



CCI
INFORME ANUAL
2018
ANNUAL REPORT



OBSERVATORIOS ASTROFÍSICOS DE CANARIAS

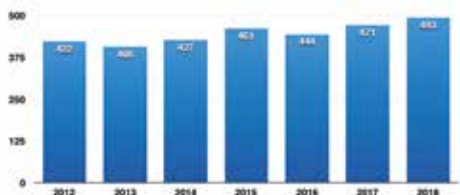
EL TRATADO INTERNACIONAL DE ASTROFÍSICA

El Acuerdo de Cooperación en Materia de Astrofísica y su Protocolo fue firmado en 1979 y en conjunto con sus Adendas 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 Teide y Roque de los Muchachos Observatorios (véase las Tablas en las páginas 56 y 57). 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 and along with its Addenda 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 56 and 57). 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.

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.

INDICE INDEX

INDEX		INDICE
FOREWORD	4	PREFACIO
INTRODUCTION	5	INTRODUCCION
THE TEIDE OBSERVATORY	6	EL OBSERVATORIO DEL TEIDE
HIGH ENERGY ASTROPHYSICS	16	FISICA DE ALTAS ENERGIAS
SOLAR PHYSICS	20	FISICA SOLAR
NIGHT-TIME ASTROPHYSICS	32	ASTROFISICA NOCTURNA
TELESCOPES AT THE TEIDE OBSERVATORY	56	TELESCOPIOS DEL OBSERVATORIO DEL TEIDE
TELESCOPES AT THE ORM	57	TELESCOPIOS DEL ORM
THE CCI	58	EL CCI

Contact address:

Mr Campbell Warden - CCI Secretary

INSTITUTO DE ASTROFÍSICA DE CANARIAS
E38200 - LA LAGUNA - Tenerife, Canary Islands

Phone: 34 922 605 220 & 34 628 182023

cci@iac.es

www.iac.es/cci

Edición: Campbell Warden - Traducciones: Julia Lecuona - Diseño y maquetación: Gotzon Cañada

Depósito legal: TF-852/98

PORTADA COVER

Representación gráfica del proyecto para el Telescopio Solar Europeo (ver página 28)

Artists impression of the European Solar Telescope Project (see page 28)

OBSERVATORIOS ASTROFÍSICOS DE CANARIAS

**COMITÉ
CIENTÍFICO
INTERNACIONAL**

**INFORME ANUAL
ANNUAL REPORT**

CCI 2018

**INTERNATIONAL
SCIENTIFIC
COMMITTEE**

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 POR EL PRESIDENTE

Es maravilloso observar el progreso continuo en la investigación astrofísica en los Observatorios de Canarias con la inauguración de nuevas instalaciones año tras año. Por ejemplo, el miércoles 10 de octubre de 2018, más de 200 invitados de todo el mundo se reunieron en el ORM en el área designada como el emplazamiento en el hemisferio norte del Cherenkov

Telescope Array (CTA) para celebrar la inauguración del primer prototipo de telescopio de gran tamaño (LST, ver páginas 16-17). El telescopio, llamado LST-1, está destinado a convertirse en el primero de los cuatro LST del sitio norte del Observatorio CTA. El plan para el observatorio también incluye 15 telescopios de tamaño medio (MST).

Profesor Oskar von der Luehe

El telescopio LST1 el 10 de octubre de 2018 con un panel en frente con los logotipos de todas las instituciones participantes.



The LST1 Telescope on October 10 2018 with a panel in front with the logos of all of the participating institutions.

FOREWORD BY THE PRESIDENT

It is wonderful to note the continued progress in astrophysical research at the Observatorios de Canarias with the inauguration of exciting new installations year after year. For example, on Wednesday, 10 October 2018, more than 200 guests from around the world gathered at the ORM in the area designated as the northern array site of

the Cherenkov Telescope Array (CTA) to celebrate the inauguration of the first prototype Large Size Telescope (LST, see pages 16-17). The telescope, named LST-1, is intended to become the first of four LSTs of the north site of the CTA Observatory. The plan for the site also includes 15 Mid Size Telescopes (MSTs).

Professor Oskar von der Luehe

INTRODUCCION DEL VICEPRESIDENTE

La operación científica de las múltiples instalaciones en los Observatorios de Canarias ha continuado de forma exitosa en el año 2018. Son casi 500 publicaciones científicas en revistas arbitradas las que en este año cuentan con datos obtenidos en nuestros Observatorios (ver tabla en la página 2). Estas publicaciones presentan resultados en campos muy diversos de la astrofísica. Desde los estudios en física solar, y astronomía óptica e infrarroja a las observaciones de fuentes de radiación gamma y del fondo cósmico de microondas. La versatilidad de las instalaciones permite abordar una enorme variedad de problemas científicos, como bien refleja este informe anual.

Durante el año 2018 ha terminado de construirse en el Observatorio del Roque de los Muchachos el primer Cherenkov de 23m. el LST1, llevado a cabo por un consorcio que lidera la Universidad de Tokio y el Instituto Max Planck de Física de Munich (ver página anterior y las páginas 16 y 17), pero también se ha

iniciado la construcción de nuevos telescopios en el Observatorio del Teide, por ejemplo el telescopio de microondas GroundBIRD por un consorcio que lidera el instituto RIKEN en Japón y el primer telescopio de SPECULOOS Norte por un consorcio liderado por la Universidad de Liege (Bélgica) y el MIT (USA). Además nuevos instrumentos con gran potencial han entrado en operación científica, como MEGARA en el telescopio GTC y otros, como WEAVE para el WHT, han progresado en gran manera y ya entran en su última fase de integración.

Estas actividades y las que se están desarrollando en muchos centros de investigación para llevar a cabo en los Observatorios de Canarias potentes instalaciones telescópicas como CTA-N, el European Solar Telescope o el New Robotic Telescope, invitan a pensar en un futuro lleno de oportunidades para las nuevas generaciones de investigadores que podrán tener a su alcance excepcionales logros científicos mas allá de lo que somos capaces de imaginar.

Profesor Rafael Rebolo

INTRODUCTION BY THE VICE PRESIDENT

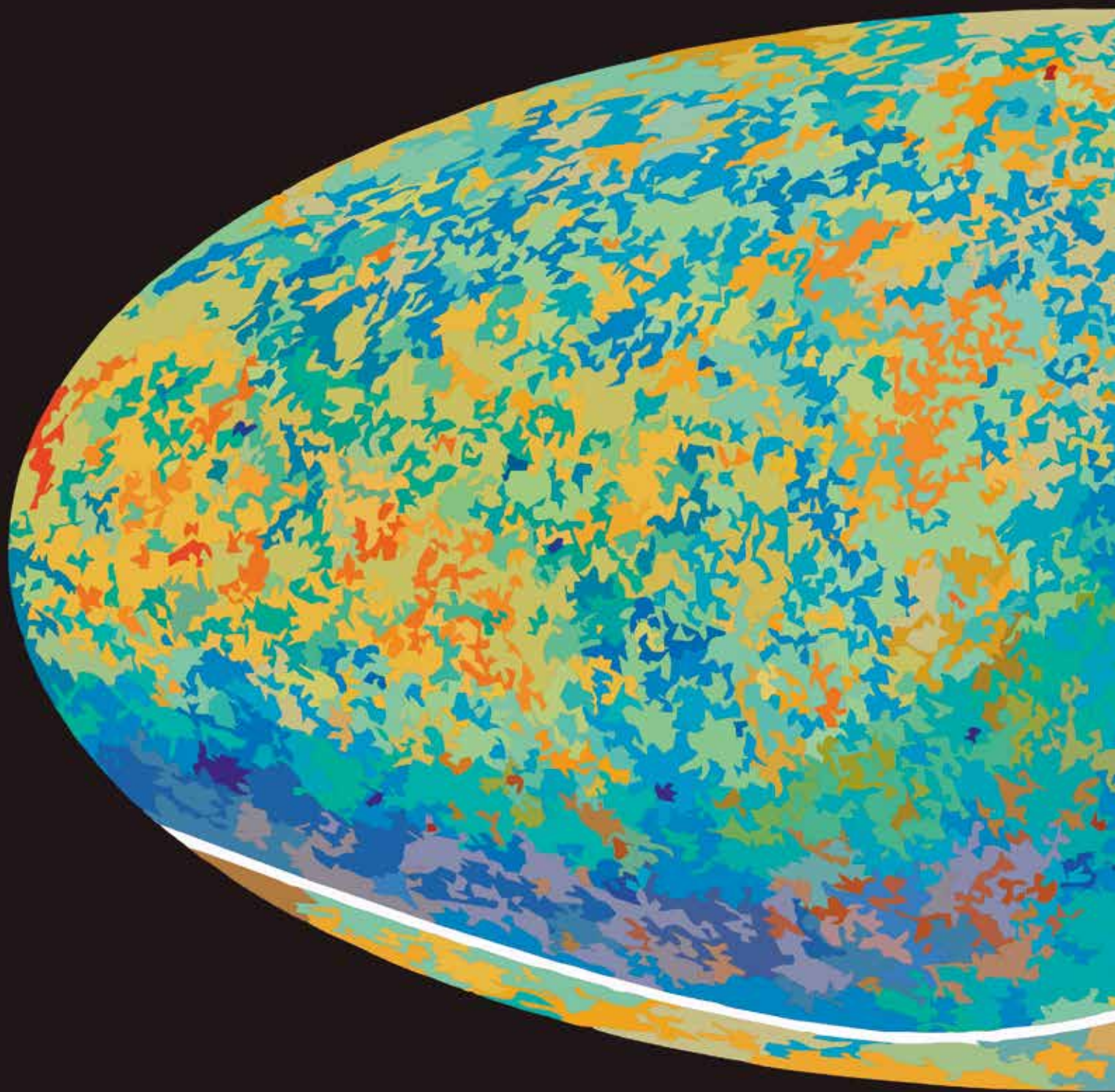
The scientific operation of the multiple facilities in the Observatorios de Canarias has continued successfully in 2018. Almost 500 scientific papers were published during the year in peer-reviewed journals with data obtained in our Observatories (see table on page 2). These publications present results in very diverse fields of astrophysics. From studies in solar physics, and optical and infrared astronomy to observations of gamma radiation sources and the cosmic microwave background. The versatility of the facilities makes it possible to address a huge variety of scientific problems, as is well reflected in this Annual Report.

During 2018, the first 23m Cherenkov was completed at the Roque de los Muchachos Observatory the LST1 (see facing page and pages 16+17), which has been built by a consortium led by the University of Tokyo and the Max Planck Institute for Physics in Munich. New telescopes are also being built

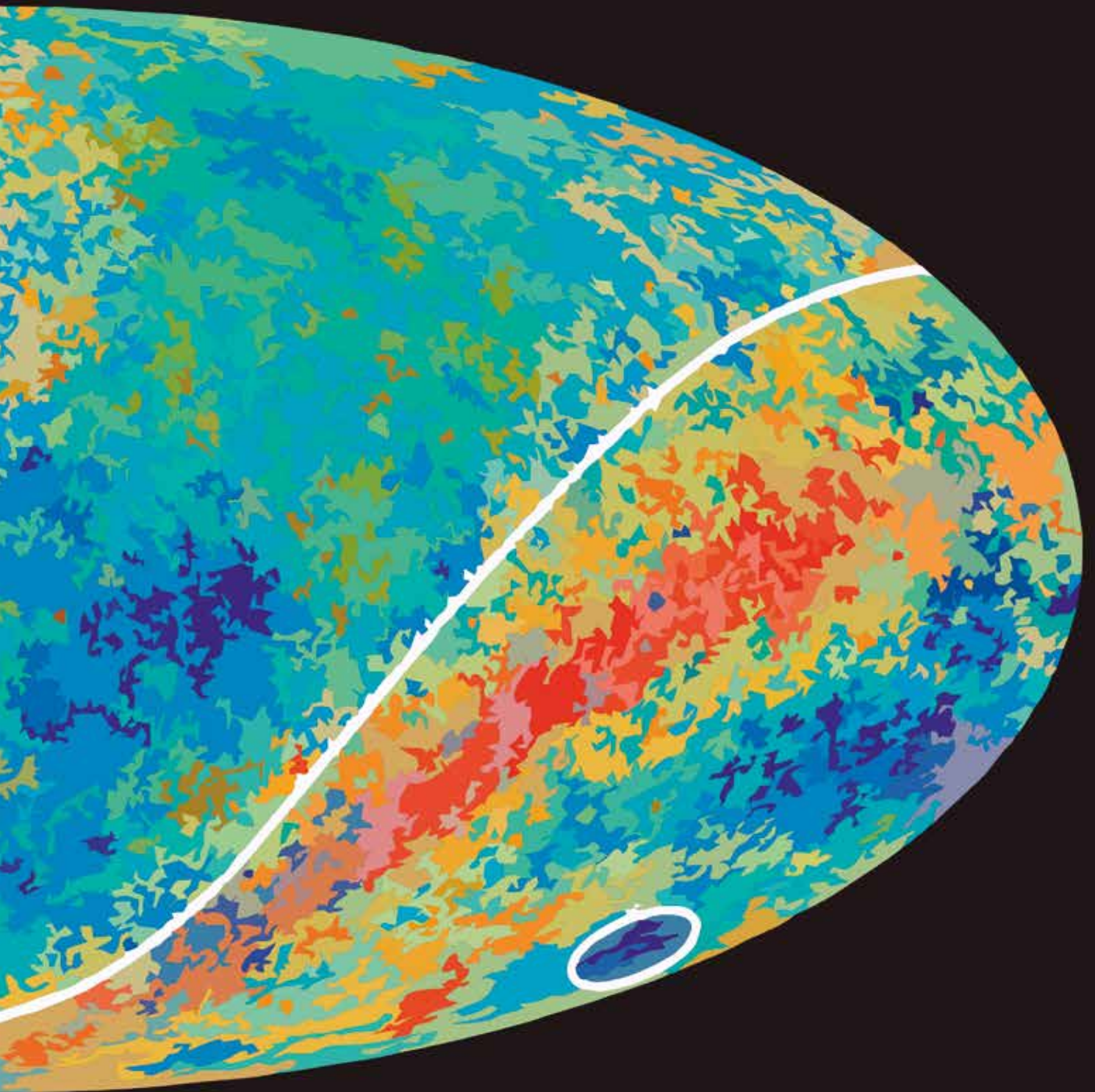
at the Teide Observatory; for example work has been started on the installation of the GroundBIRD microwave telescope by a consortium led by the RIKEN Institute in Japan, as well as on the first SPECULOOS North telescope by a consortium led by the University of Liege (Belgium) and the MIT (USA). In addition new instruments with great potential have entered into scientific operation, such as MEGARA on the GTC telescope and others, e.g. WEAVE for the WHT, have progressed greatly and are entering their final phase of integration.

These initiatives, and those that are being developed in many research centers to create at the Observatorios de Canarias powerful telescopic installations such as CTA-North, the European Solar Telescope or the New Robotic Telescope, point the way to a future full of opportunities for the new generations of researchers who will be able to produce exceptional scientific achievements beyond anything we are capable of imagining.

Professor Rafael Rebolo



EL OBSERVATORIO DEL TEIDE



THE TEIDE OBSERVATORY

Los Observatorios de Canarias (OCC) gozan de unas condiciones envidiables para la astronomía, lo que los ha situado en la primera línea mundial en instalaciones y resultados relacionados con la misma. Una atmósfera poco turbulenta, excelentes condiciones meteorológicas, ausencia de nubosidad, seeing de alta calidad y estable y poca contaminación lumínica son solo algunos de los factores que han contribuido a ello. Este último punto, la contaminación lumínica, ha sido determinante para que los mayores telescopios de observación nocturna se hayan instalado en el Observatorio del Roque de

los Muchachos (ORM), en La Palma (ver tabla en la página 57), donde la contaminación es aún menor. Hay telescopios y experimentos solares de primer nivel en el Observatorio del Teide (OT). Este observatorio es, además, sede de los experimentos de estudios de Fondo Cósmico de Microondas. También en el OT se ubican infraestructuras para comunicaciones ópticas y basura espacial.

El OT dispone de una batería de telescopios para astronomía nocturna realmente notable, tal y como se puede ver en la tabla en la página 56. En la



The Observatorios de Canarias (OCC) enjoy enviable conditions for astronomy, which has placed them among the best in the world in terms of facilities and scientific results. Some of the key contributing factors are a low level of atmospheric turbulence, excellent weather conditions, clear skies, high quality and stable seeing, as well as a low level of light pollution. This last point, the level of light pollution, has been determinant so that the biggest telescopes for night-time observation have been installed in the Roque de los Muchachos Observatory (ORM), in La Palma, where the contamination is even smaller

(see table on page 57). Many of the world's finest solar telescopes and experiments are installed at the Teide Observatory (OT). This observatory is also the site of the experiments carried out in the field of the Cosmic Microwave Background. There are also installations for research in optical communications and space debris.

The OT has a battery of telescopes for night-time astronomy that is really remarkable, as you can see in the table on page 56. Currently, there are 29 telescopes and cameras located at the observatory

actualidad, hay 29 telescopios y cámaras situados en el OT y en el futuro próximo se instalarán cerca de 10 nuevos telescopios nocturnos. Esto convierte al OT en una de las mayores, si no la mayor, concentración de telescopios nocturnos profesionales del mundo. Este conjunto de instalaciones, es además un banco de pruebas de instrumentación para telescopios de mayor tamaño. Las instalaciones del OT generan un

promedio de 60 publicaciones anuales en revistas científicas con árbitro.

El OT es sede de prácticas en astronomía para alumnos de universidades. Recibe miles de visitas por escolares y el público en general, tiene un papel importante en la divulgación, así como en la observación remota por aficionados.



and in the near future about 10 new night-time telescopes will be installed. This makes the OT one of the largest, if not the largest, concentration of professional night-time telescopes in the world. This set of facilities is also a test-bench for instruments for larger telescopes. The OT's installations generate an annual average of 60 papers in refereed scientific journals.

The OT hosts many practice sessions in observing techniques for university students. It receives thousands of visits by school children and the general public and plays an important role in outreach activities, including remote observing by amateur astronomers.

RADIACIÓN DE FONDO CÓSMICO DE MICROONDAS

QUIJOTE

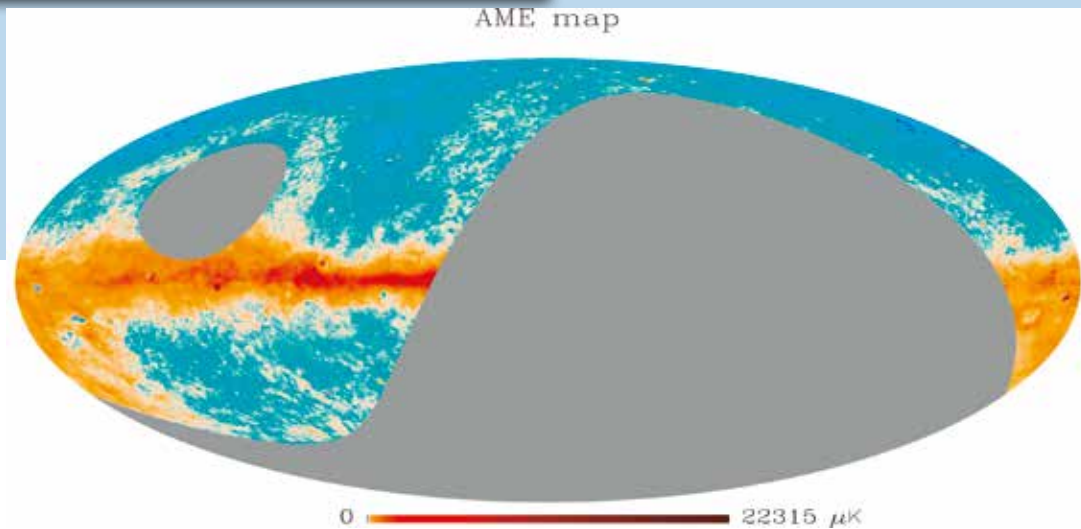
Durante el año el segundo instrumento QUIJOTE, TFGI (30 y 40 GHz), fue instalado en el plano focal del segundo telescopio QUIJOTE y en la actualidad está siendo comisionado.

Los resultados de un estudio de la emisión anómala de microondas (un nuevo mecanismo de emisión Galáctica en el rango de microondas) realizado con QUIJOTE en la región de la nube molecular Taurus pone nuevas cotas sobre el nivel de polarización de este mecanismo de emisión (actualmente se desconoce cuál es su nivel exacto de polarización).

Resultados obtenidos con QUIJOTE proporcionan nuevas restricciones sobre el nivel de la emisión Galáctica en el rango de microondas.

Los mapas finales de QUIJOTE-MFI a 11, 13, 17 y 19 GHz, cubriendo todo el hemisferio norte ecuatorial, han sido finalizados. Uno de los resultados más importantes derivados de estos datos fue la extracción de un mapa de la emisión anómala de microondas en todo el hemisferio norte (ver Figura). Este mapa supone una mejora significativa respecto a resultados anteriores, gracias a la cobertura espectral de QUIJOTE (10-20 GHz), que permite separar esta componente con mucha mayor precisión. Además, será fundamental para tratar de dilucidar cuál es el mecanismo físico que produce esta emisión, así como para mejorar las cotas sobre su nivel de polarización en grandes escalas angulares, lo cual será muy importante para otros experimentos dedicados a la medida de la polarización del FCM.

Mapa de emisión anómala de todo el hemisferio norte ecuatorial, derivado a partir de los datos de QUIJOTE en combinación con otros datos públicos (incluyendo WMAP y Planck). La introducción de los datos de QUIJOTE mejora significativamente la calidad de este mapa.



QUIJOTE results provide new constraints on the level of polarization of the anomalous microwave emission.

Full northern-sky map of the anomalous microwave emission component, derived from a combination of QUIJOTE-MFI data with other ancillary data (including data from WMAP and Planck). The inclusion of QUIJOTE data significantly improves the quality and reliability of this map.

COSMIC MICROWAVE BACKGROUND QUIJOTE

During the year the second QUIJOTE instrument, TFGI (30 and 40 GHz), was mounted on the focal plane of the second QUIJOTE telescope and is currently undergoing commissioning with seven detectors.

