar un reportaje sobre el proyecto.

La puesta en marcha del telescopio IZN-1 atrajo la atención de muchos medios. En marzo, RTVC accedió a la instalación para dedicarle un espacio al nuevo telescopio de la Agencia Espacial Europea en el OT. Y, en junio, fue el canal France 5 quien se desplazó hasta la cumbre de Tenerife a elaborar una pieza audiovisual.

En abril, el protagonismo de las cámaras se lo llevó la recogida de residuos en los alrededores del Observatorio del Teide organizada por la ONG Moving the Planet. Los voluntarios que participaron en esta iniciativa visitaron también las instalaciones del observatorio.

En julio, la artista Rosa Brugat visitó La Palma para realizar un proyecto que mostrase los efectos del volcán Tajogaite y del centro astronómico del Roque de los Muchachos sobre la isla como dos aspectos que se contrarrestan.

En octubre, RTVE, a través del programa Aquí la Tierra, visitó el OT para dar a conocer en directo las instalaciones del IAC en la isla de Tenerife.

France 5 se desplazó en diciembre al ORM para visitar el GTC y elaborar un reportaje sobre las particularidades de La Palma de cara a instalar telescopios y el tipo de investigación astronómica que se realiza desde ellos.

For example, in February, Producciones Ibora became interested in the air sample collection work that the University of La Laguna is carrying out at the Teide Observatory and sent a team to produce a feature on the project.

The commissioning of the IZN-1 telescope attracted a lot of media attention. In March, RTVC visited the facility to dedicate a special to the European Space Agency's new telescope at the OT. In June, the channel France 5 went to the summit in Tenerife to produce an audiovisual piece.

In April, the spotlight was on the waste collection around the Teide Observatory organised by the NGO Moving the Planet. The volunteers who participated in this initiative also visited the observatory facilities.

In July, the artist Rosa Brugat visited La Palma to carry out a project showing the effects of the Tajogaite volcano and the Roque de los Muchachos astronomical centre on the island as two counteracting forces.

In October, RTVE, through the programme Aquí la Tierra, visited the OT to show live the IAC facilities on the island of Tenerife.

The channel France 5 travelled to the ORM in December to visit the GTC and to report on the particularities of La Palma for the installation of telescopes and the type of astronomical research carried out with them.

**Alumnado del CEO Barlovento con Gloria Andreuzzi en el Telescopio Nazionale Galileo.**

**Students of the Secondary School Barlovento with Gloria Andreuzzi at the Telescopio Nazionale Galileo.**



## Divulgación, educación y acción social

En 2022 se retransmitieron cuatro eventos astronómicos a través del canal Sky-Live.TV, del proyecto Interreg EELabs, con 357 657 visualizaciones en YouTube.

En cuanto a las actividades educativas, regresaron las visitas del programa Nuestros alumnos y el Roque. Su nuevo formato incluyó por primera vez el acceso del alumnado al Centro de Visitantes del ORM gracias a la colaboración con el Cabildo de La Palma. En 2022, 430 estudiantes de 11 centros educativos palmeros realizaron esta actividad. Por su parte, los ganadores de la primera edición del proyecto educativo DRAGO visitaron el Observatorio del Teide a finales de junio. A estos se suman los 969 estudiantes de 21 centros educativos de toda España que se beneficiaron del acuerdo con la empresa Volcano Teide para visitar gratis este observatorio.



Enfocado a un alumnado algo mayor, en septiembre la Universidad de Warwick organizó una jornada para dar a conocer sus instalaciones palmeras (GOTO, Warwick 1.0m Telescope y Wide Angle Search for Planets (SuperWASP)).

## Outreach, education and social action

In 2022, four astronomical events were broadcast on the Sky-Live.TV channel of the Interreg EELabs project, with 357 657 views on YouTube.

