



OBSERVATORIOS ASTROFÍSICOS DE CANARIAS

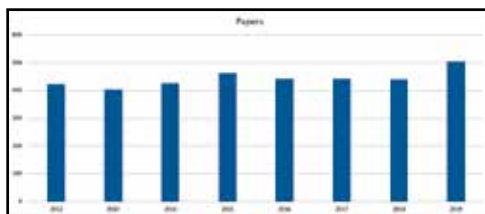
EL TRATADO INTERNACIONAL DE ASTROFÍSICA

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

PREFACIO	4	FOREWORD
INTRODUCCIÓN	6	INTRODUCTION
CIENCIA CON MÚLTIPLES TELESCOPIOS	10	SCIENCE WITH MULTIPLE TELESCOPES
DESARROLLOS TECNOLOGICOS	21	TECHNOLOGICAL DEVELOPMENTS
LOGROS CIENTÍFICOS	40	SCIENTIFIC HIGHLIGHTS
TELESCOPIOS DEL ORM	56	ORM TELESCOPES
TELESCOPIOS DEL OBSERVATORIO DEL TEIDE	57	TEIDE OBSERVATORY TELESCOPES
EL CCI	58	THE 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 & Kelsie Pettit - Diseño y maquetación: Gotzon Cañada
Depósito legal: TF-852/98

PORTADA COVER

*Observatorio del Roque de Los Muchachos
Image: Giovanni Tessicini (INAF)*

OBSERVATORIOS ASTROFÍSICOS DE CANARIAS

**COMITÉ
CIENTÍFICO
INTERNACIONAL**

**INFORME ANUAL
ANNUAL REPORT**

CCI 2019

**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

El CCI felicita cordialmente a James Peebles (Universidad de Princeton), Michel Mayor (Universidad de Ginebra) y Didier Queloz (Universidades de Ginebra y Cambridge) por ser los ganadores del Premio Nobel de Física de 2019. James Peebles lo ha recibido por sus descubrimientos en el campo de la cosmología y Michel Mayor and Didier Queloz, por el descubrimiento del primer exoplaneta en órbita alrededor de una estrella de tipo solar, 51 Pegasi, en 1995.

En este contexto, la concesión de este Premio Nobel tiene una relevancia especial para los telescopios ópticos instalados en los Observatorios de Canarias, ya que los Prof. Mayor y Queloz han liderado el desarrollo de espectrógrafos ultra-estables de alta resolución que están ya en funcionamiento, o se instalarán en breve, en telescopios del Roque de los Muchachos y su trabajo ha inspirado la construcción y mejoras de otros muchos espectrógrafos en nuestros telescopios.



FOREWORD BY THE PRESIDENT

The CCI warmly congratulates James Peebles (Princeton University), Michel Mayor (University of Geneva) and Didier Queloz (universities of Geneva and Cambridge) on winning the Nobel Prize in Physics 2019. The prize was awarded to James Peebles for his discoveries in the field of cosmology, and to Michel Mayor and Didier Queloz for the discovery of the first exoplanet in orbit around a solar-type star, 51 Pegasi, in 1995.

The Nobel Prize award has a special relevance for the optical telescopes at the Observatorios de Canarias. Professors Mayor and Queloz have led the development of ultra-stable high-resolution spectrographs which

are already operating, or are due to be installed shortly, on telescopes at the Roque de los Muchachos Observatory, and their work has been the inspiration for the construction and improvement of many other spectrographs on our telescopes.

In 2012, Prof Mayor inaugurated the HARPS-N spectrograph at the Telescopio Nazionale Galileo (TNG). One of the primary scientific goals of HARPS-N was the confirmation and further study of the exoplanet candidates found by NASA's Kepler space telescope. The accurate determination of the masses of the confirmed candidates opened a new door in the study of the

En 2012, el Prof. Mayor inauguró el espectrógrafo HARPS-N del Telescopio Nazionale Galileo (TNG). Uno de los primeros objetivos científicos de HARPS-N fue la confirmación y subsiguiente estudio de los candidatos a exoplaneta encontrados por el satélite Kepler de la NASA. Determinar con precisión las masas de los candidatos confirmados abrió una nueva ventana en el estudio de la relación entre masa y radio de los exoplanetas. El Prof. Mayor sigue usando el HARPS-N en el marco de colaboraciones internacionales que incluyen, entre otros, científicos del INAF y el IAC y persiguen una mejor comprensión de los sistemas exoplanetarios.

En 2017 el ING firmó un convenio con el Prof. Queloz (Univ. Cambridge) para instalar un nuevo y potente

espectrógrafo en el telescopio Isaac Newton (INT por sus siglas en inglés). Queloz y un consorcio europeo-estadounidense, que incluye al IAC, están construyendo el espectrógrafo HARPS-3 para llevar a cabo el experimento Terra Hunting (THE por sus siglas en inglés). El cartografiado THE abarcará 10 años de observaciones y estudiará las estrellas más cercanas al Sol visibles desde el hemisferio norte con el objetivo de identificar y estudiar planetas similares a la Tierra en las zonas habitables de estrellas parecidas al Sol. El Prof. Queloz también participa en la red SPECULOOS de telescopios dedicados a los tránsitos de planetas terrestres en estrellas ultrafrías. El telescopio ARTEMIS de 1m. en el Observatorio del Teide, inaugurado en el año 2019, forma parte de esta red a la que deseamos alcance grandes logros científicos.

Profesor Oskar von der Lühé



mass-radius relationship for exoplanets. Prof Mayor is still using HARPS-N in pursuit of a better understanding of exoplanetary systems, in collaboration with teams involving, among others, scientists from the INAF and the IAC.

In 2017 the ING signed an agreement with Prof Queloz (University of Cambridge) for the installation of a powerful new spectrograph at the Isaac Newton Telescope (INT). Queloz and a European/North American consortium, which includes the IAC, are building the HARPS-3

spectrograph to carry out the Terra Hunting Experiment (THE). The 10-year THE survey will study the stars closest to the Sun visible from the northern hemisphere to identify and study Earth-like planets orbiting in the habitable zone of solar-type stars. Prof Queloz is also involved in the SPECULOOS network of telescopes that searches for terrestrial planets around ultracool dwarfs. The 1-metre ARTEMIS telescope at the Teide Observatory, inaugurated in 2019, is part of this network that we hope will achieve great things for science.

Professor Oskar von der Lühé

INTRODUCCION DEL VICEPRESIDENTE

Este año 2019 ha visto la instalación de nuevos telescopios como el GroundBird y Artemis en el Observatorio del Teide. El primero de estos telescopios ha sido desarrollado por un consorcio de centros de investigación liderados por el instituto RIKEN de Japón y persigue realizar medidas de la polarización del Fondo Cósmico de Microondas a frecuencias entre 150 y 300 GHz, complementarias a las que continúa realizando el experimento QUIJOTE en este mismo observatorio. ARTEMIS es un telescopio óptico de 1m construido por un consorcio que lideran la Universidad de Liege (Bélgica) y el Massachusetts Institute of Technology (USA) y está destinado a estudiar los tránsitos de planetas terrestres en estrellas ultra-frías y enanas marrones de la vecindad solar.

En el Observatorio del Roque de los Muchachos, los telescopios Cherenkov MAGIC realizan ciencia frontera desde hace más de una década y el telescopio de 23m LST ha desarrollado gran parte de su puesta a punto con magníficos resultados a lo largo del año, que hacen vislumbrar un excelente futuro científico al array de

cuatro telescopios LST cuando éste sea completado en 2023 y forme parte del CTA. También INAF e IAC han firmado este año un MoU para impulsar la astrofísica de altas energías en el Obs. del Teide, que puede dar lugar a la instalación de un array de nueve telescopios Cherenkov que complementará en rango de energías a los situados en la Palma.

Las varias decenas de telescopios ópticos e infrarrojos de ambos observatorios, desde los más grandes 10.4m GTC, 4.2m WHT y 3.6m TNG a los más pequeños telescopios robóticos en operación, con solo 40 cm de diámetro, han proseguido su actividad científica puntera reflejada en una sostenida producción de artículos científicos de alta calidad que abarcan desde la investigación de fuentes extragalácticas de muy alto redshift, y cúmulos de galaxias a los sistemas galácticos cercanos y los agujeros negros estelares más masivos de nuestra galaxia, hasta los exoplanetas de baja masa incluyendo la caracterización de asteroides y los que proceden de fuera de nuestro Sistema Solar. Igualmente los telescopios solares de ambos observatorios prosiguen

INTRODUCTION BY THE VICE PRESIDENT

In 2019 we witnessed the installation of new equipment such as the GroundBIRD and ARTEMIS telescopes at the Teide Observatory. The first of these telescopes has been developed by a consortium of research centres led by the RIKEN Institute in Japan. It will measure polarisation of the Cosmic Microwave Background at frequencies between 150 and 300 GHz, complementing the measurements made by the QUIJOTE Experiment at the same observatory. ARTEMIS, on the other hand, is a 1-metre optical telescope built by a consortium led by the University of Liège (Belgium) and the Massachusetts Institute of Technology (USA). It studies the transit of Earth-like planets near ultra-cool stars and brown dwarfs in the Solar Neighbourhood.

The Cherenkov MAGIC telescopes have been conducting cutting-edge science at the Roque de los Muchachos Observatory for more than a decade, while the commissioning of the 23-m LST has produced magnificent results throughout the year, alluding to

an excellent scientific future for the four-LST array once this is completed in 2023 and integrated into the CTA. The INAF and the IAC signed an Agreement this year to promote high-energy astrophysics at the Teide Observatory. This could lead to the installation of an array comprising nine Cherenkov telescopes, complementing the energy ranges of the telescopes sited on La Palma.

The various tens of optical and infrared telescopes at both observatories – from the largest, such as the 10.4-m GTC, the 4.2-m WHT and the 3.6-m TNG, to the smallest robotic telescopes in operation with a diameter of only 40 cm – have continued to conduct cutting-edge research. This is evidenced by a sustained output of high-quality scientific papers on topics ranging from very-high-redshift extragalactic sources, galaxy clusters by nearby galactic systems and the most massive stellar black holes in our galaxy, to low-mass exoplanets and the characterisation of asteroids, including those from

sus actividades científicas al tiempo que se avanza en el diseño final del futuro European Solar Telescope.

En el Observatorio del Roque de los Muchachos, el consorcio internacional del telescopio de 30 m (Thirty meter International Observatory, TIO) recibió todos los permisos necesarios para proceder a la construcción del TMT en el espacio habilitado a tal efecto. Confiamos en que este importante proyecto astronómico consiga finalmente materializarse.

Profesor Rafael Rebolo

El 20 de junio se celebró la inauguración del telescopio robótico ARTEMIS, cazador de planetas tipo Tierra que eclipsan algunas de las estrellas más pequeñas y frías de nuestro vecindario solar. Forma parte de la red de telescopios robóticos de 1 m SPECULOOS, de la que forman parte la Universidad de Lieja (Bélgica) y el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT). Ver páginas siguientes.




beyond our Solar System. Likewise, the solar telescopes at both observatories have continued their scientific work while progress has been made on the final design of the future European Solar Telescope.

At the Roque de los Muchachos Observatory, the international consortium of 30-m telescopes (Thirty Meter International Observatory, or TIO) was granted all the necessary permits for constructing the TMT at the designated site. We are hopeful that this important astronomical project will finally be realised.

Professor Rafael Rebolo

The new robotic telescope ARTEMIS was inaugurated at the Teide Observatory on June 20th. Its aim is to hunt Earth-like planets around very faint local stars, often termed “ultracool dwarfs”. It joins the SPECULOOS (Search for habitable Planets Eclipsing Ultra COOL Stars) network of 1m telescopes of the University of Liège, in Belgium, and the Massachusetts Institute of Technology (MIT) in the United States. See the next double page.





Entre las páginas 10 y 19 se presentan una serie de resultados de colaboraciones entre múltiples telescopios de los Observatorios de Canarias (OCC).

The next section, pages 10 to 19, contains some highlights obtained as a result of combining several of the Observatorios de Canarias telescopes (OCC).



COMETA 2I/BORISOV

GTC + WHT + INT

Una colaboración de varios telescopios en el ORM resulta en el primer espectro visible de un cometa interestelar.

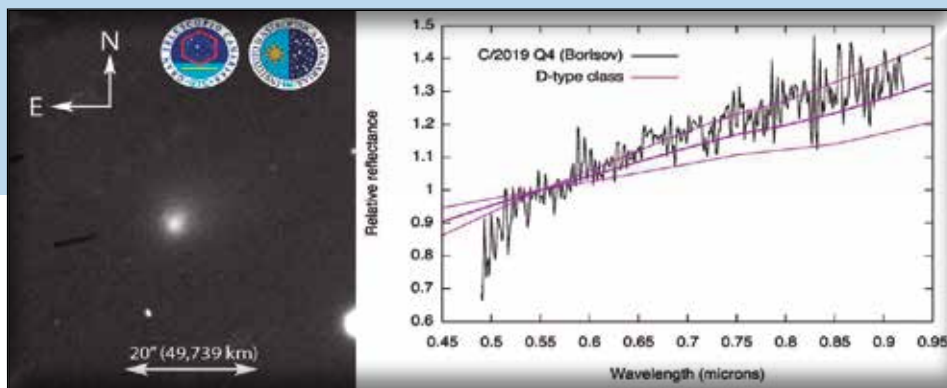
El cometa C/2019 Q4 (Borisov), después rebautizado como 2I/Borisov, fue descubierto el 30 de agosto y proporcionó a los telescopios GTC, WHT, TNG e INT una oportunidad de demostrar sus extraordinarias capacidades de observación.

Las primeras imágenes de 2I/Borisov con telescopios profesionales fueron obtenidas con ACAM en el WHT entre el 10 y el 13 de septiembre. Mostraban una cola ancha y corta en dirección aproximadamente antisolar. Los datos del WHT confirmaron el valor de su excentricidad orbital estimada con telescopios menores, que era superior a 3,6, lo que significa que este objeto se encuentra en una órbita

extremadamente hiperbólica. El GTC inmediatamente observó 2I/Borisov usando la cámara espectrográfica OSIRIS el 13 de septiembre. Se tomaron tres imágenes de 30 s en el filtro Sloan r' (véase Figura 1) que confirmaron la naturaleza cometaria de 2I/Borisov, con una coma y cola bien definidas.

En el GTC se obtuvieron asimismo tres espectros visibles de baja resolución de 300 segundos en el rango de longitud de onda de 4900-9200 Ångstroms y el espectro combinado revela que este objeto tiene una composición similar a la que se encuentra en los cometas del sistema solar. Esta investigación sugiere que los cometas de otros sistemas planetarios pueden ser similares a los del sistema solar y pueden haberse formado en procesos parecidos a los que llevaron a la formación de los cometas en él. Hay

Figura 1: El panel de la izquierda contiene la imagen y el panel de la derecha, el espectro de reflectancia del cometa interestelar 2I/Borisov, obtenido por el Gran Telescopio CANARIAS de 10,4 m. Esta es la primera vez que se ha logrado obtener el espectro visible de un cometa interestelar.



COMETA 2I/BORISOV

GTC + WHT + INT

Comet C/2019 Q4 (Borisov) -later renamed 2I/Borisov- which was discovered on August 30 provided an opportunity for the GTC, WHT, TNG & INT to demonstrate their outstanding observational capacities.

The first images with professional telescopes of 2I/Borisov were obtained with ACAM at the WHT between the 10th and 13th of September. These revealed a broad, short tail in the roughly anti-solar direction. The WHT data confirmed the value of its orbital eccentricity, which had been estimated with smaller telescopes to be over 3.6, meaning that this object is in a highly hyperbolic orbit. The GTC immediately observed 2I/Borisov with the OSIRIS camera-spectrograph on the 13th of September. Three 30s images in the Sloan r' filter were obtained (see Figure 1), which confirmed the cometary nature of 2I/Borisov, with a well-defined coma and tail.

Figure 1: The Left-hand panel contains the image and right-hand panel the reflectance spectrum of the interstellar comet 2I/Borisov, obtained by the 10.4m Gran Telescopio CANARIAS. This is the first time ever that a visible spectrum of an interstellar comet has been obtained.

A multiple ORM telescope collaboration results in the first ever chemical characterization of a non-Solar System comet.

Three low-resolution visible spectra of 300 seconds in the 4900-9200 Ångstrom wavelength range were obtained with the GTC, and the combined spectrum reveals that this object has a composition not unlike that found in Solar System comets. This research suggests that comets in other planetary systems can be similar to those of the Solar System and they may have been formed by processes similar

que destacar que el cometa fue observado a una distancia angular del Sol muy pequeña (la elongación solar era de 43,6 grados) lo que constituyó un reto para el GTC.

2I/Borisov es el segundo pequeño cuerpo interestelar que se haya hallado jamás, después de 1I/2017 U1 (‘Oumuamua). Por tanto, a diferencia del primer objeto de este tipo, Borisov apareció como un cometa, rodeado de una tenue atmósfera compuesta de partículas de polvo. Se usaron imágenes para obtener el tamaño y color de la coma mediante la inferencia de una ley de potencia de la distribución de

tamaños de las partículas de polvo habitual para los cometas del sistema solar. Los datos subsiguientes del WHT y el INT se combinaron para obtener la espectroscopia de 2I/Borisov el 20 de septiembre y el 2 y 3 de octubre. Gracias a los espectros se pudo detectar la molécula de cianuro (CN) a una longitud de onda de 388 nanómetros. También se buscaron, sin éxito, las señales de las bandas de OH, C₂ y C₃. Estas observaciones componen la primera caracterización química realizada jamás de un cometa no perteneciente al sistema solar (véase Figura 2). Los resultados fueron posteriormente confirmados por GTC y TNG.

Figura 2: La figura muestra espectros de 2I/Borisov obtenidos con el INT y el WHT. En ellos se puede ver una fuerte presencia de CN y la ausencia de moléculas C₂ y C₃. El panel inferior muestra espectros de dos cometas observados a distancias heliocéntricas similares a las de los datos de 2I/Borisov: 67P/Churyumov-Gerasimenko, cometa de la familia de Júpiter con ritmo de producción de CN similar al de 2I/Borisov, en el que no se detectó C₂ a esa distancia; y C/2013 US10 (Catalina), cometa de largo periodo y muy activo para el que se detectaron C₂ y C₃.

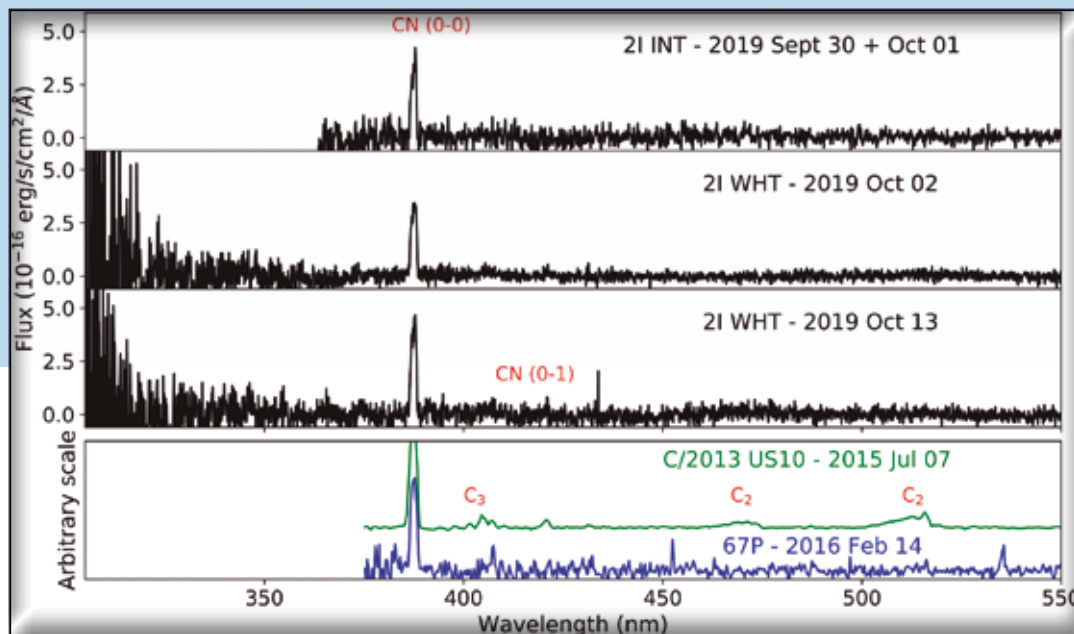


Figure 2: The figure shows spectra of 2I/Borisov obtained with the INT and with the WHT. They show a strong detection of CN, and no detection of the C₂ and C₃ molecules. The lowest panel shows spectra of 2 comets that were observed at heliocentric distances that are similar to those of the data obtained for 2I/Borisov: 67P/Churyumov-Gerasimenko, which is one of the Jupiter family of comets where the CN production is at a similar rate as in 2I/Borisov, where C₂ was not detected at this distance; and C/2013 US10 (Catalina), a long period comet that is very active where C₂ and C₃ were detected.

to those that led to the formation of the comets in the Solar System. The observation of the Comet at a very small angular distance from the Sun (the low solar elongation was only 43.6 degrees), was a major challenge for the GTC.

2I/Borisov is the second interstellar minor body ever found, after 1I/2017 U1 (‘Oumuamua). Hence, unlike the first such object, Borisov appeared as a comet, with a faint surrounding atmosphere of dust particles. Images were used to obtain size and colour of the coma by inferring a power-law dust particle size-distribution that is normal for Solar-system comets. Subsequent data from the WHT and the INT were

combined to obtain spectroscopy of 2I/Borisov on September 20 and October 2 and 3. The spectra led to the detection of the cyanide (CN) molecule, at the wavelength of 388 nanometres. Signatures of OH, C₂ and C₃ bands were searched for, without success. These observations amount to the first ever chemical characterization of a non-Solar System comet (see Figure 2) and they were also confirmed later by GTC and TNG.

Moreover, Comet 2I/Borisov was extensively followed up at the Isaac Newton Group of Telescopes during September, using ACAM and ISIS on the WHT, and IDS on the INT.



140 NUEVOS CÚMULOS DE GALAXIAS

ITP del CCI

El catálogo PSZ1 contiene 1227 fuentes seleccionadas mediante su señal Sunyaev-Zeldovich en los mapas de todo el cielo obtenidos durante los primeros 15,5 meses de la misión Planck. El programa ITP13-08, bajo el nombre «The Planck SZ galaxy clusters:

building a reference sample for cosmology» (Los cúmulos de galaxias SZ de Planck: elaborando una muestra de referencia para la cosmología), busca caracterizar las contrapartidas ópticas de los 212 candidatos a cúmulo del catálogo PSZ1 en el hemisferio norte ($\text{dec.} > -15^\circ$) con contrapartidas en cualquier longitud de onda desconocidas en el momento de la publicación del catálogo.

Halladas las contrapartidas ópticas de 140 nuevos cúmulos de galaxias con los Programas de Tiempo Internacional (ITP) del CCI.

Figura 1: Imagen RGB de PSZ1 G158.34-47.49, uno de los cúmulos descubiertos en el ITP13-8, ubicado a desplazamiento al rojo $z=0,311$ (espectroscópico). En la imagen puede apreciarse un arco gravitatorio. La imagen fotométrica se obtuvo con ACAM/WHT; los datos espectroscópicos, con DOLORES/TNG.



140 NEW GALAXY CLUSTERS

CCI - ITP

The optical counterparts for 140 new galaxy clusters have been found with CCI International Time Programs (ITP).

The PSZ1 catalogue contains 1227 sources selected by means of their Sunyaev-Zeldovich signature in the all-sky maps obtained during the first 15.5 months of the Planck mission. The ITP13-08 program, entitled "The Planck SZ galaxy clusters: building a reference sample for cosmology", aimed at characterising the

Figure 1: RGB image for PSZ1 G158.34-47.49, one of the cluster counterparts discovered with ITP13-8, located at redshift $z=0.311$ (spectroscopic). A gravitational arc is seen in the image. The photometry was obtained with ACAM/WHT, and spectroscopy with DOLORES/TNG.

optical counterparts of all the 212 cluster candidates of the PSZ1 catalogue in the northern hemisphere ($\text{Dec.} > -15^\circ$) with unknown counterparts at any wavelength at the time of the publication of the catalogue.

El programa abarcó cuatro semestres, de 2013B a 2015A, y combinó observaciones en WFC/INT, ACAM/WHT, DOLORES/TNG y OSIRIS/GTC. Uniéndolas a ITP anteriores, fue posible estudiar más de 250 objetos y se llegó a encontrar por primera vez las contrapartidas de 140 nuevos cúmulos de galaxias. El programa también proporcionó información espectroscópica para 126 de ellos y, en muchos casos, estimaciones de masa dinámicas. Los resultados principales del programa ya se han incluido en una serie de publicaciones, y actualmente se están preparando más resultados y artículos.

