The central graphic features the CCI logo in large white letters on a dark background. Below the logo, the text 'INFORME ANUAL' and '2020' are displayed in white. At the bottom of the graphic, the words 'ANNUAL REPORT' are written in smaller white letters. The entire graphic is flanked by two vertical columns of small national flags, including those of Brazil, Spain, Germany, and the United States.

OBSERVATORIOS ASTROFÍSICOS DE CANARIAS

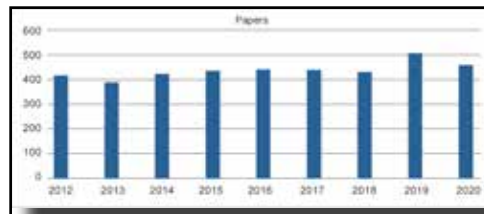
EL TRATADO INTERNACIONAL DE ASTROFÍSICA

El Acuerdo de Cooperación en Materia de Astrofísica y su Protocolo se firmó en 1979, en conjunto con sus adendas, es conocido como el «Tratado Internacional de Astrofísica». Mediante ello, el IAC ha tenido una base idónea para abrir sus Observatorios de Canarias a la comunidad astronómica internacional. Actualmente hay unas setenta y cinco instituciones científicas pertenecientes a veinticinco países operando sus telescopios e instrumentos en el Observatorio del Teide y en el del Roque de los Muchachos (véase las tablas en las páginas 76 y 77). Cada instalación telescópica es propiedad de una institución o consorcio, que puede ser consecuencia de una colaboración entre dos o más países, y ellos son responsables de la contratación de su personal y de los costes de su operación.

THE INTERNATIONAL TREATY ON ASTROPHYSICS

The Agreement on Cooperation in Astrophysics and its Protocol was signed in 1979, along with its addenda, 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 76 and 77). 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.

ÍNDICE

INDEX

| | | |
|-----------------------------------|----|----------------------------------|
| PREFACIO | 4 | FOREWORD |
| INTRODUCCIÓN | 6 | INTRODUCTION |
| CIENCIA CON MÚLTIPLES TELESCOPIOS | 10 | SCIENCE WITH MULTIPLE TELESCOPES |
| DESARROLLOS TECNOLÓGICOS | 16 | TECHNOLOGICAL DEVELOPMENTS |
| LOGROS CIENTÍFICOS | 46 | SCIENTIFIC HIGHLIGHTS |
| TELESCOPIOS DEL ORM | 76 | ORM TELESCOPES |
| TELESCOPIOS DEL OT | 77 | OT TELESCOPES |
| EL CCI | 78 | THE CCI |

Contact address:

**Julia G. Lecuona Allende - CCI Administrative Secretary
and Prof Johan H. Knapen - CCI Scientific Secretary**

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

Phone: 34 922 605 220 & 34 683 602 123

cci@iac.es

www.iac.es/cci

Editing & translation: Julia Lecuona & Johan H. Knapen - Design & layout: Gotzon Cañada

Legal deposit: TF-852/98

PORTADA COVER

Observatorio del Teide (montage)

Image: Daniel López / IAC

OBSERVATORIOS ASTROFÍSICOS DE CANARIAS

**COMITÉ
CIENTÍFICO
INTERNACIONAL**

**INFORME ANUAL
ANNUAL REPORT**

CCI 2020

**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 DEL PRESIDENTE

Es indiscutible que el 2020 marcó el inicio de una nueva era para la humanidad. La pandemia supuso un desafío sin precedentes para todo el planeta. No obstante, lo que también es indiscutible es la suma importancia de la ciencia y el conocimiento para poder reaccionar ante un suceso de tal magnitud. La astrofísica y la investigación fundamental cobrarán protagonismo en la próxima década e inspirarán un nuevo Renacimiento. Por citar un ejemplo, se espera obtener resultados muy interesantes del estudio de los exoplanetas y de la astrofísica multimensajero.

A pesar de las difíciles condiciones, los Observatorios de Canarias fueron capaces de seguir en 2020 con las observaciones y de obtener resultados científicos excelentes.

Pese a la complejidad logística derivada de las normas de seguridad y distanciamiento social, se están preparando nuevos instrumentos que añadirán más potencial a los Observatorios. Entre otras muchas actividades, el GTC volverá a recibir el instrumento OSIRIS, el WHT se prepara para WEAVE y el ING trabaja para albergar el

Observatorio Astrofísico de Izaña desde el ORM



Izaña Astrophysical Observatory from the ORM.