Regarding educational activities, the programme Nuestros alumnos y el Roque resumed its visits. Its new format included, for the first time, access for students to the ORM Visitor Centre thanks to the collaboration with the Cabildo de La Palma. In 2022, 430 students from 11 La Palma schools participated in this activity. The winners of the first edition of the DRAGO educational project visited the Teide Observatory at the end of June. In addition to these, 969 students from 21 schools from all over Spain benefited from the agreement with the company Volcano Teide to visit the observatory free of charge.

*Póster de la octava edición del curso AEACI.  
Poster of the eighth edition of the AEACI course.*

Aimed at a slightly older student body, in September, the University of Warwick organised a day to raise awareness of its facilities in La Palma (GOTO, Warwick 1.0m Telescope and Wide Angle Search for Planets (SuperWASP)).

Del otro lado de la tarima, el retorno a la presencialidad de los cursos Astronomy Education Adventure in the Canary Islands (56 educadores de 17 países) y Acércate al Cosmos (35 docentes de secundaria de España) permitió a los docentes que asistieron a estos cursos estacionales de formación del profesorado visitar los Observatorios de Canarias en julio.

Además, en 2022 se impartieron 14 horas de cursos online a 375 docentes españoles y 220 de Argentina dentro del proyecto PETeR, que permite a escolares desde primaria a bachillerato y formación profesional realizar observaciones y proyectos de investigación con telescopios robóticos de los OCAN y otros observatorios.

De cara al público general, un año más se celebró la Jornada de Puertas abiertas al ORM para los vecinos del municipio de Garafía. Este evento busca dar a conocer la actividad científica de los telescopios y favorecer el contacto directo entre la población garafiana y el personal científico, técnico y laboral que trabaja en el Observatorio. A esta jornada, celebrada el 19 de agosto, acudieron 100 vecinos del municipio.

También en 2022 se realizaron las dos primeras visitas (junio y octubre) del programa «Amigos del IAC» al OT. Este programa fomenta la participación de la ciudadanía en la actividad del IAC dando a conocer la investigación y el desarrollo tecnológico que se realiza en el centro y los OCAN.

Entre las actividades de divulgación destacó también el inicio de la colaboración entre el IAC y el equipo de baloncesto profesional Lenovo Tenerife a través de la cesión de imágenes astronómicas para su equipación,

*Primera visita del programa Amigos del IAC al Observatorio del Teide.*

*First visit of the Friends of the IAC programme to the Teide Observatory.*



On the other side of the dais, the return of the Astronomy Education Adventure in the Canary Islands (56 educators from 17 countries) and Acércate al Cosmos (35 secondary school teachers from Spain)



*Puertas Abiertas del ORM durante la visita al GTC.  
ORM Open Days during the visit to the GTC.*

allowed the teachers who attended these summer teacher training courses to visit the Canary Islands Observatories in July.

On top of that, 14 hours of online courses were given in 2022 to 375 teachers from Spain and 220 from Argentina as part of the PETeR project, which allows schoolchildren from primary to secondary school and vocational training to carry out observations and research projects with robotic telescopes from the OCAN and other observatories.

la visita de los jugadores y sus familias al observatorio, el sorteo de visitas gratuitas entre los aficionados, etc. con el fin de poner en valor el cielo de Canarias entre la afición aurinegra.

For the general public, the ORM Open Day was held again this year for the residents of the municipality of Garafia. This event aims to raise awareness of the telescopes' scientific activity and promote direct contact between the population of Garafia and the



**Delegación de la Comisión de Desarrollo Regional del Parlamento Europeo.**  
**Delegation of the European Parliament's Committee on Regional Development.**

### Visitas institucionales y eventos

A lo largo del año también fueron muchas las personalidades que visitaron las instalaciones de los OCAN.

En mayo, un grupo de europarlamentarios pertenecientes a la Comisión de Desarrollo Regional conoció de primera mano las instalaciones del ORM, donde recibieron información sobre el uso de Fondos Europeos de Desarrollo Regional para crear instalaciones científicas de primera línea como el Gran Telescopio Canarias o la red de telescopios Cherenkov CTA.