Además del valor evidente del legado de esta muestra para estudios de cúmulos de hasta $z=1$, nuestro objetivo final es extraer las implicaciones cosmológicas de esta muestra de cúmulos como método independiente para medir el contenido de

materia oscura del universo. Cabe esperar que la muestra final de este programa ITP, junto con la calibración de masas, proporcione una mejora significativa en el factor de mérito de σ_8 (amplitud de fluctuaciones), Ω_m (densidad de materia total) y Σm_ν (suma de masas de neutrinos) con respecto a los resultados ya publicados: $\sigma_8 (\Omega_m/0,27)^{0.3} = 0,764 \pm 0,025$ y $\Sigma m_\nu < 0,2 \text{ eV}$ a 95 % C.L., asumiendo que la desviación de la calibración de masas sea $1-b=0,8$.

Figura 2: Comparación de las restricciones del fondo cósmico (CMB) en el plano (Ω_m, σ_8) con las obtenidas a partir de la abundancia de cúmulos de galaxias. Los contornos verdes, azules y violetas nos indican las restricciones de tres calibraciones de masa previas (WtG, CCCP y efecto lente de CMB). Las restricciones de la señal CMB primordial de Planck se indican con las líneas negras punteadas, mientras que la región sombreada en gris incluye también las de BAO. Las líneas rojas son el análisis conjunto de la abundancia de cúmulos, CMB primordial y la señal de lente gravitatoria medida por Planck. (Imagen extraída de Planck Collaboration XXIV, 2016).

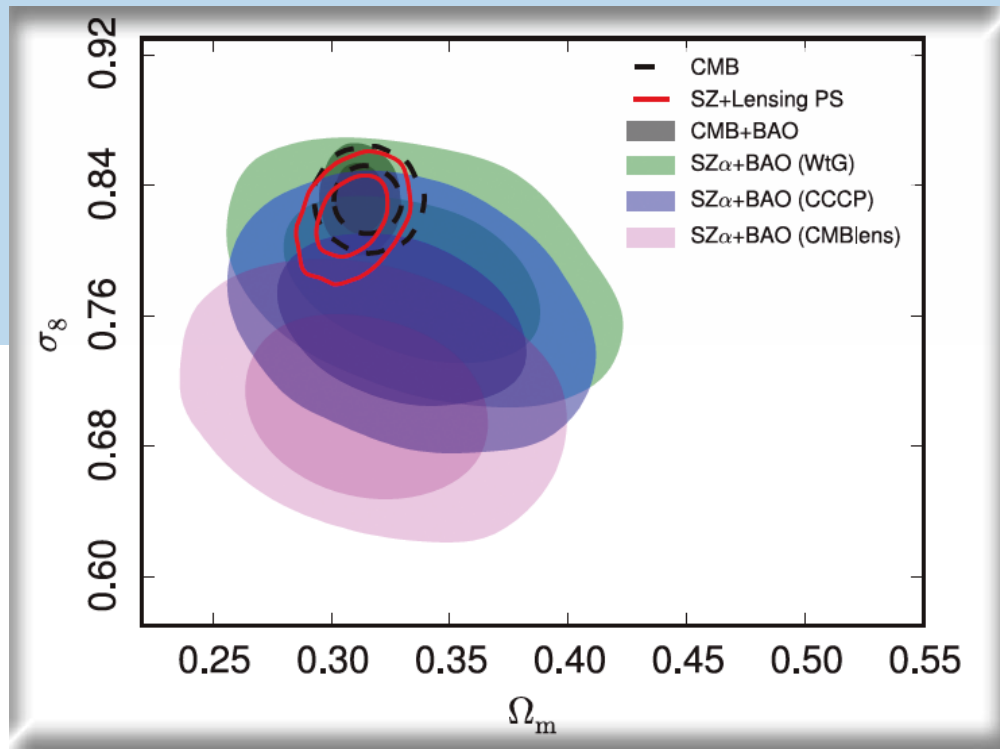


Figure 2. Comparison of constraints from the CMB to those from the cluster counts in the (Ω_m, σ_8) -plane. Green, blue and violet contours give the cluster constraints for three different priors on the mass calibration (WtG, CCCP and CMB lensing). Constraints from the Planck primary CMB are shown as the dashed black contours, and the grey shaded region also includes BAO. The red contours are the joint analysis of the cluster counts, primary CMB and the Planck lensing. (Extracted from Planck Collaboration XXIV, 2016).

This program covered four semesters from 2013B to 2015A, and combined observations in WFC/INT, ACAM/WHT, DOLORES/TNG and OSIRIS/GTC. By combining these with a previous ITP, it was possible to study more than 250 objects; finding for the first time the counterparts for 140 new galaxy clusters. For 126 of these, the program also provided spectroscopy information and, in multiple cases, dynamical mass estimates. The main results of the program have already been included in a series of publications with additional results and papers in preparation.

Apart from the clear legacy value of this sample for cluster studies up to $z=1$, our final goal is to extract the cosmological implications of this cluster sample, as an independent method to measure the dark

Figure 2. Comparison of constraints from the CMB to those from the cluster counts in the (Ω_m, σ_8) -plane. Green, blue and violet contours give the cluster constraints for three different priors on the mass calibration (WtG, CCCP and CMB lensing). Constraints from the Planck primary CMB are shown as the dashed black contours, and the grey shaded region also includes BAO. The red contours are the joint analysis of the cluster counts, primary CMB and the Planck lensing. (Extracted from Planck Collaboration XXIV, 2016).

matter content of the Universe. It can be expected that the final sample from this ITP programme, together with mass-calibration, will provide a significant improvement in the figure of merit of the σ_8 (amplitude of fluctuations), Ω_m (total matter density) and Σm_ν (sum of neutrino masses) with respect to the results already published: $\sigma_8 (\Omega_m/0.27)^{0.3} = 0.764 \pm 0.025$, and $\Sigma m_\nu < 0.2 \text{ eV}$ at 95% C.L., provided that the mass calibration bias is $1-b=0.8$.



DESCUBRIMIENTO DE UNA POSIBLE KILONOVA

GTC

La fuente transitoria AT2019wxt se observó en múltiples ocasiones con GTC. Esta fuente fue identificada como una posible contrapartida electromagnética al evento GW191213 del 18 de diciembre de 2019.

Muchos grupos, incluyendo el consorcio Electromagnetic counterparts of gravitational wave sources at the Very Large Telescope (ENGRAVE), llevaron a cabo observaciones espectroscópicas en el óptico. Por ese motivo, se decidió optar en su lugar por tomar un espectro en el infrarrojo cercano con EMIR en la siguiente noche. Cuando se anunció que la fuente era una supernova de tipo II_n, por la presencia de líneas anchas en el espectro óptico que se interpretaron como helio, muchos grupos perdieron interés en el objeto. No obstante, el helio puede ser un producto secundario del proceso de kilonovas en las fusiones de dos estrellas de

neutrones binarias o de una de estas con un agujero negro. La fuente fue considerada de interés como posible supernova y la colaboración PanSTARRS le hizo un seguimiento. Dado que el decaimiento en brillo en el óptico fue mucho más rápido que en ninguna supernova de tipo II_n y el hallazgo de una contrapartida en el infrarrojo cercano con el WHT, se inició una intensa campaña de seguimiento con GTC. Se obtuvieron espectros OSIRIS, pero no fue posible conseguir un espectro con EMIR posteriormente.

El decaimiento de la curva de luz óptica tardía se estudió mediante observaciones con OSIRIS usando los filtros r, i y z. También se estudiaron las propiedades del entorno de esta fuente transitoria peculiar con Megara, lo que dio como resultado una serie de observaciones con EMIR en las bandas J, HyKs (véase la Figura) que serán publicadas.



DISCOVERY OF A LIKELY KILONOVA

GTC

The transient source AT2019wxt was observed on multiple occasions with the GTC. This source was reported as a candidate electro-magnetic counterpart to the GW191213 event on Dec 18, 2019.

Many groups, including the Electromagnetic counterparts of gravitational wave sources at the Very Large Telescope consortium (ENGRAVE), took optical spectroscopic observations. Therefore, it was decided to opt instead for an EMIR near-infrared spectrum the following night.

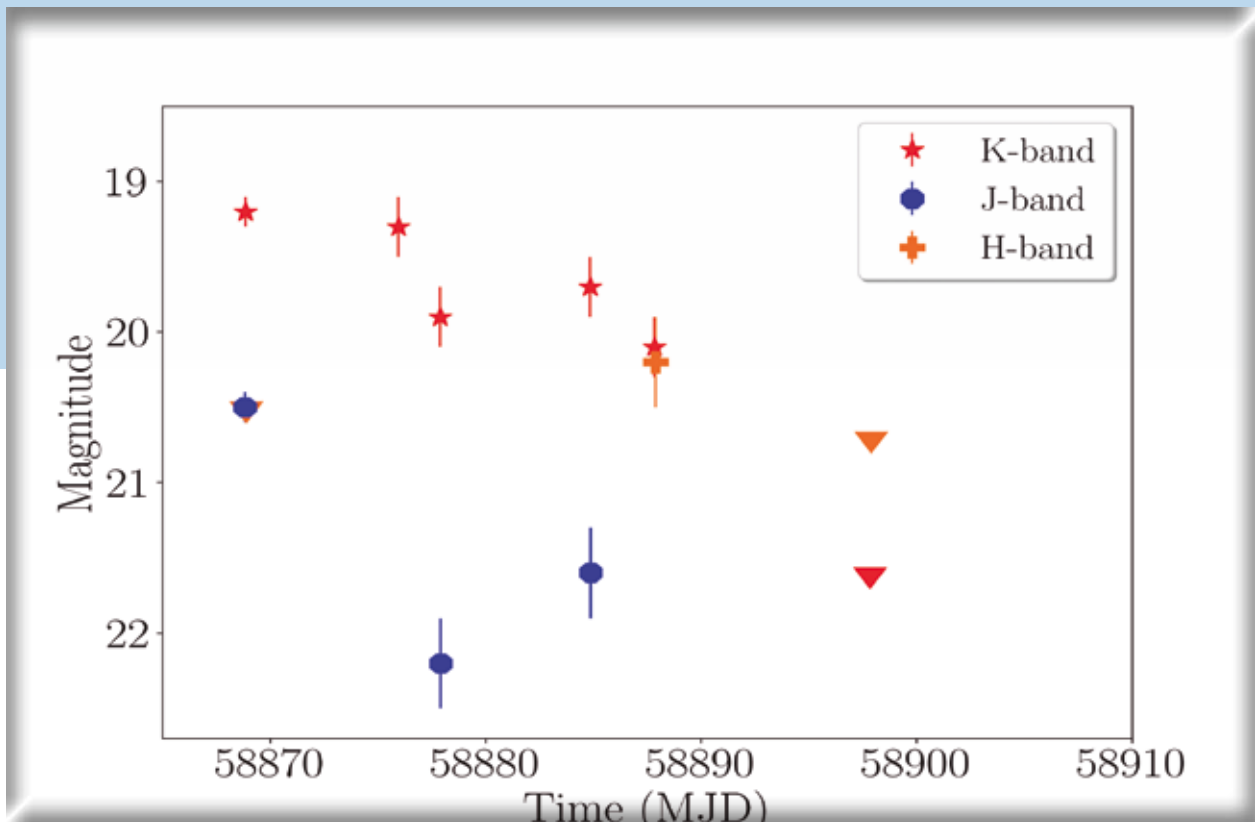
When it was announced that the source was a Type II_n supernova, as broad lines were present in the optical spectrum that were interpreted as Helium, many groups lost interest in this target. However, Helium can be a by-product of the kilonova process

in binary neutron star and black hole neutron star mergers. The source was considered interesting also as a potential supernova and it was followed by the PanSTARRS collaboration. As this source decayed in the optical much faster than any supernova Type II_n and because a near-infrared counterpart was found with the WHT, a dense follow-up campaign was started using GTC. OSIRIS spectrums were obtained but it was not possible to obtain later on an EMIR spectrum.

The optical late-time light curve decay was studied by carrying out OSIRIS imaging observations using the r, i, and z filters. In addition, the host environment properties of the peculiar transient were studied with Megara and this resulted in a series of EMIR J, H, and Ks observations (see Figure) and this data set will be published.

Programa ITP: «Seguimiento europeo coordinado de eventos ocasionados por ondas gravitatorias»

Monitorización en las bandas infrarrojas J, H y Ks de la candidata a kilonova identificada como AT2019wxt. La figura muestra el color rojo extremo de la fuente en momentos tardíos (el evento se tuvo lugar el 13 de diciembre de 2019, es decir, MJD 58836), y el acusado decaimiento que se evidencia en el profundo límite superior a la magnitud en la banda Ks durante las últimas épocas de observación. Las últimas épocas de observación de cada banda (que no se muestran aquí) se han usado como modelo de imagen de la galaxia (sin fuente transitoria) para permitir una sustracción clara de esta última y medir así con precisión la magnitud de la fuente.



ITP program: «Coordinated European follow-up of gravitational wave events»

NIR J, H, and Ks band monitoring of the kilonova candidate identified as AT2019wxt. It shows the extreme red colour of the source at late times (the event originated on December 13, 2019, i.e., MJD 58836), and the sharp decay as evidenced by the deep upper limit in the Ks band at the last epochs of observations. The very last epochs of observation in each band (not shown on this plot) have been used as a template (=transient free) image of the galaxy to allow a clear galaxy subtraction and thereby measure the source magnitude accurately.



TRÁNSITO DE MERCURIO

GREGOR Y VTT

Mercurio, visto en YouTube

El 11 de noviembre de 2019 Mercurio transitó frente al Sol. Estos tránsitos son muy inusuales; el próximo no tendrá lugar hasta el 2032. Desde un punto de vista científico, no son solo interesantes porque nos facilitan estudiar la exosfera de Mercurio, sino que también nos proporcionan información sobre las capacidades de nuestros instrumentos al permitirnos medir determinadas propiedades ópticas del telescopio. Las observaciones de GREGOR se transmitieron en vivo para el público y fueron vistas por miles de personas en YouTube.

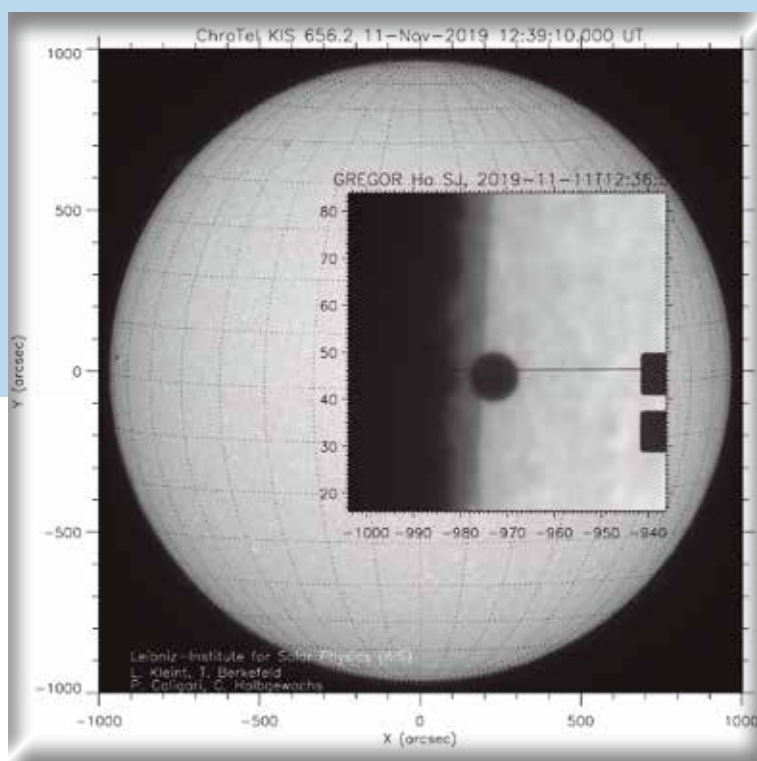


Figura 1: La fotografía muestra el Sol visto con ChroTel, un telescopio auxiliar instalado en el edificio de la VTT, en la línea H-alfa a 656 nm unos pocos minutos después del inicio del tránsito, con Mercurio visible justo en el limbo Este (izquierda). La longitud de onda de H-alfa muestra la cromosfera, una capa alta de la atmósfera solar, invisible a simple vista. El inserto muestra una imagen H-alfa de GREGOR. Mercurio está parcialmente delante de espículas solares, que son chorros de plasma que alcanzan alturas de hasta 10 000 km por encima del limbo solar. La línea horizontal indica la rendija de entrada del espectrógrafo GRIS, que registró espectros de helio y silicio.

Figure 1: The picture shows the full Sun taken by ChroTel, an auxiliary telescope at the VTT building, in the H-alpha line at 656 nm a few minutes after the transit started with Mercury visible just at the Eastern (left) limb. The H-alpha wavelength shows the chromosphere, a higher part of the solar atmosphere than what can be seen by the naked eye. The inset shows an H-alpha image from GREGOR. Mercury is partially in front of solar spicules, which are plasma jets that reach up to 10 000 km above the solar limb. The horizontal line shows the spectrograph slit of the GRIS instrument, which recorded spectra of Helium and Silicon.



MERCURY TRANSIT

GREGOR & VTT

Mercury on YouTube

On November 11 Mercury transited in front of the Sun. Such transits are quite rare and the next one will occur only in 2032. For scientists, these are not only scientifically interesting because they facilitate a study of Mercury's exosphere, but because they

also provide insight into our instrumental capabilities by making it possible to measure certain optical properties of the telescope. GREGOR's observations were transmitted live to the public and watched by thousands of people on YouTube.

Se llevó a cabo un programa de observación en colaboración con científicos de la Universidad de Boston para analizar trazas de sodio, helio y silicio en la extremadamente tenue atmósfera de Mercurio.

Esos tránsitos también permiten el estudio de lo que cabe esperar cuando se intenta medir las atmósferas de exoplanetas durante sus tránsitos frente a estrellas. Se obtuvieron más de 10 TB de datos, que se analizarán a lo largo de 2020.



Figura 2: Una imagen reconstruida del tránsito de Mercurio captada en GREGOR en una longitud de onda de 430 nm. Se aprecia la granulación solar junto a Mercurio, así como los pequeños elementos brillantes entre algunos gránulos.

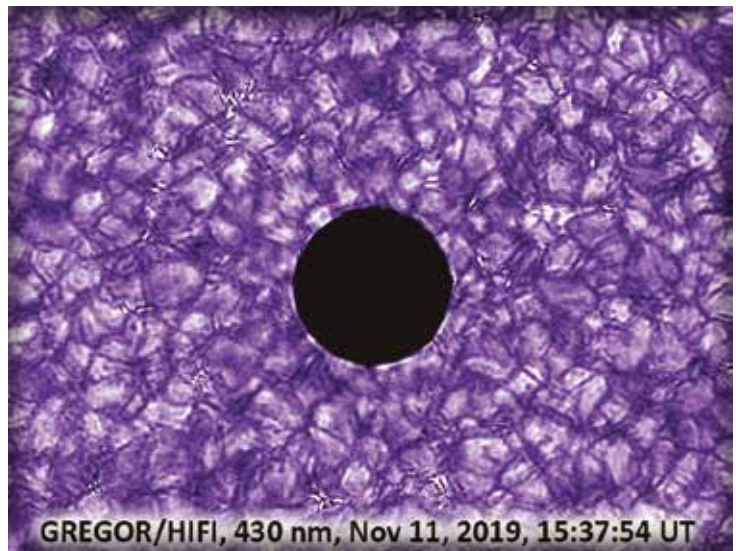


Figure 2: A reconstructed image of the Mercury transit taken at GREGOR in the wavelength of 430 nm. Next to Mercury, solar granulation is visible and the small bright elements between some granules.

An observing program was carried out in collaboration with scientists from Boston University to study traces of Sodium, Helium, and Silicon in Mercury's very thin atmosphere. Such transits also allow us to study what

to expect when attempting to measure atmospheres of exoplanets during their transits in front of stars. More than 10 TB of data were obtained, which will be analyzed during 2020.



CARACTERIZACIÓN DEL POLVO EXPULSADO POR EL ASTEROIDE ACTIVO GAULT

CST y otros

Las observaciones llevadas a cabo en diciembre de 2018 del asteroide (6478) Gault revelaron que contaba con una cola similar a la de un cometa. Por tanto, ha pasado a formar parte de la llamada población de asteroides activos en el cinturón de asteroides principal. Se han investigado las propiedades granulares del polvo eyectado del asteroide a fin de obtener información sobre los mecanismos de actividad usando un código Montecarlo para el brillo del polvo de la cola. Se busca así obtener los datos de eyección de polvo, las propiedades físicas de los granos y las pérdidas totales de masa de polvo en cada evento. El código toma en cuenta el brillo que aporta el propio asteroide. El modelo se aplica a un amplio conjunto de datos de imágenes obtenido con el Telescopio Carlos Sánchez (TCS) de 1,5 m, el GTC de 10,4 m y los Telescopios Pequeños para Planetas y Planetesimales en Tránsito (TRAPPIST por sus siglas en inglés) instalados en el norte y en el sur durante el período del 11 de enero de 2019 al 13 de marzo de 2019.

Los datos han revelado que, hasta la fecha de las observaciones, el asteroide (6478) Gault había experimentado dos episodios de eyección de polvo impulsiva, alrededor del 5 de noviembre de 2018 y del 2 de enero de 2019. Esos dos episodios liberaron al menos $1,4 \times 10^7$ kg y $1,6 \times 10^6$ kg de polvo respectivamente a velocidades de escape. La distribución de tamaños, compuesta por partículas de radios de un rango de $1\mu\text{m}$ –1 cm, sigue una ley de potencia rota con puntos de inflexión cerca de los $15\mu\text{m}$ y $870\mu\text{m}$. Por otro lado, la serie fotométrica indica una magnitud casi constante a lo largo de varios periodos de 5–7,3 h, lo que puede ser un posible efecto del polvo enmascarando una curva de luz rotacional. Esto permite concluir que las partículas de polvo que forman las colas del Gault se liberaron del asteroide a velocidades de escape, pero sigue sin estar claro cuál fue el mecanismo de eyección concreto. Tal vez la fotometría del asteroide sin polvo podría proporcionar pistas sobre si esto está relacionado con la destrucción rotacional o con otras posibles causas.



CHARACTERIZATION OF THE DUST EJECTED BY THE ACTIVE ASTEROID GAULT

CST & others

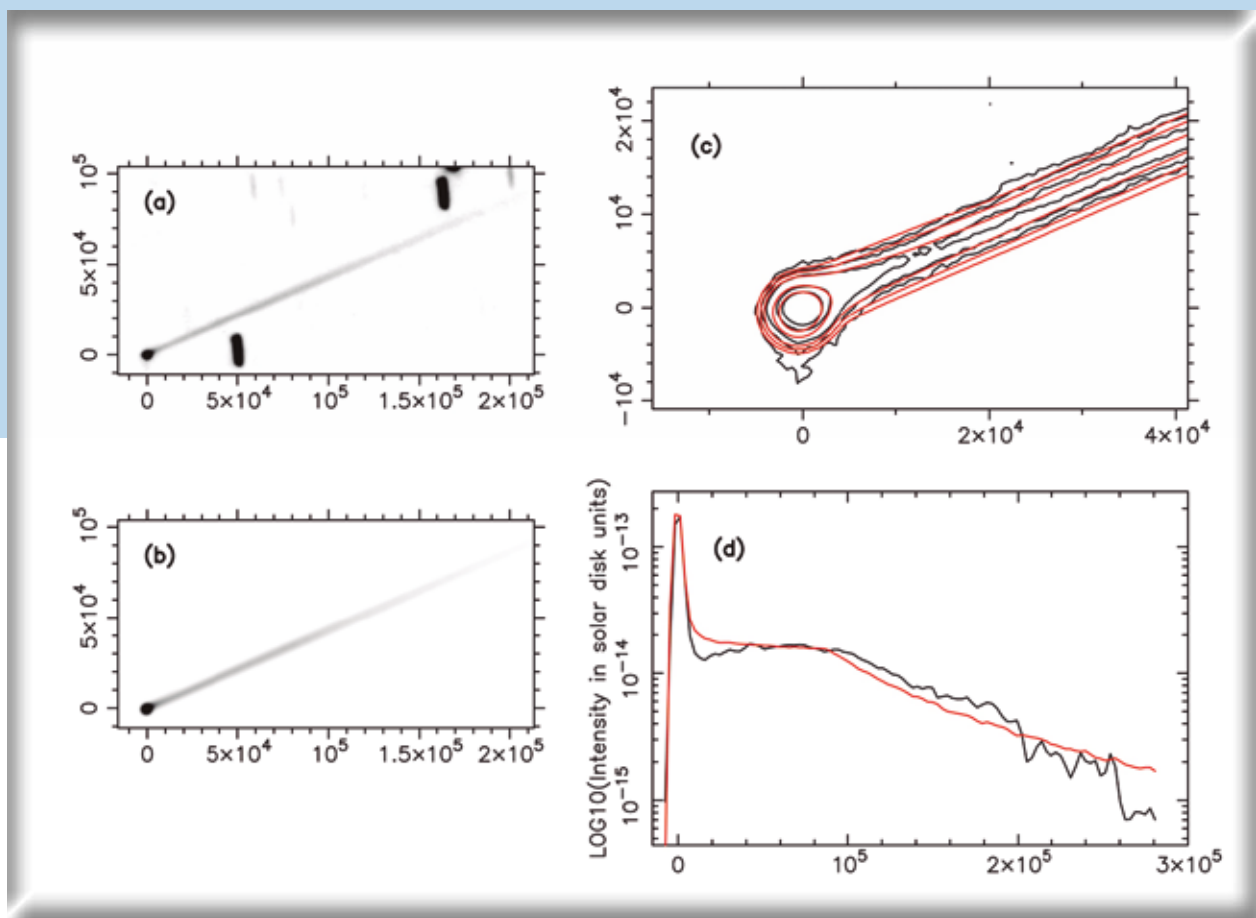
Observations carried out in December 2018 of Asteroid (6478) Gault revealed that it exhibits a comet-like tail. As such it has become a new member of the so-called active asteroid population in the main asteroid belt. The grain properties of the dust ejected from the asteroid have been investigated to obtain insight into the activity mechanism(s) using a Monte Carlo dust tail brightness code to retrieve the dates of dust ejection, the physical properties of the grains and the total dust mass losses during each event. The code takes into account the brightness contribution of the asteroid itself. The model is applied to a large data set of images obtained with the 1.5m Telescopio Carlos Sanchez (TCS), the 10.4m GTC and the Planets and Planetesimals Small Telescopes (TRAPPIST) North and South spanning the period from 2019 January 11 to 2019 March 13.