The results of a study carried out with QUIJOTE about the anomalous microwave emission (a new Galactic emission component detected in microwaves) towards the Taurus molecular cloud provide new constraints on the level of polarization of this emission (which is currently unknown).

The final QUIJOTE-MFI maps at 11, 13, 17 and 19 GHz, encompassing the full northern sky, have been produced. One of the most important results of this effort is the production of a full-northern sky map of the anomalous microwave emission in intensity (see Figure). This provides a significant improvement over previous similar maps thanks to the frequency coverage of QUIJOTE (10-20 GHz), which is crucial to separate this component. Moreover, it will play a key role in shedding light on the physical mechanism that produces this emission, as well as constraining more effectively its polarization level in large scales. In turn, this is something that will be extremely important for other experiments observing the CMB polarization.

NUEVOS EXPERIMENTOS DE FCM EN EL OBSERVATORIO DEL TEIDE

Además de liderar el proyecto QUIJOTE, el grupo del IAC de Fondo Cósmico de Microondas (FCM) está involucrado en el diseño y desarrollo de nuevos instrumentos, mediante cuya combinación se logrará mejorar significativamente las capacidades que cualquiera de ellos podría alcanzar de manera individual. Estos nuevos experimentos son:

i) KISS, un espectrómetro en el rango 100-280 GHz, dedicado a medir el efecto Sunyaev-Zel'dovich en cúmulos de galaxias cercanos (Institut Néel, LPSC e IPAG en Grenoble).

ii) GroundBIRD es un telescopio de 50 cm dedicado a observar la polarización del FCM en 150 y 220 GHz. Su objetivo es la búsqueda de la señal de modos B procedente de la etapa inflacionaria del Universo (consorcio liderado por RIKEN and Kyoto University, Japan).

iii) Se ha firmado un acuerdo de colaboración con la Universidad de Milán para la instalación del experimento STRIP en el Observatorio del Teide. El objetivo es también la medida de la polarización del FCM, pero a más baja frecuencia, 40 y 90 GHz (consorcio liderado por University of Milan & INFN, Italy).

iv) El Tenerife Microwave Spectrometer (TMS) realizará observaciones de baja resolución espectral en el rango 10-20 GHz. Su objetivo es caracterizar los contaminantes Galácticos y poner cotas sobre las distorsiones del espectro de la radiación del FCM (IAC).

El instrumento KISS se instaló en el plano focal del primer telescopio QUIJOTE en noviembre y actualmente está siendo comisionado. Este experimento realizará observaciones durante 6 meses de una muestra de cúmulos de galaxias cercanos.

La cúpula del telescopio GroundBIRD se instaló en octubre. El telescopio será transportado desde Japón hasta el IAC en marzo de 2019, y se espera que tenga primera luz en el Observatorio del Teide en el verano de 2019.

El criostato del experimento TMS está siendo construido, y diversos componentes fueron adquiridos durante 2018.

NEW CMB EXPERIMENTS AT THE TEIDE OBSERVATORY

The IAC CMB group is also involved in the design and development of new instrumentation that, in combination with QUIJOTE, will substantially strengthen the scientific capabilities that any of these experiments could reach alone. These new experiments or instruments include:

i) KISS, a spectrometer at 100-280 GHz for accurate measurements of the Sunyaev-Zel'dovich in nearby galaxy clusters (Institut Néel, LPSC and IPAG of Grenoble).

ii) GroundBIRD is a 50-cm telescope dedicated to observe the CMB polarisation at 150 and 220 GHz. This instrument will be used to search for the B-mode signal from the inflationary period of the Universe (consortium led by RIKEN and Kyoto University, Japan).

iii) A collaboration agreement has been signed with the University of Milan for the installation of the STRIP experiment in the Teide Observatory. This instrument will also observe the CMB polarisation,

but at lower frequencies 40 and 90 GHz (consortium led by University of Milan & INFN, Italy).

iv) The Tenerife Microwave Spectrometer (TMS) will perform low-resolution spectral observations at 10-20 GHz. This instrument will characterize foregrounds and constrain the distortions of the CMB frequency spectrum (IAC).

The KISS instrument was installed on the focal plane of the first QUIJOTE telescope in November and is currently undergoing commissioning. This experiment will perform observations during 6 months of a small sample of nearby galaxy clusters.

The dome of the GroundBIRD experiment was installed in October. The telescope will be shipped from Japan to the IAC in March 2019, and is expected to have first light at the Teide Observatory in summer 2019.

The TMS cryostat is being built and several of its components have been acquired.

EXPERIMENTOS DE DISTRIBUCIÓN DE CLAVE CUÁNTICA

OGS - IQOQI

El Instituto Austríaco de Óptica Cuántica e Información Cuántica (IQOQI) ha desarrollado y probado un receptor de clave cuántica en el plano focal Cassegrain de este telescopio de 1 metro de apertura (Figura 1). La serie de experimentos de Distribución de Clave Cuántica (QKD por sus siglas en inglés) realizados en abril desde el satélite chino «Micius» al OGS son el resultado de la cooperación entre la Agencia Espacial China, la Academia Austríaca de las Ciencias y la Agencia Espacial Europea. La tasa obtenida de datos de clave cuántica ha sido la mejor que se ha logrado

Figura 1: Se instaló un receptor de clave cuántica en el plano focal Cassegrain de la OGS.



Figure 1: A quantum key receiver was installed at the OGS Cassegrain focal plane.

QUANTUM KEY DISTRIBUTION EXPERIMENTS

OGS - IQOQI

The Austrian Institute for Quantum Optics and Quantum Information (IQOQI) developed and installed a quantum key receiver at the Cassegrain focal plane (see Figure 1) of this 1 meter telescope. The Chinese Space Agency, the Austrian Academy of Science and the European Space Agency have carried out a series of Quantum Key Distribution (QKD) experiments in April between the Chinese “Micius” satellite and the OGS. The quantum key data rate achieved was better than that achieved previously, mainly due to the improved optical design, better receivers in the OGS and the excellent seeing conditions of the Teide Observatory.

hasta la fecha, sobre todo gracias a las mejoras en el diseño óptico y los receptores, y a las excelentes condiciones de visibilidad del Observatorio del Teide. La luz de la baliza láser verde del satélite puede verse como una línea en el cielo y la luz de la baliza láser roja de la OGS se esparce por el cielo hasta la línea del satélite (Figura 2). El intercambio de clave cuántica tuvo lugar mediante fotones individuales a una longitud de onda de unos 800 nm y, por tanto, no es visible en la imagen. Aunque los experimentos

Desarrollo de tecnología cuántica de última generación

Figura 2: Imagen con un tiempo de exposición de 20 segundos de la OGS siguiendo al satélite Micius



Figure 2: This is a 20 second exposure of the OGS tracking the Micius satellite.

Development of novel state-of-the-art quantum technologies

The satellite’s green beacon laser light is visible as a line in the sky and the red beacon laser light from the OGS is spread across the sky to the line of the satellite (see Figure 2). Quantum key exchange took place with single photons at a wavelength around 800 nm; therefore, this is not visible in the picture. Although the experiments were performed in darkness, the long exposure image reveals the sky background irradiance from cities at sea level. The success of the Chinese QKD mission has triggered a large number of related activities in Europe. It is foreseen that the OGS will participate in more of these experiments with other satellites in the future.

se llevaron a cabo con cielo oscuro, la imagen de larga exposición muestra en la luminosidad de fondo de las ciudades situadas a nivel del mar. El éxito de esta misión QKD china ha dado pie a un gran número de actividades relacionadas en Europa. Está previsto que la OGS participe en el futuro en más experimentos de ésta clase con otros satélites.

Desarrollo de tecnología de óptica adaptativa para comunicaciones ópticas



Development of up-link adaptive optics strategies for optical links

Ordinary Adaptive Optics systems developed up to now for astronomical instruments correct the wavefront quality registered at the telescope focal plane. However in the field of bidirectional optical links, it would be most advantageous to use the information about turbulence gathered with the downlink beam in order to improve the quality of the uplink beam.

Los sistemas de Óptica Adaptiva desarrollados hasta el momento para los instrumentos astronómicos corrigen la calidad del frente de onda que se recibe en el plano focal de un telescopio. Sin embargo en el campo de las comunicaciones ópticas mediante enlaces bidireccionales, resultaría muy ventajoso emplear la información sobre la turbulencia recogida en el haz descendente para mejorar la calidad del haz ascendente. En el presente un equipo del Área de Instrumentación del IAC está desarrollando estrategias novedosas que permitan avances en este campo. Para ello se emplean láseres de alta potencia de la OGS, y cámaras de alta eficiencia cuántica y ultra alta velocidad de lectura.

Figura 3: El haz de láser verde, visto desde el interior de la cúpula de la OGS, durante una «corrección de subida» con la que se pretende pre-compensar el láser en su trayectoria ascendente mediante un espejo deformable y mejorar así la densidad de la energía en el destino y atenúa el centelleo producido por la turbulencia atmosférica. Esta pre-compensación puede ser útil tanto en las comunicaciones ópticas con satélites como en la generación de estrellas de guía láser.

Figure 3: The green laser beam, as seen from inside the OGS dome, during an “Uplink Correction” that pursues the pre-compensation of the laser on the way up by a deformable mirror, in order to improve both the density of the power in the destination and the scintillation produced by atmospheric turbulence. This pre-compensation can be useful both in optical communications with satellites and in the generation of laser guide stars.

At present, a team of the Instrumentation Division of IAC is testing innovative strategies to advance in this field. In these experiments, high power lasers from the OGS are employed together with state-of-the-art cameras, combining at the same time high quantum efficiency and ultra-high readout rates.

SLOOH RECIBE FINANCIACIÓN DE LA FUNDACIÓN NACIONAL PARA LA CIENCIA

Slooh empezó 2018 anunciando que había recibido una subvención de investigación de innovación en pequeñas empresas (SBIR) de fase uno de la Fundación Nacional para la Ciencia (similar a la «financiación inicial» en otros países) para su propuesta titulada «Ludificación curricular de la exploración espacial». Esta financiación supone un reconocimiento a la misión de la empresa de enseñar al mundo a explorar el espacio.

Slooh enseña a la gente a explorar el espacio proporcionando acceso a sus telescopios en línea. Estos cuentan con contenido adicional que refleja el conocimiento humano sobre el espacio

y herramientas sociales para interactuar con una comunidad de compañeros exploradores. Gracias a la facilidad de uso de su interfaz en línea, Slooh reduce la complejidad, cantidad de tiempo y costes necesarios para explorar el espacio. En estos momentos, Slooh está ludificando la experiencia con una serie de narrativas orientadas principalmente a usuarios con escasos conocimientos sobre esta materia.

La subvención SBIR de fase uno contribuirá a la expansión de una plataforma que enseña al público a explorar el espacio



Figura 1: El arte astronómico sigue siendo un uso muy popular del telescopio de Slooh en las Islas Canarias. Cameron McEwing usó el telescopio canario de 50 cm para captar la nebulosa de emisión NGC 2359 (Casco de Thor).

Figure 1: Art Astronomy remains a popular use of Slooh's Canary Islands telescope. Cameron McEwing used the Canary 50 cm Telescope to capture the emission nebula NGC 2359 (Thor's Helmet).

SLOOH RECEIVES FUNDING FROM THE NATIONAL SCIENCE FOUNDATION

Slooh started 2018 with the announcement that it had been awarded a Phase One Small Business Innovation Research (SBIR) Grant from the National Science Foundation (similar to “Seed Funding” in other countries), for its proposal entitled ‘Curriculum Driven Gamification of Space Exploration’. The funding was a validation of the company’s mission

Phase One SBIR Grant Supports Expansion of Platform Teaching People to Explore Space

to teach the world to explore space.

Slooh teaches people to explore space by providing access to its online telescopes, which contain

«La subvención de la NSF contribuirá a nuestra expansión a los centros educativos con Slooh Classroom para educación primaria y secundaria y Slooh Astrolab para estudiantes universitarios», afirmó la Dra. Paige Godfrey, directora de Investigación y Formación en Slooh e investigadora principal de la propuesta financiada por la NSF.

Slooh permite a su comunidad controlar y observar a través de telescopios robóticos situados en observatorios de primera categoría, lo que incluye los telescopios situados en su observatorio principal, en el Instituto de Astrofísica de Canarias, y los emplazados en el observatorio de la Pontificia Universidad Católica de Chile, que ofrecen imágenes complementarias de los cielos meridionales.



Figura 2: David Mihalic, miembro de Slooh, usó el Telescopio canario de 50 cm para crear esta imagen compuesta de la nebulosa Cabeza de Caballo y la nebulosa de la Flama.

Figure 2: Slooh member David Mihalic used the Canary 50 cm Telescope to create this mosaic image of the Horsehead and Flame Nebulae.

“The NSF grant supports our expansion into schools with our Slooh Classroom product for K-12 and our Slooh Astrolab product for college students”, said Dr Paige Godfrey, Director of Research and Education at Slooh, and principal investigator of the NSF funded proposal.

enriching content reflecting human wisdom about space, and social tools to interact with a community of fellow explorers. Slooh reduces the complexity, time commitment and cost of exploring space through its easy-to-use online interface. Slooh is now gamifying the experience in a series of narratives that are eminently relatable to users with little knowledge on the subject.

Slooh provides social viewing and control of robotic telescopes situated at world-class observatory sites, including telescopes situated at its flagship observatory, at the Institute of Astrophysics of the Canary Islands, and in Chile, situated at the Catholic University observatory, which offers complementary views of the southern skies.



FISICA DE ALTAS ENERGIAS HIGH ENERGY ASTROPHYSICS

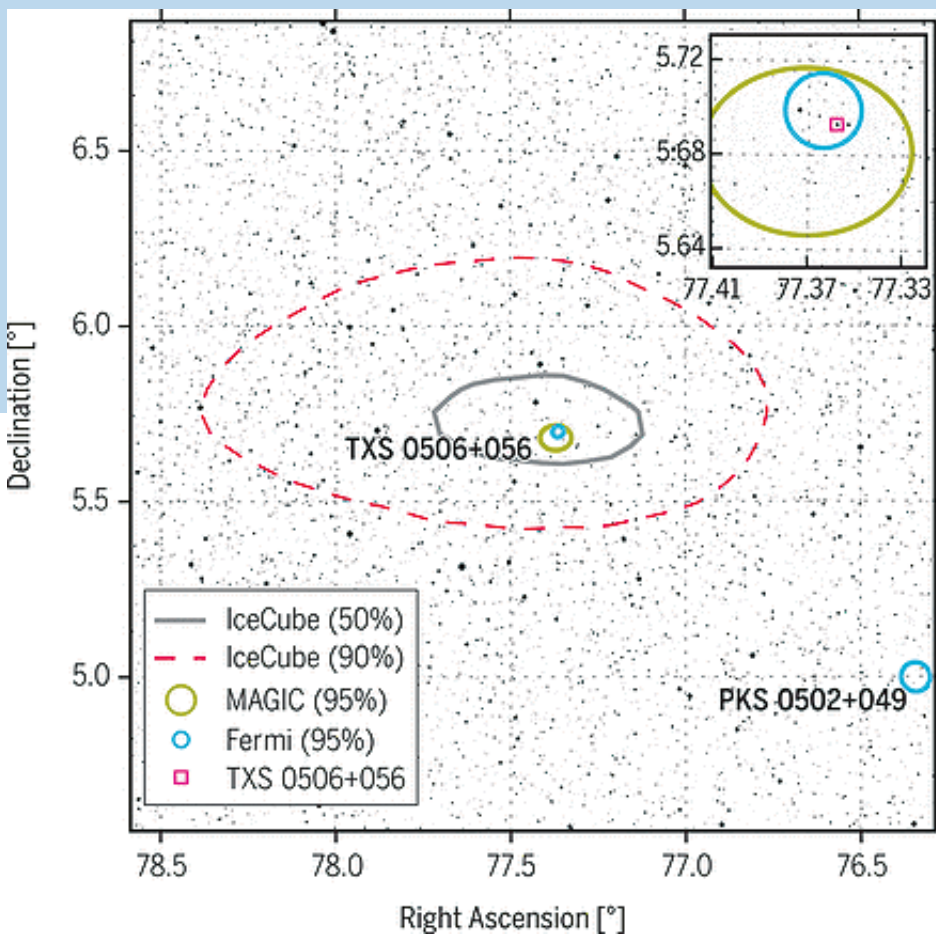


NEUTRINOS CÓSMICOS DE ALTA ENERGÍA

MAGIC

Hasta hace poco la detección de fuentes individuales astrofísicas de neutrinos se había limitada al Sol y a la supernova 1987 A, mientras que el origen del flujo difuso de neutrinos cósmicos de alta energía aún es desconocido. El 22 de septiembre de 2017, el experimento IceCube detectó un neutrino (170922A) con una energía de 290 TeV (1TeV=1012 eV). Su dirección de llegada era consistente con la localización del blazar emisor de radiación gamma TXS 0506+056, que estaba emitiendo activamente. Enseguida, se realizó una extensa campaña de observación en multi-longitudes de onda desde la

Figura 1: Observaciones multimensajeros del blazar TXS 0506+056. Regiones conteniendo el neutrino IceCube-170922A al 50% y 90% (Contorno rojo discontinuo y contorno sólido gris respectivamente) superpuestas a la imagen óptica del cielo en la banda óptica V. Fuentes de rayos gamma del satélite Fermi (círculos azules dan la incertidumbre posicional del 95%). El neutrino coincide con el blazar TXS 0506+056 (cuadrado rosa). Medidas de la campaña de seguimiento de los telescopios MAGIC en radiación gamma de muy alta energía (círculo amarillo, incertidumbre posicional del 95%). El recuadro es una vista ampliada del cielo alrededor de TXS 0506+056 en la banda óptica R.



HIGH-ENERGY COSMIC NEUTRINOS

MAGIC

Previous detections of individual astrophysical sources of neutrinos are limited to the Sun and the supernova 1987A, whereas the origins of the diffuse flux of high-energy cosmic neutrinos remain unidentified. On 22 September 2017, a high-energy neutrino (290 TeV, IceCube-170922A) was detected by IceCube. Its arrival direction was consistent with the location of a known gamma-ray Blazar,

Figure 1: Multimessenger observations of Blazar TXS 0506+056. The 50% and 90% containment regions for the neutrino IceCube-170922A (dashed red and solid gray contours, respectively), overlain on a V-band optical image of the sky. The detected Fermi spacecraft gamma ray sources (blue circles, mean 95% positional uncertainty). The IceCube neutrino is coincident with the Blazar TXS 0506+056 (pink square). The MAGIC telescopes very-high-energy γ -rays measurements follow-up campaign (yellow circle shows 95% positional uncertainty). The inset is a magnified sky view around TXS 0506+056 on an optical R-band.

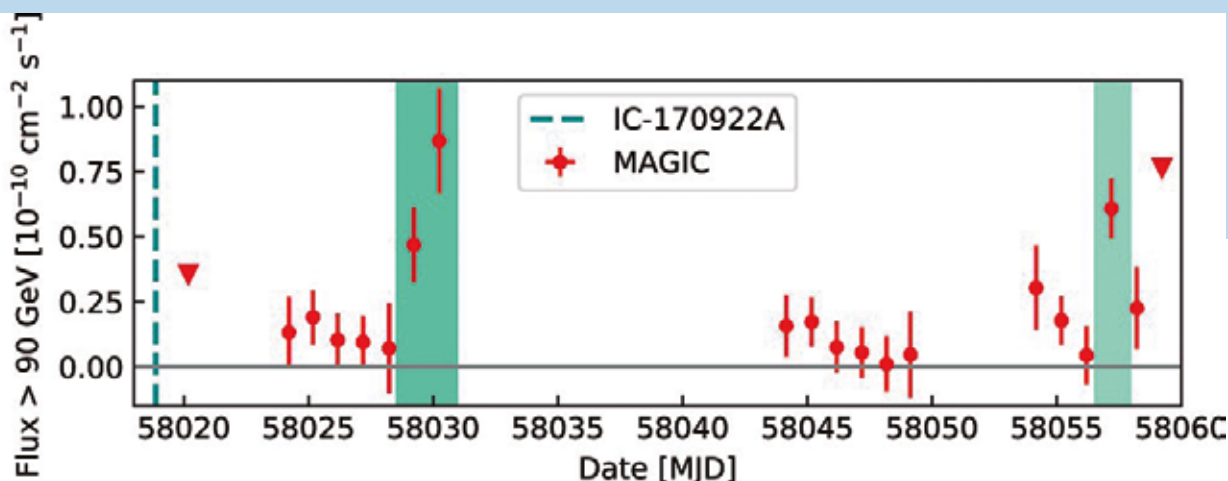
zona de radio frecuencias hasta la de radiación gamma. Estas observaciones detectaron el blazar TXS 0506+056 en muy alta energía y estudiaron su variabilidad y energía emitida indicando que los blazars pueden ser una fuente de neutrinos de muy alta energía.

Los Telescopios MAGIC (Major Atmospheric Gamma-ray Imaging Cherenkov) observaron el blazar TXS 0506+056 (durante unas 41 horas) de 1.3 a 40.4 días después de la detección del neutrino 170922A. La clara detección de emisión

gamma (> 90 GeV) con los telescopios MAGIC, junto con las demás medidas cuasi-simultáneas del neutrino y las medidas realizadas por otros experimentos en la campaña multi-longitudes de onda electromagnéticas, nos permite interpretar los resultados con un nuevo modelo de una zona leptó-hadrónica basado en las interacciones de electrones y protones co-acelerados en el jet con los fotones externos originados por la vaina del plasma de movimiento lento rodeado por la punta del jet más rápido.

Descubrimiento: el blazar txs 0506+056 emite un neutrino y radiación gamma de muy alta energía!

Figure 2: Medidas de MAGIC de la emisión diaria de rayos gamma de muy alta energía ($E > 90$ GeV) del blazar TXS 0506+056. Los recuadros coloreados indican los dos periodos medidos de emisión amplificada. Los triángulos en los días MJD 58020 y 58059 son límites superiores de 2σ . La línea azul discontinua indica el tiempo de llegada del neutrino de alta energía IC-170922A (MJD 50818).



Discovery: the blazar txs 0506+056 emits a neutrino and very-high-energy gamma-rays!