En julio, el ministro de la Presidencia, Félix Bolaños, se reunió con la comunidad científica en el ORM para asistir al encuentro organizado por el Comisionado para la Reconstrucción de la Palma. En la reunión, donde el IAC actuó como anfitrión, se debatió cómo conseguir que la isla sea energéticamente autosostenible y qué proyectos de investigación se podrían desarrollar a largo plazo en los ámbitos de la astrofísica, ciencias del espacio, ciencias marinas, vulcanología,

scientific, technical and working staff working at the Observatory. The event, held on 19 August, was attended by 100 residents of the municipality.

Also in 2022, the first two visits (June and October) of the "Friends of the IAC" programme to the OT took place. This programme encourages public participation in the IAC's activities by publicising the research and technological development carried out at the centre and the OCAN.

Among the outreach activities, the collaboration between the IAC and the top-league Spanish basketball team Lenovo Tenerife deserves special mention. It includes loaning astronomical images for their team kit, the visit of the players and their families to the observatory, the raffle of free visits among the fans, and other activities to emphasise the value of the Canary Islands sky among the black-and-gold fans.

### Institutional visits and events

Throughout the year, many personalities also visited the facilities of the OCAN.

inteligencia artificial o macrodatos, buscando sinergias entre las instituciones participantes.

Ese mismo mes también vino a La Palma el embajador de Italia en España, Riccardo Guariglia, acompañado por el cónsul de Italia en Arona, Gianluca Cappelli Bigazzi, para visitar tanto el Telescopio Nazionale Galileo como el Gran Telescopio Canarias en el ORM.

En septiembre, tras presidir el acto de reconocimiento a la comunidad científica involucrada en la gestión de la crisis causada por la erupción volcán de La Palma, la ministra de Ciencia e Innovación, Diana Morant, visitó las instalaciones del ORM.

En octubre, la embajadora de España en Naciones Unidas en Viena, Esther Monterrubio, y el presidente de la Subcomisión de Asuntos Científicos y Técnicos de COPUOS, Juan Francisco Facetti, quienes trabajan en estrecha colaboración con la subdirectora del IAC, Casiana Muñoz Tuñón, en lo relativo a la protección de los cielos oscuros y tranquilos, visitaron la sede central del IAC y los Observatorios de Canarias.

En un año marcado por el premio Nobel de Física a los investigadores del entrelazamiento cuántico por sus trabajos realizados en los OCAN con los telescopios JKT y OGS, la Agencia Espacial Europea, institución que gestiona uno de los telescopios protagonistas de esta hazaña, y el IAC celebraron en noviembre 25 años de cooperación en tecnología de comunicación óptica.

En 2022, los OCAN también acogieron la visita de algunos congresos realizados dentro y fuera del IAC. Es el caso de los participantes en la XV Reunión de la Sociedad Española de Astronomía, celebrada en septiembre en la Universidad de La Laguna. Tras finalizar la semana de ponencias y presentaciones, varios participantes visitaron el Observatorio del Teide.

In May, a group of MEPs from the Regional Development Committee visited the ORM facilities, where they were briefed on the use of European Regional Development Funds to create world-class scientific facilities such as the Gran Telescopio Canarias and the CTA telescope network.

In July, the Spanish Minister of the Presidency Felix Bolaños met with the scientific community at the ORM to attend the meeting organised by the Commissioner for the Reconstruction of La Palma. The meeting, hosted by the IAC, discussed how to make the island energetically self-sustainable and which research projects could be developed in the long term in the fields of astrophysics, space sciences, marine sciences, volcanology, artificial intelligence or big data, seeking synergies between the participating institutions.