These have revealed that, up to the date of the observations, asteroid (6478) Gault has experienced two episodes of impulsive dust ejection, which took place around 2018 November 5 and 2019 January 2. These two episodes released at least 1.4×10^7 kg and 1.6×10^6 kg of dust, respectively, at escape speeds. The size distribution, consisting of particles in the $1\mu\text{m}$ –1 cm radius range, follows a broken power law with bending points near $15\mu\text{m}$ and $870\mu\text{m}$. On the other hand, the photometric series indicate a nearly constant magnitude over several 5–7.3 h periods, which is a possible effect of the masking of a rotational light curve by the dust. From this it can be concluded that the dust particles forming Gault's tails were released from the asteroid at escape speeds, but the specific ejection mechanism is still unclear. Perhaps photometry of the dust-free asteroid could provide an indication as to whether this was related to rotational disruption or to other possible causes.

Se ha mostrado que el asteroide (6478) Gault es un asteroide activo.

Resultados de la comparación con modelos de la imagen obtenida con el TCS el 11 de enero de 2019.

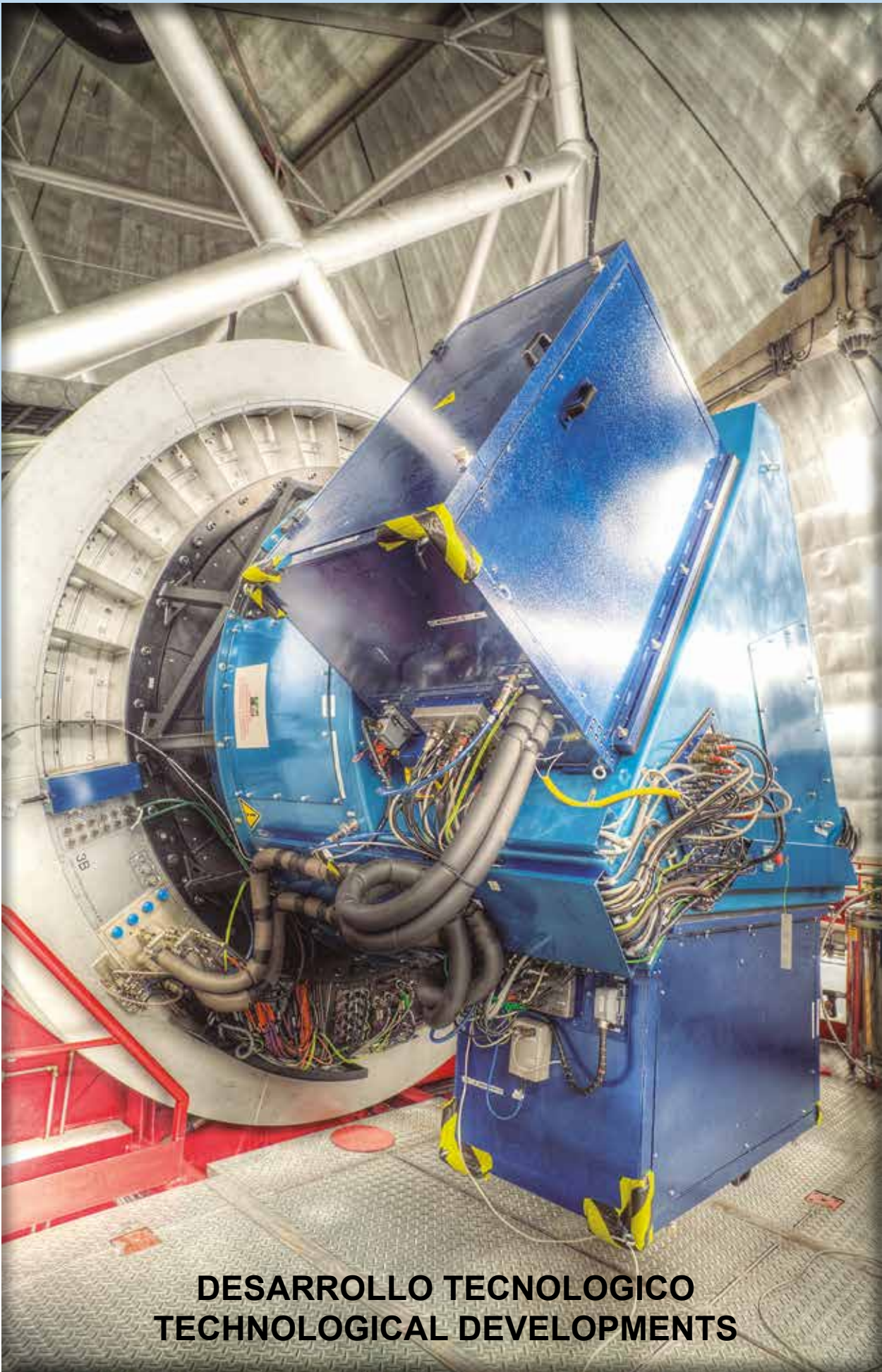
- Panel a: imagen observada.
- Panel b: imagen de un modelo con la misma escala de brillo que en el panel a.
- Panel c: campo isófoto cerca de la ubicación del asteroide (los bordes negros corresponden a la imagen y los rojos, al modelo).
- Panel d: comparación entre la intensidad observada a lo largo de la cola principal (línea negra) y el modelo (línea roja). Los ejes están graduados en km proyectados sobre el cielo a la distancia del asteroide. En los paneles a–c, el norte está arriba y el este, a la izquierda.



The Asteroid (6478) Gault “joins” the so-called active asteroid population.

Results of the model fit for the image obtained with TCS on 2019 January 11.

- Panel a: observed image.
- Panel b: model image, using the same brightness scale as in panel a.
- Panel c: isophote field near the asteroid location (observation in black contours and model in red contours).
- Panel d: comparison between the observed intensity along the main tail (black line) and the model (red line). Axes are labelled in km projected on the sky at the asteroid distance. In panels a–c, north is up, east to the left.



**DESARROLLO TECNOLÓGICO
TECHNOLOGICAL DEVELOPMENTS**



CanariCam en el GTC

CanariCam es la cámara multimodo en el infrarrojo medio (MIR por sus siglas en inglés) instalada en el Gran Telescopio CANARIAS (GTC) de 10,4 m. Fue diseñada y construida por la Universidad de Florida (UF) y proporciona a nuestra comunidad las capacidades únicas de captación de imágenes, espectroscopía y polarimetría trabajando en el límite de difracción del telescopio, o cerca de éste, en el rango de longitudes de onda de 7,5 a 25 micras. CanariCam estuvo funcionando desde 2012 en modo cola en una de las estaciones focales Nasmyth hasta el 2016, que fue puesta temporalmente fuera

Figura 1: Instrumento CanariCam en la estación focal Folded Cassegrain-E.



Figure 1: Canaricam instrument at the Folded Cassegrain-E focal station.

de servicio, siguiendo con lo previsto en el plan de instrumentación del GTC. Ahora, tras un proyecto conjunto de mejora iniciado a mediados de 2018 por parte del GTC y la UF, ha vuelto a reinstalarse y a ponerse en operación en un foco Folded-Cassegrain.

En septiembre se completó con éxito la puesta a punto del instrumento en su nueva estación focal (incluidos los componentes mejorados, así como una nueva cabeza fría y un nuevo controlador para el sistema de adquisición de datos) y las primeras observaciones científicas en el telescopio empezaron de inmediato. El instrumento mejorará las capacidades del GTC al producir resultados excelentes y únicos en el rango del infrarrojo medio, y estará en servicio hasta la llegada de MIRADAS, prevista para finales de 2020.

Figura 2: Algunos ejemplos de las primeras imágenes captadas por la CanariCam apuntando al cielo durante las pruebas llevadas a cabo con el instrumento en la nueva estación focal (derecha). Imagen de Urano a 24,5 micrones tomada durante una de las primeras observaciones científicas con la CanariCam (izquierda) con unas excelentes condiciones de visibilidad y PWV.

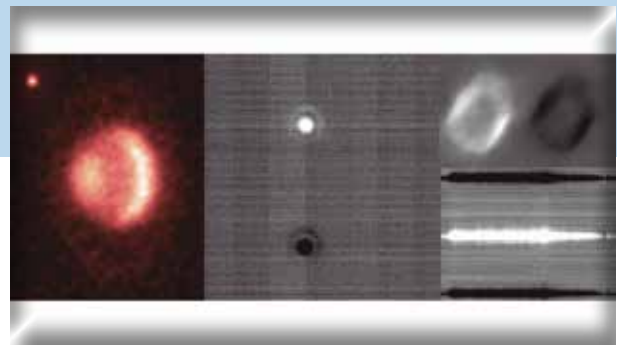


Figure 2: Some examples of first Canaricam images taken during the on-sky tests with the instrument at the new focal station (right). Uranus image at 24.5 microns taken during one of the first science runs with Canaricam (left), under excellent seeing and PWV conditions.



CanariCam at the GTC

CanariCam is the facility multi-mode mid-Infrared (MIR) camera on the 10.4-m Gran Telescopio CANARIAS (GTC). It was designed and built by the University of Florida (UF) and provides our community with imaging, spectroscopic and unique polarimetric capabilities at, or near, the diffraction limit of the telescope, in the 7.5 - 25 micron wavelength range. Since 2012, it had been operating in queue mode at one of the Nasmyth focal stations, until it was temporarily decommissioned in 2016, as per the GTC Instrumentation Plan. Now, following an upgrade project, started in mid-2018 as a joint effort

between the GTC and the UF, it has been reinstalled and recommissioned on a Folded-Cassegrain focus.

In September 2019, the commissioning of the instrument at its new focal station (including the upgraded components as both a new cold head and a new DAS controller) was successfully completed and the first scientific runs at the telescope were immediately started. The instrument will enhance the GTC capabilities by producing excellent and unique results in the MIR range, and it will be in operation until the arrival of MIRADAS, currently expected by the end of 2020.



HORuS en el GRAN TELESCOPIO CANARIAS

En marzo de 2019 se completó la puesta a punto del instrumento HORuS en el Gran Telescopio Canarias (GTC). Este espectrógrafo, que se muestra en la Figura 1, reutiliza la mayoría de los componentes ópticos de un antiguo instrumento, el Utrecht Echelle Spectrograph, en operación en el telescopio William Herschel en los años 90.

Las principales modificaciones realizadas para adaptarlo a GTC fueron la introducción de un espejo doblador, que reduce considerablemente el área ocupado por el instrumento, la renovación de los prismas de dispersión cruzada, que ahora se fabrican en piezas monolíticas gracias a los avances técnicos de los últimos años, y la incorporación de una nueva cámara CCD, con mayor sensibilidad y

área. HORuS se acopla a GTC con un haz de fibras microscópicas que permiten al instrumento compartir foco con OSIRIS, e incluso realizar observaciones simultáneas. HORuS proporciona observaciones que cubren todo el rango óptico (380-700 nm), de manera similar al de otros instrumentos de GTC como OSIRIS, pero con una resolución espectral diez veces mayor. La alta resolución espectral de HORuS permite medir la composición química de las estrellas y otros objetos con gran precisión.

Uno de los objetivos de HORuS es el estudio de exoplanetas. En los paneles de la izquierda de la Figura 2 se ven las observaciones para tres estrellas de tipo solar (incluyendo la luz solar -- skylight -- en el panel inferior), con una gran riqueza química. Tanto 55 Cnc como HD 189733 tienen planetas conocidos que transitan por delante de ellas. HORuS nos permite extraer información sobre la composición



Figura 1: Componentes ópticos de HORuS en la plataforma Nasmyth de GTC. En primer plano se puede apreciar la red de difracción, que dispersa la luz en colores. Al fondo a la derecha se encuentra la cámara y, debajo de la misma, los prismas de dispersión cruzada. Este instrumento reutiliza la mayoría de los componentes ópticos de un antiguo instrumento, el Utrecht Echelle Spectrograph.

Figure 1: Optical components of HORuS sitting on the Nasmyth platform at GTC. The diffraction grating, which breaks light into colours, can be seen at the forefront. Behind it, we can find the camera, and under it, the cross-dispersion prisms. This instrument reuses most of the optical components from an old instrument, the Utrecht Echelle Spectrograph.



HORuS at the GRAN TELESCOPIO CANARIAS

The commissioning of the High Optical Resolution Spectrograph instrument (HORuS) on the Gran Telescopio Canarias (GTC) was completed in March. This spectrograph, shown in Figure 1, reuses most of the optical components from an old instrument, the Utrecht Echelle Spectrograph, in operation on the William Herschel Telescope in the nineties.

The main modifications performed to adapt HORuS to GTC were the addition of a folding mirror reducing considerably the instrument footprint, the replacement of the cross-dispersion prisms by new ones built in monolithic blocks thanks to recent technical developments, and the adoption of a new CCD camera with higher sensitivity and a larger area. HORuS is coupled to GTC using a microscopic fibre bundle that allows the instrument to share the focal plane with OSIRIS, and enables simultaneous

observations. HORuS provides observations covering the entire optical range (380-800 nm), similar to other GTC instruments such as OSIRIS, but with a spectral resolution ten times sharper. The high spectral resolution makes it possible to measure the chemistry of stars and other objects with great precision.

One of HORuS' objectives is the study of exoplanets. The left-hand panels in Figure 2 show observations of three solar-type stars (including the solar light -- skylight -- in the bottom panel), with a high chemical richness. Both 55 Cnc and HD 189733 have planets that transit in front of them. HORuS allows us to extract information on the chemical composition of those planets from the comparison of observations taken before, during, and after the planetary transits. The bottom-right panel shows a hot star (Deneb,

de dichos planetas comparando observaciones obtenidas antes, durante y después de los tránsitos planetarios. En el panel inferior derecho se muestra una estrella caliente (Deneb, la estrella más brillante en la constelación del Cisne), en la que la ionización de átomos y moléculas borra la mayoría de las absorciones, excepto las producidas por átomos de hidrógeno.

Otro de los principales objetivos científicos de HORuS es estudiar las estrellas más primitivas de nuestra galaxia, la Vía Láctea. En el panel medio de la derecha de la Figura 2 se muestra G 64-12, una auténtica rareza, ligeramente más caliente que el Sol, pero con abundancias de elementos pesados miles de veces inferiores a las solares. Esta estrella se formó poco después del Big Bang, cuando el gas interestelar no contenía mucho más que hidrógeno y helio. En el panel superior derecho se muestra un caso aún más extremo, el de HE 1327-2326, con

abundancias de hierro y muchos otros elementos pesados cientos de miles de veces inferiores a los valores solares.

Antes de finalizar 2019 se enviaron los dos primeros artículos científicos con datos de HORuS, uno sobre el candidato a agujero negro masivo LP-1, y otro sobre el exoplaneta de 8 masas terrestres 55 Cnc e.

Figura 2: Ésta muestra la distribución espectral de la luz de varias estrellas observadas con HORuS y GTC. En los paneles de la izquierda se muestran el Sol (abajo), y dos estrellas de tipo solar (55 Cnc y HD 189733). Los patrones espectrales son similares, lo que revela que sus propiedades físicas y composiciones químicas también lo son. En el panel de abajo a la derecha se muestra el espectro de la estrella Deneb, 19 veces más masiva que el Sol. En los otros dos paneles de la derecha se muestran las estrellas primitivas G64-12 y HE 1327-2326, formadas muy temprano en la vida del universo. Estos patrones son equivalentes a las huellas dactilares de las estrellas, y nos dan información sobre su velocidad de desplazamiento, su rotación, temperatura y gravedad superficiales, así como su composición química.

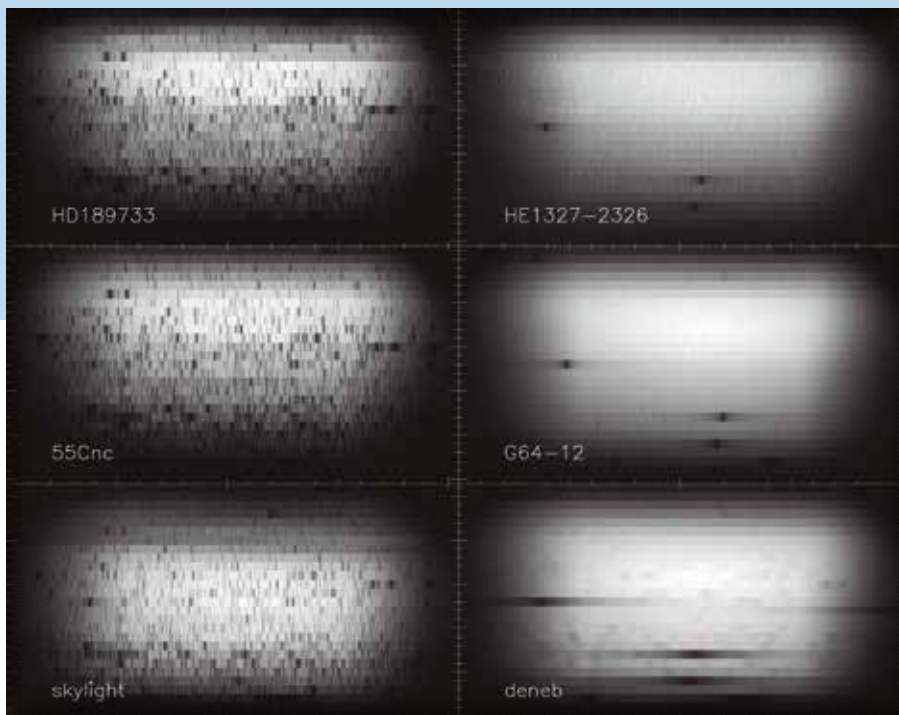


Figure 2: Spectral distribution of the light from various stars observed with HORuS and GTC. The left-hand panels show the sun (bottom) and two solar-type stars (55 Cnc and HD 189733). The bottom-right panel shows the spectrum of the star Deneb, 19 times more massive than the sun. The other two right-hand panels show the primitive stars G64-12 and HE 1327-

the brightest star in Cygnus), in which the ionization of atoms and molecules erases the majority of the absorptions, except for those produced by hydrogen.

Another of the main scientific objectives of HORuS is the study of the most primitive stars in our galaxy, the Milky Way. The middle-right panel of Figure 2 shows G 64-12, a true rarity, slightly warmer than the Sun, but with abundances of heavy elements thousands of times lower than the solar ones. This star was formed shortly after the Big Bang, when the interstellar gas had little more than hydrogen and helium. The top-right panel shows an even more extreme case, the star HE 1327-2326, abundances of iron and other heavy elements hundreds of thousands of times lower than solar.

2326. These patterns are equivalent to the fingerprints of the stars, and provide information on their speed, rotation, surface temperature and gravity, as well as their chemical composition.

Before the end of 2019, the first two scientific papers using data from HORuS were submitted, one about the massive black-hole candidate LP-1, and another about the 8 Earth-mass exoplanet 55 Cnc e.



LST1: EL PRIMER TELESCOPIO DE GRAN TAMAÑO DE CTAO-NORTE

Universidad de Tokio e IAC

Este año los trabajos con el primer telescopio de gran tamaño (LST1 por sus siglas en inglés) para el Observatorio norte de la Red de Telescopios Cherenkov (CTAO por sus siglas en inglés) ha progresado a ritmo constante en su puesta a punto para entrar en la fase de operación técnica. Los resultados actuales del proceso de puesta a punto han superado incluso los requisitos establecidos. Uno de los hitos dentro de este progreso ha sido la clara detección de la señal de la Nebulosa del

Cangrejo el 24 de noviembre, tan solo unos pocos minutos después de apuntar en esa dirección (véase Figura 1). Otro momento importante en el progreso del proyecto fue la Revisión Crítica de Diseño (CDR por sus siglas en inglés) del Observatorio CTA (CTAO), llevado a cabo en Múnich entre el 15 y el 17 de octubre de 2019, y en el que se determinó que no había ningún obstáculo que impidiera seguir adelante con lo previsto.

Figura 1: Señal de rayos gamma de la primera vez que se apuntó hacia la Nebulosa del Cangrejo, grabado por el telescopio LST1 el 24 de noviembre de 2019

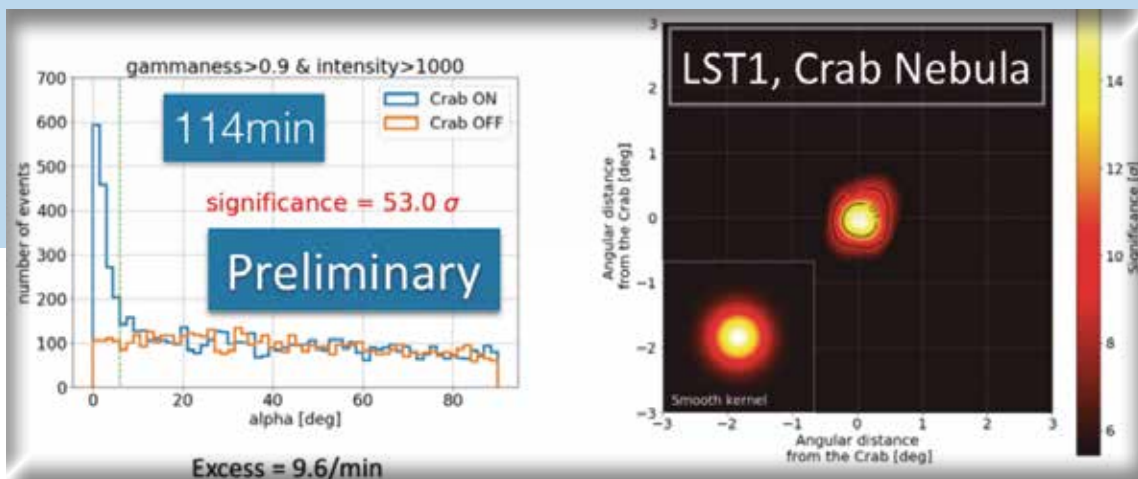


Figure 1: Gamma ray signal from the first pointing to the Crab Nebula recorded by the LST1 Telescope on Nov 24th 2019.



LST1: THE FIRST LARGE SIZE TELESCOPE OF CTAO-NORTH

University of Tokyo & IAC

This year the first Large Size Telescope (LST1) for the Cherenkov Telescope Array Observatory-North (CTAO) has been steadily progressing in its commissioning, towards engineering operation. Current commissioning results show performances even beyond requirements. A highlight in this progress has been the clear detection of the Crab Nebula signal on Nov 24th within just a few minutes after pointing in that direction (see Figure 1). Another important milestone for the project was the Critical Design Review (CDR) of the CTA Observatory

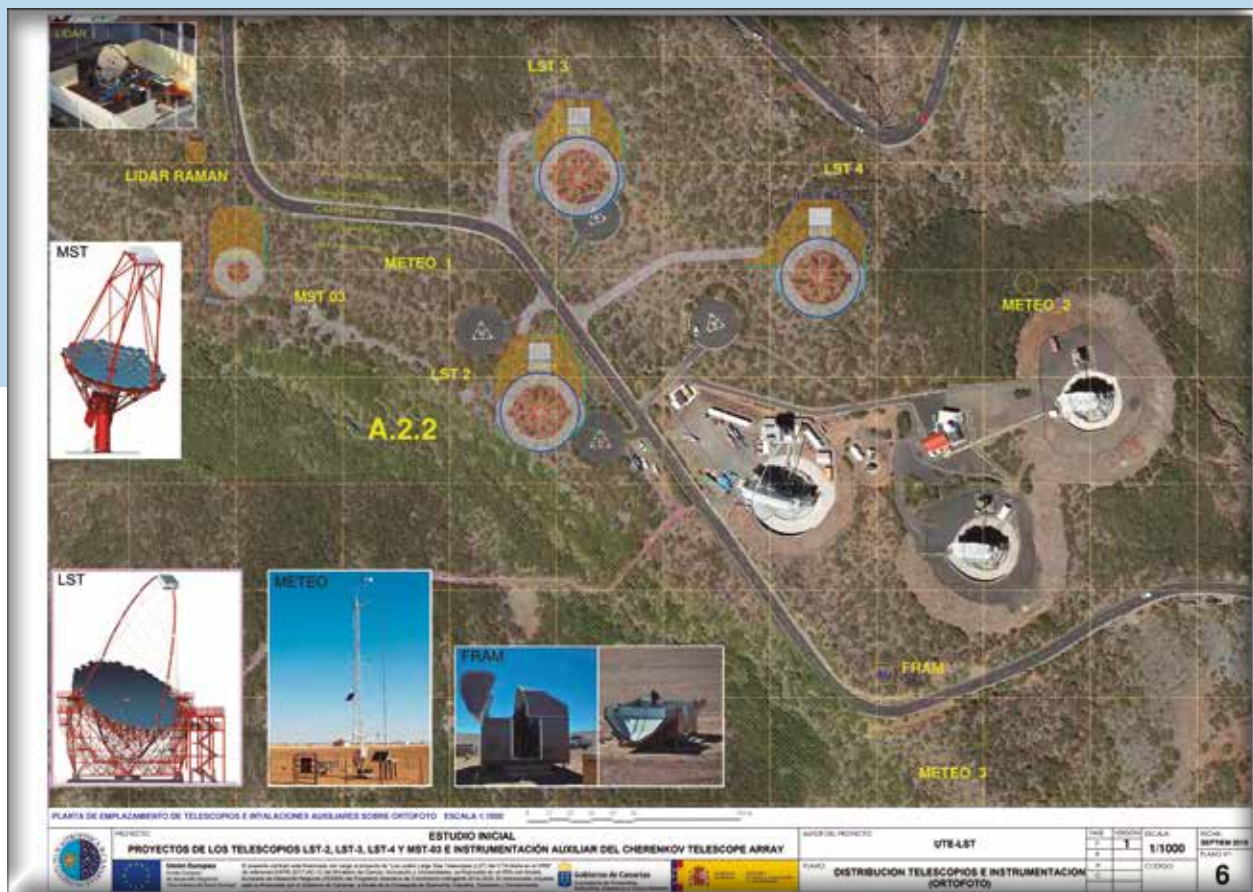
(CTAO) held in Munich in October 15th-17th 2019 where the outcome was that no showstoppers were found to go ahead as planned.