Figure 2: VHE ($E > 90$ GeV) gamma-ray light curve of the Blazar TXS 0506+056 as measured by MAGIC on a daily basis. The colored boxes mark the two measured periods of enhanced emission. The triangles at MJD 58020 and 58059 are 2σ upper limits. The dashed blue line indicates the arrival time of the high-energy neutrino event IC-170922A (MJD 50818).

TXS 0506+056, observed to be in a flaring state. An extensive multiwavelength campaign followed, ranging from radio frequencies to gamma-rays. These observations characterized the variability and energetics of the Blazar and included the detection of TXS 0506+056 in very-high-energy gamma-rays. This observation of a neutrino in spatial coincidence with a g-ray-emitting blazar during an active phase suggests that Blazars may be a source of high-energy neutrinos.

The MAGIC (Major Atmospheric Gamma-ray Imaging) telescopes observed the blazar TXS 0506+056 for ≈ 41 hr from 1.3 to 40.4 days after the neutrino detection. A clear detection of gamma emission (> 90 GeV) was obtained. We interpret the quasi-simultaneous neutrino and broadband electromagnetic observations with a novel one-zone leptó-hadronic model, based on interactions of electrons and protons coaccelerated in the jet with external photons originating from a slow-moving plasma sheath surrounding the faster jet spine.





FISICA SOLAR
SOLAR PHYSICS

CALENTAMIENTO EN CHORROS DE MANCHAS SOLARES

SST

En un estudio de la atmósfera por encima de una mancha solar δ (una mancha con umbras de polaridad opuesta y una única penumbra), en la que se observa una serie de chorros recurrentes en forma de abanico en su penumbra, los investigadores descubrieron evidencia de una estructura con forma de bucle en la penumbra de la mancha solar. Las mediciones polarimétricas realizadas con el telescopio, usando espectropolarímetro CRISP han destacado la presencia de un campo magnético horizontal integrado en su estructura, lo que también podría ser producto de una emergencia de flujo local.

La distribución de temperatura mostró un aumento mejora muy localizado (alrededor de $\log \tau_{500} = -3$, con una profundidad óptica a 500 nm de 10-3) de hasta 14 000 K en la cromosfera y el consecuente aumento sustancial de la presión electrónica. Un calentamiento tan intenso y localizado en la base del chorro se interpretó como el punto en el que se produce la reconexión magnética entre la estructura en forma de bucle y el campo preexistente, más vertical, que la rodea.

Este resultado pone restricciones en las futuras simulaciones magnetohidrodinámicas destinadas a reproducir chorros cromosféricos en forma de abanico y su mecanismo de aceleración

Calentamiento localizado en la cromosfera inferior revela la ubicación de la reconexión magnética

HEATING IN SUNSPOT JETS

SST

In a study of the atmosphere above a δ -sunspot (a spot with umbrae of opposite polarity in a single penumbra) that harbours a series of recurrent fan-shaped jets in its penumbra, researchers found evidence of a loop-like structure in the penumbra of the sunspot. Polarimetric measurements carried out with the telescope using CRISP (CRisp Imaging SpectroPolarimeter) have highlighted the presence of a horizontal magnetic field embedded in this structure, which might also be the product of a local flux emergence.

The temperature distribution showed a very localised (around $\log \tau_{500} = -3$, where the optical depth at 500 nm is 10-3) enhancement up to 14 000 K in the

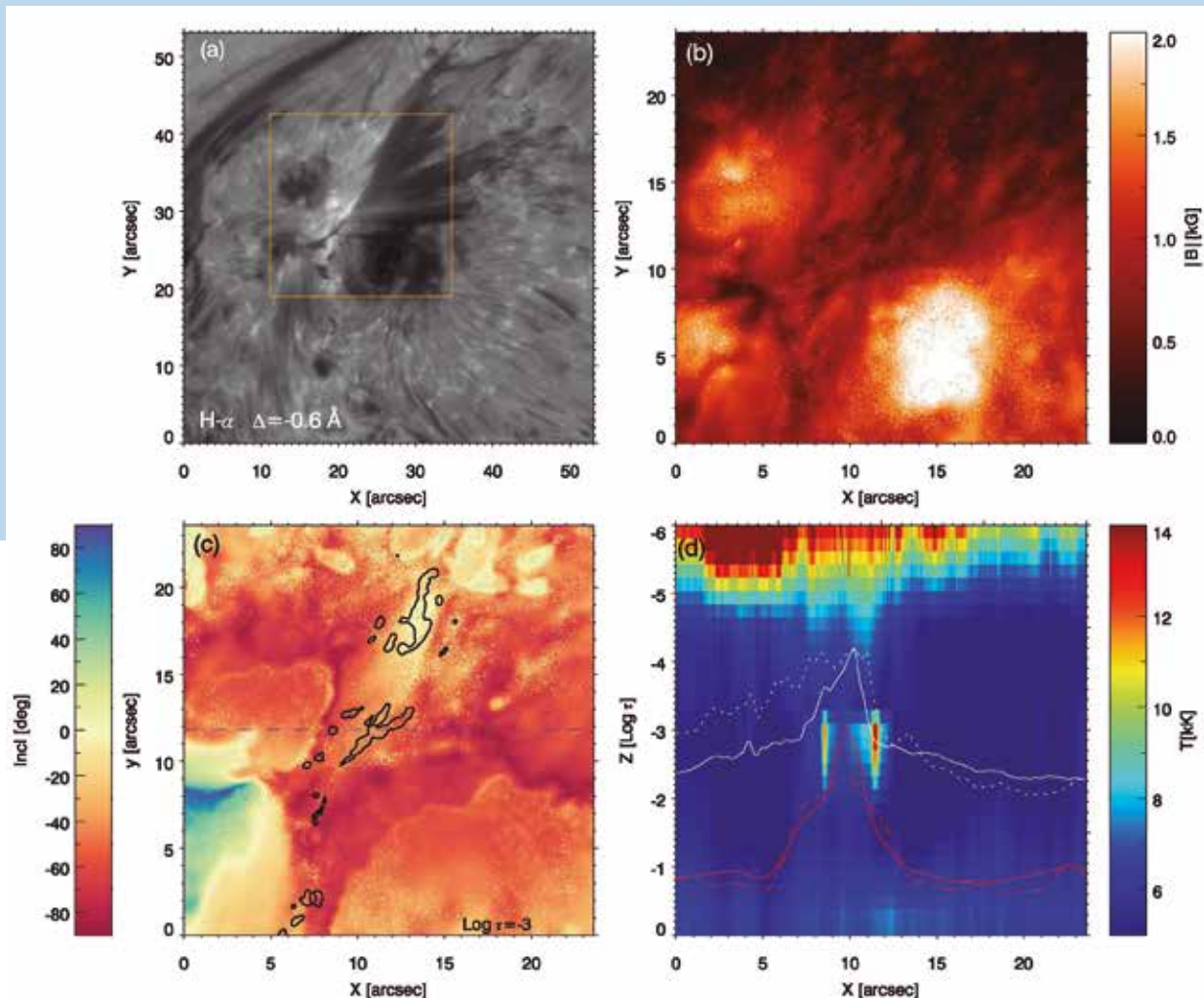
Localized heating in the lower chromosphere reveals the location of magnetic reconnection

chromosphere and a consequent substantial increase of the electron pressure. Such an intense and localised heating at the jet footpoint was interpreted as the height where magnetic reconnection between the loop-like structure and the more vertical surrounding pre-existing field takes place.

This result places restraints on future magnetohydrodynamic simulations aiming at reproducing fan-shaped chromospheric jets and their acceleration mechanism.

(a) Filtrograma en el ala azul $H\alpha$ a $-0,6 \text{ \AA}$ del núcleo de la línea. El recuadro naranja representa el campo de visión de los paneles b y c; ambos muestran las magnitudes físicas en la cromosfera a $\log \tau_{500} = -3$. (b) Intensidad del campo magnético cromosférico. (c) Inclínación del campo magnético, donde cero indica un campo magnético completamente horizontal. Los contornos negros delimitan temperaturas superiores a los 8000 K. (d) Corte

vertical del mapa de temperaturas. La curva blanca continua es la intensidad normalizada del núcleo de la línea $H\alpha$, la línea blanca de puntos es la intensidad del núcleo de $\text{Ca II } 8542 \text{ \AA}$, y las líneas continua y de puntos rojas muestran la intensidad a 1600 \AA y 1700 \AA respectivamente, tal y como se midieron con el instrumento AIA a bordo del Observatorio de Dinámicas Solares (SDO). El corte corresponde a la línea de puntos del panel (c).



(a) Filtergram of $H\alpha$ blue wing at -0.6 \AA from the line core. The orange box represents the field of view of panels b and c, which both depict physical quantities in the chromosphere at $\log \tau_{500} = -3$. (b) Total strength of the chromospheric magnetic field. (c) Inclination of the magnetic field, where zero indicates a completely horizontal magnetic field. The black contours highlight temperatures higher than 8000 K.

(d) Vertical cut of the temperature map. The solid white curve is the $H\alpha$ line-core normalised intensity, the white dotted line the $\text{Ca II } 8542 \text{ \AA}$ core intensity, and the red solid and dotted lines the intensity at 1600 \AA and 1700 \AA , respectively, as measured with the Atmospheric Imaging Assembly (AIA) instrument on board the Solar Dynamics Observatory. A dashed line in panel (c) indicates the location of the cut.

GREGOR

A lo largo del año se llevaron a cabo dos grandes mejoras: se cambió el espejo secundario del GREGOR y se renovó la mitad de la fachada. El espejo M2 original había sido fabricado con Cestic, que es un material muy ligero. Sin embargo, no fue posible pulirlo según lo especificado y esto afectó negativamente a las capacidades ópticas y el contraste del GREGOR. El nuevo M2, hecho de Zerodur, lleva montado desde julio y el contraste de imagen ha mejorado notablemente (Figura 1).

El segundo trabajo de gran envergadura fue repintar los paneles de la fachada: los telescopios solares son muy susceptibles al calor, y eso deteriora la imagen, por lo que se utiliza una pintura especial para mantener la temperatura del edificio del telescopio cercana a la temperatura ambiente. Dado que es necesario desmontar todos los paneles, lijarlos y volverlos a pintar con un procedimiento especial mientras se sella temporalmente la torre del telescopio, esta obra supuso un gran trabajo (Figura 2).

Figura 1: El nuevo espejo secundario (M2) del GREGOR a punto de ser inspeccionado en el laboratorio de óptica



Figure 1: The new GREGOR secondary mirror (M2) during its incoming inspection in the optics lab.

Figura 2: Renovación de los paneles del GREGOR: nueva fachada (izquierda), trabajo en marcha (centro) y paneles viejos (derecha)



Figure 2: GREGOR panel refurbishing: new facade (left part), work in progress (middle part) and previous panels (right part).

GREGOR

Two major upgrades took place during the year: GREGOR's secondary mirror was exchanged and one half of the facade was renewed. The original M2 mirror had been fabricated from Cestic, a very lightweight material, which however could not be polished as specified and therefore the optical performance and the contrast at GREGOR had suffered. Since July, the new M2, made of Zerodur, is mounted and the image contrast has improved noticeably (Figure 1).

The second major work was the repainting of the panels of the facade: Solar telescopes are very susceptible to heating, which deteriorates the seeing and the special paint used is designed to keep the telescope building close to the ambient temperature. Because all panels have to be dismantled, sanded, and repainted with a special procedure while the telescope tower is temporarily sealed, this work entailed a major effort (Figure 2).

En septiembre se instaló un nuevo instrumento en el GREGOR: la unidad de campo integral construida por el IAC (GRIS IFU), que proporciona mediciones espectropolarimétricas en un campo de visión de 3" x 6", y el análisis de los datos de las primeras observaciones está en marcha. El objetivo es estudiar procesos rápidos, como por ejemplo la el surgimiento y cancelación de flujo en diferentes capas solares (Figura 3).

Figura 3: El GRIS IFU, un nuevo instrumento en el GREGOR para registrar simultáneamente dos dimensiones espaciales y la dimensión espectral con un campo de visión de 3" x 6", lo que equivale al tamaño de unos pocos gránulos en el Sol.



In September a new instrument was installed at GREGOR: the IAC-built integral field unit (GRIS IFU), which provides spectropolarimetric measurements in a field of view of 3" x 6" and the data analysis from the first observations is in progress. The goal is to study fast processes, for example flux emergence and cancellation in different solar layers (Figure 3).

Figure 3: The GRIS IFU, a new instrument at GREGOR to record two spatial and the spectral dimension simultaneously with a field of view of 3" x 6", which corresponds to the size of a few granules on the Sun.

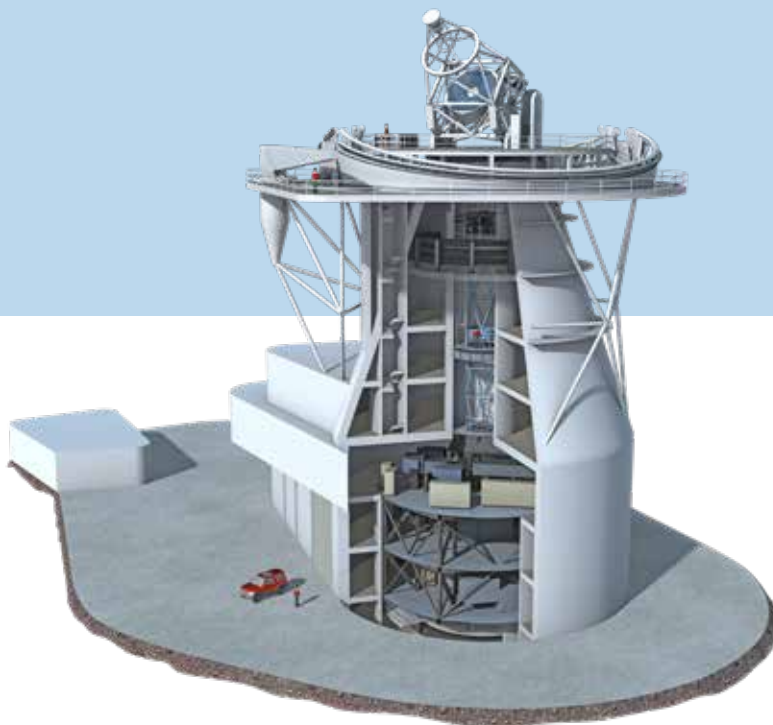
EL TELESCOPIO SOLAR EUROPEO EST

Trabajando para construir el mejor telescopio solar del mundo

EST es una iniciativa promovida por la Asociación Europea de Telescopios Solares (EAST), organización que reúne 24 instituciones distribuidas por 18 países europeos, y será el mayor telescopio solar jamás construido en Europa. Con un espejo primario de 4 metros, triplicará la capacidad de los telescopios solares más grandes de la actualidad. Este es un aspecto clave para observar al Sol rápidamente, antes de que las estructuras magnéticas que lo pueblan cambien. Además, EST detectará señales débiles que ahora simplemente están enterradas en el ruido. EST supondrá un avance sin precedente en nuestra comprensión del Sol.

Oficina de Proyecto

España se ha comprometido a apoyar el proyecto con el 25% del coste de un presupuesto total de 200 millones de euros y su Oficina de Proyecto se ha establecido en la nueva sede de IACTec en La Laguna, Tenerife. Este equipo trabajará en estrecha colaboración con los socios del consorcio europeo para definir el mejor estudio detallado posible para EST. Desde el punto de vista estratégico, la principal dificultad del proyecto es consolidar a nivel político las diferentes contribuciones financieras nacionales. Tras un riguroso análisis, el Consejo de Administración de EST decidió por unanimidad que la figura jurídica más adecuada para el proyecto es un Consorcio Europeo de Infraestructuras de Investigación (ERIC) con sede en España. En consecuencia, el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades de España iniciará el proceso de negociaciones para establecer el ERIC con las autoridades gubernamentales correspondientes de los socios EST.



THE EUROPEAN SOLAR TELESCOPE EST

Working to build the world's best solar telescope
EST is an initiative promoted by the European Association for Solar Telescopes (EAST), an organisation that brings together 24 institutions spread across 18 European countries, and it will be the biggest solar telescope ever built in Europe. With a primary 4-metre mirror, it will triple the capacity of today's largest solar telescopes. This is a key aspect to observe the Sun quickly, before the magnetic structures that populate it change. In addition, EST will detect weak signals that are now simply buried in the noise. EST will be a giant step forward in our understanding of the Sun.

Project Office

Spain has committed to support the project at 25% of the cost of an overall budget of 200 million euros and its Project Office has been established in the new IACTec headquarters in La Laguna, Tenerife. This team will work closely with the European consortium partners to define the best possible detailed study for EST. From a strategic point of view, the main difficulty of the project is to consolidate the different national financial contributions at a political level. After a detailed analysis, the EST Board decided unanimously that the most appropriate legal figure for the project is a European Research Infrastructure

Colaboraciones con la industria

Desde el punto de vista técnico, el gran reto del proyecto es desarrollar un diseño capaz de cumplir con sus objetivos científicos. EST representa un gran desafío tecnológico en áreas críticas como el control térmico, la óptica adaptativa y la instrumentación. Además, es un ejemplo europeo para la Comisión

Europea de fomento de la co-innovación. Dentro de los diferentes proyectos vinculados a EST, las instituciones del consorcio están desarrollando soluciones innovadoras para el telescopio en estrecha colaboración con la industria europea. La construcción de EST ofrece una oportunidad única en términos de desarrollo tecnológico, así como la posibilidad de crear contratos industriales para mejorar la competencia europea en el diseño y fabricación de estructuras mecánicas, elementos ópticos de gran formato, detectores de alta velocidad, instrumentación científica de precisión o sistemas de gestión de datos.

Principales Hitos

- **Diseño Conceptual: 2008-2011**
- **Comienzo de construcción en 2021**
- **El proyecto se completará en 2026**
- **Primera luz prevista para 2027**
- **Comisionado 2027-2030**



Principal Landmarks

- **Conceptual Design: 2008-2011**
- **Construction to begin in 2021**
- **Project to be completed by 2026**
- **First light planned for 2027**
- **Commissioning 2027-2030**

Working with European industry

From the technical point of view, the Project's great challenge is to develop a design capable of delivering its scientific objectives. EST represents an important technological challenge in critical areas such as thermal control, adaptive optics and instrumentation. Moreover, it is a European example for the European Commission for promoting co-innovation. Within the different EST projects, the institutions of the consortium are developing innovative solutions for the telescope in close collaboration with European industry. The construction of EST offers a unique opportunity in terms of technological development, as well as the possibility of creating industrial contracts to improve European competence in the design and manufacture of mechanical structures, large format optical elements, high speed detectors, precision scientific instrumentation or data management systems.

Consortium (ERIC) registered in Spain. Therefore, the Spanish Ministry of Science, Innovation and Universities will initiate the ERIC negotiations' process with the corresponding governmental authorities of the EST partners.

Óptica Adaptativa Multiconjugada

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 un sistema de Óptica Adaptativa Multiconjugada en el diseño de EST desde las primeras fases. Corregirá las distorsiones del frente de onda procedentes de dos capas separadas de la atmósfera. Los socios de EST están llevando a cabo un robusto programa de desarrollo para mejorar la calidad de los espejos deformables de óptica adaptativa multiconjugada y los sensores de frente de onda.

Nuevos instrumentos para espectropolarimetría solar 2D

Las propiedades de los campos magnéticos solares se pueden inferir a partir del análisis de observaciones espectropolarimétricas. Los espectrógrafos de rendija producen las medidas más sensibles, pero son lentos porque se precisa escanear la superficie solar paso a paso para generar mapas en 2D. EST solucionará este problema con etalones sintonizables de gran formato y Unidades de Campo Integral (Integral Field Units) basadas en divisores de imagen multirendija (multi-slit image slicers) o arreglos de microlentes (microlens arrays). Los socios de EST están desarrollando actualmente varios prototipos.



Multi-Conjugate Adaptive Optics (MCAO)

Thermal variations on small scales create turbulence in the Earth's atmosphere and degrade the image quality. To minimise this problem, a MCAO system has been embedded in the EST design from the outset. It will correct the wavefront distortions arising from two separated layers of the atmosphere. The partners are carrying out a vigorous development program to improve the performance of MCAO deformable mirrors and wavefront sensors.

New instruments for 2D solar spectro-polarimetry

The properties of solar magnetic fields can be inferred through the analysis of spectropolarimetric observations. Slit spectrographs produce the most sensitive measurements, but they are slow because the solar surface needs to be scanned step-by-step to create 2D maps. EST will overcome this problem with innovative tuneable etalons and Integral Field Units. These will be based on multi-slit image slicers or microlens arrays and the partners are currently developing the Prototypes.

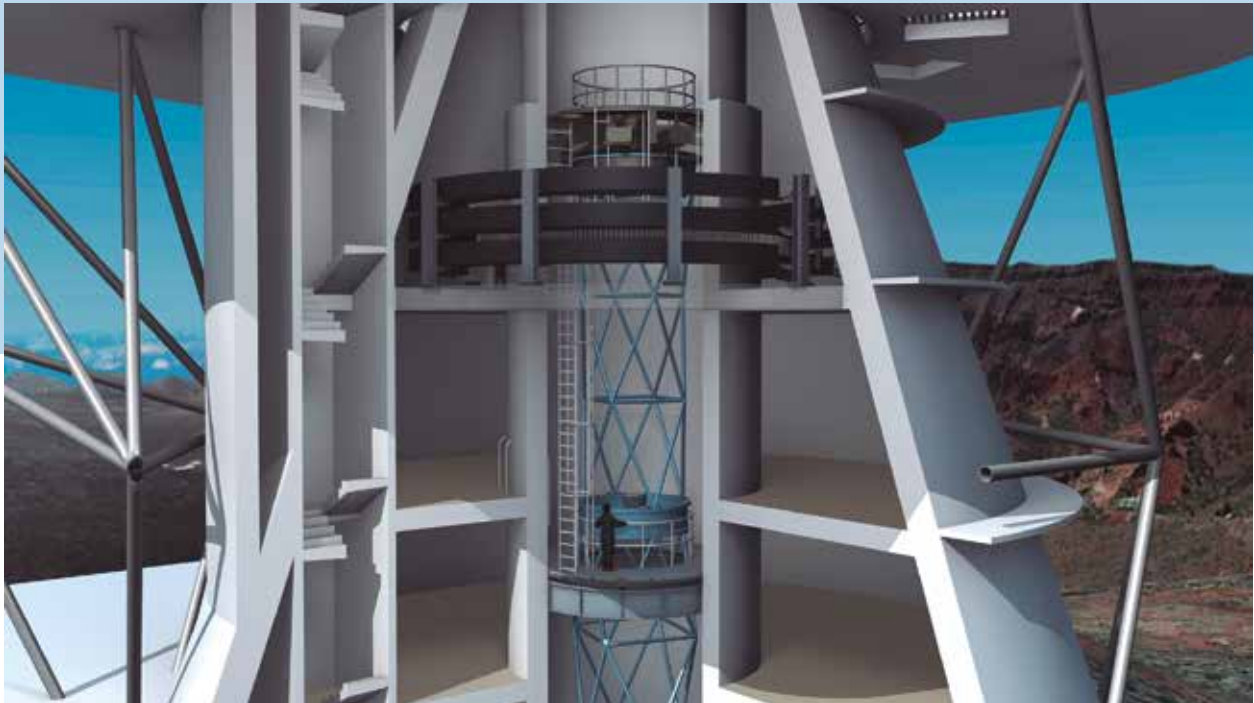
Un telescopio para combatir la fuga de cerebros en Europa

Con EST, Europa estará a la vanguardia de la investigación solar a nivel mundial y podrá formar y atraer a los mejores talentos. El Telescopio Solar

Europeo es, de hecho, el futuro de la comunidad solar europea. Sin él, la experiencia y conocimiento acumulados en Europa durante siglos podría perderse, al igual que se perdería el liderazgo del que disfrutamos actualmente.