That same month the Italian ambassador to Spain, Riccardo Guariglia, accompanied by the Italian consul in Arona, Gianluca Cappelli Bigazzi, also came to La Palma to visit both the Telescopio Nazionale Galileo and the Gran Telescopio Canarias at the ORM.

In September, after presiding over the ceremony to recognise the scientific community involved in managing the crisis caused by the eruption of the La Palma volcano, the Spanish Minister of Science and Innovation, Diana Morant, visited the ORM facilities.

In October, the Spanish Ambassador to the United Nations in Vienna, Esther Monterrubio, and the President of the COPUOS Scientific and Technical Subcommittee, Juan Francisco Facetti, who work closely with the IAC's Deputy Director, Casiana Muñoz Tuñón, on the protection of dark and quiet skies, visited the IAC headquarters and the Canary Islands Observatories.



**Participantes en la 4.ª conferencia RRLyR y Cefeidas 2022.**  
**Participants of the 4th RRLyR and Cepheids 2022 conference.**

Lo mismo sucedió en diciembre con los asistentes a la XXXIII Escuela de Invierno del IAC, titulada este año Overlaps at the Frontiers of Astrophysics, Cosmology and Particle Physics.

En junio de 2022, se organizó en La Palma un taller para debatir el papel del Telescopio Óptico Nórdico (NOT, por sus siglas en inglés) en la próxima década que reunió a científicos de todas las comunidades de usuarios. El taller también marcó el traspaso de la propiedad y las operaciones del NOT de la Asociación Científica NOT original (NOTSA), fundada en 1984, a la nueva organización en la que NOT es propiedad conjunta de la Universidad de Aarhus y la Universidad de Turku. Esta transición se completó en 2020.

Participaron 88 personas de 29 universidades e instituciones de investigación de 11 países. A lo largo de tres intensos días, se presentaron 59 ponencias y pósteres, principalmente sobre resultados basados en datos del NOT en diversos campos de investigación, desde el sistema solar, las estrellas y los exoplanetas hasta las galaxias y la cosmología, pasando por la instrumentación y los programas educativos.

Del 26 al 30 de septiembre, la FGG-INAF y el IAC coorganizaron la conferencia Large-scale surveys as bridges between spectroscopy and photometry en La Palma, el cuarto evento de la serie «RRLyr y Cefeidas».



***XV Reunión de la Sociedad Española de Astronomía.  
XV Meeting of the Spanish Astronomy Society.***

El objetivo de la serie es reunir a los especialistas en las variables pulsantes que pueblan la franja de inestabilidad clásica, utilizadas a la vez como indicadores de distancia y como laboratorios de estudio de los interiores estelares.

Asistieron 91 investigadores de todo el mundo. También visitaron el ORM, en particular los telescopios MAGIC, LST, GTC y TNG, y disfrutaron de la magnífica vista de la isla desde la cumbre.

In a year marked by the Nobel Prize in Physics awarded to quantum entanglement researchers for their work on the JKT and OGS telescopes at the OCAN, the European Space Agency, which manages one of the telescopes involved in this achievement, and the IAC celebrated 25 years of cooperation in optical communication technology in November.

In 2022, the OCAN also hosted several congresses organised inside and outside the IAC, including the XV Meeting of the Spanish Astronomy Society, held in September at the University of La Laguna. At the end of the week of lectures and presentations, several participants visited the Teide Observatory. The same happened in December with those attending the XXXIII IAC Winter School, entitled Overlaps at the Frontiers of Astrophysics, Cosmology and Particle Physics.

A workshop was organized in La Palma in June 2022 to discuss the role of the Nordic Optical Telescope (NOT) in the coming decade, bringing together scientists from across all user communities. The workshop also marked the transition in ownership and operations of NOT from the original NOT Scientific Association (NOTSA), founded in 1984, to the new organization where the NOT is owned in collaboration by Aarhus University and the University of Turku. This transition was completed in 2020.