In parallel, the construction of the remaining three LSTs for CTA-North has also kept progressing, with some important large tendering completed (telescope mechanics and cameras), and the basic civil engineering plans have been submitted to start the construction approval process (see Figure 2).

Al mismo tiempo, la construcción de los otros tres LST de CTA-Norte ha seguido avanzando. Se han finalizado varias licitaciones importantes (mecánica del telescopio y cámaras) y se han presentado los planos de la obra civil de la infraestructura para iniciar el proceso de aprobación de la construcción (véase Figura 2).

Mientras tanto, la Colaboración LST también ha seguido creciendo con la incorporación de equipos de Suiza y nuevos equipos de Alemania, Francia y España, que se han sumado a los más de 200 científicos procedentes de estos once países: Brasil, Bulgaria, Croacia, Francia, Alemania, India, Italia, Japón, Polonia, España y Suecia.

Figura 2: Planos de la obra civil básica para la instalación de los cuatro LST de CTA-Norte, presentados para iniciar el proceso de aprobación de la construcción.



Meanwhile the LST Collaboration has also kept growing, with the incorporation of teams from Switzerland, and new teams from Germany, France and Spain, joining the team of over 200 scientists from eleven countries: Brazil, Bulgaria, Croatia, France, Germany, India, Italy, Japan, Poland, Spain and Sweden.

Figure 2: Basic civil engineering plans for the installation of the 4 LSTs of CTA-North, submitted to start the construction approval process.



QUIJOTE y otros experimentos de fondo cósmico en el Observatorio del Teide

QUIJOTE es un proyecto internacional dirigido por el IAC en colaboración con el Instituto de Física de Cantabria, el Departamento de Ingeniería de Comunicaciones (DICOM) de la Universidad de Cantabria y las universidades británicas de Manchester y Cambridge. Consiste en dos telescopios y tres instrumentos dedicados a observar la polarización del fondo cósmico de microondas (CMB por sus siglas en inglés) y sus contaminantes galácticos con el objetivo de caracterizar la época inflacionaria del universo primordial.

Entre 2012 y 2018 se acumuló un total de 26 000 horas de datos con el instrumento multifrecuencia

Figura 1: Mapas QUIJOTE-MFI en la posición de λ Orionis, a 11, 13, 17 y 19 GHz. El área de color rojo cerca del centro de los mapas corresponde a una región de tipo HII ionizada por la estrella O8 III λ Orionis. La señal medida en estas frecuencias está dominada por emisión anómala de microondas y también por emisión de tipo libre-libre.

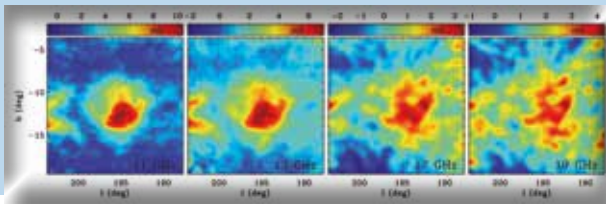


Figure 1: QUIJOTE-MFI maps at the position of λ Orionis, at 11, 13, 17 and 19 GHz. The extended red feature towards the centre of the maps corresponds to an HII shell, which is ionised by the O8 III star the λ Orionis. The signal at these frequencies is dominated by free-free and anomalous microwave emissions.



QUIJOTE and other CMB experiments at the Teide Observatory

QUIJOTE is an international joint project being led by the IAC in collaboration with the Physics Institute of Cantabria, the Communication Engineering Department (DICOM) at the University of Cantabria, and the British Universities of Manchester and Cambridge. It consists of 2 telescopes and 3 instruments dedicated to observe the polarization of the Cosmic Microwave Background (CMB) and its Galactic contaminants, with the goal to characterize the inflationary epoch of the primordial Universe.

Between 2012 and 2018 a total of 26,000 hours of data were collected with the QUIJOTE multi-frequency instrument (MFI), which have been used to produce maps of the full northern sky both in intensity and in polarisation at 11, 13, 17 and 19 GHz. During 2019 these maps have continued to be improved and analysed (better removal of RFI and atmospheric

(MFI por sus siglas en inglés) de QUIJOTE. Con ellos se han elaborado mapas de todo el cielo septentrional tanto en intensidad como en polarización a 11, 13, 17 y 19 GHz. Estos mapas han continuado siendo mejorados y analizados a lo largo de 2019 (mejor eliminación de interferencias de radiofrecuencia y emisiones atmosféricas, calibración más precisa). Recientemente han sido utilizados para realizar estudios de la emisión anómala de microondas (AME por sus siglas en inglés) en la región de Lambda Orionis, donde encontramos la primera detección de variaciones espectrales de la AME en una misma región (véase mapas de QUIJOTE abajo, en la Figura 1). Por otro lado, como resultado de la explotación científica de estos mapas, próximamente publicaremos una serie de artículos

Figura 2: El instrumento KISS instalado en el plano focal del telescopio 1 del QUIJOTE.



Figure 2: The KISS instrument mounted on the focal plane of the QUIJOTE telescope 1.

emission, more precise calibration). These maps were used to study the anomalous microwave emission (AME) in the Lambda Orionis region, where we found the first detection of AME spectral variations across a single region (see QUIJOTE maps in Figure 1). These results have resulted in a series of papers covering topics such as the characterisation of the spectrum of the diffuse Galactic synchrotron and AME in intensity and in polarisation. This information will be crucial to correct these emissions from higher-frequency data searching for the primordial B-mode signal from inflation, and will be improved thanks to the better sensitivity that will be provided by the MFI2 instrument, which will operate in the same frequency range and is currently being built.

Since November 2018 the QUIJOTE first telescope hosts the KISS instrument (see Figure 2), a spectrometer between 100 and 280 GHz dedicated to the characterisation of the Sunyaev-Zel'dovich

donde se presentarán resultados sobre temas como la caracterización de las emisiones galácticas difusas de tipo sincrotrón y AME tanto en intensidad como en polarización. Esta información será crucial a la hora de corregir estas emisiones contaminantes en datos de altas frecuencias que buscan la señal de modo B primordial de la inflación, y se mejorará gracias a la mejor sensibilidad del instrumento MFI2, que está siendo construido en estos momentos y operará en el mismo rango de frecuencias.

¡Un “KISS” para el “QUIJOTE!”

El primer telescopio de QUIJOTE alberga desde noviembre de 2018 el instrumento KISS (véase la Figura 2), un espectrómetro que opera entre 100 y 280 GHz y está dedicado a la caracterización del efecto Sunyaev-Zel’dovich en cúmulos de galaxias cercanos (Institut Néel, LPSC e IPAG de Grenoble, Francia). Este instrumento entró en servicio con éxito a lo largo del año pasado mediante observaciones

Figura 3: Mapa de Júpiter obtenido con el instrumento KISS durante su puesta a punto.

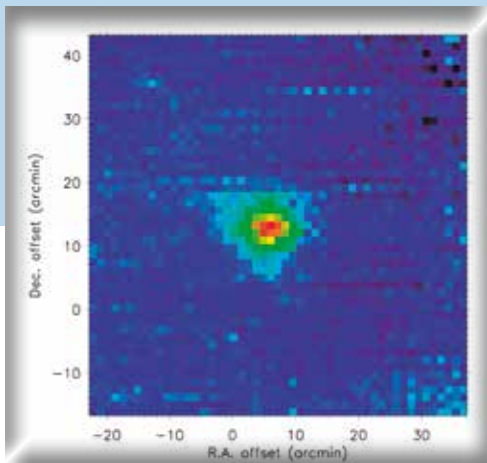


Figure 3: Map of Jupiter obtained with the KISS instrument during its commissioning.

effect in nearby galaxy clusters (Institut Néel, LPSC and IPAG of Grenoble, France). This instrument was successfully commissioned during the year through observations of several bright radio sources, including the Moon, Jupiter (see Figure 3), Venus and the Crab nebula.

A “KISS” for the “QUIJOTE!”

The IAC CMB group is also heavily involved in other CMB instruments and telescopes that are or will be installed at the Teide Observatory. GroundBIRD is a 50-cm telescope based on KIDs detectors at 150 and 220 GHz, with the goal to constrain the inflationary B-mode signal in the CMB polarisation (RIKEN and Kyoto University, Japan). The GroundBIRD telescope was installed at the Teide Observatory in September

de varias radiofuentes brillantes, como por ejemplo la Luna, Júpiter (véase la Figura 3), Venus y la Nebulosa del Cangrejo.

El grupo de fondo cósmico del IAC está también muy implicado en otros instrumentos y telescopios de fondo cósmico ya instalados o pendientes de instalar en el Observatorio del Teide. GroundBIRD es un telescopio de 50 cm basado en detectores KID a 150 y 220 GHz cuyo objetivo es medir o establecer cotas sobre la señal de modo B inflacionaria en la polarización del fondo cósmico (RIKEN y Universidad de Kioto, Japón). El telescopio GroundBIRD se instaló en el Observatorio del Teide en septiembre (véase la Figura 4) y desde entonces ha estado llevando a cabo observaciones de puesta a punto de la Luna y otras regiones celestes con un conjunto reducido de detectores, que serán sustituidos en 2020 por un conjunto de detectores mayor y con mejores características.

Figura 4: El telescopio GroundBIRD dentro de su cúpula en el Observatorio del Teide.



Figure 4: The GroundBIRD telescope inside its dome at the Teide Observatory.

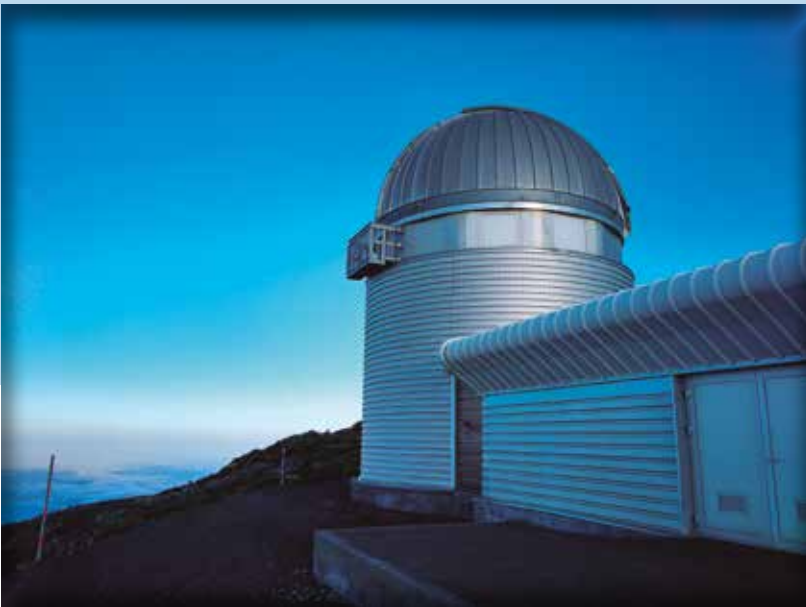
(see Figure 4), and since then it has been undergoing commissioning observations on the Moon and other sky regions with a reduced set of detectors that will be replaced by a larger and improved detector array during 2020.



Telescopio MERCATOR

Se ha instalado una nueva fibra científica en el espectrógrafo HERMES que se ha integrado en la reducción de datos. Este nuevo enlace de fibra solo comprende la fibra octogonal de alta resolución (HRF) entre el telescopio y el espectrógrafo. Esta se ha rebanado en dos para duplicar la resolución espectral. Para las observaciones de alta precisión de la velocidad radial, la fibra HRF puede entrelazarse con una fibra de referencia de longitud de onda (WRF) muy estrecha para obtener una exposición simultánea con una fuente de calibración de longitud de onda. A diferencia de la HRF, el haz de luz de la WRF no se rebana, sino

que es lo suficientemente pequeño para proporcionar la misma resolución que la HRF. El nuevo modo de observación está completamente integrado en la reducción de datos. Esta combinación de HRF+WRF hace un seguimiento continuo del desplazamiento del punto cero de la velocidad radial. No obstante, la WRF intercalada no permite la sustracción del fondo, por lo que los datos producidos siguen siendo un echelograma 2D. En este modo no está disponible un espectro 1D. También se optimizó el rendimiento de la nueva fibra: según las mediciones, esta mejorado un 10 % con respecto al de la antigua.



Se ha instalado un nuevo balcón en la cúpula del telescopio Mercator para facilitar los trabajos de mantenimiento.

A new balcony has been installed on the Mercator telescope dome, which will facilitate maintenance work.



MERCATOR Telescope

A new science fibre has been installed on the HERMES spectrograph and integrated into the pipeline. The new fibre link only comprises the high-resolution (HRF) octagonal sky fibre between telescope and spectrograph. It is sliced in 2 parts to double spectral resolution. For high-precision radial velocity observations, the HRF fibre can be interleaved with a very narrow Wavelength Reference fibre (WRF) for simultaneous exposure with a wavelength calibration source. Unlike the HRF, the WRF light path is not

sliced but it is sufficiently small to deliver the same resolution as the HRF. The new observing mode is fully integrated into the pipeline. This HRF+WRF combination continuously traces the shift of the radial velocity zero point. However, the interleaved WRF does not allow background subtraction and the data product remains a 2D echelogram. An extracted 1D spectrum is not provided in this mode. The new fibre was also optimised for throughput and we measure a throughput gain of 10% with respect to the old e link.



SONG

Durante este año, el telescopio Hertzsprung SONG operó día tras día de forma continuada y sin mayores interrupciones técnicas (<8%) en las observaciones. Asimismo, se prosiguió con las observaciones diarias complementarias del Sol usando un seguidor solar dedicado (Figura 1) y fibra óptica ("Solar-SONG"), conformando un nuevo "Programa Sinóptico" tras la intensa campaña de observación de 57 días en el

verano de 2018 con casi 700,000 espectros solares diurnos. Estos fueron analizados y publicados por el grupo SONG proporcionando valores de referencia solar para inferencias astrosismológicas utilizando exactamente la misma técnica de observación para el Sol que la que se utiliza para las observaciones estelares.

Seguidor solar con el conjunto de fibra óptica utilizado para alimentar con luz solar directa el espectrógrafo SONG. La cúpula y el contenedor SONG, donde se encuentran respectivamente el telescopio y el espectrógrafo, se pueden apreciar al fondo.



SONG

During the year the Hertzsprung SONG telescope continued its smooth operation with only a few (< 8%) technical interruptions to its observing programme. Complementary daily observations of the Sun using a dedicated solar tracker (Figure 1) and optical fibre were streamlined as a long-term continuation of an intensive 57-day observing campaign in the summer of 2018 with nearly 700.000 daytime solar spectra. These were analysed by the SONG group in order to provide a solar reference for asteroseismic inferences using exactly the same observing technique for the Sun as is used during the nighttime for stellar observations.

Solar Tracker with the attached optical fibre assembly used to feed sunlight to the SONG spectrograph. The dome and the SONG container -where the telescope and the spectrograph are respectively located- can be seen in the background.



Primera luz para CARO @ OGS

La óptica receptora adaptativa Cassegrain (CARO por sus siglas en inglés) se instaló, alineó y comprobó en el telescopio Zeiss de 1 metro de la estación óptica terrestre (OGS por sus siglas en inglés) de la ESA antes de finales del año pasado (véase figura 1). La puesta a punto final del sistema CARO está prevista para mayo de 2020.

El sistema CARO es obra de la empresa suiza Synopta GmbH, que ya había dotado al T-AOGS (un contenedor ubicado durante muchos años en el aparcamiento de la OGS) de un sistema de óptica adaptativa. CARO se usa para recibir señales de comunicaciones ópticas de satélites del Sistema

Figura 1: CARO montado en el OGS



Figure 1: CARO attached to the OGS.



First light for CARO @ OGS

Before the end of the year the Cassegrain Adaptive Receiver Optics (CARO) had been installed, aligned and tested at the 1 meter Zeiss telescope of ESA's optical ground station (OGS) see Figure 1. Final commissioning of the CARO system is scheduled for May 2020.

The CARO system is developed by the Swiss company Synopta GmbH who already equipped the T-AOGS (a container that was placed for many years on the parking lot of the OGS) with an adaptive optics system. CARO is used to receive optical communication signals from satellites of the European Data Relay System (EDRS) and couple the received light into a single mode fibre. It can change over between two wavelength ranges (1064nm and 1550nm) by the push of a button.

Europeo de Retransmisión de Datos (EDRS por sus siglas en inglés) y acoplar la luz recibida en una fibra monomodo. Puede conmutar entre dos longitudes de onda (1064nm y 1550nm) con solo pulsar un botón.

CARO usa un espejo deformable (ALPAO) con 468 actuadores y un sensor de frente de onda Shack-Hartmann, y es capaz de corregir 303 modos en la apertura de 1 metro. Opera a partir de un parámetro Fried $> 5\text{cm}$ y cuenta con un sistema de autocalibración automática con fuentes de luz internas. Sus pérdidas por inserción son de unos 7 dB y la cadencia es de 1 – 5 kHz. En las imágenes adjuntas se muestra el sistema CARO montado en el telescopio, su diagrama y los componentes ópticos instalados dentro de su caja.

Figura 2: Diagrama de CARO

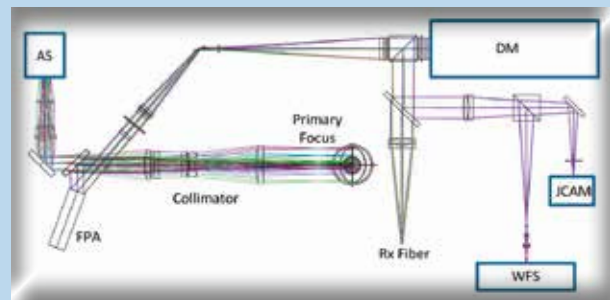


Figure 2: The CARO schematics

Figura 3: Los componentes ópticos dentro de la caja de CARO



Figure 3: The optical components inside the CARO box

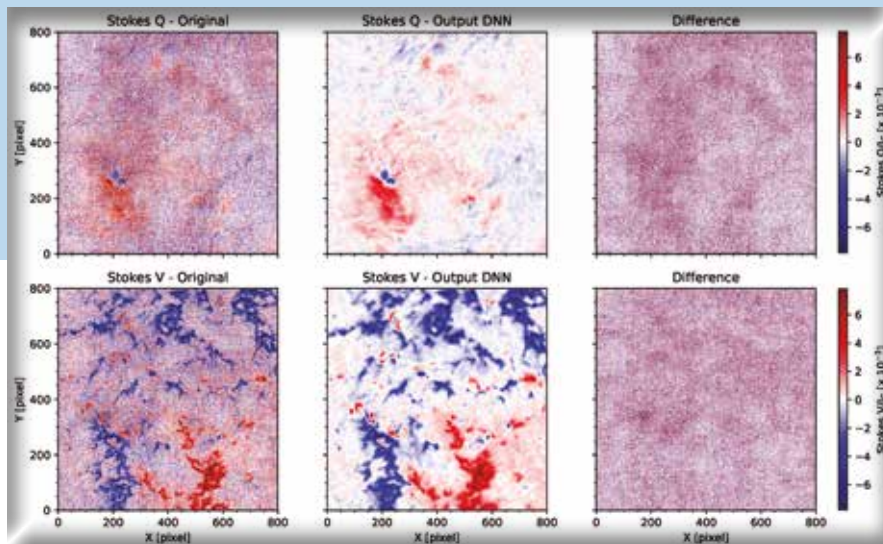
CARO uses a deformable mirror (ALPAO) with 468 actuators, a Shack-Hartmann wave-front sensor and can correct 303 modes in the 1 meter aperture. It operates from a Fried parameter $> 5\text{ cm}$ and has an automatic self calibration with internal light sources included. Its insertion loss is about 7 dB and the frame rate is 1 – 5 kHz. The pictures attached show CARO attached to the telescope, the CARO schematics and the optical components inside the CARO box.



REDUCCIÓN DE RUIDO EN IMÁGENES SOLARES CON REDES NEURONALES CONVOLUCIONALES

SST

La presencia de campos magnéticos en la cromosfera juega un papel importante en la evolución del plasma de esta capa. Estos campos se pueden inferir analizando observaciones polarimétricas de líneas espectrales. Sin embargo, las señales polarimétricas generadas por los campos magnéticos cromosféricos son particularmente débiles, y en la mayoría de los casos muy cercanas al límite de detección de nuestra instrumentación actual. Por esta razón, sólo unos pocos estudios observacionales han reconstruido con éxito el campo magnético en la cromosfera. Tradicionalmente, la relación señal-ruido de las observaciones se ha mejorado realizando promedios temporales o espaciales, pero en ambos casos se pierde parte de la información.



Mejora de señales polarimétricas típicas obtenidas con el Telescopio Solar Sueco de 1 metro (SST). La red neuronal se ha aplicado a una imagen monocromática de la línea Call 8542 í... de Stokes Q (primera fila) y Stokes V (segunda fila). De izquierda a derecha aparecen las imágenes originales, la reconstrucción de la red y la diferencia entre ambas para asegurarnos de no eliminar información importante.

Improvement of typical polarimetric signals obtained with the Swedish 1-meter Solar Telescope. The neural network has been applied to a monochromatic image of the Call 8542 í... line in Stokes Q (first row) and Stokes V (second row). From left to right: raw images, the output of the network and the difference to ensure we do not remove important information.



SOLAR IMAGE DENOISING WITH CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORKS

SST

The presence of magnetic fields in the chromosphere play a significant role on the plasma dynamics of that layer. These fields can be inferred by analysing polarimetric observations of spectral lines. The polarimetric signals induced by chromospheric magnetic fields are, however, particularly weak, and in most cases very close to the detection limit of our current instrumentation. For this reason only few observational studies have successfully reconstructed the magnetic field vector in the

chromosphere. Traditionally, the signal-to-noise ratio of observations have been improved by performing time-averages or spatial averages, but in both cases, some information is lost.

Inspired by the ability of modern neural networks to detect patterns, we have developed one specific network designed to exploit spatial coherences in solar observations and recover weak signals under a complex noise corruption. The training of the network is carried out without an a priori knowledge of the clean signals, or even a statistical characterization of the noise or any other corruption. A systematic learning process in which nearly simultaneous observations are compared permits the network to differentiate the noise and the solar signals.



PIRATE Y COAST

Los observatorios OpenScience de la OU

PIRATE proporcionó un amplio conjunto de datos para el estudio de la notable fuente de microlente binaria Gaia 16aye dentro de la campaña de seguimiento de 45 alertas científicas Gaia. Entre los proyectos de investigación en marcha se encuentra la monitorización de los exoplanetas en tránsito WASP-12b, WASP-52b (Figura 1) y HAT-P-23b con el fin de estudiar la actividad fuera de tránsito y las variaciones durante el tránsito en sí.

PIRATE y COAST operaron continuamente de forma autónoma a lo largo del año. Eso facilitó la integración del PIRATE con control a tiempo real en el segundo y tercer año del plan de estudios de grado de la Open University (OU) y en modo de cola en el Máster en Ciencia y Tecnología Espacial de esta universidad. Además, la OU ha puesto en marcha un curso abierto certificado gratuito de nivel introductorio: Astronomy with an online telescope (astronomía con un telescopio en línea). (Figura 2) <https://www.open.edu/openlearn/science-maths-technology/astronomy/astronomy-online-telescope/content-section-overview>

COAST sobre el mar de nubes.



COAST above the sea of clouds.