EST Objetivos de la ciencia - investigar preguntas como:

- ***la estructura y evolución de los campos magnéticos solares, incluidas las manchas solares;***
- ***la aparición de campos magnéticos a través de la superficie solar;***
- ***la dinámica y el calentamiento de la cromosfera;***
- ***los mecanismos que generan las erupciones solares;***
- ***el acoplamiento magnético de la atmósfera solar***



EST Science goals - investigate questions such as:

- ***the structure and evolution of solar magnetic fields, including sunspots;***
- ***the emergence of magnetic fields through the solar surface;***
- ***the dynamics and heating of the chromosphere;***
- ***the trigger mechanism of flares;***
- ***the magnetic coupling of the solar atmosphere***

A telescope to fight brain drain in Europe

With EST, Europe will be at the forefront of global solar research and will be able to train and attract the best talent. The European Solar Telescope is indeed

the future of the European solar community. Without it, the experience and knowledge accumulated in Europe over centuries could be lost, just as the leadership we enjoy today would be lost.

OSCILACIONES DE PROMINENCIAS SOLARES

GONG

Las prominencias solares son gigantes estructuras frías y densas suspendidas en una atmosfera solar caliente y tenue. Estas aparecen como filamentos oscuros que pueblan el disco solar (ver Figura). Las prominencias son relevantes ya que son el origen de las erupciones solares. El campo magnético soporta las prominencias contra la presión de la gravedad y las aísla térmicamente de su entorno, pero también acumula la energía que podría ser liberada en una posible erupción.

La naturaleza de las prominencias es poco conocida. Se ha visto que las oscilaciones arrojan mucha información de su estructura que es difícil o imposible de obtener por otros medios. Mediante el filtro H α de la red de telescopios GONG (uno de ellos emplazado en el Observatorio Teide) se han detectado una gran cantidad oscilaciones en prominencias. Se ha demostrado que estos fenómenos son muy frecuentes y que además en casi la mitad de ocasiones son oscilaciones muy energéticas con velocidades supersónicas que exceden los 10 km/s. En muchas ocasiones las oscilaciones son ocasionadas por fenómenos energéticos cercanos como las fulguraciones.

Con los datos recogidos se ha realizado un estudio estadístico de las propiedades de las oscilaciones. En él se ha visto que las oscilaciones tienen un periodo de aproximadamente una hora. Estos periodos son propios de las protuberancias y revelan propiedades fundamentales de su estructura magnética y la distribución de su masa. Además, las oscilaciones muestran un gran amortiguamiento y la vibración se reduce considerablemente tras pocos ciclos de oscilación. Se desconoce por qué la mayor parte de las protuberancias oscilan con un periodo de una hora o por qué se amortigua su movimiento tan rápidamente.

Aproximadamente la mitad de la gran cantidad oscilaciones en prominencias que se han detectado son muy energéticas - con velocidades supersónicas que exceden los 10 km/s y con duración de solo una hora.

OSCILLATIONS IN SOLAR PROMINENCES

GONG

Solar prominences are giant cold and dense structures suspended in a hot and rare solar atmosphere. They appear as dark filaments on the solar disk (see Figure), and they constitute the source of solar eruptions. The Sun's magnetic field supports these prominences against gravity and insulates them thermally from the surrounding environment, in parallel accumulating energy, which may later be released in the form of an eruption.

Little is known about why solar prominences form. Their oscillations provide much information about their structure, which is difficult if not impossible to obtain via other means. The H α filter in the GONG telescope network (one of which is installed at the Teide Observatory) has detected a large number of oscillations in solar prominences. Those studying these phenomena have shown that they are very frequent events, almost half of which are highly energetic oscillations with supersonic speeds exceeding 10 km/s. The oscillations are caused in many cases by nearby energetic events, such as solar flares.

Approximately half of the large number of oscillations in solar prominences detected are highly energetic with supersonic speeds exceeding 10 km/s. But, why do the oscillations of most Solar prominences last an hour?

The data have informed statistical research into the properties of these oscillations, which has revealed that they have a period of approximately one hour. Said periods are characteristic of these prominences and reveal fundamental aspects of their magnetic structure and about how their mass is distributed. The oscillations are also highly damped, i.e. the vibration reduces considerably after a few cycles. What remains unknown, however, is why most prominences have a period of one hour, and why they are damped so quickly.

Este estudio abre una nueva ventana a la investigación de la estructura de las protuberancias solares y a los mecanismos que eventualmente las desestabilizan produciendo su erupción. En el futuro, se pretende ampliar este análisis a todo un ciclo solar de 11 años

para entender la evolución de estas estructuras a lo largo del ciclo usando los datos de GONG. Para conseguirlo se tendrán que aplicar técnicas de inteligencia artificial y de procesado de gran cantidad de datos.

Figura: Imagen en H α de GONG donde se pueden ver una gran cantidad de prominencias solares como filamentos oscuros. El recuadro muestra la oscilación de la prominencia central indicada con la flecha. Se ve que la velocidad inicial de la oscilación está por encima de los 20km/s.

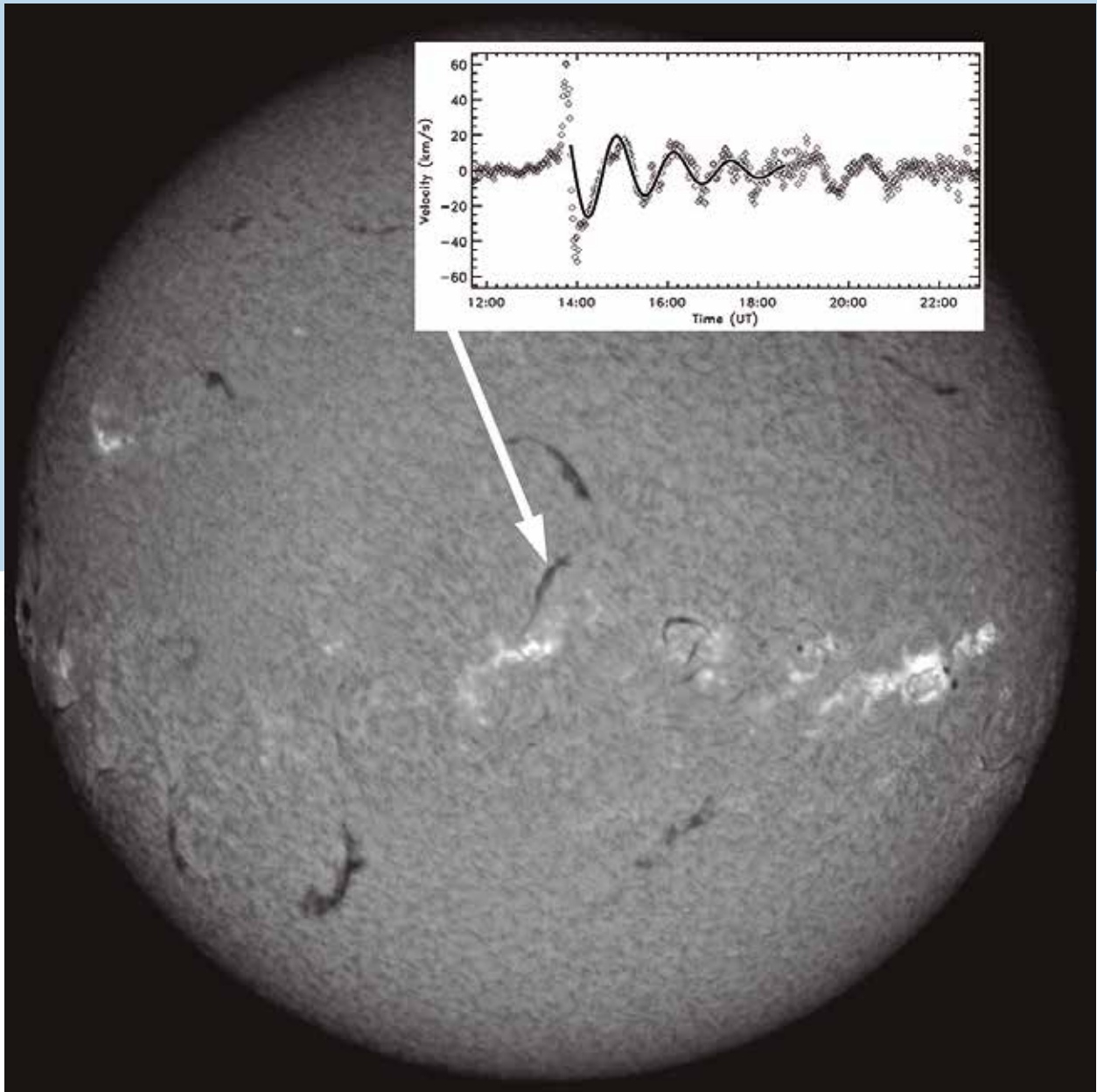
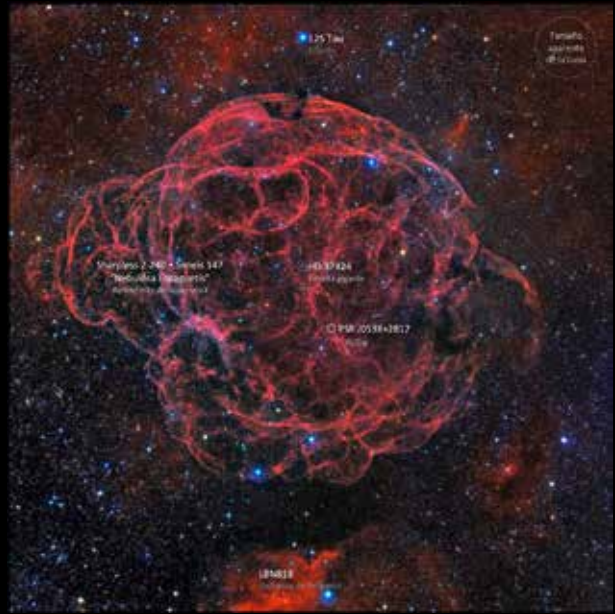


Figure: Image from the GONG H α filter showing a large number of solar prominences, viewed as dark filaments on the solar disk. The graph displays the oscillation of the central prominence (see arrow). The initial speed of its oscillation exceeds 20 km/s.

This study opens up a new research window into the structure of solar prominences and the mechanisms that eventually destabilise them and cause them to erupt. It is hoped to broaden the scope of this analysis to enable the study of an entire eleven-

year solar cycle using GONG data, with a view to better understanding how these structures evolve throughout the cycle. This will require the use of artificial intelligence and big data processing techniques.





ASTRONOMÍA NOCTURNA

NIGHT-TIME ASTROPHYSICS



LA DISTANCIA HASTA EL OBJETO BL LAC TX 0506+056

GTC

El año 2017 será recordado en astrofísica por dos eventos significativos: la primera detección de ondas gravitacionales, y la primera detección de neutrinos de alta energía procedentes de fuentes extragalácticas. Habían nacido por tanto dos nuevas ramas de la astronomía y ahora se habla de astronomía multi-mensajero, indicando que se han añadido dos fuentes adicionales de información diferentes a la propia luz para estudiar el Universo.

En 2018, el GTC añadió una importante contribución en este campo, gracias a la realización de observaciones espectroscópicas de la primera fuente de neutrinos conocida, que permitieron medir su distancia. La fuente, llamada TXS 0506+056, está clasificada como BL Lac, o sea, es uno de los núcleos de galaxias activos (AGN) con las propiedades más extremas y es capaz, entre otras cosas, de emitir rayos gamma y, como sabemos ahora, también neutrinos de altísimas energías.

Todos los intentos de medir la distancia hasta esta fuente habían fracasado debido a la extrema debilidad de la señal. Por esta razón, se apuntó hacia esta fuente con el GTC. Gracias a la enorme área colectora del telescopio, y solo después de varias horas de integración, los astrofísicos pudieron identificar en el espectro de TXS 0506+056 las líneas de emisión típicas del gas ionizado de su galaxia huésped, determinando de esta manera una distancia correspondiente a un desplazamiento al rojo de $z=0.336$.

Avances notables durante 2017 y 2018 en astronomía multi-mensajero

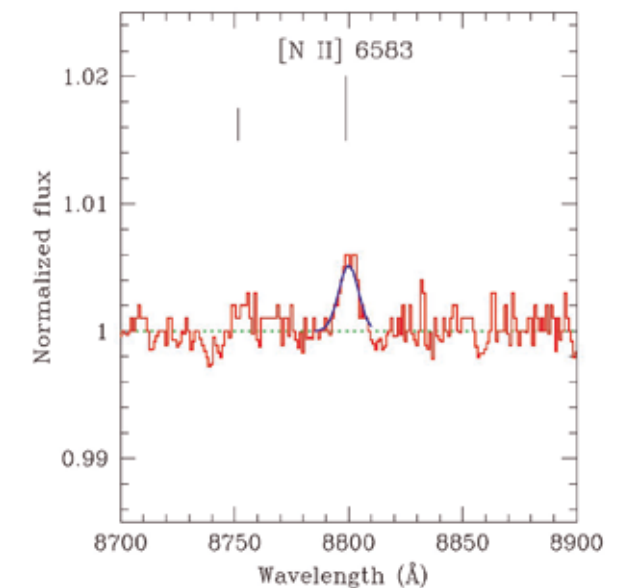
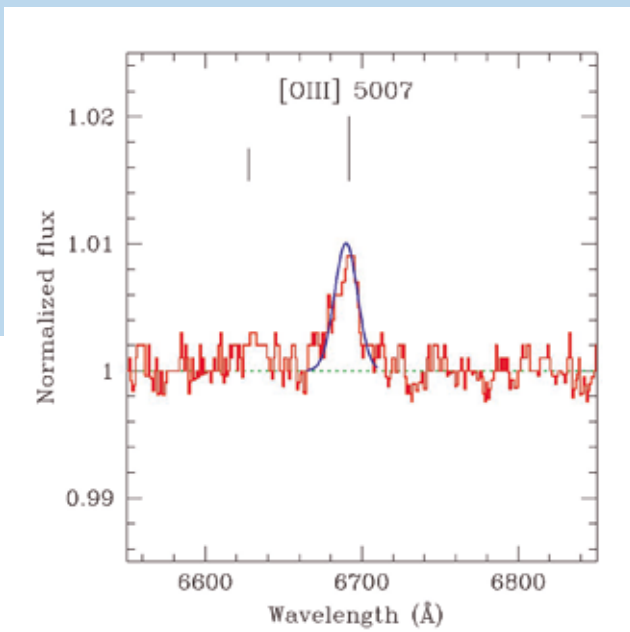
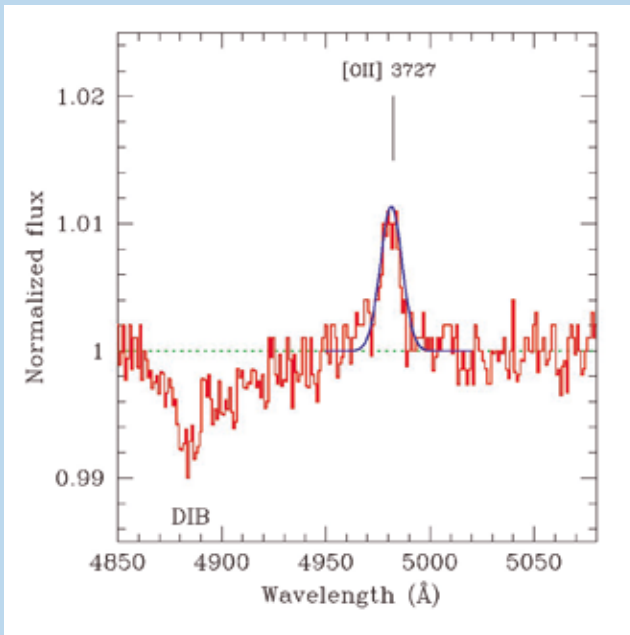
THE REDSHIFT OF THE BL LAC OBJECT TXS 0506+056

GTC

In astrophysics, the year 2017 will be remembered for two milestone events: the first detection of gravitational waves, and the first detection of high-energy neutrinos from extragalactic sources. Two new branches of astrophysics were born and we now talk about multi-messenger astronomy, meaning that two additional channels of information other than light are now available for the study of the Universe. In 2018, GTC made an important contribution to this by means of deep spectroscopic observations of the first ever detected neutrino emitting source. The source, called TXS 0506+056, is classified as a BL Lac object, which is one of the most active types of AGN, capable of emitting, among other things, gamma rays and very high energy neutrinos, as we now know.

Notable advances during 2017 & 2018 in multi-messenger astronomy

The GTC observations allowed the determination of the redshift, and therefore the distance, of the BL Lac. All previous attempts to measure its distance failed because the optical signal was too faint. Therefore, it was decided to aim GTC toward this source. Taking advantage of the large GTC light collecting area, and after several hours of observation, researchers managed to detect in the spectrum of TXS 0506+056 the features typical of the emission by ionized gas in its host galaxy, and thereby determine its redshift of $z=0.336$.



Lineas de emission identificadas en el espectra de TXS 0506+056, con un desplazamiento al rojo de 0.336, que corresponde a una distancia de 6000 millones de años luz. Su detección requirió un total de 14 horas de integración con OSIRIS en el GTC.

Emission lines identified in the spectrum of TXS 0506+056, the corresponding redshift is 0.336, equivalent to a distance of 6 billion light years. Their detection required a total of 14 hours of integration with OSIRIS at the GTC.

PRIMERA DETECCIÓN DE METALES ALCALINOS EN LA ATMÓSFERA DE UN EXOPLANETA

GTC

El planeta extrasolar WASP-127b es uno de los exoplanetas menos densos que se haya encontrado hasta la fecha. Tiene un radio 1,4 veces mayor que el de Júpiter, pero solo el 20 % de su masa. No hay un planeta análogo en el sistema solar y es raro incluso dentro de la diversidad de los exoplanetas. Completa la órbita alrededor de su estrella en tan solo un poco más de cuatro días y la temperatura de su superficie ronda los 1400 K (1127 °C).

Las observaciones espectroscópicas de WASP-127b realizadas con OSIRIS en el GTC revelaron la presencia de una elevada concentración de metales alcalinos en su atmósfera que permitió detectar simultáneamente sodio, potasio y litio por primera vez en un exoplaneta. Se trata de una información muy valiosa a la hora de conocer la historia evolutiva del sistema planetario y que podría arrojar luz sobre el mecanismo de formación de planetas. Las absorciones de sodio y potasio son muy anchas, lo que genera una forma característica en atmósferas relativamente claras, y la comparación con modelos indica que los cielos de WASP-127b están libres de nubes en un 50 %.

El descubrimiento fue posible gracias al uso de una sofisticada técnica para las observaciones de los tránsitos del planeta a diferentes longitudes de onda. Ésta implica aprovechar el hecho de que la atmósfera del exoplaneta cambia su transparencia en función de su composición química, lo que a su vez produce

La combinación de OSIRIS y GTC es perfecta para detectar señales muy débiles durante los tránsitos. Eso permite caracterizar la atmósfera del exoplaneta tan bien como puede hacerse desde el espacio.

FIRST DETECTION OF MULTIPLE ALKALI METALS IN AN EXOPLANET ATMOSPHERE

GTC

The extrasolar planet WASP-127b is one of the least dense exoplanets ever found. It has a radius 1.4 times larger than Jupiter, but only 20% of its mass. Such a planet has no analogue in the solar system and is rare even within the exoplanet diversity. It takes just over four days to complete an orbit around its parent star and its surface temperature is around 1400 K (1127 °C).