A total of 88 persons from 29 different universities and research institutions in 11 different countries participated. Over three intense days, 59 talks and posters were presented, primarily covering results based on NOT data in various research fields, ranging from the solar system, stars and exoplanets to galaxies and cosmology, as well as instrumentation and educational programmes.

From 26 to 30 September, the FGG-INAF and the IAC co-organised the conference Large-scale Surveys as Bridges between Spectroscopy and Photometry in La Palma, the fourth event in the “RRLyr and Cepheids” series. The purpose of the series is to bring together the specialists of pulsating variables populating the classical instability strip, used both as distance indicators and as laboratories for studying stellar interiors.

91 researchers from all over the world attended the event. They also visited the ORM, particularly the MAGIC, LST, GTC and TNG telescopes, and enjoyed the superb view of the island from the top.

***Imagen para la presentación de la equipación Orión del  
Lenovo Tenerife en el Observatorio del Teide.***

***Image for the presentation of the Lenovo Tenerife  
Orion kit at the Teide Observatory.***





**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

Øcm	INSTRUMENT	OWNER / OPERATOR	SINCE
20	Automatic Seeing Monitor (DIMMA)	IAC (ES), UN (FR)	2004
30	Automatic Seeing Monitor (RoboDIMM)	STFC/ING (UK)	2007
<b>Optical &amp; IR Telescopes</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
45	DOT	DOT Foundation (NL)	1997
97	Swedish Solar 1m Telescope	Un. Stockholm (SE)	2002
100	Warwick 1m	Un. Warwick (UK)	2014
100	JKT	IAC/SARA (ES/US)	2015
120	MERCATOR	KU Leuven (BE)	2002
200	LT	LJMU (UK)	2003
250	INT	IAC/ING (ES)	1984
256	NOT	Turku Un. (FI) & Aarhus Un. (DK)	1989
358	TNG	INAF (IT)	1998
420	WHT	IAC/ING (ES)	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

Øcm	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
250x2	QUIJOTE I + II	IAC, IFCA & UnC (ES); UC & UM (UK)	2012 & 2014
<b>Optical &amp; IR telescopes</b>			
8	Earthshine	NJIT (US)	2009
43	COAST	OU (UK)	2016
40x2	MASTER	Sternberg Institute MSU (RU)	2014 & 2015
30x2 & 40x2	Optical Telescope Array	Telescope Society (US)	2015
60	PIRATE	OU (UK)	2017
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	ELRS	ESA (International)	2022
100	ARTEMIS - SPECULOOS	Uliège (BE), MIT (US) IAC (ES)	2019
100x2+40x2	LCOGT-Teide Node	LCOGTN (US)	2015
120 x 2	STELLA	AIP (DE)	2005 & 2008
150	Gregor (GT)	KIS, AIP & MPS (DE)	2014
155	Carlos Sánchez telescope (TCS)	IAC (ES)	1972
<b>Cherenkov Telescopes</b>			
400	ASTRI	INAF (IT)	2022
<b>Solar Laboratory Instruments</b>			
	MARK-I	UB (UK) & IAC (ES)	1977
	GONG	NSO (US)	1996
	High Resolution Photometer EAST	IAC (ES)	2006
<b>Cameras</b>			
	CILBO	ESA (International)	2011
	AMOS-CI	CU in Bratislava (SK)	2014

## ORM: instituciones usuarias y países

### ORM: user institutions & 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; **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.