PIRATE & COAST

The OU OpenScience Observatories

As a part of the follow-up campaign of 45 Gaia Science alerts, PIRATE contributed a large data set to the study of the remarkable binary microlensing source Gaia 16aye. Ongoing research projects include the long-term monitoring of transiting exoplanets WASP-12b, WASP-52b (Figure 1) and HAT-P-23b, to study out-of-transit activity and variations in the transit itself.

PIRATE and COAST maintained continuous autonomous operations throughout the year. This has facilitated PIRATE's deployment with real-time

control in the 2nd and 3rd year Open University (OU) undergraduate curriculum, and in queue-scheduled mode in the OU's MSc in Space Science and Technology.

Moreover the OU has launched a free introductory-level Badged Open Course Astronomy with an online telescope, which provides free public access to COAST. (Figure 2)

<https://www.open.edu/openlearn/science-mathstechnology/astronomy/astronomy-online-telescope/content-section-overview>

Este proporciona acceso público gratis al COAST. El curso se desarrolla a lo largo de ocho semanas, con tres horas de estudio por semana, y sirve para complementar los cursos de Astronomía del plan de estudios para la obtención del Certificado General de Educación Secundaria del Reino Unido, aunque cualquiera puede cursarlo, en cualquier momento, a su ritmo y desde cualquier lugar.

Las mejoras de hardware y software incrementaron la precisión del cálculo de tiempos del PIRATE y el COAST hasta los milisegundos, permitiendo así a estas instalaciones contribuir en actividades dentro del área de vigilancia y sensibilización espacial. Recientemente se les ha añadido la capacidad de seguir asteroides.

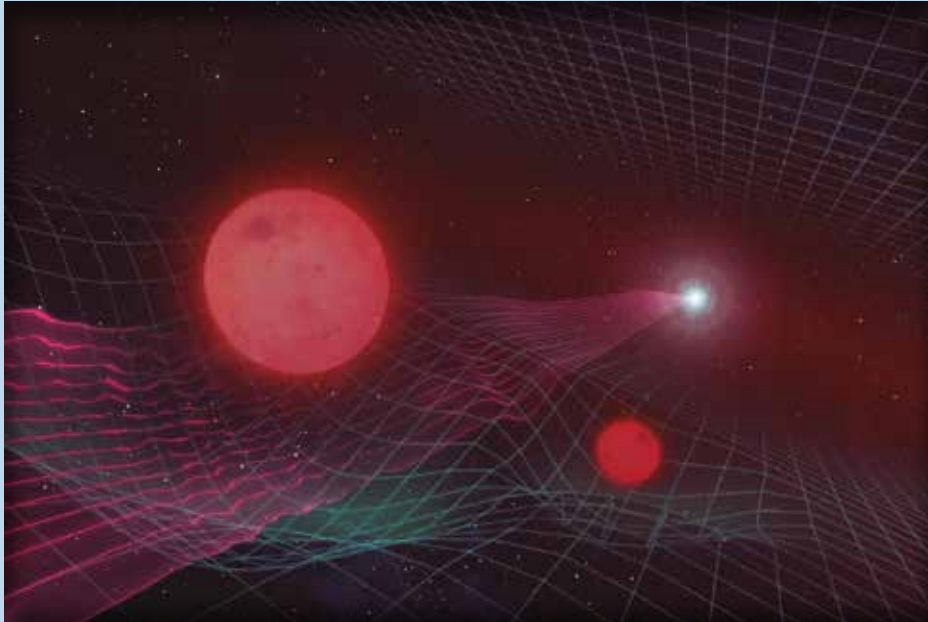


Figura 1: la imagen de microlente binaria de Gaia 16aye.

Figure 1: the Gaia 16aye binary microlensing image.

Figura 2: Plegado por fases de cinco tránsitos completos de WASP-52b con PIRATE (filtro Rc). Un binning de 3 minutos (puntos rojos) obtiene un RMS medio fuera de tránsito de 575 ppm. Es un resultado excelente en comparación con las mediciones de WASP-52b llevadas a cabo con, por ejemplo, el telescopio de 1,54 m DK con residuos de RMS fuera de tránsito de 594 ppm

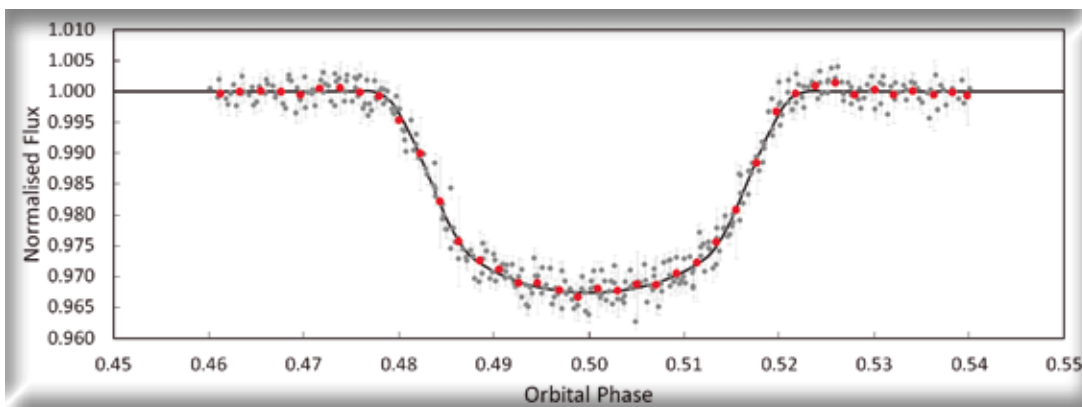


Figure 2: Phase fold of five complete transits of WASP-52b with PIRATE (Rc filter). 3-minute binning (red dots) achieves an average out-of-transit RMS of 575ppm. This compares excellently with measurements of WASP-52b made e.g. with the 1.54m DK telescope with out-of-transit RMS residuals for individual transits of 594ppm.

The course comprises 8 study weeks with 3 hrs study per week and is suitable to complement GCSE Astronomy courses in the UK secondary school curriculum, but can be studied by anyone, at any time, at any pace, from anywhere.

Hardware and software upgrades improved the timing precision of PIRATE and COAST to milliseconds, allowing the facilities to contribute to activities in the Space Surveillance and Awareness domain. Very recently the ability to track asteroids has been implemented.



THEMIS

El telescopio solar THEMIS ha sido objeto de una significativa renovación entre 2016 y 2019. La dirección de los trabajos corrió a cargo del equipo THEMIS local con la ayuda de varios institutos franceses (véase Figura 1).

La mejora era necesaria para mantener la competitividad con respecto a instrumentos espaciales como Hinode y otros magníficos instrumentos solares instalados en los Observatorios de Canarias. Los cambios incluyen una óptica

adaptativa para proporcionar mejor calidad de espectropolarimetría y captación de imágenes de banda ancha simultáneas, y también la sustitución de toda la senda óptica entre el espejo primario y la entrada del espectrógrafo. El resultado será un nuevo esquema de análisis polarimétrico compatible con esta óptica adaptativa y una solución para los problemas anteriores de barrido del campo. Para finales de año se había completado el 90 % de la renovación y fue posible llevar a cabo una breve campaña de observación en condiciones limitadas durante 2019 (habrá otras oportunidades con restricciones similares a lo largo de 2020).

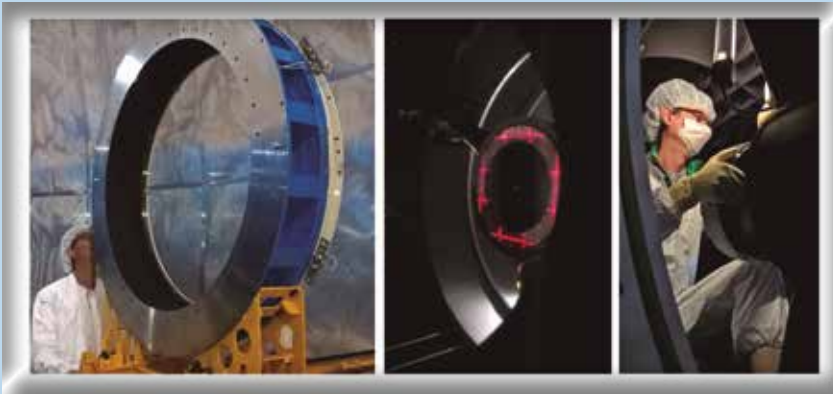


Figura 1: El equipo THEMIS local cambiando y realineando el espejo secundario del telescopio.

Figure 1: The THEMIS local crew changing and realigning the secondary mirror of the telescope.

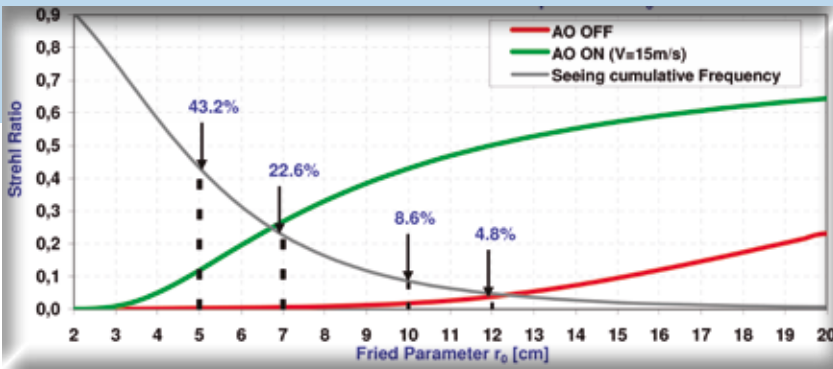


Figura 2: El cociente de Strehl predicho de la óptica adaptativa THEMIS frente al parámetro de Fried r_0 (cuanto más alto, mejor), comparado con la función de densidad de probabilidad de la observación. Los porcentajes son la suma parcial de la curva gris e indican la fracción de tiempo en el que se produce el valor de observación.

Figure 2: THEMIS AO predicted Strehl ratio vs. Fried parameter r_0 (higher is better), compared to the probability density function of the seeing. Percentages are the partial sum of the gray curve and indicate the fraction of time that the seeing value occurs.



THEMIS

From 2016 to 2019, the THEMIS solar telescope has been undergoing a very significant refurbishment. This has been led by the local THEMIS team with the help of several French Institutes (see Figure 1). The demand for this up-grade is the need to stay competitive with space instruments like Hinode and the other excellent solar instruments at the Observatorios de Canarias. The changes will include adaptive optics (AO), to provide higher quality for simultaneous spectropolarimetry and broad band imaging, and also the replacement of all the optical path between the primary mirror and the spectrograph entrance. The result will be a new polarimetric analysis scheme compatible with this AO as well as a solution to the historical field scanning issues. By the end of the year, 90% of the refurbishing

had been completed and a short observing campaign in limited conditions was possible during 2019 (there will be further opportunities with similar restrictions during 2020).

Our AO system uses a voice-coil actuated deformable mirror of 97 electrodes, with a maximum stroke of 30 microns (or 60 lambdas) which allows correcting for both the tip-tilt and the higher orders of the wave front deformations. It is driven by a Shack-Hartmann sensor running at 1.2 kHz. An 'unstable' working point for AO is for an atmospheric quality parameter value of $r_0=4.7$ cm (50% of the time), allowing for short term operations (e.g. imaging) and a stable working point for an r_0 parameter above 7 cm (about 23% of the time). Currently, the AO loop closes easily on a pinhole target, and the solar wavefront sensing part is under tests: we expect to hook up the system on

Nuestro sistema de óptica adaptativa usa un único espejo deformable de 97 electrodos con un recorrido máximo de 30 micras (equivalente a 60 λ) que permite corregir a la vez la inclinación y las órdenes superiores de los desperfectos del frente de onda. Se controla mediante un sensor Shack-Hartmann funcionando a 1,2 kHz. Un punto de trabajo «inestable» para la óptica adaptativa equivale a un criterio de calidad atmosférica de $r_0=4,7$ cm (50 % del tiempo), que permite operaciones a corto plazo (por ejemplo, captación de imágenes), mientras que el punto de trabajo estable equivale a un valor del parámetro r_0 por encima de 7 cm (aproximadamente el 23 % del tiempo). En estos momentos, el bucle de la óptica adaptativa se cierra fácilmente usando un objeto puntual y se está poniendo a prueba el sensor de frente de onda solar. Esperamos usar el sistema sobre la granulación solar con un contraste de tan solo el 3 %. Un aspecto secundario, pero valioso, es el uso de esta óptica adaptativa para

estudiar Mercurio, que cuenta con el tamaño angular y magnitud correctos para encajar en nuestro sensor de frente de onda.

El nuevo análisis polarimétrico es de campo abierto, lo que lo hace mucho más compatible con la óptica adaptativa (el diseño anterior tenía una máscara de entrada que creaba franjas de campo estrechas). Se basa en originales conceptos de «antiselector» y «colapsador cuántico», ambos situados en el foco principal. Este nuevo esquema requiere atención extra para evitar la contaminación de la polarización solar y precisó un considerable trabajo de modelado de la matriz de Mueller de todo el telescopio. Se está avanzando a buen ritmo, por lo que se espera que la «nueva polarimetría multilínea» vea la primera luz a lo largo de 2020.

Figura 3: El sensor de frente de onda de la óptica adaptativa Themis apuntando hacia un Sol tranquilo en diferentes condiciones de observación (mejores a la izquierda y peores al centro) y hacia Mercurio durante el tránsito de noviembre de 2019 (derecha).

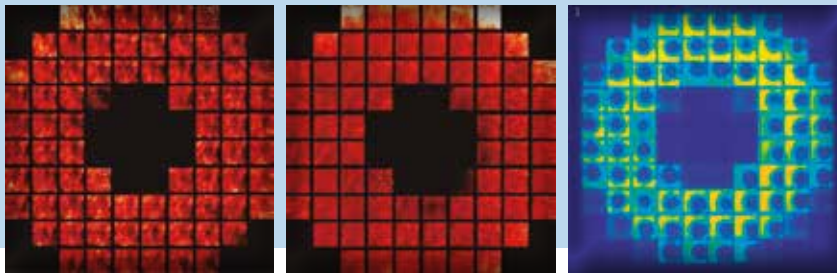


Figure 3: Themis AO wavefront sensor running on Quiet Sun with different seeing conditions (better on the left and worse at center), and on Mercury during the 2019 November transit (right).

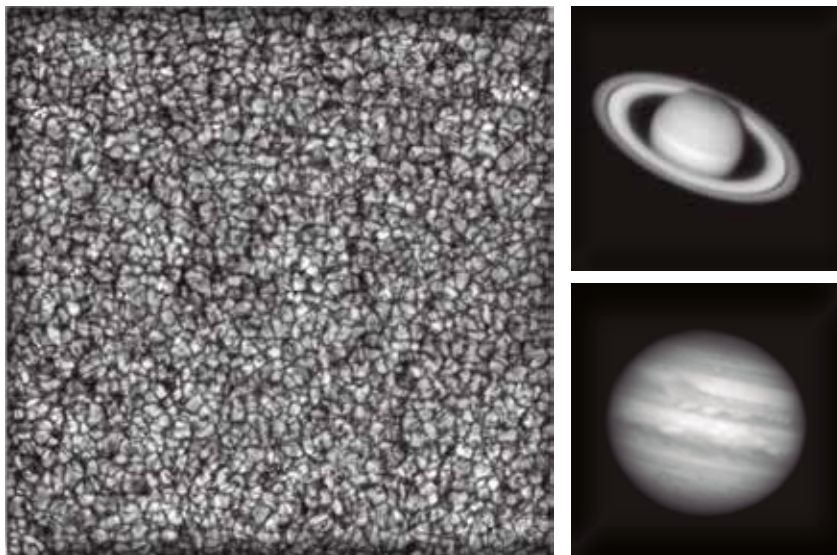


Figura 4: Las nuevas capacidades de captación de imagen de THEMIS como telescopio solar y planetario. Las imágenes tomadas en 2019 con el espejo deformable de óptica adaptativa mantuvieron la estática y compensaron las aberraciones estáticas del telescopio. La resolución es superior 0,2" a 650 nm.

Figure 4: THEMIS new imaging capabilities, as a solar and planetary telescope. Images taken in 2019 with the AO deformable mirror kept static and compensating the static aberrations of the telescope. Resolution is better than 0.2" at 650 nm.

the solar granulation with as little as 3% of contrast. A secondary but valuable aspect is the use of this AO for the study of Mercury, which has the correct angular size and magnitude to fit in our wavefront sensor. The new polarimetric analysis is open field, hence very much compatible with the AO (the former setup had an entrance mask creating narrow field stripes). It is based on original concepts of "antiselector" and

"quantum collapser" both located at the prime focus. This new scheme requires an extra attention to avoid the contamination of the solar polarization, and required a significant modeling effort of the Mueller matrix of the complete telescope. Good progress is being made so it is hoped that the 'new multiline polarimetry' will see its first light during 2020.



GREGOR y VTT

El laboratorio óptico del GREGOR se rediseñó por completo a lo largo del año. La distribución original es de hace más de una década, y estaba enfocada a los instrumentos de primera luz. Por tanto, se planificaron cambios para mejorar la calidad óptica, el alineamiento, la estabilidad y dar cabida a instrumentos de segunda generación.

El cambio principal ha implicado un nuevo sistema óptico de transferencia (M12 y M15) en el laboratorio GREGOR. Éstos son ahora dos espejos parabólicos fuera de eje montados sobre un cuadro horizontal,

que llevan a una mejora de la calidad de imagen y simplifican la alineación; también son menos susceptibles a las vibraciones que con la disposición original en vertical. Se está diseñando un nuevo instrumento de última generación basado en un espectropolarímetro Fabry Perot, y ahora hay espacio en el laboratorio óptico para albergar en el futuro instrumentos externos visitantes y un posible espectrógrafo. Aunque se ha conservado toda la capacidad instrumental original, la nueva organización mejora la distribución de la luz y las capacidades de cara al futuro.

Figura 1: Plano del laboratorio óptico de GREGOR a partir de 2020.

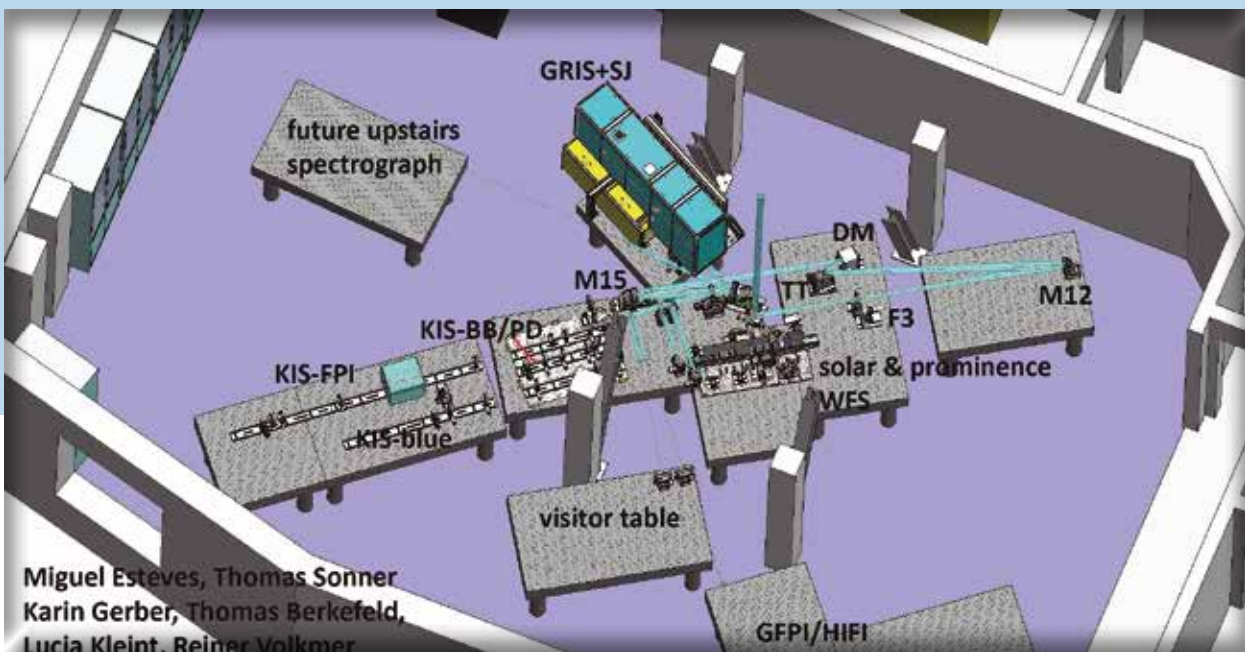


Figure 1: Layout of the GREGOR optics lab from 2020 onwards.



GREGOR and VTT

During the year a complete redesign of the GREGOR optics lab was carried out. The original setup was created more than a decade ago and focused on the first-light instruments. Therefore improvements for the optical quality, the alignment, stability, and second-generation instrumentation were all devised.

The major change is the new relay optics (M12 and M15) in the GREGOR lab. Two off-axis parabolic mirrors, which improve the image quality, are mounted on a horizontal bench, thus simplifying the alignment. They are also less susceptible to vibrations compared to the original vertical mounting. A new state-of-the-art instrument based on a Fabry Perot Spectropolarimeter is being designed and there now is space in the optics lab for future visitor

instrumentation, and a potential spectrograph. All original instrument capabilities are preserved, but the new layout improves the light distribution and future capabilities.

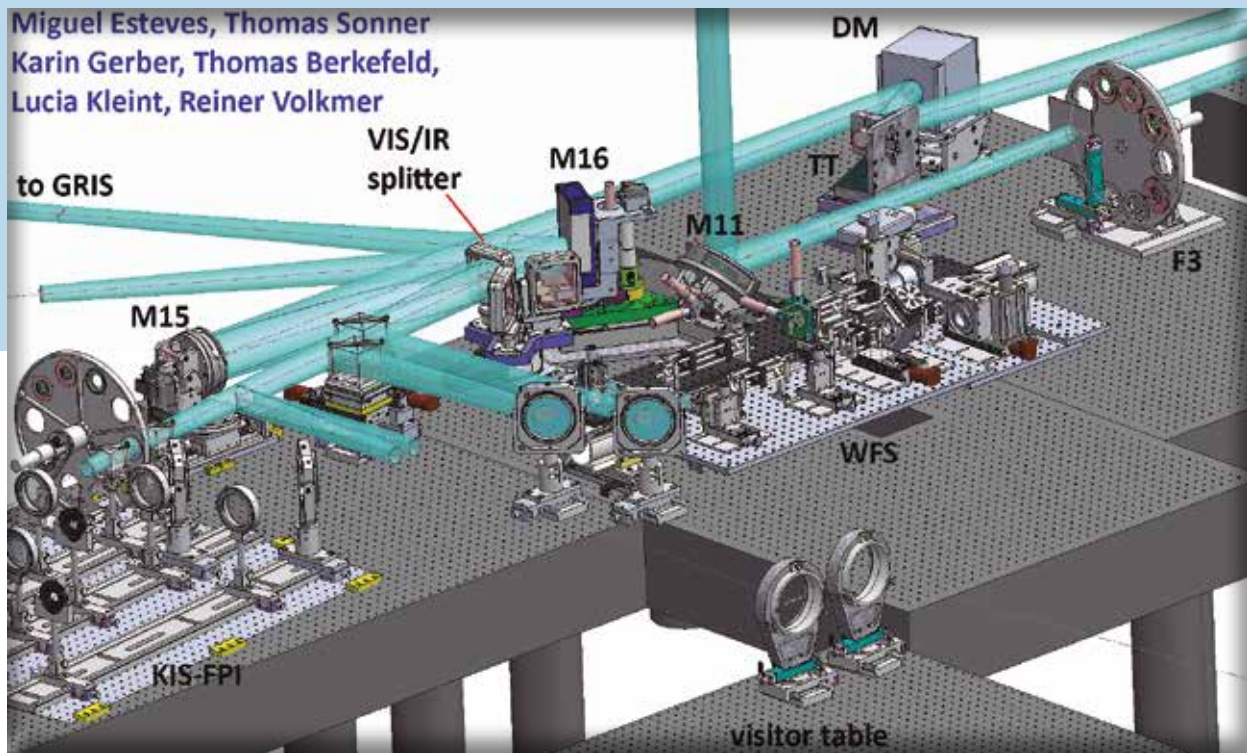
Performing a complete redesign in less than a year was highly challenging and only possible because of the good collaboration of all of KIS' departments: mechanics, electronics, optics, IT, and programming. Nearly all optics mounts had to be adapted and new parts were fabricated. Improved motorization ensures that all relevant elements can be controlled from the observing room and different observing setups can be switched remotely, thus minimizing the danger for the optics and the beam stability compared to a manual alignment. A new GUI for observers was

Llevar a cabo un rediseño completo en menos de un año fue un reto extremadamente difícil, posible únicamente gracias a la buena colaboración entre todos los departamentos del KIS: mecánica, electrónica, óptica, TI y programación. Hubo que adaptar prácticamente todas las monturas de los sistemas ópticos y fabricar nuevas piezas. La mejora en la monitorización garantiza que todos los elementos necesarios puedan controlarse desde la sala de observación y el poder cambiar remotamente a diferentes configuraciones de observación, lo que minimiza el riesgo para la estabilidad de los elementos ópticos y del haz en comparación con una alineación manual. Se desarrolló una nueva

interfaz gráfica de usuario para los observadores que simplifica la operación del telescopio. La alineación óptica final del nuevo diseño se ha realizado y ha resultado en una importante mejora de la calidad óptica.