WASP-127b spectroscopical observations conducted with OSIRIS at the GTC revealed the presence of a large concentration of alkali metals in its atmosphere, allowing simultaneous detections of sodium, potassium and lithium, for the first time in an exoplanet, a very valuable information to understand the evolutionary history of the planetary system that could shed light on the mechanisms of planet formation. Sodium and potassium absorptions

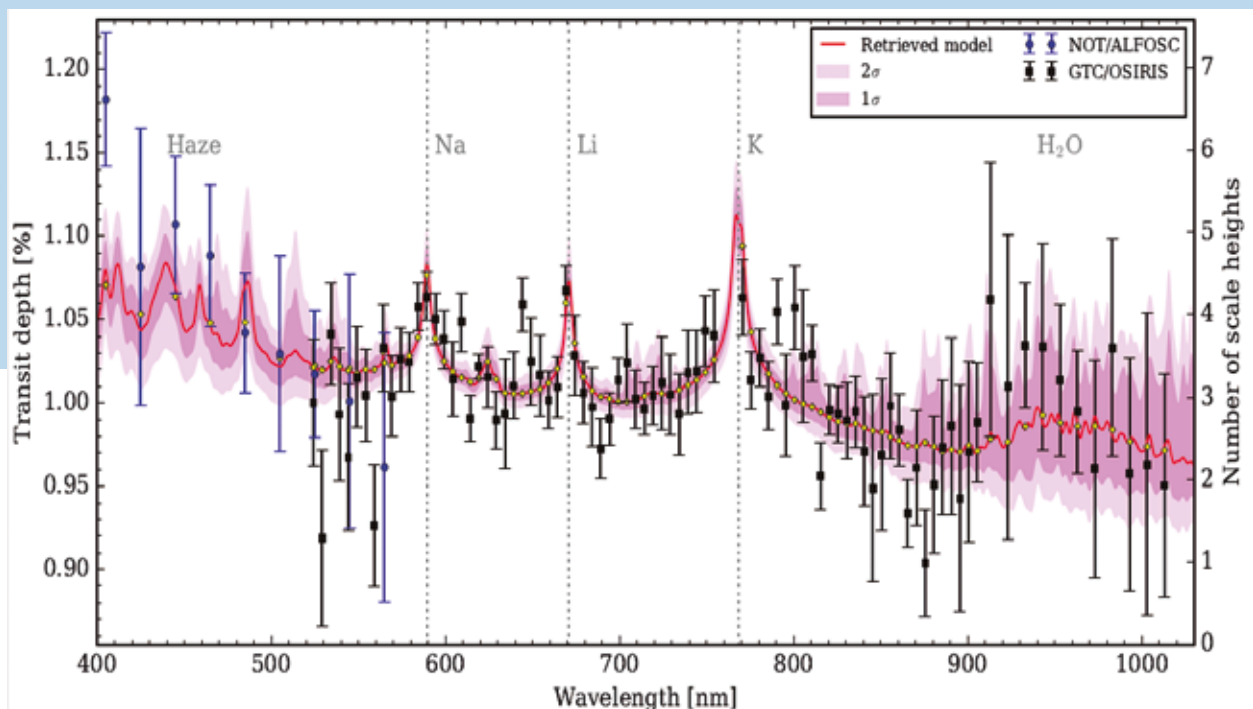
The combination of OSIRIS and GTC is perfect for detecting very small signatures during the transits. Therefore, the exoplanet atmosphere can be characterized as well as is possible from space.

are very broad, which is a characteristic shape in relatively clear atmospheres, and model fits indicate that the skies of WASP-127b are approximately 50% clear.

The discovery was made possible due to a sophisticated technique for the observation of the transits of the planet at different wavelengths. This involves taking advantage of the fact that

un cambio en la longitud de onda de la cantidad de luz estelar que bloquea el exoplaneta. La combinación de un instrumento muy bien caracterizado como OSIRIS y la gran área de colección del telescopio han convertido al GTC en un referente mundial del estudio de atmósferas exoplanetarias.

Espectro «invertido» del exoplaneta WASP-127b, obtenido tras analizar la profundidad de la ocultación de la estrella en función de la longitud de onda. Puede verse claramente la absorción (representada aquí como «picos») causada por sodio, litio, potasio y, probablemente, agua.



“Inverted” spectrum of exoplanet WASP-127b as obtained by analysing the depth of the star’s occultation as a function of wavelength. The absorption (seen here as “peaks”) caused by sodium, lithium, potassium, and possibly water are visible.

the atmosphere of the exoplanet changes its transparency depending on its chemical composition, which in turn produces a change with wavelength of the amount of stellar light that is blocked by the exoplanet. The combination of a very well characterized instrument such as OSIRIS, and the large collecting area provided by the telescope, have made the GTC a world reference in the study of exoplanet atmospheres.

GTC

HORuS Y EMIR

Se ha completado la puesta a punto del instrumento HORuS (espectrógrafo ultraestable de alta resolución óptica). HORuS es un espectrógrafo de alta resolución en el GTC basado en componentes del UES (espectrógrafo Echelle Utrecht), que estuvo en uso en el WHT de 1992 a 2001. Gracias a HORuS, el telescopio puede obtener espectros de resolución moderadamente alta ($R=25000$) de fuentes puntuales, con una amplia cobertura espectral (aproximadamente 380-690 nm). HORuS capta luz en el plano focal de la Nasmyth B, compartido con OSIRIS, usando una unidad de campo integral de 3x3 microlentes (cubriendo un campo de visión de $2,3 \times 2,3$ segundos de arco) y las transmite a fibras ópticas que forman una pseudorendija en la entrada del espectrógrafo.

Figura 1: Vista del haz de luz en HORuS sin la cubierta protectora.



Figure 1: View of the light path of HORuS without the protective cover.

GTC

HORuS & EMIR

The commissioning of the HORuS instrument (High Optical Resolution Ultra-stable Spectrograph) has been completed. HORuS is a high-resolution spectrograph on GTC based on components from UES (Utrecht Echelle Spectrograph), which was in use at the WHT between 1992 and 2001. Thanks to HORuS the Telescope can obtain moderately high-resolution spectra ($R=25000$) for point sources, with broad spectral coverage (approximately 380-690nm). HORuS collects light at the Nasmyth B focal plane,

El IAC fue el encargado de construir HORuS como un instrumento visitante. Se instaló inicialmente en el GTC en verano de 2015 y la puesta a punto tuvo lugar en 2017-2018. Estará disponible para la comunidad de usuarios del mismo a partir de septiembre de 2019.

En mayo se llevó a cabo la puesta a punto del modo de espectroscopia multiobjeto de EMIR, la cámara de gran campo y espectrógrafo de media resolución en el infrarrojo cercano ($0.9 - 2.5 \mu\text{m}$) instalado en la estación focal Nasmyth-A. Este modo de observación estará disponible para la comunidad de usuarios del GTC a partir de marzo de 2019. Es la funcionalidad más potente de EMIR,

Figura 2: Imágenes de HORuS mostrando un espectro de la lámpara de ThAr (izquierda) y un espectro de la estrella de baja metalicidad HD 140283 ($V=7.2$, derecha). El detector se leyó usando 4 canales, lo que deja una marca distintiva (al nivel de unos pocos electrones) entre los cuadrantes.

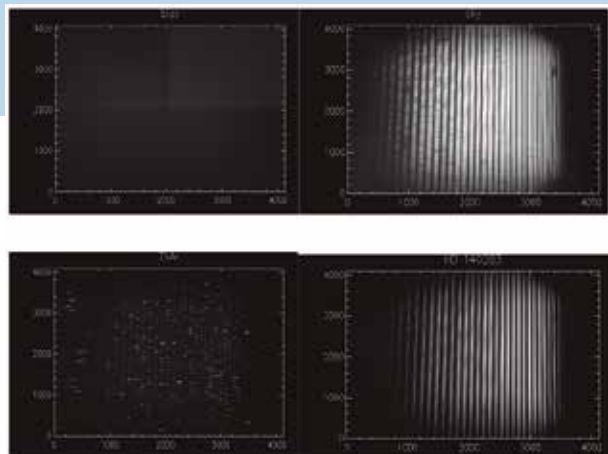


Figure 2: Images showing a ThAr lamp spectrum (left) and a spectrum of the metal-poor star HD 140283 ($V=7.2$, right). The detector was read using 4 channels, which leaves a distinct signature (at the level of a few electrons) among the quadrants.

which is shared with OSIRIS, using a 3x3 integral-field unit with microlenses (covering a 2.3×2.3 arcsec Field Of View), which is passed into optical fibres forming a pseudo-slit at the spectrograph entrance.

The IAC was responsible for building HORuS as a Visitor Instrument, initially installed at GTC during the summer of 2015, and then commissioned during 2017-2018. It will be offered to the GTC user's community from September 2019.

y aprovecha el elemento central del instrumento, la unidad de rendijas configurable (CSU, por sus siglas en inglés). La CSU permite configurar a tiempo real hasta 55 rendijas a lo largo del campo de visión espectroscópico de 4' x 6,67' en un entorno criogénico. La inclusión de este modo ha ampliado la capacidad espectroscópica multiplexada en el GTC hasta el infrarrojo cercano, añadiéndose a las ya existentes en el rango óptico (OSIRIS y MEGARA).

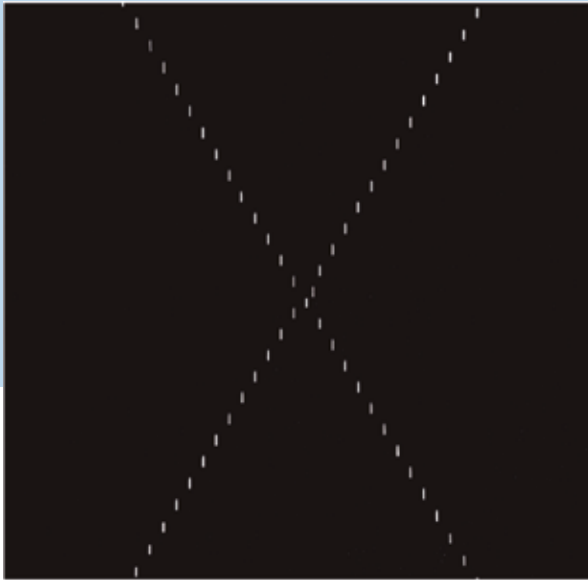
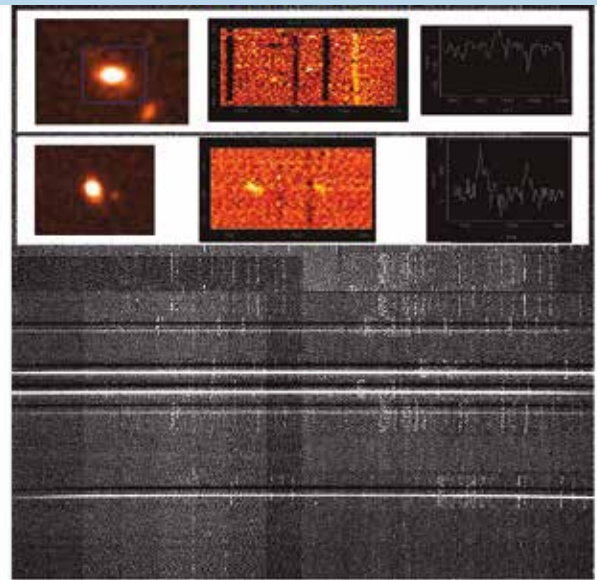


Figura 3: Izquierda: Configuración en forma de X de las 55 ranuras de la CSU de EMIR cubriendo una gran área del campo de visión del instrumento. Derecha: ejemplos de espectros obtenidos con el modo de espectroscopía multiobjeto de EMIR (abajo, derecha) y una vista detallada de algunos espectros extraídos de objetos de magnitud J=22 después de 3 h de tiempo integración, que muestran algunas líneas de emisión débiles con alto desplazamiento al rojo (arriba, derecha)



In May the Multi-Object Spectroscopy mode of EMIR, -the Near Infrared (0.9 - 2.5 μm) wide-field imager and medium-resolution spectrograph installed at the Naysmith-A focal station- was commissioned. This mode will be offered to the GTC user's community from March, 2019. It constitutes the most powerful capability of EMIR, making use of the centrepiece of the instrument, the Configurable Slit Unit (CSU). With the CSU it is possible to configure in real time up to 55 slits over the 4' x 6.67' spectroscopic field of view in a cryogenic environment. With the inclusion of this mode, the multiplexed spectroscopic capacity has been extended to the near-infrared, in addition to the already existing capabilities in the optical range (OSIRIS and MEGARA).

Figure 3: Left: X-shaped configuration of the 55 slits of the CSU in EMIR, covering a large area of the field of view (FOV) of the instrument. Right: example of spectra taken with EMIR MOS (bottom right), and a detailed view of some extracted spectra of J=22 magnitude targets after 3 h of integration time, showing some faint high-z emission lines (upper right).

ECLIPSE LUNAR TOTAL Y ESPECTROS DE METEOROS

AMOS

Las cámaras del AMOS han seguido monitorizando con regularidad la actividad meteórica sobre los observatorios del Teide y el Roque de los Muchachos. Los resultados preliminares se presentaron en la Conferencia Internacional de Meteoros de 2018 en Pezinok-Modra, Eslovaquia. Se han registrado miles de meteoros, pendientes de procesamiento posterior, así como algunos eventos brillantes que se observaron simultáneamente con cámaras espectrales para meteoros. Además, las cámaras del

AMOS han observado los últimos eclipses lunares totales. El ejemplo de la Figura 1 está compuesto a partir de imágenes individuales de grabaciones de vídeo de meteoros durante el periodo del eclipse. El brillo del cielo de fondo fue considerablemente inferior durante el eclipse, lo que ha proporcionado condiciones para comprobar la eficiencia de la detección del sistema óptico del AMOS con respecto al cielo de fondo y a la iluminación de la luz lunar directa.

Las cámaras del AMOS han grabado miles de eventos de meteoros

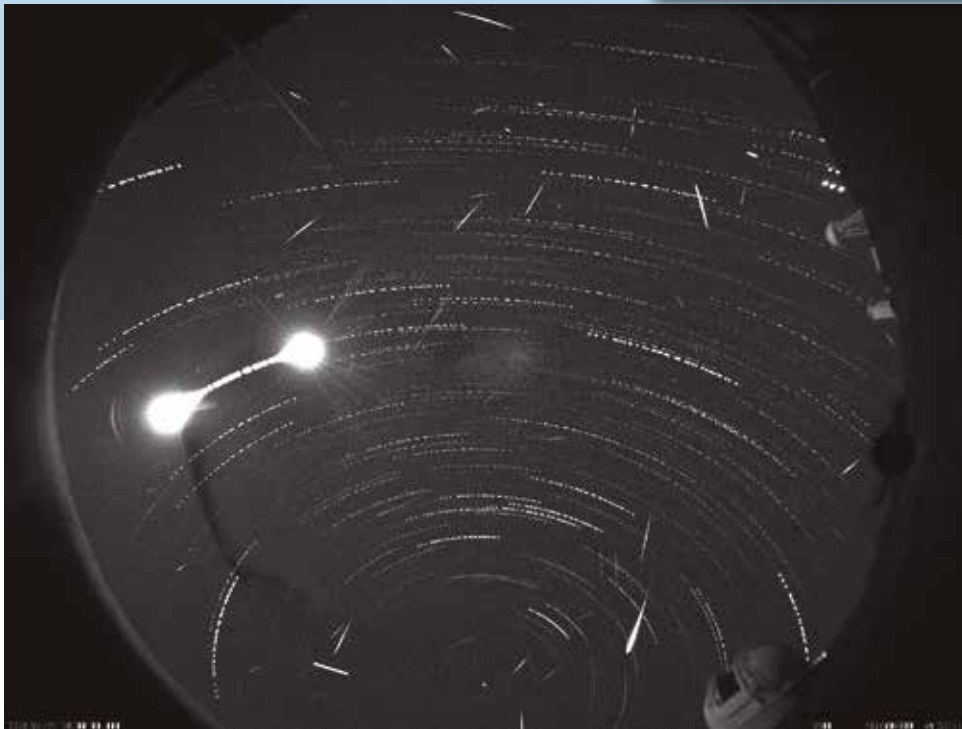


Figura 1: Ejemplo de un eclipse lunar total observado por AMOS desde el ORM

Figure 1: Example of a total lunar eclipse observed by AMOS from the ORM.

LUNAR TOTAL ECLIPSE & METEOR SPECTRA

AMOS

AMOS cameras have continued to monitor meteor activity regularly over the Teide and Roque de los Muchachos Observatories. The preliminary results were presented at the International Meteor Conference 2018 in Pezinok-Modra, Slovakia. Several thousands of meteors have been recorded, which are waiting for post processing, as well as some bright events, which were simultaneously observed by meteor spectral camera. Besides that,

The AMOS cameras have recorded thousands of meteor events.

the AMOS cameras have observed the recent total lunar eclipses (see example in Fig. 1), which is composed of individual composite images of meteor video records during the period of the eclipse. The sky background was substantially lower during the eclipse, which has provided a testing condition for detection efficiency versus sky background and direct Moon light illumination of the AMOS optical system.

Las cámaras espectrográficas del AMOS captaron los espectros de meteoros brillantes sobre las Islas Canarias. En total, a lo largo del año se observaron 78 espectros de meteoros (55 desde la estación del Teide y 23 desde el Roque de los Muchachos). La Figura 2 muestra una selección de las bolas de fuego más brillantes capturadas por las cámaras espectrográficas del AMOS. Entre ellos se incluye la posible caída de meteorito sobre Tenerife observada el 20 de septiembre.

Todos los espectros observados están siendo procesados para caracterizar su clasificación espectral. Eso nos permite estudiar las variaciones y la abundancia de materiales en los meteoroides. La mayoría de los eventos espectrales detectados han sido observados simultáneamente por los dos sistemas estándar AMOS, lo que permite su triangulación y análisis dinámico. Se está siguiendo este procedimiento para mapear la distribución de material meteoróide procedente de varias fuentes en el sistema solar.

Figura 2: Espectros de bolas de fuego capturados por el sistema espectrográfico del AMOS desde los observatorios de Canarias



Figure 2: Selected fireball spectra captured by the AMOS-Spec system from the Canarian Observatories.

Spectra of bright meteors above the Canary Islands were observed by the AMOS-Spec cameras. Overall, 78 meteor spectra (55 from the Teide station and 23 from Roque de los Muchachos) were observed during the year. A selection of the brightest fireballs captured by the AMOS-Spec can be seen in Figure 2. This includes the potential event of a meteorite dropping above Tenerife that was observed on September 20th.

All the observed spectra are being processed to characterize their spectral classification. This enables us to study variations and abundances of meteoroid materials. Most of the detected spectral events have been simultaneously observed by the two standard AMOS systems, allowing for triangulation and dynamical analysis. This is being done so as to map the meteoroid material distribution from various sources in the Solar System.

LA FUENTE DE IONIZACIÓN DE LA REGIÓN HII BIPOLAR S106

CST

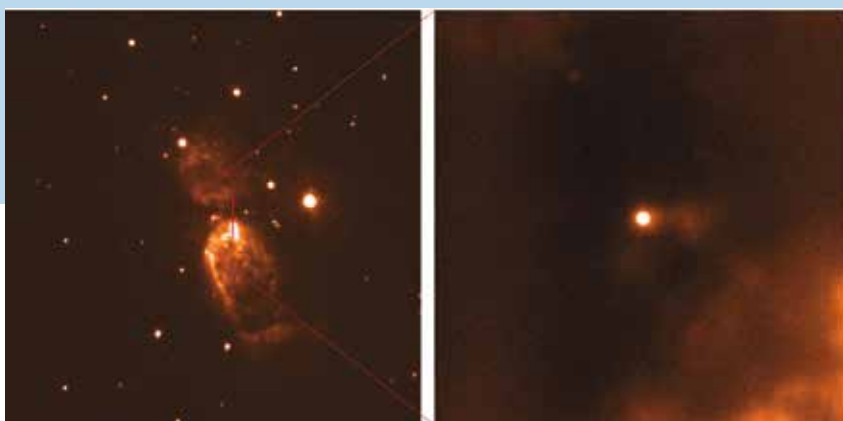
Situada a una distancia de 5200 años luz, S106 es el ejemplo más cercano de nebulosa bipolar que se genera cuando la intensa radiación ultravioleta de una estrella masiva recién nacida empieza a disociar e ionizar el gas que la rodea. Debido a que todavía está inmersa en la mayor parte del gas y polvo que la originaron, representa un lugar ideal para el estudio de las condiciones en las que se forman las estrellas masivas y cómo interactúan con el medio circundante en sus primeras fases.

Observaciones llevadas a cabo en el infrarrojo lejano con mayores y mejores sensibilidad y resolución angular han revelado características complejas en S106 y flujos filamentosos de gas a gran escala que parecen alimentar la acreción sobre el área central cercana a la estrella S106IR (Figura 1). No obstante, a pesar de su importancia fundamental

en lo que respecta a nuestro conocimiento de esta región, sabemos muy poco acerca de esta estrella, ya que en longitudes de onda visibles queda muy oscurecida por el polvo que tiene delante mientras que en infrarrojo la señal queda minimizada en comparación con la emisión del polvo candente que se encuentra en su entorno inmediato.

La mayoría de las estrellas masivas nacen en sistemas binarios, pero hasta ahora no se sabía si ese también era el caso de S106IR. Ahora que las nuevas observaciones se están centrando en su entorno inmediato, hay que tener en cuenta la posible binariedad de S106IR a la hora de interpretar los estados finales de los flujos de gas que acretan sobre ella, su influencia en su material circunestelar y en el conjunto de la nebulosa. Estas fueron las

Figura 1: Una imagen en banda Z de S106 obtenida con CAMELOT en el telescopio IAC80. La estrella central, S106IR, se vuelve visible en estas longitudes de onda rojas. El recuadro muestra el entorno inmediato de la estrella, en una imagen en las mismas longitudes de onda obtenida con AstraLux en el telescopio de 2,2 m de Calar Alto.



THE IONIZING SOURCE OF THE BIPOLAR HII REGION S106

CST

At a distance of 5,200 light-years, S106 is the nearest example of a bipolar nebula caused when the intense ultraviolet radiation of a newly born massive star begins dissociating and ionizing the gas around it. Because it is still embedded in much of its parental gas and dust, it is a case study of the conditions in which massive stars form and how they interact with their surrounding medium in their earliest stages.

Far infrared observations at increasing sensitivity and angular resolution have revealed complex features in S106 and large-scale filamentary flows of gas that seem to feed accretion on the central area close to the star S106IR (Figure 1). However, despite its fundamental importance in our understanding of the region, little is known about this star because

Figure 1: A z-band image of S106 obtained with CAMELOT at the IAC80 telescope. At such red wavelengths the central star, S106IR, becomes visible. The inset shows the immediate surroundings of the star, in an image at the same wavelength obtained with AstraLux at the Calar Alto 2.2m telescope.

it is highly obscured by foreground dust at visible wavelengths and is overwhelmed by hot glowing dust in its immediate surroundings in the infrared.

Most massive stars are born as binary systems, but until now it was not known if this was also the case of S106IR. As new observations are closing in on its nearest environment, the possible binarity of S106IR must be considered when interpreting the final stages of the gas flows accreting onto it, its influence on its circumstellar material, and on the nebula at large. With this in mind, an investigation was undertaken to look for photometric evidence of binarity, as S106IR

consideraciones con las que se llevó a cabo una investigación para buscar pruebas fotométricas de la posibilidad de que el sistema fuese binario, ya que S106IR está demasiado lejos como para poder captar directamente la imagen de una compañera cercana.