**\*GOTO:** Consortium of UK Universities (Armagh, Leicester, Sheffield, Warwick), Monash University (Australia), University of Turku (Finland), the IAC (Spain), and NARIT (Thailand)

**\*\*FACT Collaboration:** **CH:** ETH Zurich; Un Geneva. **FI:** Finnish MAGIC Consortium (Tuorla Observatory, Un. Turku and Dept. of Physics, Un. Oulu.); **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. **DE:** MPI für Physik, Munich; Un. Hamburg; Un. Würzburg. **ES:** CIEMAT, Madrid; IAC, La Laguna; IFAE-BIST, Un. Autònoma de Barcelona; ICC, Un. Barcelona; PIC, Barcelona; Un. Complutense, Madrid. **FR:** CPPM, Marseille; CNRS/LAPP, Annecy. **HR:** FESB, Un. Split. **IN:** SINP, Kolhata. **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. **SE:** Un. Stockholm

**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; **UK** United Kingdom; **US** United States of America

## OT: instituciones usuarias y países

### OT: user institutions & 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; **MPS** Max-Planck-Institute for Solar System Research; **MSU** Moscow State University; **MU** Mons University; **NJIT** New Jersey Institute of Technology; **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

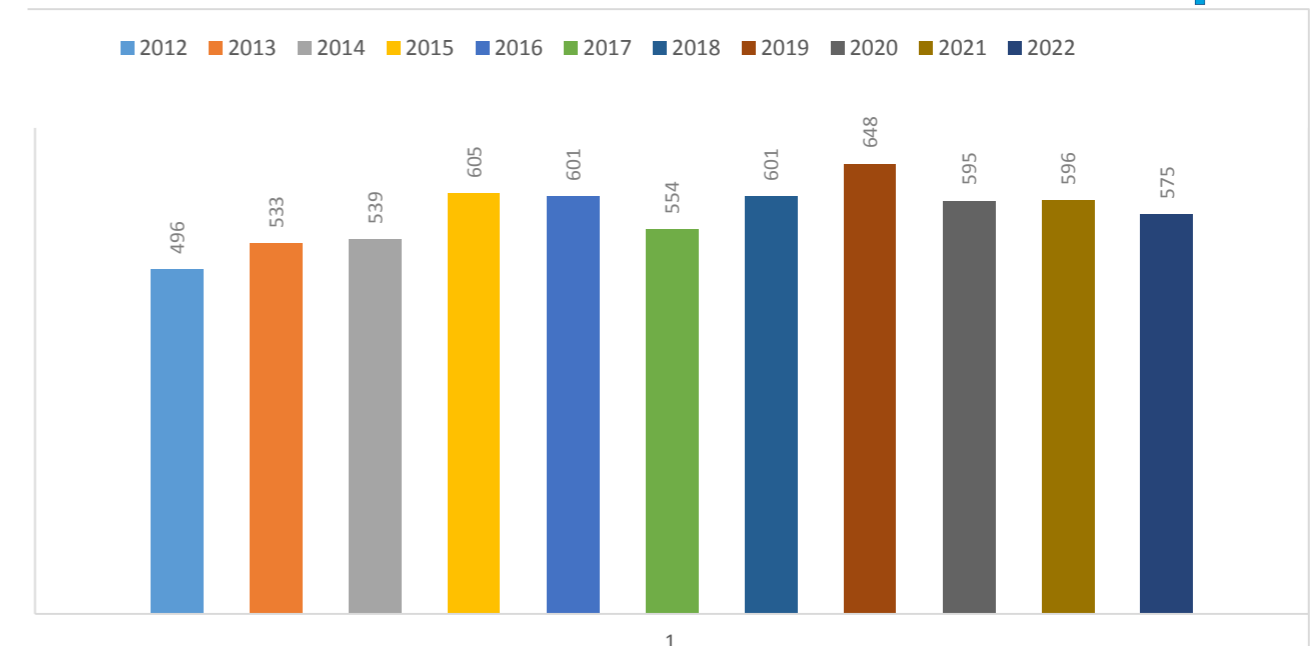
**Japan:** RIKEN Institute for Advanced Photonics, KEK (High Energy Accelerator Research Organization), Kyoto University, Saitama University, The University of Tokyo, NAOJ (National Astronomical Observatory of Japan), Tohoku University

**Korea:** Korea University

**Spain:** Instituto de Astrofísica de Canarias

**BE** Belgium; **DK** Denmark; **ES** Spain; **FR** France; **DE** Germany; **JP** Japan; **IT** Italy; **RU** Russia; **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 installed in the Observatorios de Canarias.