En la VTT, el mayor logro a lo largo del año fue el reemplazo de la ventana de vacío. La ventana se quebró espontáneamente en 2016 y ha resultado muy difícil obtener una nueva ventana bien pulida. Después de años puliéndola, la nueva ventana se instaló en diciembre, con lo que la VTT vuelve a tener vacío. Eso mejora la calidad de imagen al evitar las turbulencias de aire dentro del telescopio.

Figura 2: Vista detallada de la nueva óptica y de la distribución de luz en GREGOR.



developed, which simplifies the telescope operation. The final optical alignment was carried out during the winter maintenance and the optical quality improved significantly.

Figure 2: Detailed view of the new optics and beam distribution at GREGOR.

At VTT, the major achievement during the year was the replacement of the vacuum window. The window had spontaneously cracked in 2016 and it was very challenging to procure a new, well-polished window. After years of polishing, the new window was installed in December and VTT again has a vacuum, which improves the image quality because it avoids air turbulence inside the telescope.



LOGROS CIENTIFICOS



SCIENTIFIC HIGHLIGHTS



LA MASA Y RADIO DE UNA SUBENANA FRÍA

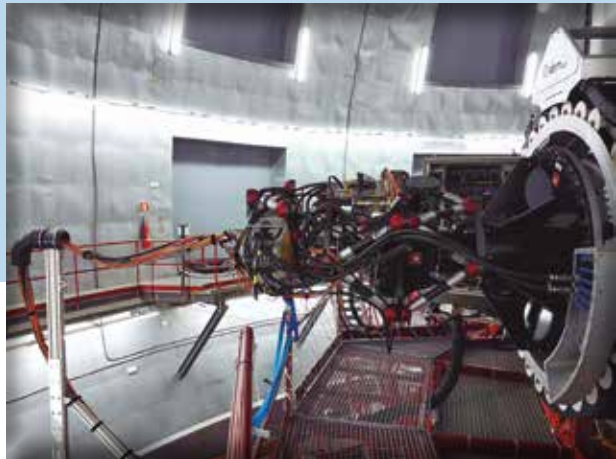
GTC – HiPERCAM

El instrumento HiPERCAM del GTC cuenta con la capacidad única de tomar una imagen por milisegundo en cinco bandas simultáneas, cubriendo así un rango de magnitudes imposible para otros telescopios. Se ha usado para medir por primera vez con precisión la masa y el radio de una estrella subenana fría.

Las estrellas subenanas frías son estrellas como nuestro Sol, pero de menor masa y radio, formadas en las etapas tempranas de la Vía Láctea y por tanto contienen información importante sobre su estructura y evolución química. Cuando se formó nuestra Galaxia, las primeras estrellas se componían principalmente de Hidrógeno. Los elementos químicos más pesados que el Hidrógeno o Helio se consideran “metales” en astronomía, y su presencia determina la metalicidad de una estrella. A medida que el tiempo pasa y las estrellas mueren, aumenta el contenido de metales en la Vía Láctea y en las estrellas recién nacidas, haciendo por tanto que las estrellas viejas tengan una metalicidad menor que las estrellas jóvenes.

Debido a que las estrellas viejas son débiles y además son relativamente raras en la vecindad Solar, se conocen muy pocas estrellas subenanas frías cercanas al Sol. Actualmente solo se ha podido calcular el radio de 88 subenanas frías y la masa de otras 6. Sin embargo, no se ha medido con precisión la masa y el radio simultáneamente para la misma estrella subenana, lo que ha impedido probar los estudios teóricos hasta la fecha.

HiPERCAM es una vanguardista cámara de haz quintuple que utiliza óptica de reimagen y 4 divisores de haz dicróicos para obtener imágenes simultáneamente en ugriz (300-1000 nm) en sus cinco cámaras CCD. Los detectores en HiPERCAM se encuentran enfriados termoeléctricamente a -90 ° C, lo que permite tanto la obtención de imágenes de larga exposición y profundas de objetivos débiles, como imágenes de alta velocidad (más de 1000 imágenes por segundo) de objetos rápidamente variables.



HiPERCAM is a state-of-the-art, quintuple-beam imager that uses re-imaging optics and 4 dichroic beamsplitters to record ugriz (300-1000nm) images simultaneously on its five CCD cameras. The detectors in HiPERCAM are cooled thermo-electrically to -90°C, thereby allowing both long-exposure, deep imaging of faint targets, as well as high-speed (over 1000 per second) imaging of rapidly varying targets.

radius of 88 and the masses of only 6 cool subdwarfs have been estimated. However, as no mass and radius values for the same cool subdwarf had been accurately measured, it had been impossible to test the theoretical studies for such stars until now. The first cool subdwarf in an eclipsing binary system (a system where two stars orbit one another, in this case a cool subdwarf and a white dwarf) has been found. This has provided an opportunity to measure with the GTC's HiPERCAM directly the masses and radii of the two components with unprecedented precision.



THE MASS AND RADIUS OF A COOL SUBDWARF

GTC – HiPERCAM

The HiPERCAM at GTC has the unique capability of taking one image every millisecond in five simultaneous bands, covering a range of magnitudes unattainable for other telescopes. It has been used to measure the mass and the radius of a cool subdwarf star accurately for the first time.

Cool subdwarfs are stars like our Sun, but of smaller mass and radius, which formed during the beginning of the Milky Way and, therefore, carry important information about its structure and chemical evolution. When the Milky Way formed the first stars were mainly composed of hydrogen. Heavier elements than hydrogen or helium are considered as “metals” in astronomy and their presence determines the metallicity of a star. As time passed and stars died, the content of such metals in the Milky Way and in the new stars that were born increased. Therefore, old stars have lower metallicity than younger ones.

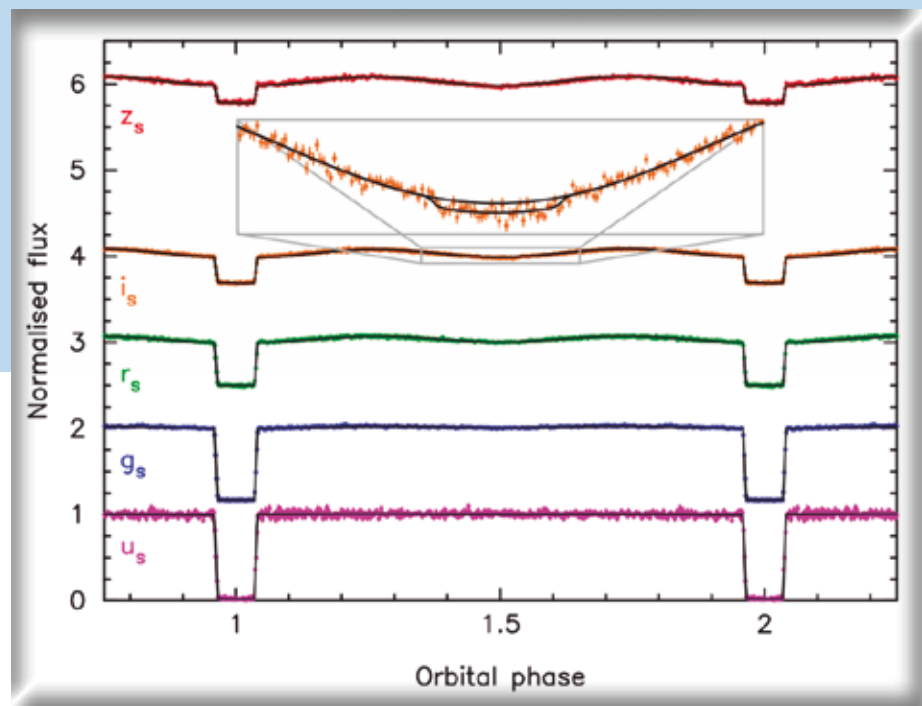
Because old stars are faint and they are relatively rare in the vicinity of the Sun, few cool subdwarfs are known in our solar neighbourhood. Currently, the

Se ha encontrado la primera subenana fría en un sistema binario eclipsante (un sistema en el que dos estrellas orbitan la una alrededor de la otra; en este caso una subenana fría y una enana blanca). Eso ha proporcionado la oportunidad de medir directamente con la HiPERCAM del GTC las masas y radios de las dos componentes con una precisión nunca antes vista.

Con los valores resultantes, junto con la temperatura y la luminosidad de la estrella subenana fría también obtenidas de las observaciones ha sido posible validar por primera vez las relaciones teóricas entre la masa, radio, luminosidad y temperatura de las estrellas más antiguas de nuestra Galaxia.

El GTC mide por primera vez con precisión la masa y el radio de una estrella subenana fría en una binaria eclipsante.

Curvas de luz plegadas por fase obtenidas con HiPERCAM de SDSS J2355+0448 con los ajustes del modelo sobreimpresionados (líneas negras). Se presenta un zoom sobre la curva de luz en el filtro i, que muestra el eclipse secundario (es decir, cuando la enana blanca pasa por delante de la subenana fría). Se representa también el mejor modelo ajustado con el eclipse secundario, para ilustrar su profundidad.



The GTC obtains the first accurate mass and radius determinations of a cool subdwarf in an eclipsing binary.

Phase-folded HiPERCAM light curves of SDSS J2355+0448 with model fits over-plotted (black lines). We show a zoom-in to the i band light-curve, which displays the secondary eclipse (i.e. the transit of the white dwarf in front of the cool subdwarf). Over-plotted is the best fit model with the secondary eclipse to demonstrate its depth.

With these values, together with the temperature and the luminosity of the cool subdwarf star also obtained from the observations, it was possible to validate, for the first time, the theoretical relations between the mass, radius, luminosity, and temperature for the oldest stars in our Galaxy.



DESCUBRIMIENTO DE UN SISTEMA BINARIO DE ESTRELLA-AGUJERO NEGRO A TRAVÉS DE MEDIDAS DE VELOCIDADES RADIALES

GTC – OSIRIS

Los astrónomos estiman que hay unos 100 millones de agujeros negros en nuestra galaxia. Se pensaba que estos eran más bien pequeños; no más de 15 veces la masa del Sol. Hasta hace unos años, los agujeros negros de origen estelar solo podían ser descubiertos cuando engullían el gas de una estrella compañera. Este proceso crea poderosas emisiones en rayos-X, detectables desde la tierra, que revelan la presencia del objeto compacto. Sin embargo, la amplia mayoría de los agujeros negros de la Vía Láctea no se encuentran involucrados en la actualidad en ninguna clase de “banquete cósmico” y por tanto permanecen en completa oscuridad. Esto explica por qué solo se han podido identificar y medir apenas dos docenas de los 100 millones de agujeros negros esperados en la Galaxia.

Se ha estado usando una técnica diferente para encontrar nuevos agujeros negros: la realización de un cartografiado del cielo con el telescopio óptico de 4m LAMOST (China), en busca de estrellas que orbiten alrededor de un objeto invisible atrapadas por su gravedad. Esta búsqueda no es nada fácil,

ya que apenas una de cada mil estrellas puede estar orbitando un agujero negro. El seguimiento de los descubrimientos de LAMOST se realiza empleando los mayores telescopios existentes en el planeta, tanto el GTC como el telescopio Keck, con el objetivo de determinar los parámetros físicos de estos sistemas.

Los resultados son realmente sorprendentes, encontrándose una estrella 8 veces más masiva que nuestro Sol orbitando alrededor de un agujero negro de 70 masas solares cada 79 días. Este agujero negro es por tanto mucho más masivo que los agujeros negros típicos que se pueden encontrar en la Vía Láctea, con masas que van desde las 5 a las 15 masas solares. Este “monstruo” recién hallado ha

Representación artística del agujero negro estelar LB-1 con una estrella orbitando a su alrededor.



Artistic impression of the stellar black hole LB-1 with a star orbiting around it.

was conducted to follow-up the LAMOST discovery to determine the system’s physical parameters.

The results were nothing short of fantastic: a star 8 times heavier than the Sun was seen orbiting around a 70-solar-mass black hole, every 79 days, which is far more massive than typical black holes that we routinely find in the Milky Way, whose masses distribute between 5 and 15 solar masses. The newly discovered monster has been named LB-1



A WIDE STAR-BLACK-HOLE BINARY SYSTEM FROM RADIAL-VELOCITY MEASUREMENTS

GTC – OSIRIS

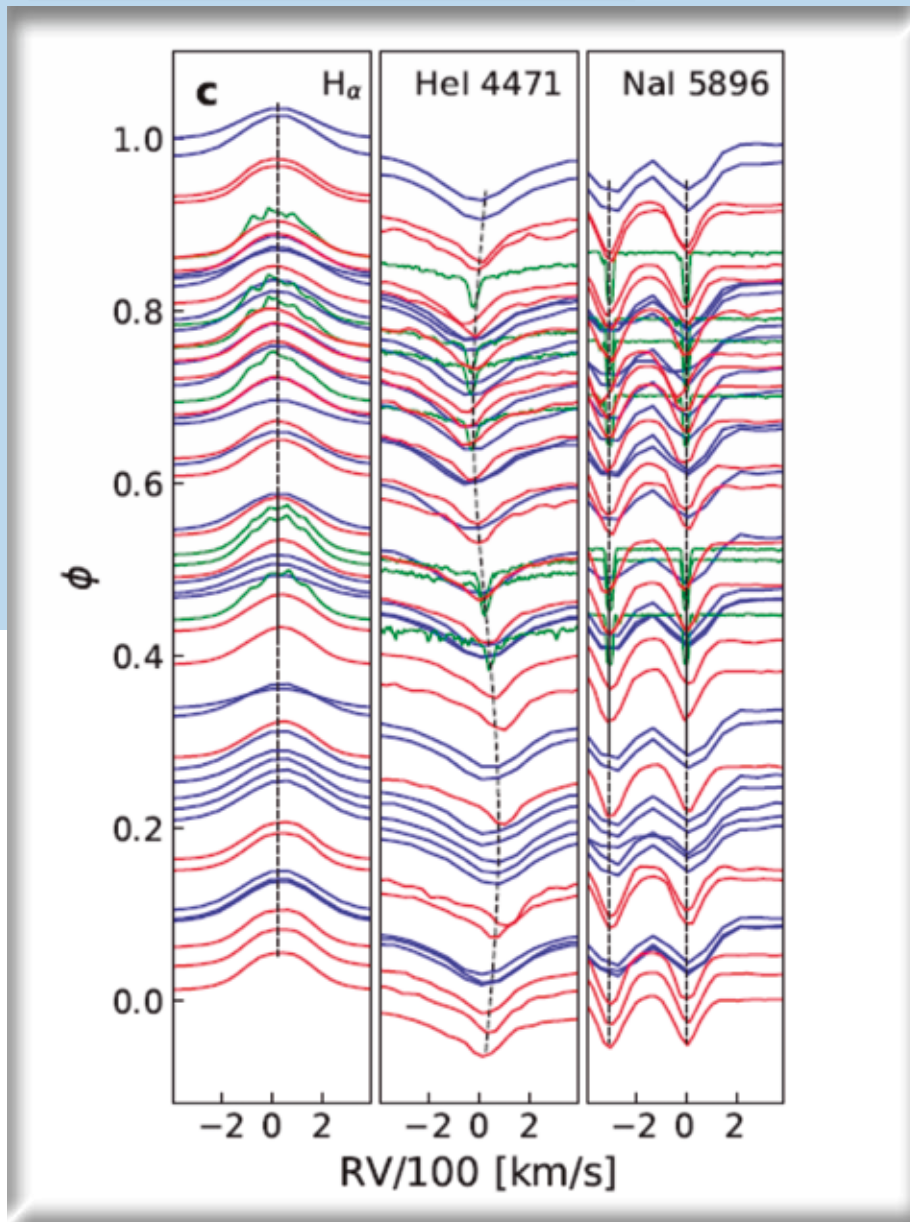
Astronomers estimate that there are 100 million black holes in our Galaxy. They thought that the holes were rather small: not more than 15 times the mass of the Sun. Until just a few years ago, black holes of stellar origin could only be discovered when they gobbled up gas from a companion star. This process creates powerful emissions of X-rays, detectable from Earth, which reveal the presence of the collapsed object. However, the vast majority of black holes in our Galaxy are not engaged in a cosmic banquet right now and remain in complete darkness. That is why only about two dozen Galactic black holes out of 100 million have been well identified and measured.

A different technique has been used to find new black holes; surveying the sky with the 4m LAMOST optical telescope (China) to look for stars that orbit around an invisible object, pulled by its gravity. This search is by no means an easy task. At most one star in a thousand may be going round a black hole. Thanks to the flexibility of the queue mode observations, a comprehensive monitoring of the source with the GTC

sido bautizado como LB-1 por el equipo descubridor, y se ubica a 15 mil años luz de nosotros, probando que esta población de agujeros negros masivos existe incluso en nuestra propia vecindad.

Según la mayoría de los modelos actuales de evolución estelar, en nuestra galaxia no deberían siquiera existir agujeros negros con masas semejantes, así que los teóricos deberán enfrentarse ahora al desafío de explicar su formación en un entorno de metalicidad solar.

Una estrella 8 veces más pesada que el Sol orbita alrededor de un agujero negro de 70 veces la masa solar.



Perfiles de línea en fase obtenidas en las observaciones de LAMOST (azul), GTC (rojo) y Keck (verde) para la línea de emisión de $H\alpha$, la línea de absorción de $HeI \lambda 4471$ correspondiente a la estrella visible, y para las líneas de absorción interestelar de NaI . (Las líneas discontinuas se muestran como guía). La fase binaria ϕ corresponde para un periodo de $P = 78.9$ días.

Phased line profiles from LAMOST (blue), GTC (red) and Keck (green) observations for $H\alpha$ emission line, $HeI \lambda 4471$ absorption line of the visible star, and interstellar NaI absorption lines. The dashed lines are plotted to guide the eye. The binary phase ϕ is for the period of $P = 78.9$ days.

A star 8 times heavier than the Sun is orbiting a 70-solar-mass black hole.

by the discovery team and it is located 15 thousand light years from us, proving that this population of over-weight stellar black holes exists even in our own backyard.

Black holes of such mass should not even exist in our Galaxy, according to most of the current models of stellar evolution, so now theorists will have to take up the challenge to explain its formation in a solar metallicity environment.



PRIMERA DETECCIÓN DE UN SISTEMA DE CÚMULOS GLOBULARES EN EL DISCO DE UNA GALAXIA

GTC - OSIRIS

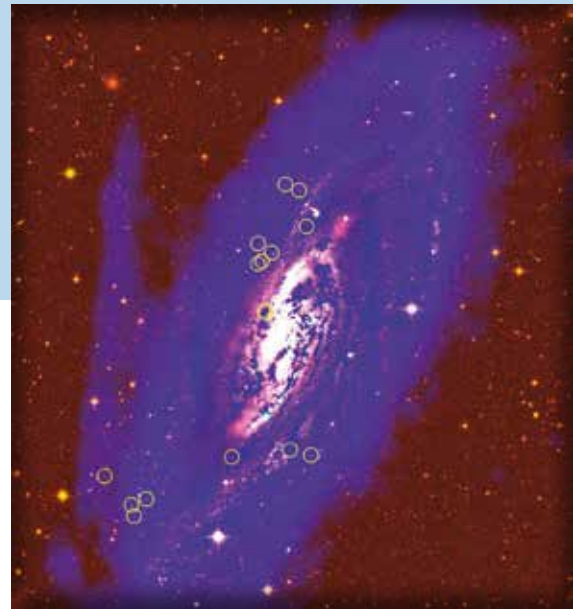
El GTC demuestra su poder observacional superior.

Se llevaron a cabo observaciones espectroscópicas multiobjeto de 23 candidatos a cúmulos globulares (CCG) en la galaxia megamáser prototípica NGC 4258 con el instrumento «Sistema óptico de captación de imágenes y espectroscopía integrada de resolución baja a intermedia» en el Gran Telescopio Canarias de 10,4 m. Los candidatos se seleccionaron en función del diagrama ($u^* - i'$) frente al ($i' - K_s$), siendo esta la primera aplicación del método $u^*i'K_s$ a una galaxia en espiral. Mediante la espectroscopía, se confirmó que el 70 % de los candidatos eran cúmulos globulares (CG). Se trata de la primera detección de un sistema de CG cuya distribución y movimiento inusuales, alineado con el disco de la galaxia y rotando a la misma velocidad, demuestra que podría ser una reliquia de la época de máxima velocidad de formación estelar en el universo, el «mediodía cósmico». Las observaciones con el GTC y OSIRIS son esenciales para el éxito del estudio, porque los objetos están muy lejos y son muy

tenues, así que necesitarían exposiciones de más de una hora con este, el telescopio óptico-infrarrojo más grande del mundo, para poder extraer la información pertinente de los espectros.

Estos resultados validan la eficiencia del método $u^*i'K_s$ en los sistemas de CG de espirales, más escasos, y dada la corrección descendente del número total de CG, se mejora de hecho la concordancia de la galaxia con las correlaciones entre masa de agujero negro y el número total y masa de los CG. En esta investigación se ha descubierto que los CG, en su mayoría pobres en metal, corrotan con el disco H I, incluso a grandes distancias galactocéntricas.

Representación artística a color de la M106. La imagen combina datos de hidrógeno neutros obtenidos con el Westerbork Synthesis Radio Telescope (WSRT) en azul con las imágenes ópticas del CFHT en verde y rojo. Los círculos amarillos marcan los cúmulos globulares observados.



False colour image of M106. The figure combines neutral hydrogen data taken using the Westerbork Synthesis Radio Telescope (WSRT) in blue, with optical images obtained with the (CFHT) in green and red. The yellow circles highlight the observed globular clusters.



THE FIRST DETECTION OF A SYSTEM OF GLOBULAR CLUSTERS IN THE DISC OF A GALAXY

GTC - OSIRIS

The GTC shows its superior observing power.

Multiobject spectroscopic observations of 23 globular cluster candidates (GCCs) in the prototypical megamaser galaxy NGC 4258, have been carried out with the Optical System for Imaging and low-Intermediate-Resolution Integrated Spectroscopy instrument at the 10.4 m Gran Telescopio CANARIAS. The candidates have been selected based on the ($u^* - i'$) versus ($i' - K_s$) diagram, in the first application of the $u^*i'K_s$ method to a spiral galaxy. Using spectroscopy 70% of the candidates have been confirmed as globular clusters (GCs). This is the first detection of a system of GCs whose unusual distribution and motion, aligned with the disc of the galaxy and rotating with the same velocity, shows that it could be a relic from the epoch of maximum star formation rate in the universe, the “cosmic noon”. The observations with the GTC and OSIRIS are essential for the success of the study, because the objects are quite far away and faint, and so they need

exposures of more than one hour with the largest optical-infrared telescope in the world to be able to extract the relevant information from the spectra.

These results validate the efficiency of the $u^*i'K_s$ method in the sparser GC systems of spirals, and given the downward correction to the total number of GCs, the agreement of the galaxy with the correlations between black hole mass and the total number and mass of GCs is actually improved. This research has found that the GCs, mostly metal-poor, corotate with the H I disk, even at large galactocentric distances.



LOS ÚLTIMOS ESTERTORES DE UNA ESTRELLA MASIVA DESPOJADA DE SU ENVOLTURA

Telescopio Liverpool (LT)

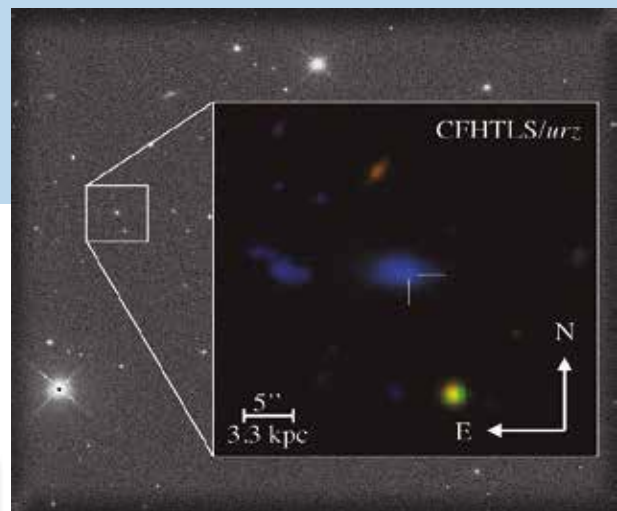
El Telescopio Liverpool obtuvo con la mayor rapidez los primeros espectros de una supernova despojada de su envoltura que presenta líneas espectrales de banda ancha.

El Telescopio Liverpool obtuvo los primeros espectros de SN2018gep, una supernova despojada de su envoltura que presenta líneas espectrales de banda ancha, tan solo siete horas después de su descubrimiento por la Zwicky Transient Facility (ZTF). Se cree que es el espectro más precoz que se haya logrado de una supernova sin envoltura, lo que implica adentrarse en una fase nunca antes vista de la evolución en la que especies metálicas altamente ionizadas dominan el espectro observado.