Dos semanas de monitorización nocturna con el TCS en la banda J del infrarrojo cercano revelaron las huellas distintivas de una compañera masiva. La curva de luz (Figura 2) muestra una periodicidad clara de 5,0 días, y su pausado aumento de brillo, seguido de una abrupta caída, indican una órbita elíptica. La variación de brillo encaja si asumimos que la estrella primaria sufre una deformación gravitatoria a causa de su compañera, que orbita en un plano observado casi de canto desde nuestro punto de vista. La gran distorsión gravitatoria y el corto periodo orbital indican que la distancia entre ambas estrellas es pequeña; calculamos que es ligeramente inferior al 20 % de la distancia entre la Tierra y el Sol.

Por tanto, el TCS ha revelado la naturaleza binaria y varias propiedades fundamentales de la esquiwa S106IR. Este hallazgo tiene consecuencias importantes para la interpretación de datos recientes obtenidos con el observatorio aéreo SOFIA. Se espera que las observaciones llevadas a cabo con el interferómetro NOEMA de ondas milimétricas en Plateau de Bure permitan desentrañar el patrón de flujo alrededor de S106IR y, tal vez, descubrir futuras ubicaciones de formación estelar.

Figura 2: La curva de luz de la banda J (1,25 micrones) de S106IR obtenida a partir de dos semanas de observaciones nocturnas con CAIN en el TCS. Se puede apreciar claramente la variabilidad periódica. La línea continua muestra el mejor ajuste a las observaciones obtenido considerando dos estrellas de distinta masa con una separación media de 0,17 AU, en una órbita de excentricidad de 0,2 vista casi de canto, cuya mutua gravedad las distorsiona y causa la variación observada en su brillo conjunto.

Se ha revelado la naturaleza binaria y varias propiedades fundamentales de la esquiwa S106IR

The binarity, and several fundamental properties of the elusive S106IR, have been revealed

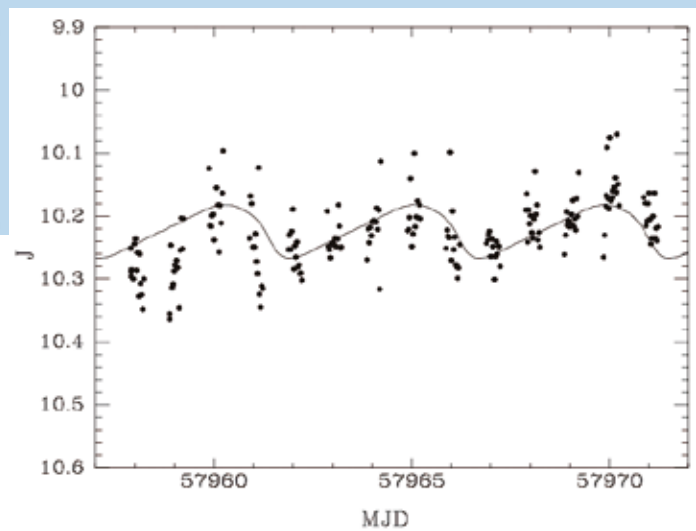


Figure 2: The J-band (1.25 microns) light curve of S106IR resulting from two weeks of nightly observations with CAIN at the CST. The periodic variability is clearly seen. The solid line shows the best fit to the observations obtained with two stars of unequal mass with an average separation of 0.17 AU, on an orbit of eccentricity 0.2 seen almost edge-on, whose mutual gravity distorts them and causes the observed variation of their combined brightness.

is too distant for a close companion to be directly imaged.

Two weeks of nightly monitoring with the CST in the near-infrared J band revealed the telltale signature of a massive companion. The light curve (Figure 2) shows a clear periodicity of 5.0 days, and its slow rise in brightness followed by a sharp drop indicates an elliptical orbit. The brightness variation can be fitted by assuming that the primary star is tidally distorted by the companion, orbiting in a plane seen close to edge-on from our vantage point. The strong tidal distortion and the short orbital period indicate a small distance between both stars, which we estimate at slightly less than 20% of the Earth-Sun distance.

CST has thus revealed the binarity and several fundamental properties of the elusive S106IR. This finding had important consequences for the interpretation of recent data obtained with the SOFIA airborne observatory. It is hoped that observations with the millimeter-wave interferometer at Plateau de Bure NOEMA, will make it possible to disentangle the flow pattern around S106IR and possibly reveal future sites of star formation.

UN SUPERREMANENTE DE LA NOVA RECURRENTE M31N 2008-12A

LT

Un equipo internacional ha usado el telescopio Liverpool para descubrir una enorme burbuja que en esos momentos está siendo «inflada» por las erupciones periódicas de un sistema estelar binario dentro de la galaxia de Andrómeda. Tal y como se publicó recientemente en Nature (Darnley et al., 2019, Nature, 565. 460), las observaciones con el telescopio Liverpool y el telescopio espacial Hubble, con el apoyo de espectroscopia con el Gran Telescopio Canarias y el telescopio Hobby-Eberly, descubrieron esta gigantesca nébulosa en forma de caparazón alrededor de la nova recurrente M31N 2008-12a. Con casi 400 años luz de diámetro y todavía en expansión, este caparazón es mucho más grande que el remanente típico de una nova (normalmente, con un tamaño de alrededor de un año luz), e incluso más grande que la mayoría de los remanentes de supernovas.

M31N 2008-12a es una nova recurrente en la que se detecta cada año una erupción termonuclear sobre la superficie de su enana blanca. Se trata del periodo de recurrencia más corto de cualquier nova. Esto implica que la enana blanca está muy cerca de

la masa de Chandrasekhar, y el equipo predice que el sistema explotará como una supernova de tipo Ia dentro de 20 000 años. Las observaciones de la burbuja, unidas a las simulaciones hidrodinámicas de última generación (llevadas a cabo en la Universidad John Moores de Liverpool y la Universidad de Manchester), han revelado que este inmenso caparazón es, en realidad, el resto de no solo una erupción de la nova, sino probablemente de millones de ellas, todas del mismo sistema. Cada erupción de nova eyecta material equivalente a aproximadamente la masa de la Luna en todas las direcciones a una velocidad de unos pocos miles de kilómetros por segundo. Este material eyectado actúa como un quitanieves, amontonando el medio interestelar circundante hasta formar el caparazón observado. Estudiar más a fondo este «superremanente» nos ayudará a entender mejor el aumento de masa de las enanas blancas y su destino final como supernovas.

Las observaciones del telescopio Liverpool revelan una gigantesca burbuja de material inyectado alrededor de la nova recurrente más rápida

A SUPER-REMNANT FROM THE RECURRENT NOVA M31N 2008-12A

LT

An international team have used the Liverpool Telescope to uncover an enormous bubble currently being “blown” by the regular eruptions from a binary star system within the Andromeda Galaxy. As reported recently in Nature (Darnley et al., 2019, Nature, 565. 460), observations with the Liverpool Telescope and Hubble Space Telescope, supported by spectroscopy from the Gran Telescopio Canarias and the Hobby-Eberly Telescope, discovered this enormous shell-like nebula surrounding the recurrent nova M31N 2008-12a. At almost 400 lightyears across and still growing, this shell is far bigger than a typical nova remnant (usually around a lightyear in size) and even larger than most supernova remnants.

M31N 2008-12a is a recurrent nova in which a thermonuclear eruption on the surface of its white dwarf is detected every year: the shortest recurrence time for any nova. The implication is that the white dwarf is very close to the Chandrasekhar mass,

Liverpool Telescope observations reveal a vast bubble of ejecta around the most rapidly recurrent nova

and the team predict that the system will explode as a Type Ia Supernova within 20,000 years. The observations of the bubble, coupled with state-of-the-art hydrodynamic simulations (carried out at Liverpool John Moores University and the University of Manchester) have revealed that the vast shell is in fact the remains of not just one nova eruption but possibly millions, all from the same system. Each nova eruption ejects material equivalent to about the mass of the Moon in all directions at a few thousand kilometres per second. These ejecta act like a snowplough, piling the surrounding interstellar medium up to form the observed shell. Further study of this ‘super remnant’ will contribute to our understanding of white dwarf mass growth and their ultimate fate as supernovae.

Figura: Una imagen compuesta del superremanente de nova a partir de los datos del telescopio Liverpool (abajo, izquierda) y datos del telescopio espacial Hubble (arriba, derecha). M31N 2008-12a está en el centro de la imagen

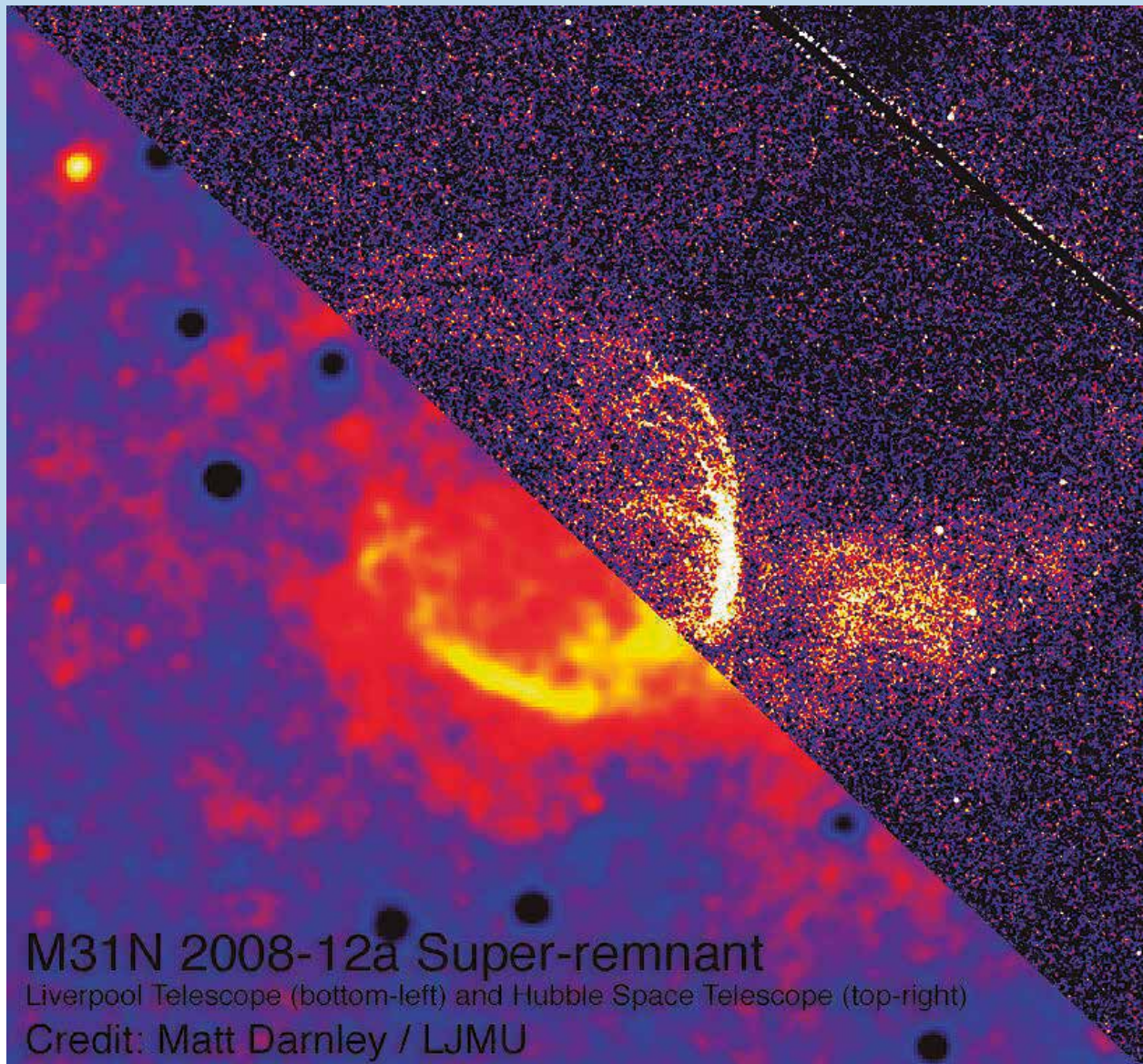


Figure: A composite image of Liverpool Telescope data (bottom left) and Hubble Space Telescope data (top right) of the nova super-remnant. M31N 2008-12a is in the middle of the image.

DESCUBRIMIENTO DE H-ALFA Y SODIO EN LA ATMÓSFERA DE MASCARA-2b

MASCARA

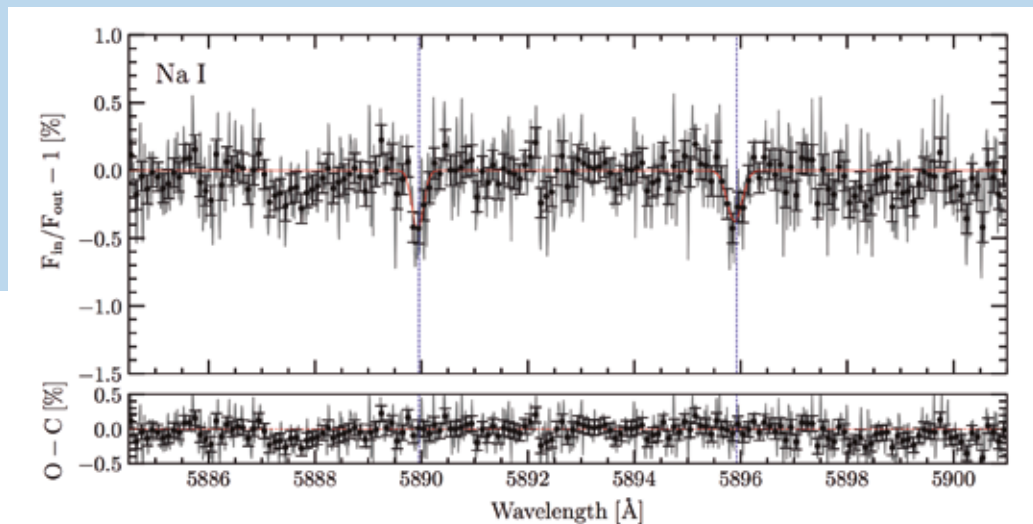
MASCARA, la cámara de todo cielo multiubicación, es un pequeño instrumento compuesto por cinco cámaras de campo ancho que monitorizan prácticamente todo el cielo de La Palma en busca de exoplanetas en tránsito, y que lleva operativa desde principios de 2015, captando imágenes cada 6 segundos. Esto produce aproximadamente medio

terabyte de datos en bruto por noche, que se analizan automáticamente en el propio emplazamiento.

Se ha descubierto un tercer planeta, MASCARA-3b. Al igual que MASCARA-1b y MASCARA-2b, se trata de uno de los sistemas planetarios en tránsito más brillantes que se conocen. Son perfectos para investigaciones de seguimiento de la atmósfera de exoplanetas. Por ejemplo, el resultado de la colaboración entre el equipo MASCARA en Leiden y el IAC ha sido la detección de H-alfa y sodio en la atmósfera de MASCARA-2b.

MASCARA-3b: uno de los sistemas planetarios en tránsito más brillantes conocidos

Figura: El espectro de transmisión exoplanetario de MASCARA-2b en la región del doblete de sodio D. Los planetas MASCARA son especialmente adecuados para la caracterización atmosférica debido a su gran brillo.



DISCOVERY OF H-ALPHA AND SODIUM IN THE ATMOSPHERE OF MASCARA-2b

MASCARA

This Multi-site All-Sky CAmERA, is a small instrument consisting of five wide-field cameras monitoring the near-entire La Palma sky to search for transiting exoplanets, which has been operational since early 2015 and takes images every 6 seconds. This results in about half a terabyte of raw data per night, which are automatically analysed on site.

Figure: The exoplanet transmission spectrum of MASCARA-2b in the region of the Sodium D doublet. Due to their high brightness, MASCARA planets are particularly suited for atmospheric characterisation.

A third planet, MASARA-3b, has been discovered. As is the case with MASCARA-1b and MASCARA-2b, it is among the brightest known transiting planet systems in the sky. They are ideal for exoplanet atmospheric follow-up research. For example, as a result of a collaboration between the MASCARA team in Leiden and the IAC, both H-alpha and sodium have been detected in the atmosphere of MASCARA-2b.

MASARA-3b: one of the brightest known transiting planet systems

VARIACIONES DE TIEMPOS DE TRÁNSITO

TAT

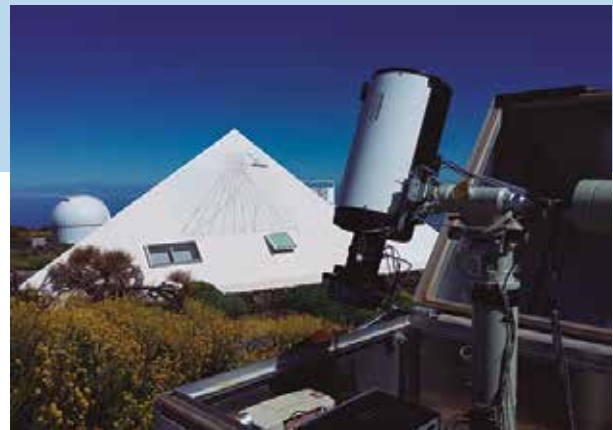
Detección de exoplanetas no transitantes con el Telescopio Automático Taiwán

El análisis fotométrico de la variación del tiempo de tránsito (VTT) es una técnica para detectar exoplanetas que no transitan. La idea principal de este método se basa en la estabilidad del período de un planeta al seguir una órbita kepleriana alrededor de una estrella. Si hay más planetas orbitando la misma estrella anfitriona, tendría que haber perturbaciones gravitatorias en su órbita que causen variaciones en los periodos orbitales de los mismos. Además, uno de los métodos para medir el periodo orbital de un planeta es el análisis fotométrico de sus tránsitos; por tanto, al comparar los tiempos de tránsito con una efeméride estrictamente periódica, es posible detectar la presencia de planetas no transitantes en órbita alrededor de la misma estrella anfitriona.

El Telescopio Automático de Taiwán en su ubicación actual en el Observatorio del Teide.

The Taiwan Automatic Telescope at the Teide Observatory

De esta forma, el método de VTT permite descubrir planetas adicionales alrededor de estrellas con un planeta en tránsito, incluso aunque estos planetas no transiten frente la estrella. Esto podría ser especialmente útil a la hora de detectar planetas con masas similares a la de la Tierra en la zona habitable, donde los planetas de masa tan baja tienen pocas probabilidades de transitar. Estos se localizarían mediante el análisis de un planeta cuya órbita sea más interior que la zona habitable, donde es más probable que los planetas transiten. Según el modelo de acreción básico, los planetas de masa terrestre podrían verse atrapados en una órbita resonante de movimiento medio con un planeta gigante a medida que este migra hacia el interior, que a su vez produciría variaciones de tiempo fácilmente detectables; para ser concretos, un planeta de masa terrestre con una resonancia de 2:1 con un planeta en tránsito causaría variaciones de tiempo del orden de 3 min acumulados a lo largo de un año.



TRANSIT TIMING VARIATIONS

TAT

The Taiwan Automated Telescope can detect non-transiting exoplanets

Non-transiting exoplanets can be detected by the photometric analysis of the Transit Timing Variation (TTV). This technique is based on the stability of the period of a planet following a Keplerian orbit around a star. If more planets are orbiting the same host star, their orbit should have tidal perturbations, which cause variation in their orbital periods. The orbiting period of a planet can be measured by the photometric analysis of its transits. In this way a comparison of the transiting times with a strictly periodic ephemeris can reveal the presence of non-transiting exoplanets orbiting the same host star.

So even if the second planet does not transit the star, this technique makes it possible to discover additional planets around stars with a transiting planet. This could be particularly useful for detecting Earth-mass planets in the habitable zone, where such a low-mass planet has a reduced probability of transiting. This can be achieved by analyzing the transits of a planet with an orbit that lies within the habitable zone, where there is a greater probability of transiting planets. According to the core accretion model, terrestrial mass planets may be caught in a mean-motion resonance orbit with a giant planet as it migrates inwards. This resonant orbit will produce easily detectable timing variations, more specifically, an earth-mass planet in a 2:1 resonance with a transiting planet would cause timing variations of the order of 3 min which would be accumulated over a year.

STELLA - WiFSIP RECIBE UN NUEVO CCD

El nuevo CCD 4k x 4k y su carcasa se instalaron en octubre de 2018. Se fabricó una carcasa de Invar completamente nueva y se instaló en el Dewar (véase Figura). El nuevo detector es un dispositivo de silicón estándar más fino, con iluminación trasera y de cuatro amplificadores de Semiconductor Technology Associates (STA4150a; 15 μm píxeles cuadrados). Un recubrimiento de banda ancha con mejora de UV proporciona una eficiencia cuántica pico bastante estable de hasta el 90 % a 600 nm, e incluso un 70 % a 400 nm, pero baja a un mínimo de 30 % a 880 nm a la temperatura de operación nominal. La capacidad total es de 105 000 electrones.

Cada uno de los cuatro amplificadores tiene un ruido de lectura de 6 electrones y pueden leerse simultáneamente menos de 30 segundos. Gracias a eso, ahora se pueden obtener campos de cielo plano de más de solo un par de filtros científicos por periodo crepuscular, como era el caso antes. La interferencia entre los amplificadores es común en los CCD multiamplificador. El nivel medido en el nuevo chip alcanza los $1,3 \cdot 10^{-3}$ electrones y se mitiga en la línea de reducción de datos. No obstante, la mayor ventaja con respecto al antiguo CCD es el mejor comportamiento y apariencia del campo plano, lo que aumentará la precisión fotométrica y la calibración de punto cero. WiFSIP volvió a operación regular en el plazo de una semana, a principios de noviembre.



Figura: El Dewar abierto del WiFSIP y la nueva carcasa del detector antes de insertar el CCD.

Figura: The open WiFSIP dewar and the new detector package before inserting the CCD.