## Miembros del CCI en 2022 CCI members in 2022

President: Seppo Mattila  
Vice-President: Rafael Rebolo

Academy of Finland  
Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC)

Svetlana Berdyugina  
Aurélie Marchaudon  
J Miguel Mas Hesse  
Ernesto Pereda de Pablo  
Rafael Bachiller  
Colin Vincent  
Christoffel Waelkens  
Filippo Zerbi

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

Appointees  
Heidi Korhonen  
Johan H. Knapen  
Julia G. Lecuona

CCI scientific adviser  
CCI scientific secretary  
CCI administrative secretary

## Miembros de subcomités del CCI en 2021 CCI sub-committees members in 2021

### ORM Common Services Committee

**Chair:** Thomas Augusteijn - NOT  
**Secretary:** Juan C. Pérez - ORM site mng.  
Marc Balcells - ING  
Romano Corradi - GTC  
Álex Oscoz - IAC  
Dirk Raback - LT  
Ennio Poretti - TNG  
Saskia Prins - Mercator  
Thomas Augusteijn - NOT  
**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 - TMT  
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

Adrian Biland (MAGIC & FACT)  
Alex Oscoz (IAC)  
Ángel Otarola (ESO)  
Aurélie Marchaudon (CNRS-INSU)  
B Thomas Soifer (TMT)  
Bernard Gelly (THEMIS)  
Brigitte Christina Henderson (ING)  
Casiana Muñoz-Tuñón (IAC)  
Chiko Otani (Ground-BIRD)  
Chris Benn (ING)  
Chris Collins (LT-ARI)  
Chris M. Copperwheat (LT2)  
Christoffel Waelkens (Mercator)  
Christophe Dumas (TMT)  
Clemens Heese (OGS)  
Colin Vincent (STFC)  
Dan Kiselman (SST)  
Daniel Batcheldor (JKT)  
Daniel Mazin (LST-CTA)  
Danny Steeghs (GOTO)  
David Bristow (CTA)  
Diego Torres (CNA)  
Dirk Raback (LT)  
Don Pollaco (SuperWASP & Warwick 1m)  
Ennio Poretti (TNG)  
Ernesto Pereda de Pablo (ULL)  
Federico Ferrini (CTAO)  
Giovanni Pareschi (INAF)  
Göran Scharmer (SST)  
Hans Kjeldsen (SONG)  
Hans Van Winckel (MERCATOR)  
Iain Steele (LT)  
Ignas Snellen (MASCARA)  
James Smith (OU)  
Jean Vernin (Université de Nice)  
Johan Knapen (IAC)  
Jorge Piris (ESA)  
Jørgen Christensen-Dalsgaard (ING)  
Jorrit Leenaarts (Un Stockholm)  
José Gavira (ESA)  
Jose Teran (M3-TMT)  
Juan Carlos Pérez Arencibia (ORM)  
Juan Cortina (LST)  
Julia Lecuona (IAC)  
Julien de Wit (SPECULOOS)  
Juraj Toth (AMOS)  
Juri Poutanen (Tuorla Obs.)  
Klaus G. Strassmeier (STELLA)  
Lisa Storrie-Lombardi (LCOGTN)  
Luigi Colangeli (CILBO)  
Manel Martínez (LST)  
Marc Balcells (ING)  
Marie Karjalainen (MAGIC)  
Markus Gaug (MAGIC-CTAO)  
Martin Giard (CNRS)  
Masahiro Teshima (LST-CTA)  
Michaël Gillon (SPECULOOS)  
Michael Paolucci (SLOOH)  
Michael Prouza (FRAM)  
Michael Weber (STELLA)  
Miguel Mas Hesse (CSIC)  
Miquel Serra-Ricart (Teide)  
Paolo Calisse (CTAO)  
Patricia Márquez (LST)  
Rafael Rebolo (IAC)  
Razmik Mirzoyan (MAGIC)  
Reiner Volkmer (KIS)  
Ricardo Génova Santos (QUIJOTE)  
Rob Hammerschlag (DOT)  
Romano Corradi (GTC)  
Saskia Prins (MERCATOR)  
Seppo Mattila (NOT - Tuorla Obs.)  
Sergio Ortolani (INAF)  
Sheona Urquhart (OU)  
Svetlana Berdyugina (KIS)  
Thomas Augusteijn (NOT)  
Ulrich Kolb (OU)  
Victor Acciari (MAGIC)  
Vladimir Lipunov (MASTER\_IAC)  
Wolfgang Wild (CTAO)