SN2018gep se identificó como un evento luminoso transitorio de rápido crecimiento (1,3 mag/h) y fue descubierto en un momento extremadamente temprano de su evolución, en la hora siguiente a la explosión inicial. La naturaleza robótica del LT lo hace

perfecto para el seguimiento de transitorias rápidas como esta y, tras los espectros obtenidos con el espectrógrafo SPRAT en el LT, se llevó a cabo una intensa campaña de monitorización espectroscópica con telescopios de todo el mundo. Una búsqueda retrospectiva entre los datos previos a la explosión mostró emisiones durante los días y semanas anteriores al evento, lo que constituye la primera detección definitiva de la emisión precursora de una supernova de esta clase. A partir de la campaña de observaciones, se ha llegado a la conclusión de que lo que mejor explica estos datos es el estallido inicial de una envoltura masiva de material circunestelar denso a grandes radios, que fue eyectado durante episodios eruptivos de pérdida de masa previos a la explosión.

Imagen de fondo: imagen del campo alrededor de la galaxia anfitriona tomada con el instrumento IO:O del Telescopio Liverpool. El recuadro muestra un plano en detalle tomado por el telescopio Canadá-Francia-Hawái (CFHT). La posición de la supernova SN2018gep en su galaxia anfitriona está marcada mediante líneas convergentes blancas en la imagen del CFHT.



Liverpool Telescope IO:O background image of the field around the host galaxy, with inset showing a close-up taken by the Canada-France-Hawaii Telescope (CFHT). The position of supernova SN2018gep in its host galaxy is marked by the white crosshairs in the CFHT inset.



THE DEATH THROES OF A STRIPPED MASSIVE STAR

Liverpool Telescope (LT)

The LT obtains the earliest-ever spectrum of a broad-lined stripped-envelope supernova.

The Liverpool Telescope obtained the first spectra of the broad-lined stripped-envelope supernova SN2018gep, just seven hours after discovery by the Zwicky Transient Facility (ZTF). This is believed to be the earliest-ever spectrum of a stripped-envelope supernova, probing a previously-unseen phase of evolution where highly ionized metal species dominate the observed spectrum.

SN2018gep was identified as a rapidly rising (1.3 mag/hr) and luminous transient, and was discovered extremely early in its evolution - within an hour of the shock breakout. The robotic LT is ideally suited to the follow-up of fast transients such as this one and the

spectra obtained with the SPRAT spectrograph were followed by an intensive spectroscopic monitoring campaign using telescopes from around the world. A retrospective search through pre-explosion data showed emission in the days to weeks leading up to the event, which is the first definitive detection of precursor emission for a supernova of this class. It has been concluded from the observational campaign that these data are best explained by shock breakout in a massive shell of dense circumstellar material at large radii that was ejected in eruptive pre-explosion mass-loss episodes.



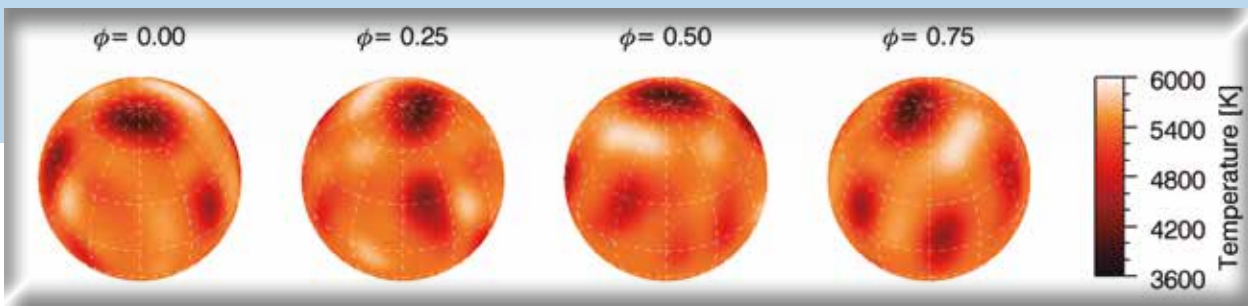
ACTIVIDAD MAGNÉTICA EN LA SUPERFICIE DE LA ESTRELLA BINARIA CENTRAL DE UNA NEBULOSA PLANETARIA

STELLA-II y SES

STELLA-II y su espectrógrafo Echelle SES se usaron para obtener una serie temporal de 13 imágenes Doppler consecutivas de la G5 secundaria evolucionada en el centro de la tenue nebulosa planetaria LoTr5, llamada IN Comae. La estrella muestra manchas frías y calientes coexistiendo con un contraste medio de temperatura superficial de -1000 K y $+300\text{ K}$ respectivamente en relación con la temperatura efectiva. Aproximadamente, el 8 % de la superficie estelar está cubierta de manchas frías y el $\approx 3\%$, de manchas calientes. En todas las imágenes se aprecia una mancha polar fría constante. Los espectros de la serie temporal revelaron también una

fuerte rotación diferencial antisolar de la superficie, en respaldo del corto tiempo de vida de las manchas de unas pocas rotaciones estelares. Las nuevas relaciones de abundancia de $[\text{Ba}/\text{Fe}]$, $[\text{Y}/\text{Fe}]$ y $[\text{Sr}/\text{Fe}]$ confirman la sobreabundancia de estos elementos de “proceso-s” en la atmósfera de IN Comae. La configuración binaria actual y la sobreabundancia de elementos de proceso-s en el componente G5 podría explicarse si la precursora de la enana blanca primaria hubiera tenido inicialmente la mayor masa y, por tanto, hubiera evolucionado más rápido a la fase de enana blanca.

Un ejemplo de instantánea de las 13 imágenes Doppler de IN Comae de inversión de perfil de línea de STELLA. Esto es un ejemplo de imagen de marzo de 2017 en cuatro fases rotatorias. La temperatura se indica mediante códigos de color. La inclinación del eje rotatorio es de 45 grados.



SURFACE MAGNETIC ACTIVITY ON THE CENTRAL BINARY STAR OF A PLANETARY NEBULA

STELLA-II and SES

STELLA-II and its echelle spectrograph SES were used to obtain a time-series of 13 consecutive Doppler images of the evolved G5-secondary in the center of the faint planetary nebula LoTr5, named IN Comae. The star shows cool and warm spots coexisting with an average surface temperature contrast of -1000 K and $+300\text{ K}$, respectively, with respect to the effective temperature. Approximately 8% of the stellar surface is covered with cool spots and $\approx 3\%$ with warm spots. A consistent cool polar spot is seen in all images. The time series spectra revealed also strong anti-solar surface differential rotation in support with the short spot life times of a few stellar rotations. New abundance ratios of $[\text{Ba}/$

A snapshot example from the 13 Doppler images of IN Comae from the STELLA line-profile inversion. This is an example image from March 2017 in four rotational phases. Temperature is color coded. The inclination of the rotational axis is 45 degree.

$\text{Fe}]$, $[\text{Y}/\text{Fe}]$, and $[\text{Sr}/\text{Fe}]$ confirm the overabundances of these s-process elements in the atmosphere of IN Comae. The present binary configuration and the overabundant s-process elements on the G5 component could be explained if the precursor of the white dwarf primary had originally the higher mass and therefore evolved faster to the white-dwarf stage.



ALBEDOS BAJOS DE JÚPITERES CALIENTES HASTA ULTRACALIENTES EN LA BANDA ÓPTICA HASTA EL INFRARROJO CERCANO

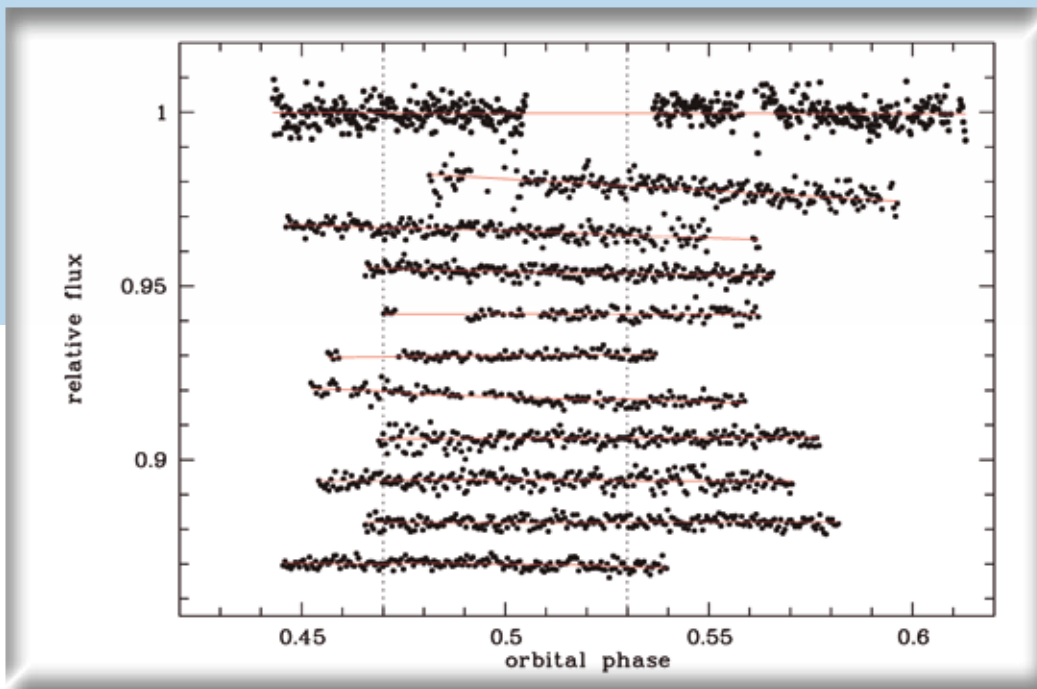
STELLA-I y WIFSIP

Los datos del STELLA han establecido el primer valor de albedo en la banda z de cualquier exoplaneta.

Cuando un planeta se encuentra detrás de su estrella anfitriona, la profundidad del eclipse proporciona información sobre la luz emitida térmicamente y sobre su luz reflejada. Usando el WIFSIP en el STELLA-I, se obtuvieron y analizaron un total de 11 curvas de luz de banda z de eclipses del Júpiter

caliente HAT-P-32b. Aunque solo se obtuvo una detección cero de la profundidad del eclipse con precisión fotométrica de última generación ($-0,01 \pm 0,10$ partes por mil), se confirmaron estudios anteriores en los que se establecía que un modelo atmosférico no invertido no concuerda con el espectro de emisión medido del HAT-P-32b. Los datos del STELLA han establecido ahora un límite superior en el componente de luz planetaria reflejada y, por tanto, en el albedo geométrico planetario A_g . Su límite superior de confianza del 97,5 % es $A_g < 0,2$. Se trata de la primera limitación de albedo para HAT-P-32b y del primer valor de albedo en la banda z de cualquier exoplaneta. Este hallazgo contradice la influencia de los silicatos condensados de gran tamaño en la cara diurna del planeta.

Curvas de luz de eclipse secundarias del HAT-P-32b, observadas con el STELLA-I y el WIFSIP desde 2012 hasta 2018. La línea roja continua muestra el modelo óptimo, incluido un eclipse y la deducción de tendencias. Las líneas verticales p u n t e a s indican el inicio y la finalización del eclipse.



Las líneas verticales p u n t e a s indican el inicio y la finalización del eclipse.

Secondary eclipse light curves of HAT-P-32b, observed with STELLA-I and WIFSIP from 2012 to 2018. The red solid line shows the

best-fit model including an eclipse and detrending. The dotted vertical lines denote beginning and end of the eclipse event.



LOW ALBEDOS OF HOT JUPITERS IN THE NEAR-INFRARED

STELLA-I and WIFSIP

STELLA data has obtained the first z-band albedo value for any exoplanet.

When a planet is behind its host star, the depth of the eclipse gives information of both the thermally emitted light and its reflected light. Using WIFSIP at STELLA-I, a total of 11 eclipse z-band light curves of the hot Jupiter HAT-P-32b were obtained and analyzed. Although only a null detection of

the eclipse depth with state-of-the-art photometric precision (-0.01 ± 0.10 parts per thousand) was obtained, it confirmed previous studies that a non-inverted atmosphere model is in disagreement with the measured emission spectrum of HAT-P-32b. The STELLA data has now placed an upper limit on the planetary reflected light component and thus on the planetary geometric albedo A_g . Its 97.5% confidence upper limit is $A_g < 0.2$. This is the first albedo constraint for HAT-P-32b, and the first z-band albedo value for any exoplanet. This finding disfavors the influence of large-sized silicate condensates on the planetary dayside.



UN NOVEDOSO CAMPO CIENTÍFICO PARA LA ASTROSISMOLOGÍA

SONG

Un nuevo campo científico para SONG: combinando espectroscopia desde Tierra con fotometría desde el Espacio.

Con el lanzamiento de la misión TESS de la NASA en la primavera de 2018, se plantean nuevas oportunidades científicas para SONG, a saber, la posibilidad de realizar observaciones astrosismológicas simultáneas desde tierra y desde el espacio del mismo objeto.

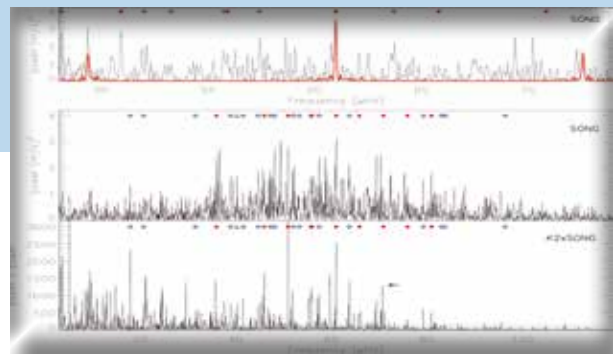
Las observaciones terrestres miden las oscilaciones usando velocidad radial (SONG) y desde el espacio (TESS) las correspondientes variaciones en el flujo de la estrella; sin embargo, el origen físico subyacente de las oscilaciones es el mismo. Por lo tanto, las observaciones simultáneas abren la posibilidad de estudiar cómo se generan las oscilaciones (mecanismos físicos) y, en particular, se pueden cotejar los modelos con mucha mayor precisión. Este es un interesante nicho científico para SONG, que es la facilidad que lidera estas observaciones desde tierra.

La primera prueba de la viabilidad de esta nueva oportunidad se basa en SONG (que combina datos de los nodos Tenerife y Delingha-PRC) y datos de la misión espacial K2 (la misión adicional con Kepler). Ello ha resultado en la caracterización astrosismológica de la estrella ϵ Tau que alberga un planeta. Este estudio permitió obtener sus parámetros globales, incluida su masa, que es ligeramente inferior a las estimaciones anteriores, y que conduce a una revisión de la masa mínima estimada del compañero planetario.

Espectros de potencia de las series temporales de ϵ Tau.

- **Panel superior:** porción del espectro de potencia basado en los datos de SONG, centrado en el modo $\ell = 0, n = 11$ (por debajo de $61 \mu\text{Hz}$). La curva roja sobrepuesta muestra la ventana espectral para este modo central $\ell = 0$. Los modos detectados se indican en la parte superior del panel, con una identificación del grado angular (círculo rojo lleno y triángulo verde para los modos $\ell = 0$ y 2 y el diamante azul muy probablemente modos $\ell = 1$).

- **Paneles inferiores:** espectro de potencia SONG completo y el producto de los espectros de potencia de SONG y K2, con los modos detectados indicados utilizando los mismos símbolos que en el panel superior.



Power spectra of ϵ Tau time series.

- **Top panel:** close-up of the power spectrum based on the SONG data, centered at the $\ell = 0, n = 11$ mode just below $61 \mu\text{Hz}$. The over-plotted, red curve shows the spectral window for this central $\ell = 0$ mode. The detected modes are indicated at the top of the panel, with an identification of the angular degree (filled red circle and green triangle for $\ell = 0, 2$ and blue diamond most likely $\ell = 1$ mode).

- **Two lower panels:** full SONG power spectrum and the product of the SONG and K2 power spectra, with the detected modes indicated using the same symbols as in the top panel.

The first demonstration of the feasibility of this new opportunity was achieved by combining the SONG data from the Tenerife and Delingha-PRC nodes with space data provided by the K2 mission (the Kepler extended mission). As a result, it has been possible to carry out the asteroseismic characterization of the planet hosting star ϵ Tau. This included a derivation of its global parameters including its mass, which has been found to be slightly lower than previous estimates and this has resulted in a revised minimum mass of the planetary companion.



AN EXCITING NEW FIELD FOR ASTEROSEISMOLOGY

SONG

Ground-based spectroscopic observation, combined with space photometry, opens a novel science driver for SONG.

With the launch of the NASA TESS mission in the spring of 2018, new scientific opportunities have arisen for SONG; namely the possibility to do simultaneous ground- and space-based asteroseismic observations of the same targets.

Ground-based observations can measure oscillations using radial velocity while the space-based missions use intensity measurements; however, the underlying physical origin of the oscillations is the same. Therefore, simultaneous observations open the possibility to study how the oscillations arise, and in particular, models of this can be tested to a higher precision. This has now become a strong science driver for SONG, which is the leading ground-based instrument in these efforts.



PLANETA SUPERNEPTUNO

CST MUSCAT-2

Desde que se inició el cartografiado exoplanetario principal con MUSCAT-2 en este telescopio a principios de año, se han observado más de 400 tránsitos planetarios. Gracias a eso se han podido confirmar o eliminar candidatos a planeta de las misiones espaciales K2 y TESS y de los cartografiados terrestres XO, QES y SuperWASP. Además, se han llevado a cabo estudios atmosféricos iniciales en varios planetas conocidos. En ellos se buscó lo siguiente: dispersión de Rayleigh, variaciones de tiempos de tránsito, variabilidad o recuperación general de efemérides.

Ya se han publicado cuatro artículos a partir de los datos de MUSCAT-2 y hay varios más en camino. Uno de los resultados más notables ha sido el descubrimiento de un planeta superneptuno extremadamente inusual de período ultracorto en órbita alrededor de una enana M. La naturaleza planetaria de este objeto se confirmó usando únicamente datos de MUSCAT-2, lo que demuestra las excelentes capacidades de este instrumento.

MUSCAT-2 no se ha usado únicamente para observar exoplanetas. Por ejemplo, se han podido observar con éxito con este instrumento objetos del

sistema solar, binarios de rayos X, novas, enanos marrones, supernovas, estrellas variables de tipo dipper, enanas blancas y núcleos activos de galaxias. MUSCAT-2 permite obtener en un minuto mediciones con una precisión por debajo de las milimagnitudes en los cuatro canales para objetos de hasta magnitud V 16.

Una de las cámaras CCD (el canal z) empezó a fallar en noviembre de 2018 y se envió al fabricante para su renovación. La nueva CCD contará con un nuevo chip y recubrimiento CCD. Se espera que esta cámara multiplique por tres la eficiencia en este canal.

Descubrimiento de un planeta superneptuno extremadamente inusual de período ultracorto en órbita alrededor de una enana M.



Discovery: an extremely rare ultra short-period super-Neptune planet orbiting around an M dwarf.

stellar dippers, white dwarfs and AGNs have been carried out successfully with MUSCAT-2. The photometric precision reached by MUSCAT-2 makes it possible to obtain sub-milimagnitude measurements in all four channels for objects down to V magnitude 16 within a minute.

In November 2018, one of the CCD cameras (the z channel) started to fail, and was sent back to the maker for refurbishment. The new CCD will have a new chip and new CCD coating, and the camera is expected to multiply by 3 the efficiency in this channel.



SUPER-NEPTUNE PLANET

CST MUSCAT-2

Since the main exoplanet survey with MUSCAT-2 at this telescope started at the beginning of the year, over 400 planet transits have been observed. These have resulted in the confirmation, or retirement, of planet candidates from the space missions K2 and TESS, or from the XO, QES and SuperWasp ground-based surveys. Additionally, initial atmospheric studies have been carried out on many known planets. These have included the following searches: for Rayleigh scattering, transit timing variations, variability or general ephemeris recovery.

Four papers with MUSCAT-2 data have already been published, with many more in the pipeline. One of the most notable results is the discovery of an extremely rare ultra short-period super-Neptune planet orbiting around an M dwarf. The planetary nature of this object was confirmed using only data from MUSCAT-2, which illustrates the excellent capabilities of this instrumentation.

Not only exoplanets were observed with MUSCAT-2. For example, observations of solar system objects, x-ray binaries, novae, brown dwarfs, supernovae,

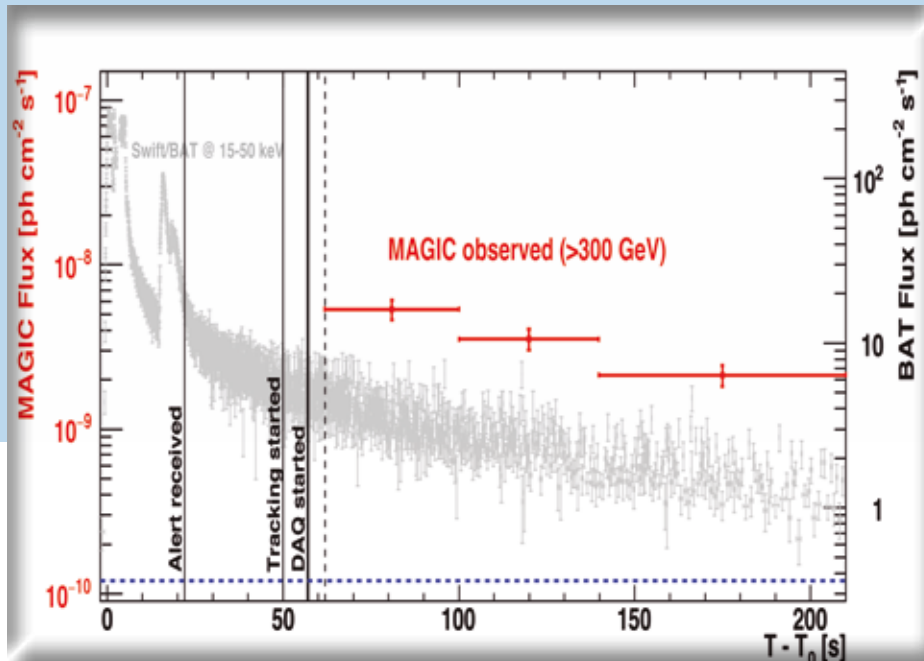


DESCUBRIMIENTO DE EMISIÓN DEL ORDEN DEL TERALECTRONVOLTIO DEL GRB 190114C

MAGIC I + II

MAGIC logra sobrepasar los límites observacionales con el descubrimiento de una emisión del orden del teraelectronvoltio del brote de rayos gamma GRB 190114C.

El descubrimiento de una emisión del orden del teraelectronvoltio del brote de rayos gamma GRB 190114C ha sobrepasado los límites observacionales



anteriores. Los brotes de rayos gamma de larga duración (GRB por sus siglas en inglés) son las fuentes de radiación electromagnética más luminosas conocidas en el universo. Surgen de chorros de plasma con velocidades cercanas a la velocidad de la luz eyectados por estrellas de neutrones recién formadas o agujeros negros (de masa estelar) a distancias cosmológicas. Tras los

Figura 1: Curvas de luz en las bandas TeV y KeV del GRB 190114C.

Curva de luz de flujo fotónico por encima de los 0,3 TeV medida por MAGIC (rojo; de $T_0 + 62$ s a $T_0 + 210$ s), comparada con una entre 15 keV y 50 keV medida por Swift-BAT73 (gris; de T_0 a $T_0 + 210$ s) y el flujo fotónico por encima de 0,3 TeV de la Nebulosa del Cangrejo (línea azul punteada). Los errores de los flujos fotónicos de MAGIC corresponden a una desviación estándar. Las líneas verticales indican los momentos en los que MAGIC recibió la alerta ($T_0 + 22$ s), cuando los telescopios iniciaron el seguimiento del GRB ($T_0 + 50$ s), cuando se inició la adquisición de datos (DAQ, por sus siglas en inglés) ($T_0 + 57$ s) y cuando se estabilizó el sistema de adquisición de datos (DAQ, por sus siglas en inglés) ($T_0 + 62$ s; línea punteada).

desviación estándar. Las líneas verticales indican los momentos en los que MAGIC recibió la alerta ($T_0 + 22$ s), cuando los telescopios iniciaron el seguimiento del GRB ($T_0 + 50$ s), cuando se inició la adquisición de datos (DAQ, por sus siglas en inglés) ($T_0 + 57$ s) y cuando se estabilizó el sistema de adquisición de datos (DAQ, por sus siglas en inglés) ($T_0 + 62$ s; línea punteada).



DISCOVERY OF TERALECTRONVOLT EMISSION FROM GRB 190114C

MAGIC I + II

MAGIC breaks the observational limits with the discovery of Teraelectronvolt emission from the γ -ray burst GRB 190114C.