STELLA - WiFSIP GETS NEW CCD

A new 4kx4k CCD and package were installed in October 2018. A complete new Invar package was manufactured and implemented in the Dewar (see Figure). The new detector is a thinned, rear illuminated, four-amplifier standard silicon device from Semiconductor Technology Associates (STA4150a; 15 μm pixels squared). A broad-band coating with UV enhancement returns a fairly flat, peak quantum efficiency of up to 90% at 600 nm, and still 70% at 400 nm, but a drop to a minimum of 30% at 880 nm at nominal operation temperature. Full-well capacity is 105,000 electrons. The four amplifiers each have

a read-out-noise of 6 electrons and can be read out simultaneously in less than 30 sec. This now allows sky flat fields for more than just a few science filters per twilight period as before. Amplifier crosstalk is common on multi-amplifier CCDs. The measured level on the new chip reaches up to $1.3 \cdot 10^{-3}$ electrons and is mitigated in the data-reduction pipeline. However, the major gain with respect to the old CCD is the superior flat field behaviour and cosmetics, which will increase the photometric precision and zero-point calibration. WiFSIP returned to nominal operation within a week in early November.

ROTACIÓN DIFERENCIAL EN LA SUPERFICIE ESTELAR

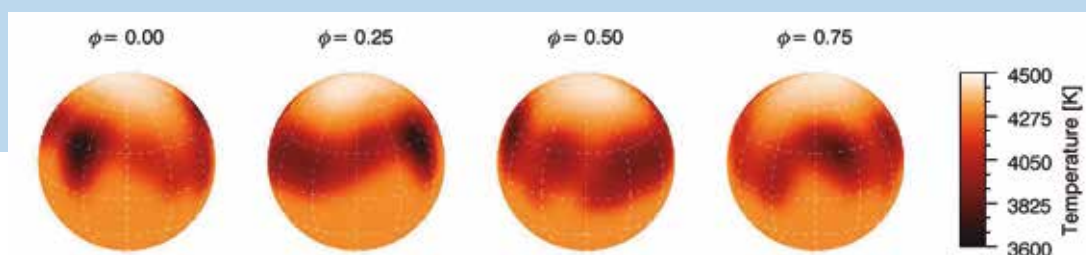
STELLA-II and SES

STELLA y su espectrógrafo Échele SES proporcionaron espectros de alta S/R y multiépoca de la gigante K V1192 Ori desde 2007 hasta 2016, que se han usado para reconstruir su distribución de temperatura superficial en función del tiempo. Las estrellas con masas equivalentes a 1-2 veces la del Sol de la rama gigante roja (RGB por sus siglas en inglés) representan un periodo intrigante de la evolución estelar, por ejemplo, el tiempo en el que la envoltura convectiva interactúa con el núcleo, de rápida rotación. Durante esos periodos de interacción, el litio recién sintetizado puede ascender a la superficie estelar junto con otros materiales de elevado momento angular. Este material de elevado momento angular puede alterar el patrón de rotación superficial. Todos los espectros de STELLA mostraron una línea Li 6708-Å inusualmente fuerte, y por tanto una gran abundancia de Li, inesperada durante esta fase RGB de la estrella. Las imágenes

Doppler de STELLA con nuestro código de inversión iMap revelaron una pronunciada rotación superficial diferencial antisolar (los polos rotan más rápido que el ecuador). Las propias imágenes muestran áreas frías amplias dispuestas casi uniformemente a lo largo del cinturón ecuatorial, de rotación más lenta, junto con una región polar más caliente de lo esperado (véase la figura). Parece que el enriquecimiento de Li en la superficie y el peculiar patrón de rotación superficial tienen el mismo origen.

Las observaciones con STELLA durante el periodo 2007-2016 han proporcionado pruebas de que el enriquecimiento de litio y la rotación diferencial de la superficie estelar están relacionados.

Figura: Un ejemplo de 11 imágenes Doppler de V1192 Ori a partir de la inversión iMap del perfil de la línea. La figura muestra las 4 fases rotacionales de una imagen del 2016.



STELLAR SURFACE DIFFERENTIAL ROTATION

STELLA-II and SES

STELLA and its echelle spectrograph SES provided high-S/N and multi-epoch spectra of the K-giant V1192 Ori from 2007 to 2016, which were used to reconstruct its surface temperature distribution as a function of time. Stars with about 1-2 solar masses at the red giant branch (RGB) represent an intriguing period of stellar evolution, i.e. a time when the convective envelope interacts with the fast-rotating core. During these mixing episodes freshly synthesized lithium can be brought up to the stellar surface along with other high angular momentum material. This high angular momentum material may alter the surface rotation pattern. All STELLA spectra showed an unusually strong Li 6708-Å line and thus a high Li abundance that is unexpected for the star's RGB stage. STELLA Doppler images with our inversion code iMap revealed pronounced anti-solar differential surface rotation (the poles are rotating

Figure: A snapshot example from the 11 Doppler images of V1192 Ori from the iMap line-profile inversion. Shown is the image from 2016 in four rotational phases.

Observations with STELLA during the period 2007-2016 have provided evidence that lithium enrichment and stellar surface differential rotation is related.

faster than the equator). The images themselves reveal extended cool areas arranged quasi-evenly along the more slowly rotating equatorial belt together with a warmer than expected polar region (see Figure). It appears that the surface Li enrichment and the peculiar surface rotation pattern may have a common origin.

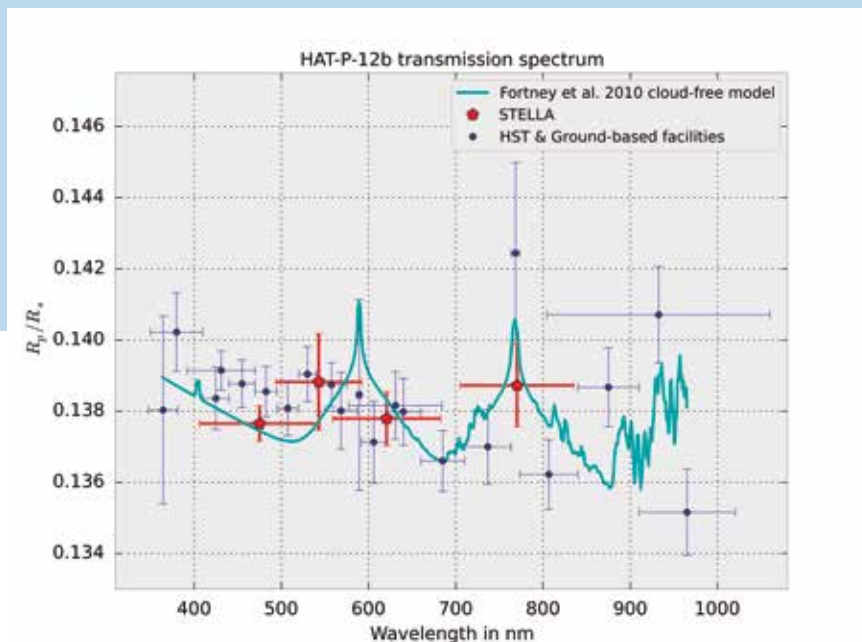
DESCIFRANDO LA ATMÓSFERA DE HAT-P12B

STELLA-I y WiFSIP

Se encontró un espectro de transmisión plano e indiferenciado usando fotometría de banda ancha desde la tierra, y se interpretó como la absorción gris de una densa capa de nubes. Un estudio independiente con el telescopio espacial Hubble encontró dispersión de Rayleigh en longitudes de onda ópticas causada por neblina, lo que parecía contradecir el estudio anterior. Añadimos nuevos datos fotométricos de banda ancha con STELLA y su fotómetro de campo ancho (WiFSIP) y descubrimos que el motivo de la discrepancia era la diferencia de valores de los parámetros orbitales de HAT-P12b. Los datos de STELLA revelaron una degeneración de la pendiente espectral planetaria con esos parámetros.

El reanálisis homogéneo de todos los datos reveló que los dos conjuntos de datos de los estudios y las nuevas observaciones de STELLA convergían en un espectro de transmisión coherente que mostraba una pendiente espectral de baja amplitud y una posible detección de absorción de potasio en 7699 Å (ver la Figura).

Figura: Espectro de transmisión de HAT-P-12b obtenido del reanálisis homogéneo de todos los datos terrestres y del Hubble con sus correspondientes barras de error.



DECIPHERING THE ATMOSPHERE OF HAT-P12B

STELLA-I and WiFSIP

Using broad-band photometry from the ground, a flat and featureless transmission spectrum was found that was interpreted as grey absorption by dense cloud coverage. An independent study with the Hubble Space Telescope found Rayleigh scattering at optical wavelengths caused by haze, which seemed to disagree with the other study. We have added new broad-band photometric data with STELLA and its Wide Field Imaging Photometer (WiFSIP) and found that deviating values for the orbital parameters of HAT-P12b were the reason for the discrepancy.

Figure: Transmission spectrum of HAT-P-12b, as derived from the homogeneous reanalysis of all data from the ground and from the HST with their associated error bars.

The STELLA data revealed a degeneracy of the planetary spectral slope with these parameters. In a homogeneous reanalysis of all data, we found that the two literature data sets and the new STELLA observations converged to a consistent transmission spectrum, showing a low-amplitude spectral slope and a tentative detection of potassium absorption at 7699 Å (see the Figure).

EL DESCUBRIMIENTO DE NUEVOS TRANSITORIOS OPTICOS

MASTER

MASTER participa en algunos de los campos astrofísicos más importantes, como la investigación de los estallidos de rayos gamma, que son los eventos más poderosos del Universo, y también investiga las localizaciones de los eventos de ondas gravitacionales. MASTER consiste en telescopios gemelos rápidos de 4 grados cuadrados en color, cuyos datos se reducen por completo en los 1-2 minutos después de la lectura del CCD. Es decir, menos tiempo del necesario para observar la siguiente imagen. Este tiempo de reducción incluye la identificación de cada objeto óptico en la imagen y la detección de posibles nuevo objetos.

Este software de detección automática hizo posible descubrir de forma independiente Kilonova, la contrapartida óptica de GRB180806A de los estallidos



DISCOVERING NEW OPTICAL TRANSIENTS

MASTER

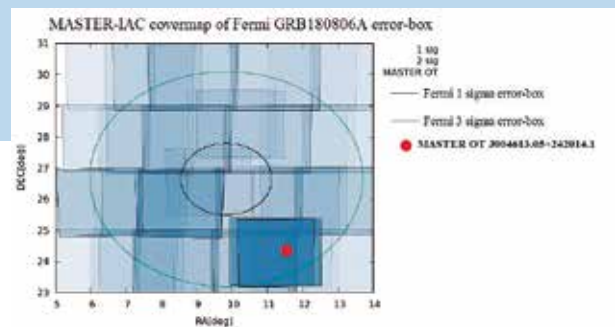
MASTER participates in some of the most important fields of astrophysical research, such as the investigation of gamma-ray bursts, which are the most powerful events in Universe, as well as investigating gravitational-wave events' localizations. MASTER consists of twin fast 4 square degrees colour telescopes, full reduction of their wide field images takes place during 1-2 minutes after CCD readout, i.e. less time than it takes to observe the next image. This reduction time includes the identification of each optical object on the image and the detection of a new one.

This auto-detection software made it possible to discover independently Kilonova the gamma-ray bursts' optical counterpart of GRB180806A (see

de rayos gamma (ver Figuras 1 + 2). Este GRB fue detectado por el observatorio gamma de Fermi en la órbita de la Tierra como Fermi GBM trigger 555287944 en 2018-08-06 a las 22:38:59.66UT. MASTER-IAC apuntó a la alerta de activación de GBM 77 segundos después de la notificación y, mediante el sistema de detección automática, descubrió la fuente OT MASTER OT J004613.05 + 242014.1 en la posición (RA, diciembre) = 00h:46m:13.05s +24d:20m:14.1s, solamente 109.3 min. después del disparo en 2018-08-07 00: 28: 20.467 UT (Figura 3).

La rápida variabilidad de esta contraparte óptica se detectó y publicó como una circular GCN, lo que hizo posible la realización de investigaciones adicionales para COATLI, RATIR, NOT y otros telescopios.

La Red Global de telescopios robóticos MASTER puede descubrir en tiempo real nuevos fenómenos transitorios ópticos detectados por otros experimentos físicos, como Fermi o LIGO / Virgo.



The MASTER Global Robotic Net telescopes can discover new optical transients on the large error-field of great physical experiments, such as Fermi or LIGO/Virgo, in real-time.

Figures 1 + 2). The Fermi gamma-observatory in Earth orbit detected this GRB as Fermi GBM trigger 555287944 on 2018-08-06 at 22:38:59.66UT. The MASTER-IAC was pointed to the GBM trigger alert 77 sec after the trigger and, by means of the auto-detection system, discovered the Teide source MASTER OT J004613.05+242014.1 at the position (RA, Dec) = 00h 46m 13.05s +24d 20m 14.1s only 109.3 min after the trigger on 2018-08-07 00:28:20.467 UT (Figure 3).

The fast variability of this optical counterpart was detected and published as a GCN circular, which made it possible for further investigations by COATLI, RATIR, NOT and other telescopes.

DETECCIÓN DE AGUA EN LA ATMÓSFERA DE HD 189733b

TNG + GIANO

El exoplaneta HD 189733b es uno de los «Júpiteres calientes» más estudiados hasta la fecha. Se usa como referencia para poner en práctica nuevas técnicas de detección de los componentes principales de las atmósferas exoplanetarias. Este exoplaneta es solo un poco más grande que Júpiter, pero orbita 180 veces más cerca de su estrella, lo que genera temperaturas abrasadoras de unos 930 °C (1.200 K). El planeta transita el disco estelar cada 2,2 días, y una pequeña fracción de la luz estelar se filtra a través de su atmósfera, recibiendo así parte de sus componentes moleculares.

Se consiguió detectar un nivel significativo de agua en su atmósfera usando GIANO en su configuración original. Esta no es la primera vez que se logra hacer esta medición, pero en los casos anteriores fue necesario usar telescopios de 8-10 m. Gracias al novedoso diseño de GIANO, y en concreto a su amplia cobertura espectral, también se pudieron llevar a cabo estas observaciones con un telescopio de 4 m. La altísima resolución espectral de GIANO

permite observar cada una de las líneas de una especie molecular —en este caso, vapor de agua— y compararlos con modelos mediante una técnica de correlación cruzada. Cada molécula tiene un patrón de líneas muy específico, así que es relativamente fácil identificar qué especie es responsable del espectro observado.

El hecho de que también haya agua presente en la atmósfera de la Tierra supone una gran complicación; los estudios realizados desde el suelo tienen que vérselas con este potente contaminante. No obstante, la elevadísima resolución de este instrumento permite detectar un desplazamiento en el espectro del planeta debido al movimiento orbital del mismo a lo largo de la línea de visión. Por el contrario, el espectro de la Tierra permanece completamente estático durante las observaciones, por lo que se pudo filtrar y eliminar.

¡Los astrónomos no son solo meros zahoríes!

DETECTION OF WATER IN THE ATMOSPHERE OF HD 189733b

TNG + GIANO

The exoplanet HD 189733b is one of the most studied “hot Jupiters” to date. It is used as a benchmark to implement new techniques for the detection of the main components of the exoplanetary atmospheres. This exoplanet is just slightly bigger than Jupiter, but it orbits over 180 times closer to its parent star, resulting in a roasting temperature of about 1,200 K (930°C). Every 2.2 days the planet transits the stellar disk, and a small fraction of the stellar light filters through its atmosphere; thereby receiving an imprint of its molecular constituents.

It was possible to detect water at a significant level in its atmosphere with GIANO in its original configuration. This was not the first time that this measurement has been achieved, but in the previous cases it had required the use of 8-10m class telescopes. Thanks to the novel design of GIANO, specifically the large spectral coverage, it is also possible to carry out these observations with a 4-m class telescope. GIANO's

very high spectral resolution makes it possible to observe each individual line of a molecular species, in this case water vapour, and match them to models with a cross-correlation technique. Each molecule has a very specific pattern of lines, so it is relatively easy to identify which species is responsible for the observed spectrum.

A major complication is that water is also present in the Earth's atmosphere, and studies from the ground have to struggle against this strong contaminant. However, again this instrument's very high resolution makes it possible to detect a shift in the planet's spectrum due to the orbital motion of the planet measured along the line of sight. On the other hand, because the Earth's spectrum remains completely static during the observations, it could be filtered out.

Astronomers, more than just dowsers!

Figura: La imagen muestra la señal de correlación cruzada total entre los espectros de transmisión de GIANO del exoplaneta HD 189733b y un modelo que contiene absorción de vapor de agua. El planeta se detectó a alta significación (5,5 sigma, área blanca) a la velocidad radial orbital máxima que cabía esperar según la bibliografía al respecto (152 km/s, líneas de puntos), mientras que la absorción telúrica, estática comparada con el observador, aparece muy suprimida por el análisis y confinada a casi los 0 km/s.

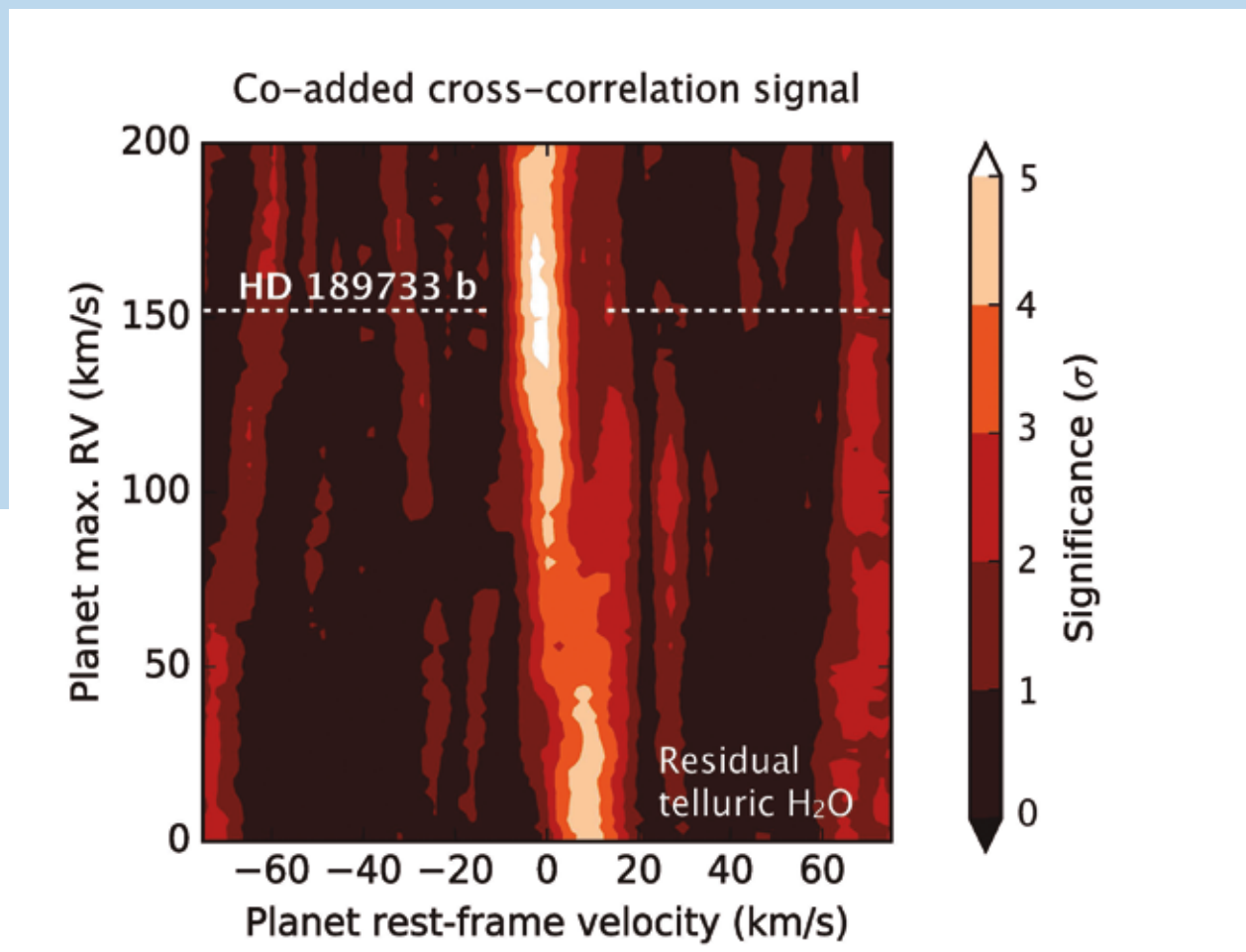


Figure: The figure shows the total cross correlation signal between GIANO's transmission spectra of the exoplanet HD 189733b and a model containing water vapour absorption. The planet is detected at high significance (5.5 sigma, white area) at the maximum orbital radial velocity expected from the literature (152 km/s, dashed lines), whereas the telluric absorption, static compared to the observer, appears heavily suppressed by the analysis and confined close to 0 km/s.

EL EXPERIMENTO CÓSMICO DE BELL: COMPROBACIÓN DEL ENTRELAZAMIENTO CON CUÁSARES DE ALTO DESPLAZAMIENTO AL ROJO

Telescopios del ORM

Según la teoría cuántica, la medición de uno de los fotones de una pareja entrelazada revela instantáneamente el estado del otro. Por lo tanto, las parejas entrelazadas son fotones en los que el estado conjunto de ambos es más que la mera suma de sus componentes. La cuestión es: ¿cómo se decide qué mediciones realizar en los dos fotones? Resulta obvio que lo deseable sería tomar decisiones de forma totalmente independiente para que no puedan ser influenciadas por otra causa común.

Una colaboración internacional dirigida por un grupo del Instituto de Óptica Cuántica e Información Cuántica (IQOQI, Viena) llevó a cabo un experimento para abordar la cuestión sin resolver de si se habían pasado por alto interdependencias ocultas, tal y como había sugerido Einstein. El grupo instaló una fuente polarizada de pares de fotones entrelazados junto al NOT. Desde allí, se enviaba un fotón a los equipos de análisis instalados en el WHT y el TNG. Los dos telescopios estaban mirando a dos cuásares situados en direcciones prácticamente opuestas en el cielo. Ambos se equiparon con un fotómetro

de dos canales. Un filtro óptico en el fotómetro separaba la luz del cuásar en fotones más rojos y más azules y estos, cayendo al azar en uno de los canales del fotómetro, se usaban como opción de medición aleatoria. Esta elección se empleó para controlar el sistema de referencia en el que se podía medir el estado de polarización de pares de fotones entrelazados.

¡Los cuásares refutan a Einstein en favor de la mecánica cuántica!