## Miembros y asociados del CCI CCI members & associates

biland@phys.ethz.ch  
aoscoz@iac.es  
angel.otarola@eso.org  
aurelie.marchaudon@irap.omp.eu  
bts@irastro.caltech.edu  
BGelly@themis.iac.es  
brigitte@phys.au.dk  
cmt@iac.es  
otani@riken.jp  
crb@ing.iac.es  
C.A.Collins@lmm.ac.uk  
c.m.copperwheat@lmu.ac.uk  
christoffel@ster.kuleuven.be  
cdumas@tmt.org  
Clemens.Heese@esa.int  
Colin.Vincent@stfc.ac.uk  
dan@astro.su.se  
dbatcheldor@fit.edu  
mazin@icrr.u-tokyo.ac.jp  
D.T.H.Steeghs@warwick.ac.uk  
david.bristow@cta-observatory.org  
dtorres@ice.csic.es  
dr@astro.lmu.ac.uk  
d.pollacco@warwick.ac.uk  
poretti@tng.iac.es  
vicinv@ull.es  
federico.ferrini@cta-observatory.org  
giovanni.pareschi@inaf.it  
scharmer@astro.su.se  
hans@phys.au.dk  
hans.vanwinkel@ster.kuleuven.be  
ias@astro.lmu.ac.uk  
snellen@strw.leidenuniv.nl  
james.smith@open.ac.uk  
vernin@unice.fr  
johan.knapen@iac.es  
jorge.piris@esa.int  
jcd@phys.au.dk  
jorrit.leenaarts@astro.su.se  
jose.gavira.izquierdo@esa.int  
jteran@m3eng.com  
jcperez@iac.es  
juan.cortina@ciemat.es  
julia.lecuona@iac.es  
jdewit@mit.edu  
Juraj.Toth@fmph.uniba.sk  
juri.poutanen@utu.fi  
kstrassmeier@aip.de  
lisa@lco.global  
luigi.colangeli@esa.int  
martinez@ifae.es  
director@ing.iac.es  
mkarjalainen@ifae.es  
Markus.Gaug@uab.cat  
Martin.Giard@cnrs-dir.fr  
mteshima@mppmu.mpg.de  
michael.gillon@ulg.ac.be  
mike@slooh.com  
prouza@fzu.cz  
mweber@aip.de  
mm@cab.inta-csic.es  
mserra@iac.es  
paolo.calisse@cta-observatory.org  
pmarquez@ifae.es  
director@iac.es  
razmik@mppmu.mpg.de  
volkmer@leibniz-kis.de  
rgs@iac.es  
r.h.hammerschlag@astro.uu.nl  
romano.corradi@gtc.iac.es  
Saskia.Prins@kuleuven.be  
sepma@utu.fi  
sergio.ortolani@unipd.it  
sheona.urquhart@open.ac.uk  
sveta@kis.uni-freiburg.de  
tau@not.iac.es  
Ulrich.Kolb@open.ac.uk  
vacciari@ifae.es  
lipunov2007@gmail.com  
wwild@cta-observatory.org