The discovery of Teraelectronvolt emission from the γ -ray burst GRB 190114C has broken previous observational limits. Long-duration γ -ray bursts (GRBs) are the most luminous sources of electromagnetic radiation known in the Universe. They arise from outflows of plasma with velocities near the speed of light that are ejected by newly formed neutron stars or black holes (of stellar mass) at cosmological distances. Prompt flashes of MeV γ -rays are followed by a longer-lasting

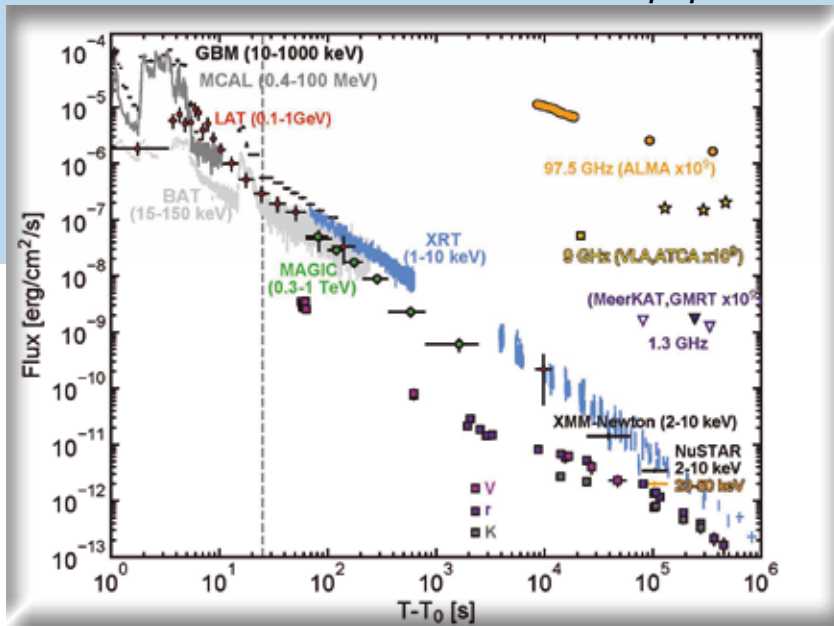
Figure 1. Light curves in the TeV and KeV bands for GRB 190114C.

Photon flux light curve above 0.3 TeV measured by MAGIC (red; from $T_0 + 62$ s to $T_0 + 210$ s), compared with that between 15 keV and 50 keV measured by Swift-BAT73 (grey; from T_0 to $T_0 + 210$ s) and the photon flux above 0.3 TeV of the Crab Nebula (blue dashed line). The errors on the MAGIC photon fluxes correspond to one standard deviation. Vertical lines indicate the times when the alert was received ($T_0 + 22$ s) by MAGIC, when the tracking of the GRB by the telescopes started ($T_0 + 50$ s), when the data acquisition started ($T_0 + 57$ s), and when the data acquisition system (DAQ) became stable ($T_0 + 62$ s; dotted line).

afterglow emission in a wide range of energies (from radio waves to GeV γ -rays), which originates from synchrotron radiation generated by energetic electrons in the accompanying shock waves. Although emission of γ -rays at even higher (TeV) energies by other radiation mechanisms had been theoretically predicted, it had not been previously detected.

rápidos destellos de rayos gamma del orden de MeV, se produce una emisión más prolongada de fosforescencia en un amplio rango de energías (desde ondas de radio hasta rayos gamma del orden de GeV) que tiene su origen en la radiación de sincrotrón generada por electrones energéticos en las ondas de choque concurrentes. Aunque se había predicho teóricamente la existencia de otros mecanismos de radiación emisores de rayos γ a energías incluso superiores (TeV), no se habían detectado hasta la fecha.

Tras ser activados por la alerta Swift-BAT, los telescopios de rayos gamma por detección de cascadas atmosféricas MAGIC (por sus siglas en inglés) del Roque de los Muchachos observaron una emisión de rayos γ del GRB 190114C superior a los 0,2 TeV desde el principio de las observaciones (durante 20 minutos) con una señal de rayos γ de alta significación por encima de 50 desviaciones estándar (véase la Figura 1).



Triggered by the Swift-BAT alert, the Major Atmospheric Gamma Imaging Cherenkov (MAGIC) telescopes on the Roque de los Muchachos, observed γ -ray emission from GRB 190114C above 0.2 TeV from the beginning of the observations (first 20 minutes), with a high significance γ -ray signal above 50 standard deviations (See Figure. 1).

Various instruments, both on board satellites and ground based, made simultaneous multifrequency observations of this GRB. As a result its time evolution emission across 17 orders of magnitude in energy, (from 5×10^{-6} to 10^{12} electronvolts) could be followed.

Figure 2 shows its multiwavelength light curves.

The MAGIC Collaboration published these results in two papers in NATURE.

Varios instrumentos, tanto a bordo de satélites como terrestres, llevaron a cabo observaciones multifrecuencia simultáneas de este GRB. Gracias a eso, se pudo seguir la evolución temporal de la emisión a través de 17 órdenes de magnitud de energía (de 5×10^{-6} a 10^{12} electronvolts). La Figura 2 muestra sus curvas de luz de longitud de onda múltiple.

La Colaboración MAGIC publicó estos resultados en dos artículos en NATURE.

Figura 2: Curvas de luz de longitud de onda múltiple del GRB 190114C.

El flujo de energía a diferentes longitudes de onda, desde radio hasta rayos γ , frente al tiempo tras la alerta BAT, a $T_0 = 20:57:03.19$ horario universal (ut) el 14 de enero de 2019. La curva de luz para el rango de energía de 0,3–1 TeV (círculos verdes) se compara con las curvas de luz a frecuencias inferiores. Las correspondientes a VLA (rectángulo amarillo), ATCA (estrellas amarillas), ALMA (círculos naranja), GMRT (triángulo con relleno púrpura) y MeerKAT (triángulo púrpura sin relleno) se han multiplicado por 109 para una mayor claridad. La línea punteada vertical marca el fin de la fase de emisión temprana, identificada como el final del último episodio de destello. En cuanto a los puntos de datos, las barras verticales indican los errores de 1σ en el flujo y las barras horizontales representan la duración de la observación. En los flujos de los filtros V, r y K (rectángulos coloreados en rosa, púrpura y gris respectivamente) se ha corregido la extinción en la anfitriona y en nuestra galaxia; la contribución de la galaxia anfitriona se ha sustraído.

Figure 2. Multi-wavelength light curves of GRB 190114C.

Energy flux at different wavelengths, from radio to γ -rays, versus time after the BAT trigger, at $T_0 = 20:57:03.19$ universal time (ut) on 14 January 2019. The light curve for the energy range 0.3–1 TeV (green circles) is compared with light curves at lower frequencies. Those for VLA (yellow square), ATCA (yellow stars), ALMA (orange circles), GMRT (purple filled triangle) and MeerKAT (purple open triangles) have been multiplied by 109 for clarity. The vertical dashed line marks the end of the prompt-emission phase, identified as the end of the last flaring episode. For the data points, vertical bars show the 1σ errors on the flux, and horizontal bars represent the duration of the observation. The fluxes in the V, r and K filters (pink, purple and grey filled squares, respectively) have been corrected for extinction in the host and in our Galaxy; the contribution from the host galaxy has been subtracted.



DISTRIBUCIÓN DE MASA DE LAS ESTRELLAS DE BARIO

MERCATOR

A pesar de que la interacción binaria desempeña un papel fundamental en muchos fenómenos astrofísicos, los modelos de evolución binaria están plagados de incertidumbres. El amplio abanico de interacciones binarias no puede deducirse a partir de principios fundamentales, por lo que las vías teóricas están sometidas a numerosas asunciones sin demostrar, como la eficiencia de la eyección de la envoltura, el aumento planteado de la pérdida de masa previa al contacto, la descripción física de la fase de envoltura común, la eficiencia de la acreción sobre la compañera, la creación de un catálogo de peculiaridades químicas, etc.

Los resultados preliminares obtenidos con el satélite GAIA (publicación de los Datos 1 y 2) permiten hacer un seguimiento científico basado en el hecho de que las distancias a los objetivos están mucho mejor delimitadas que antes. Un ejemplo de esto son los resultados que se obtuvieron con las estrellas de bario. Las gigantes de bario, que se encuentran en la rama de gigantes rojas (RGB por sus siglas en inglés), fueron las primeras en identificarse. Sus

predecesoras evolutivas, las enanas de bario, se identificaron más tarde y se han estudiado mucho menos. Los últimos resultados obtenidos con el Telescopio Mercator, basados en una amplia muestra de enanas y gigantes de bario con paralajes GAIA precisos, muestran una diferencia interesante: ¡la población de gigantes de bario clásica tiene un origen considerablemente más pesado que la población de enanas de bario de la que supuestamente desciende! Esto queda ilustrado en la Figura. Eso significa que las estrellas de bario de la secuencia principal que se han estudiado hasta la fecha no son las progenitoras directas de las gigantes de bario clásicas. También significa que, si se quiere estudiar los procesos de interacción binaria que se producen durante el ascenso de la rama gigante mediante la comparación de las propiedades orbitales de las gigantes y enanas de bario respectivamente, está claro que se debe tener en cuenta este sesgo observacional. Se está esperando con gran expectación la publicación de los "Datos 3" de GAIA sobre la investigación de estrellas binarias, ya que con ello se podrán adaptar los modelos binarios a los datos astrométricos.



MASS DISTRIBUTION OF BARIUM STARS

MERCATOR

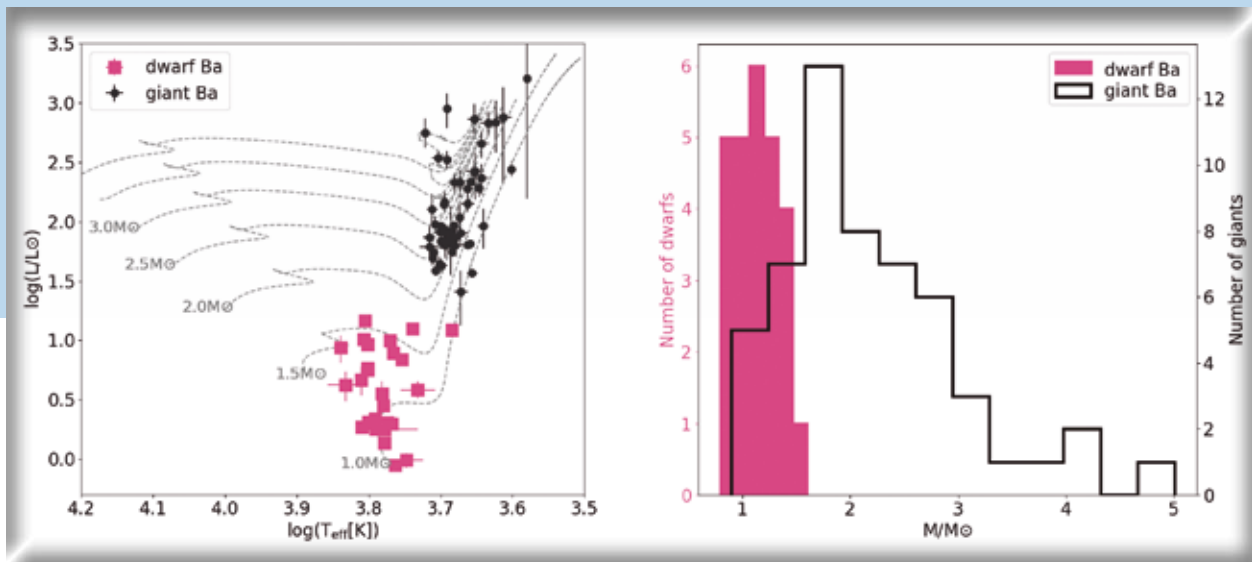
While binary interaction plays a fundamental role in many astrophysical phenomena, binary evolution models are plagued with uncertainties. The wide range of binary interactions are not understood from first principles and the theoretical tracks are therefore subject to many unproven assumptions like the efficiency of envelope ejection, the postulated increase of the mass-loss prior to contact, the physical description of the common-envelope phase, the accretion efficiency onto the companion, the building of a range of chemical peculiarities etc.

Preliminary results obtained by the GAIA Satellite (Data Releases 1 and 2) allow for science follow-up which is inspired by the fact that distances to the targets are much better constrained than previously. An example of this is provided by the results obtained on Ba stars. Historically, Ba giants, occupying the Red Giant Branch (RGB) were first

identified. Their evolutionary predecessors, the Ba dwarfs were identified later and these are significantly less studied. The recent results obtained with Mercator, based on a large sample of Ba dwarfs and giants with accurate GAIA parallaxes, illustrate an interesting difference: the classical Ba giant population is of significantly heavier origin than the Ba dwarf population of which they should descend! This is illustrated in the Figure. This means that the main-sequence Ba stars that have been studied so far are not the direct progenitors of the classical Ba giants. This also means that in a study of the binary interaction processes occurring during the ascent of the giant branch by comparing the orbital properties of Ba giants and Ba dwarfs respectively, this observational bias should be taken into account. For binary star research, Data Release 3 is eagerly awaited because in that release binary models will be fitted to the astrometric data.

¡La población de gigantes de bario clásica tiene un origen considerablemente más pesado que la población de enanas de bario de la que supuestamente desciende!

Diagrama HR (izquierda) y distribución de masa (derecha) de gigantes (negro) y estrellas de bario subgigantes y de la secuencia principal (rosa) respectivamente. La distribución de masa de las gigantes de bario clásicas alcanza un máximo de aproximadamente dos veces la masa solar, mientras que no se observan estrellas de bario de secuencia principal con masas superiores a aproximadamente 1,5 veces la masa solar debido a sesgos observacionales contra la detección de sobreabundancias de procesos «s» en estrellas de bario de secuencia principal más calientes.



The classical Ba giant population is of significantly heavier origin than the Ba dwarf population of which they should descend!

HR diagram (left) and mass distribution (right) of giant (black) and main-sequence and subgiant (pink) barium stars respectively. The mass distribution of the classical Ba giants peaks at about 2 solar mass whereas the main-sequence Ba stars with masses larger than about 1.5 solar mass are not observed because of the observational biases against the detection of s-process overabundances in hotter main-sequence Ba stars.



DETECCIÓN DE METANO EN EL EXOPLANETA LETE, EN ÓRBITA ALREDEDOR DE FLEGETONTE

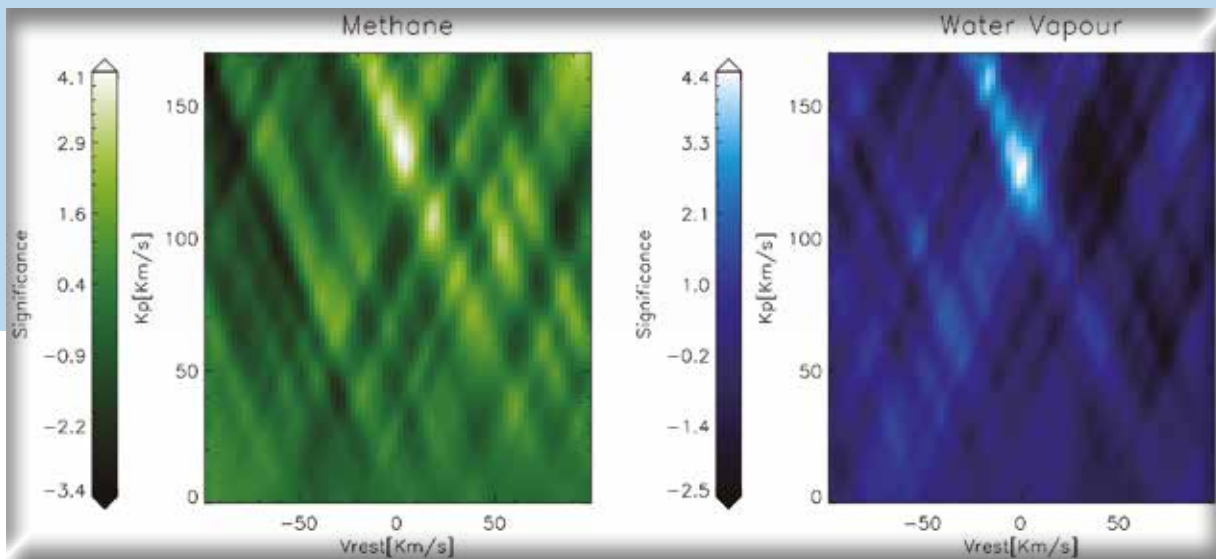
TNG + GIANO

Tras haber detectado vapor de agua en la atmósfera de un exoplaneta (véase el informe anual del CCI de 2018), se ha logrado un nuevo éxito con el instrumento GIANO en el TNG: la primera detección de metano. El metano está en la atmósfera del Júpiter caliente HD 102195b Flegetonte. Se trata de un exoplaneta que no transita (con la masa de medio Júpiter) y orbita su estrella anfitriona con un periodo de unos 4,1 días a una distancia 8 veces inferior que la de Mercurio al Sol.

Cuando el planeta está cerca de la conjunción superior, podemos ver su disco completamente iluminado por la estrella y el espectro diurno grabado

sobre el estelar. Con la alta resolución que ofrece el GIANO, las características de las moléculas se traducen en un denso bosque de líneas individuales con un patrón único para cada una de ellas. Gracias a la comparación con espectros teóricos, ha sido posible identificar el agua y, por primera vez, el metano. Por último, para asegurar que la molécula pertenece realmente a la atmósfera del exoplaneta, verificamos que las líneas de metano presentaran

Figura 1: Las marcas blancas son los desplazamientos Doppler de las líneas del metano (panel izquierdo) y del agua (panel derecho) en la atmósfera del exoplaneta HD 102195b.



METHANE DETECTION IN THE EXOPLANET LETE, ORBITING FLEGETONTE

TNG + GIANO

After the detection of water vapor in the atmosphere of an exoplanet (see the 2018 CCI Annual Report), a new success, the first detection of methane, has been achieved with the GIANO instrument on the TNG. The methane is in the atmosphere of the hot Jupiter HD 102195b Flegetonte. This is a non-transiting exoplanet (with a mass one half of Jupiter) that orbits its host star with a period of about 4.1 days at a distance 8 times smaller than Mercury's distance from the Sun.

When the planet is around the superior conjunction, we can see its disc fully illuminated by the star and the dayside spectrum imprinted over the stellar one. At

Figure 1: The white tracks are the Doppler shifts of the methane (left panel) and water (right panel) lines in the atmosphere of the exoplanet HD 102195b.

the high resolution offered by GIANO, the molecules' features are resolved into a dense forest of individual lines in an unique pattern for each given molecule. The comparison with theoretical spectra has made it possible to identify the water and, for the first time, the methane. Finally, to be sure that the molecule really belongs to the exoplanet's atmosphere, we verified that the methane lines are really Doppler shifted by the planet's motion around the host star (Figure 1).

The great interest in this detection prompted the IAU to assign HD 102195 to Italy in the context of the NameExoWorlds campaign. Flegetonte and Lete, proposed by Elia Ceci (an 18 year old student), were

realmente un desplazamiento Doppler debido al movimiento del planeta alrededor de la estrella anfitriona (Figura 1).

La alta resolución de GIANO ha permitido identificar metano por primera vez en la atmósfera del Jupiter caliente HD 102195b Flegetonte.

Figura 2: La asignación oficial de la IAU de los nombres de los componentes del sistema HD 102195.



Figure 2 - The IAU official assignment of the names of the components of the HD 102195 system.

GIANO's high resolution has made it possible to identify methane for the first time in the atmosphere of the hot Jupiter HD 102195b Flegetonte.

El gran interés generado por esta detección llevó a la IAU a asignar el HD 102195 a Italia dentro del marco de la campaña NameExoWorlds. Flegetonte y Lete, propuestos por Elia Ceci (una estudiante de 18 años), fueron seleccionados como los nombres astronómicos oficiales de la estrella y el planeta respectivamente (Figura 2). Ambos nombres hacen referencia a ríos mencionados en el famoso poema italiano Divina Commedia, escrito por Dante Alighieri en 1321. Flegetonte es el nombre de un río de fuego; Lete, del río del olvido.

selected as the official astronomical names of the star and planet, respectively (Figure 2). The two names refer to rivers mentioned in the famous Italian Divina Commedia poem, written by Dante Alighieri in 1321. Flegetonte is the name of a river of fire and Lete of a river of oblivion.

ROQUE DE LOS MUCHACHOS OBSERVATORY (ORM) - 2020

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: CBPF, 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.

TEIDE OBSERVATORY (OT) - 2020

Location: Island of Tenerife (Canary Islands/Spain)

Altitude: 2.390 m.	Area: 50 hectares
Longitude: 16°30'35" West	Latitude: 28°18'00" North

∅ cm	INSTRUMENT	OWNER &/or OPERATOR	Year Operational
20	Automatic Seeing Monitor (DIMMA)	IAC (ES)	2010
	<u>Microwave telescopes</u>		
40	GroundBIRD Experiment	GroundBIRD Collaboration *	2019
150	LSPE/STRIP	UniMI (IT), INFN (IT), IAC (ES)	2019
250x2	QUIJOTE I + II	IAC, IFCA & UnC (ES); UC & UM (UK)	2012 + 2014
	<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	ARTEMIS - 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

AIP Leibniz-Institut für Astrophysik Potsdam; CILBO Canary Islands Long-Baseline Observatory; CNRS Centre National de la Recherche Scientifique; CU Comenius University; 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 Astronomico de Mallorca; OGS Optical Ground Station; OU Open University; RIKEN Center for Advanced Photonics; STScI Space Telescope Science Institute; TCS Carlos Sánchez Telescope; UB University of Birmingham; UC University of Cambridge; UnC Universidad de Cantabria; ULiège Université de Liège; UM University of Manchester; UniMI Università Degli Studi di Milano.

*** GroundBIRD Collaboration**

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

Korea: Korea University.

Spain: Instituto de Astrofísica de Canarias.

BE Belgium; DK Denmark; ES Spain; FR France; DE Germany; JP Japan; RU Russia; 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

Instituto de Astrofísica de Canarias (Spain)

AMOS, CILBO, LST, DOT, EAST, EARTHSHINE, GONG, Ground-BIRD, IAC80, INT, JKT, LCOGT, MAGEC, MASCARA, MASTER, MONS, NOT, OGS, OTA, QUIJOTE, SONG, SST, TCS & WHT

Members of the CCI in 2020

President Luca Valenziano
Vice-President Rafael Rebolo

Istituto Nazionale di Astrofisica (INAF)
Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC)

Oskar von der Lüche
Aurélie Marchaudon
J Miguel Mas Hesse
Seppo Mattila
Ernesto Pereda de Pablo
Diego Torres
Colin Vincent
Christoffel Waelkens

Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)
Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS)
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)
Academy of Finland
Universidad de La Laguna (ULL)
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**

Chair: **Victor Acciari – MAGIC**
Secretary: Juan Carlos Pérez - ORM Site Manager
 Marc Balcells - ING
 Romano Corradi - GTC
 Álex Oscoz - IAC
 Dirk Raback - Liverpool Telescope
 Ennio Poretti - TNG
 Saskia Prins - Mercator Telescope
Observers: Thomas Augusteijn - NOT
 Daniel Mazin - LST
 Peter Suetterlin - SST

Teide Common Services Committee

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

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
 Igor Zayer - ESA

CCI Members & Associates
(in alphabetical order by first name – June 2020)

Adrian Biland (MAGIC & FACT) +41 44 633 2020 biland@phys.ethz.ch
Alex Oscoc (IAC) +34 922 605 242 aoscoz@iac.es
Aurélie Marchaudon CNRS-INSU +33 (0)5 61 55 67 02 aurelie.marchaudon@irap.omp.eu
Bernard Gally (THEMIS) +34 922 605 771 +34 922 314 280 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
Clemens Heese (OGS) +31 638 249 840 Clemens.Heese@esa.int
Colin Vincent (STFC) +44 179 344 2095 Colin.Vincent@stfc.ac.uk
Dan Kiselman (SST) +46 8 5537 8531 dan@astro.su.se
Daniel Batcheldor (JKT) +1 (321) 674-7208 dbatcheldor@fit.edu
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
Ernesto Pereda de Pablo (ULL) +34 922 319 480 vicinv@ull.es
Federico Ferrini (CTAO) +39-051-6357-20 federico.ferrini@cta-observatory.org
Göran Scharmer (SST) +46 85537 8532 scharmer@astro.su.se
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 Winckel (MERCATOR) +32 16 327 036 hans.vanwinkel@ster.kuleuven.be
Iain Steele (LT) +44 151 231 2900 ias@astro.ljmu.ac.uk
Ignas Snellen (MASCARA) +31 71 527 5838 snellen@strw.leidenuniv.nl
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
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
Julien de Wit +1617 258 0209 jdewit@mit.edu
Juraj Toth (AMOS) +421 2 602 95 610 Juraj.Toth@fmph.uniba.sk
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
Lisa Storrie-Lombardi (LCOGTN) +1 (805) 880-1603 lisa@lco.global
Luca Valenziano (INAF) +39 051 6398700 luca.valenziano@inaf.it
Lucia Kleint (GREGOR) +497 613 198 100 lucia.kleint@leibniz-kis.de
Luigi Colangeli (CILBO) +31 71 565 6565 luigi.colangeli@esa.int
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
Marie Karjalainen (MAGIC) +34 922 425 743 mkarjalainen@ifae.es
Markus Gaug (MAGIC-CTA) +34 93 581 2935 Markus.Gaug@uab.cat
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
Ricardo Génova Santos (QUIJOTE) +34 922 605 439 rqs@iac.es
Rob HammerschlagFe(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 sepmat@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
Ulrich Kolb (OU) +44 1908 655758 Ulrich.Kolb@open.ac.uk
Victor Acciari (MAGIC) +34 922 425 747 +34 922 405 675 vacciari@ifae.es



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