Imagen 1: Baliza de luz verde en el emisor de espacio libre de la fuente de fotones entrelazados junto al NOT

Figure 1: Green beacon light at the free space sender of the entangled photon source next to the NOT.



Imagen 2: El WHT con la cúpula abierta

Figure 2: The WHT with the dome open.

THE COSMIC BELL EXPERIMENT: TESTING ENTANGLEMENT USING HIGH-REDSHIFT QUASARS

ORM Telescopes

Following quantum theory, the measurement of one photon of an entangled pair instantly reveals the state of its partner. Therefore, entangled pairs are photons such that the joint state of the pair is more than just the sum of their constituents. The question is: How is it decided which measurements are performed on the two photons? It is evident that it would be desirable to have decisions made completely independently, such that they cannot be influenced by another common cause.

An international collaboration under the lead of a group of the Institute for Quantum Optics and Quantum Information (IQOQI, Vienna) conducted an experiment to tackle the open question as to whether hidden interdependencies have been overlooked, as Einstein suggested. The group installed a polarised source of entangled photon pairs next to the NOT. From there one photon was sent to the analysis setups installed at both the WHT & TNG. The two telescopes were looking at two quasars located in almost opposite locations in the sky. Both were equipped with a two-channel photometer. An optical



Imagen 4: Los equipos para el experimento de la campana cósmica instalados en ambos telescopios (TNG y WHT)

Figure 4: the Cosmic Bell experiment equipment installed at each of the telescopes (TNG & WHT).

Quasars disprove Einstein in favour of quantum mechanics!

filter in the photometer split the light from the quasar between redder and bluer photons and these, randomly falling on one of the photometer's channels, were used as a random choice of measurements. This choice was used to control the system of reference on which the polarization state could be measured on pairs of entangled photons.

La mecánica cuántica predice que, si se mide que un fotón está en un estado determinado, el otro fotón estará en el estado opuesto. Este resultado también puede obtenerse usando solo mecánica clásica. Pero en la mecánica cuántica, esta propiedad debería ser aplicable a todas las bases de medición simultáneamente, siempre y cuando no haya una correlación entre la elección de las mismas. A fin de garantizar que no se produjese dicha correlación, los físicos eligieron esos dos cuásares alejados entre sí. Para los generadores de números aleatorios, activaron los destinos seleccionados en tiempo real cuando los fotones entrelazados ya iban de camino desde el NOT al TNG y WHT.

Los modelos clásicos siempre obedecen a la llamada «desigualdad de Bell», pero la mecánica cuántica no lo hace. En este experimento se midieron incumplimientos significativos de la desigualdad de Bell, lo que respalda a la mecánica cuántica. Cualquier cosa que haya podido generar correlaciones entre los destinos seleccionados y las parejas de fotones entrelazados tuvo que haber tenido lugar hace al menos 7800 millones de años. O, dicho de otra forma, se pudo excluir el 96 % del volumen espaciotemporal desde el Big Bang como fuente de correlaciones ocultas entre ambos destinos o entre el destino y la creación del par de fotones entrelazados.

Esto supone una importante confirmación de las leyes de la mecánica cuántica.

Imagen 3: Este gráfico muestra una representación esquemática de la instalación en el ORM

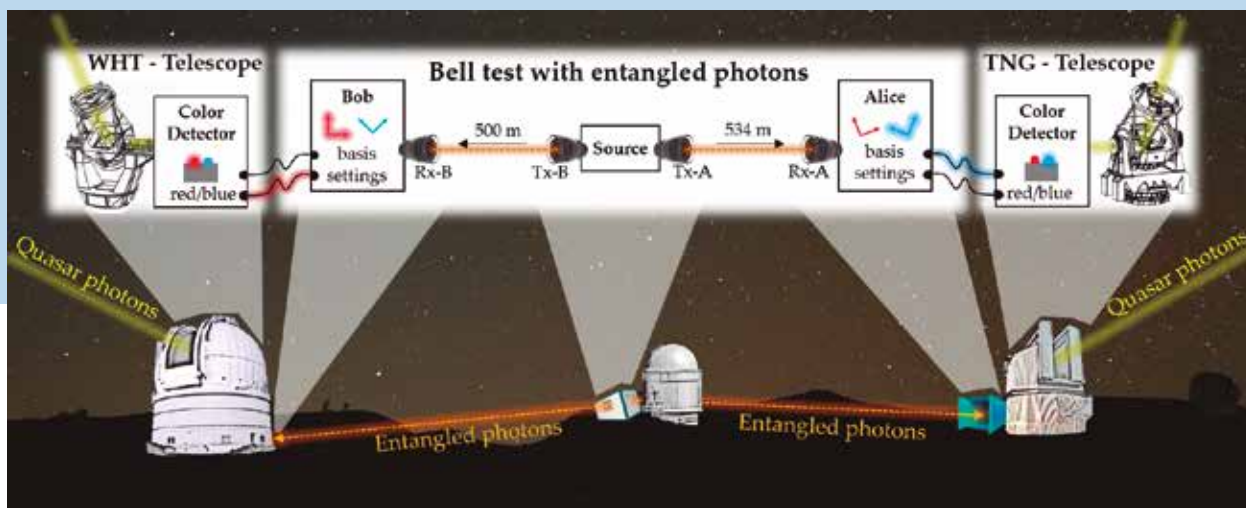


Figure 3: This graphic shows a schematic representation of the set up at the ORM.

Quantum mechanics predicts that if one photon is measured to be in a certain state, the other photon will be found in the opposite state. This could be also achieved with just classical mechanics. But in quantum mechanics, this property should hold true for all measurement bases simultaneously, as long as there is no correlation between the choices of measurement bases. To ensure that such a correlation does not take place, the physicists selected the two distant quasars. As random number generators, they triggered the setting choices in real time when the entangled photons were already on the way from NOT to TNG and WHT.

Classic models always obey the so called Bell inequality, but quantum mechanics does not. In this experiment, significant violations of the Bell inequality have been measured, backing up quantum mechanics. Anything that could generate correlations between the setting choices and the entangled photon pairs would have had to happen at least 7.8 billion years ago. Expressed differently, it was possible to exclude 96% of the space-time volume since the big bang as hosting hidden correlations between setting choices, or between the setting choice and the entangled photon pair creation.

This is a relevant confirmation of the laws of quantum mechanics.

TEIDE OBSERVATORY (OT) - 2019

Location: Island of Tenerife (Canary Islands/Spain)	
Altitude: 2.390 m.	Area: 50 hectares
Longitude: 16°30'35" West	Latitude: 28°18'00" North

Ø cm	INSTRUMENT	OWNER &/or OPERATOR	Year Operational
20	Automatic Seeing Monitor (DIMMA)	IAC (ES)	2010
	<u>Microwave telescopes</u>		
40	GroundBIRD Experiment	GroundBIRD Collaboration *	2018
150	LSPE/STRIP	UniMI (IT), INFN (IT), IAC (ES)	2019
250x2	QUIJOTE I + II	IAC, IFCA & UnC (ES); UC & UM (UK)	2012 + 2014
	<u>Optical & IR telescopes</u>		
8	Earthshine	NJIT (USA)	2009
34	COAST	OU (UK)	2016
40x2	LCOGT-Teide Node	LCOGTN (US)	2015
40x2	MASTER	Sternberg Institute MSU (RU)	2014 & 2015
30x2 & 40x2	Optical Telescope Array	Telescope Society (US)	2015
40	PIRATE	OU (UK)	2017
40x1 + 45x2	MAGEC	OAM (ES)	---
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
100	SPECULOOS	ULiège (BE), MIT (US) IAC (ES)	2019
120 x 2	STELLA	AIP (DE)	2005 & 2008
150	Gregor (GT)	KIS, AIP & MPS (DE)	2014
155	Carlos Sánchez Telescope (TCS)	IAC (ES)	1972
	<u>Solar Laboratory Instruments:</u>		
	Integral Spectrophotometer: MARK-I	UB (UK) & IAC (ES)	1977
	GONG	NSO (US)	1996
	High Resolution Photometer EAST	IAC (ES)	2006
	<u>Cameras:</u>		
	CILBO	ESA (International)	2011
	AMOS-CI	CU in Bratislava (SK)	2014
	QES	Qatar Research Foundation (QA)	2016

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; **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; **OAM** Observatorio Astronómico de Mallorca; **OGS** Optical Ground Station; **OU** Open University; **QES** Qatar Exoplanet Survey; **RFQ** Research Foundation of Qatar; **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; **QA** Qatar; **RU** Russia; **SK** Slovakia; **UK** United Kingdom; **US** United States of America.

ROQUE DE LOS MUCHACHOS OBSERVATORY (ORM) - 2018

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

Altitude: 2.396 m.	Area: 189 hectares
Longitude: 17°52'34" West	Latitude: 28°45'34" North

∅ cm	INSTRUMENT	OWNER &/or OPERATOR	Year Operational
20	Automatic Seeing Monitor (DIMMA)	IAC (ES), UN (FR)	2004
30	Automatic Seeing Monitor (RoboDIMM)	STFC/ING (UK)	2007
	<u>Optical & IR Telescopes</u>		
40 x 4	GOTO	Un. Warwick (UK) #	2017
45	DOT	DOT Foundation (NL)	1997
60	Optical Telescope	KVA (SE)	1982
97	Swedish Solar 1m Telescope	Un. Stockholm (SE)	2002
100	Warwick 1m	Un. Warwick (UK)	2014
100	JKT	IAC/SARA	2015
120	MERCATOR	KU Leuven (BE) IS (BE)	2002
200	LT	LJMU (UK)	2003
250	INT	IAC/ING (ES)	1984
256	NOT	NOTSA (DK, FI, IL, NO & SE)	1989
358	TNG	INAF (IT)	1998
420	WHT	IAC/ING (ES)	1987
1,050	GTC	GRANTECAN (ES), Un. Florida (US) INAOE & UNAM, MX)	2008
	<u>Cherenkov Telescopes</u>		
	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
	<u>Cameras</u>		
	CILBO	ESA (International)	2011
	AMOS-CI	CU in Bratislava (SK)	2014
	MASCARA	Un Leiden (NL)	2015

CILBO Canary Islands Long-Baseline Observatory; **CU** Comenius Un.; **IAC** Instituto de Astrofísica de Canarias; **ICRR** Institute for Cosmic Ray Research – University of Tokyo; **INAF** Istituto Nazionale di Astrofisica; **INAOE** Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica; **IS** Institut Sterrenkunde; **KVA** Kungliga Vetenskapsakademien; **KU** Leuven Katholieke Universiteit Leuven; **LJMU** Liverpool John Moores University; **NWO** Nederlands Wetenschappelijk Onderzoek; **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; **UU** University of Utrecht.

#**GOTO Consortium** of UK Universities (Armagh, Leicester, Sheffield, Warwick), Monash University (Australia) 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, Kolkata. **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.

Countries: **BE** Belgium; **BG** Bulgaria; **BR** Brazil; **CH** Switzerland; **CZ** Czech Republic; **ES** Spain; **FI** Finland; **FR** France; **DE** Germany; **DK** Denmark; **HR** Croatia; **IL** Iceland; **IN** India; **IT** Italy; **JP** Japan; **MX** Mexico; **NL** Netherlands; **NO** Norway; **PL** Poland; **SE** Sweden; **SK** Slovakia; **UK** United Kingdom; **US** United States of America.

USER INSTITUTIONS (As defined under the International Treaty)

Centre National de la Recherche Scientifique (France)
GRANTECAN, S.A. (Spain)
Istituto Nazionale di Astrofisica (Italy)
Katholieke Universiteit Leuven (Belgium)
Kiepenheuer-Institut für Sonnenphysik (Germany)
Leibniz-Institut für Astrophysik Potsdam (Germany)
Liverpool John Moores University (UK)
MAGIC Consortium (Germany & Spain)
The Open University (UK)
School of Physics and Space Research, Univ. of Birmingham (UK)
Science and Technology Facilities Council (UK)
Università Degli Studi di Milano (IT)
Université de Liège
Warwick University (UK)

TELESCOPE INSTALLATIONS

THEMIS
GTC
TNG
MERCATOR
VTT, GT
STELLA
LT
MAGIC + FACT
PIRATE & COAST
MARK-1
Robo-DIMM
LSPE / STRIP
SPECULOOS
GOTO, SuperWASP + Warwick 1m

DIFFERENT USER INSTITUTION

AMOS, CILBO, LST, DOT, EAST, EARTHSHINE, GONG, Ground-BIRD, IAC80, INT, JKT, LCOGT, MAGEC, MASCARA, MASTER, Instituto de Astrofísica de Canarias (Spain) MONS, NOT, OGS, OTA, QES, QUIJOTE, SONG, SST, TCS & WHT

Members of the CCI in 2019

President Oskar von der Lühse
Vice-President Rafael Rebolo

Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)
Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC)

Francisco Almeida
Nicolò D'Amico
Seppo Mattila
François Leblanc
J Miguel Mas Hesse
Diego Torres
Colin Vincent
Christoffel Waelkens

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

Appointees
Elena Terlevich
Campbell Warden

CCI Scientific Adviser
CCI Secretary

CCI Sub-Committees Members in 2019

ORM Common Services Committee

ORM Common Services Committee
Chair: Saskia Prins - Mercator Telescope
Secretary: Juan Carlos Pérez ORM - Site Manager
Marc Balcells - ING
Auni Somero - MAGIC
Romano Corradi - GTC
Ennio Poretti - TNG
Álex Oscoz - IAC
Dirk Raback - Liverpool Telescope
Patricia Marquez - LST1
Observer: Paolo Calisse - CTAO

SUCOSIP Laser Guide Star Working Group

Chair: Chris Benn - ING
Casiana Muñoz-Tuñón – (SUCOSIP Chair)
Antonio Cabrera - GTC
Julio Castro & Juan Carlos Perez - IAC
Christophe Dumas & Angel Otarola - TMT
Markus Gaug - CTA
Emilio Molinari - TNG
Zoran Sodnik & Igor Zayer - ESA

Teide Common Services Committee

Chair: Michael Weber - STELLA
Secretary: Miquel Serra - OT Site Manager
Bernard Gelly - THEMIS
Álex Oscoz - IAC
Ulrich Kolb – PIRATE & COAST
Reiner Volkmer – KIS
Julien de Wit - SPECULOOS
Observer: Zoran Sodnik - ESA/OGS

Site Properties Sub-Committee (SUCOSIP)

Chair: Casiana Muñoz-Tuñón - IAC
Secretary: Campbell Warden - IAC
Chris Benn - ING
Chris Copperwheat - LT
Romano Corradi - GTC
Markus Gaug - CTA
Bernard Gelly – THEMIS
Oskar v d Lühse - KIS
Razmik Mirzoyan - MAGIC
Sergio Ortolani - TNG
Saskia Prins - MERCATOR
Göran Scharmer - SST
Jean Vernin - University of Nice
Juan Cortina – LST
Observers: Christoph Dumas – TMT
Zoran Sodnik - ESA/OGS

CCI Members & Associates
(in alphabetical order by first name – May 2019)

Adrian Biland (MAGIC & FACT) +41 44 633 2020 biland@phys.ethz.ch
Alex Oscoz (IAC) +34 922 605 242 aoscoz@iac.es
Auni Somero (MAGIC) +34 922 425 747 & +34 922 405 678 asomero@ifae.es
Bernard Gelly (THEMIS) +34 922 605 771 BGelly@themis.iac.es
Campbell Warden (CCI Secretary) +34 922 605 220 cci@iac.es
Casiana Muñoz-Tuñón (IAC) +34 922 605 231 Casiana@iac.es
Chiko Otani (Ground-BIRD) + 81-22-228-2121 otani@riken.jp
Chris Benn (ING) +34 922 425 432 crb@ing.iac.es
Chris Collins (LT-ARI) +441 512 312 918 C.A.Collins@ljmm.ac.uk
Chris M. Copperwheat (LT2) +44 1512 312 914 c.m.copperwheat@ljmu.ac.uk
Christoffel Waelkens (Mercator) +32 16 327 036 christoffel@ster.kuleuven.be
Christophe Dumas (TMT) +1 626 689 6387 cdumas@tmt.org
Colin Vincent (STFC) +44 179 344 2095 Colin.Vincent@stfc.ac.uk
Dan Kiselman (SST) +46 8 5537 8531 dan@astro.su.se
Daniel Mazin (LST-CTA) +81-(0)4-7136-3177 mazin@icrr.u-tokyo.ac.jp
Danny Steeghs (GOTO) +44 2476 573 873 D.T.H.Steeghs@warwick.ac.uk
David Bristow (CTA Project Office) +49 (6221) 51 63 85 david.bristow@cta-observatory.org
Diego Torres (CNA) +34 93 737 9788 dtorres@ice.csic.es
Dirk Raback (LT) +34 922 405 571 +34 616 168471 dr@astro.ljmu.ac.uk
Don Pollacco (SuperWASP & Warwick 1m) +44 24 765 23965 d.pollacco@warwick.ac.uk
Elena Terlevich (CCI Scientific Adviser) eterlevi@inaoep.mx
Ennio Poretti (TNG) +34 922 433 666 poretti@tng.iac.es
Federico Ferrini (CTAO) +39-051-6357-20 federico.ferrini@cta-observatory.org
Franciso Almeida (ULL) +34 922 319 480 viinve@ull.es
François Leblanc (INSU-CNRS) +33 144 27 37 53 francois.leblanc@latmos.ipsl.fr
Gary H Sanders (TMT) +1 626 395 2997 sanders@tmt.org
Göran Scharmer (SST) +46 85537 8532 scharmer@astro.su.se
Grecia Falcon (M3-TMT) +34 922 425 708 gfalcon@m3eng.com
Guy Perrin (INSU-CNRS) + 33 144 96 43 77 guy.perrin@cnrs-dir.fr
Hans Kjeldsen (SONG) +45 2338 2160 hans@phys.au.dk
Hans Van Winkel (MERCATOR) +32 16 327 036 hans.vanwinkel@ster.kuleuven.be
Iain Steele (LT) +44 151 231 2900 ias@astro.ljmu.ac.uk
James Smith (COAST & PIRATE - OU) +44 1908 654 083 james.smith@open.ac.uk
Javier Licandro (IAC) +34 922 605 262 jlicandro@iac.es
Jean Vernin (Université de Nice) +33 492 076 353 vernin@unice.fr
Jenni Heino (Academy of Finland) +358 29 533 5030 jenni.heino@aka.fi
Jim Hinton (MPI für Kernphysik) +49-6221-516-140 jim.hinton@mpi-hd.mpg.de
Jorrit Leenaarts (Inst. Solar Physics – Un Stockholm) +46 85537 8550 jorrit.leenaarts@astro.su.se
José Gavira (ESA) +31 715 654 314 jose.gavira.izquierdo@esa.int
Juan Carlos Pérez Arencibia (ORM) +34 922 425 710 jcperez@iac.es
Juan Cortina (LST) +34 91 --- juan.cortina@ciemat.es
Juerg Rey (ING) +34 922 425 421 juerg@ing.iac.es
Julien de Wit +1617 258 0209 jdewit@mit.edu
Juri Poutanen (Tuorla Obs.) + 358-2 333 8943 & +46 729 222-382 juri.poutanen@utu.fi
Klaus G. Strassmeier (STELLA) +493 317 499 223 kstrassmeier@aip.de
Luca Valenziano (INAF) +39 051 6398700 luca.valenziano@inaf.it
Lucia Kleint (GREGOR) +497 613 198 100 lucia.kleint@leibniz-kis.de
Manel Martinez (CTA) +34 931 720 687 martinez@ifae.es
Marc Balcells (ING) +34 922 425 403 director@ing.iac.es
Maria Victoria Fonseca (MAGIC) +34 91 394 4491 +49 620 266 353 fonseca@fis.ucm.es
Masahiro Teshima (LST-CTA) +4989 32354 301 +814 7136 5115 mteshima@mppmu.mpg.de
Michael Paolucci (SLOOH) mike@slooh.com
Michaël Gillon (SPECULOOS) +32 4366 9743 michael.gillon@ulg.ac.be
Michael Prouza (FRAM) +420 266 053 111 prouza@fzu.cz
Michael Weber (STELLA) +493 317 499 351 mweber@aip.de
Miguel Mas Hesse (CSIC) +34 91 813 1196/1161 mm@cab.inta-csic.es
Miquel Serra-Ricart (Teide) +34 922 605 364 / +34 922 329 124 mserra@iac.es
Nicolò D'Amico (INAF) +39-06-3553 3310 presidente@inaf.it
Oskar von der Lühe (KIS) +497 613 198 100 ovdluhe@leibniz-kis.de
Patricia Márquez (LST) +34 620 41 31 56 pmarquez@ifae.es
Paolo Calisse (CTAO) +34922 433-666 + 34 696 986 600 paolo.calisse@cta-observatory.org
Rafael Rebolo (IAC) +34 922 605 220 director@iac.es
Razmik Mirzoyan (MAGIC) +49 89 32354 328 razmik@mppmu.mpg.de
Reiner Volkmer (KIS) +49 761 3198 401 volkmer@leibniz-kis.de
Rob Hammerschlag (DOT) +31 30253 5220 R.H.Hammerschlag@astro.uu.nl
Romano Corradi (GTC) +34 922 425 719 romano.corradi@gtc.iac.es
Saskia Prins (MERCATOR) +34 922 425 412 Saskia.Prins@kuleuven.be
Seppo Mattila (NOT - Tuorla Obs.) +358 2 333 8299 sepma@utu.fi
Sergio Ortolani (INAF) +39 049 827 8240 sergio.ortolani@unipd.it
Svetlana Berdyugina (KIS) +497 613 198 100 sveta@kis.uni-freiburg.de
Thomas Augusteijn (NOT) +34 922 181 158 +34 922 405 663 tau@not.iac.es
Todd Boroson (LCOGTN) +1 (805) 880-1603 tboroson@lco.global
Ulrich Kolb (OU) +44 1908 655758 Ulrich.Kolb@open.ac.uk
Wolfgang Wild (CTAO) +39-051-6357-20 wwild@cta-observatory.org
Zoran Sodnik (OGS-ESA) +31 638 249 840 Zoran.Sodnik@esa.int



Comité Científico Internacional
of the Roque de los Muchachos
and Teide Observatories of the
Instituto de Astrofísica de Canarias