FOREWORD BY THE PRESIDENT

It is indeed evident that 2020 marked the beginning of a new era for humankind. The pandemic hit the whole planet with an unprecedented challenge. Yet, what is also evident is the paramount importance of science and knowledge to react to such an epic event. Astrophysics and fundamental research will be in the spotlight in the next decade, inspiring a new Renaissance. Just as an example, exciting results are expected from exoplanet studies and multi-messenger astrophysics.

Regardless of the difficult conditions, in 2020 the Observatorios de Canarias were able to continue with observations and obtain excellent scientific results.

Despite the logistic complexity due to the safety regulations and social distancing, new instruments are being prepared, which add more potential to the Observatories. Among many activities, the GTC will welcome back OSIRIS, the WHT is preparing for WEAVE, and the ING is working to host the HARPS3 spectrograph. The TNG is continuing to be one of the most active telescopes for exoplanetology. Scientists from many countries are continuing to apply to the ITP programme, taking advantage of state-of-the-art instrumentation available thanks to the International Treaty. The European Space Agency is exploiting the excellent site quality to monitor space debris, which is relevant for the future use of space.

espectrógrafo HARPS3. El TNG sigue siendo uno de los telescopios más activos en exoplanetología. Científicos de muchos países siguen presentándose al programa del ITP para aprovechar la instrumentación de vanguardia disponible gracias al Tratado Internacional. La Agencia Espacial Europea está sacando partido a la excelente calidad del emplazamiento para monitorizar la basura espacial, labor de gran importancia para el uso futuro del espacio.

De cara al mañana, cabe destacar que los Observatorios de Canarias se están preparando para seguir siendo líderes en investigación astronómica. La construcción de CTA-Norte en el ORM y de la minirred ASTRI en el

OT abrirá nuevas ventanas al área de la astrofísica de energías extremadamente altas. La cosmología se beneficiará de nuevos instrumentos y observaciones para estudiar la polarización de la radiación de fondo de microondas cósmica.

Es para mí un honor presentar algunas de las actividades más destacadas de los Observatorios de Canarias en 2020. La vitalidad de la comunidad, a pesar de las dificultades impuestas por la pandemia, es la mejor garantía de un futuro científico productivo. El CCI está listo para respaldar la preparación de esta nueva era de investigación astrofísica.

Prof. Luca Valenziano

Visita de la ministra de Turismo al ORM



The Spanish Tourism Minister visits the ORM.

Looking towards the future, it is worth noting that the Observatorios de Canarias are preparing themselves to continue to be at the forefront of astronomical research. The construction of the CTA-North at the ORM and of the ASTRI mini-array at the OT will open new windows in the area of extremely high-energy astrophysics. Cosmology will benefit from new instruments and observations to study the polarisation of the cosmic microwave background radiation.

I am honoured to present some highlights of the activities of the Observatorios de Canarias in 2020. The vitality of the community, despite the difficulties imposed by the pandemic, is the best insurance for a productive scientific future. The CCI is ready to support the preparation for this new era of astrophysical research.

Prof. Luca Valenziano

INTRODUCCIÓN DEL VICEPRESIDENTE

El año 2020 será recordado como uno de los más complejos en la historia reciente debido a la irrupción de un nuevo virus que ha afectado a toda la humanidad. Las muchas dificultades y sufrimiento que esto ha ocasionado han exigido unión, coordinación y grandes esfuerzos a muchos sectores de la sociedad en todos los países. Los Observatorios de Canarias no han sido ajenos a los efectos de la pandemia, que, aunque no ha ocasionado pérdidas humanas en el personal destinado en las islas, sí que ha causado una perturbación de nuestros modos de operación. Tras apenas un mes de cierre, se reanudaron las operaciones científicas en la mayor parte de los telescopios en un magnífico ejemplo de servicio a la comunidad astronómica internacional. Algunos de los telescopios nunca dejaron de funcionar. Desde aquí agradecemos a todo el personal de las instituciones involucradas en los Observatorios su gran dedicación y altruismo y también queremos expresar nuestro agradecimiento a las autoridades de Canarias, especialmente a las de las islas de Tenerife y la Palma, que se han enfrentado a la pandemia con gran tesón para tratar de controlar su impacto y reducir sus efectos.

Aunque algunos proyectos como WEAVE para el WHT han sufrido especialmente por la pandemia, confiamos en que durante 2021 llegue este instrumento al telescopio y pueda tener su deseada primera luz. Estamos seguros de que será un gran éxito científico. Otros muchos de los proyectos que están en marcha, como CTA-N, EST o el NRT, han continuado sus desarrollos con avances muy notables durante el pasado año a pesar de las dificultades.

Las observaciones astronómicas se han seguido realizando, pero la presencia física de científicos y tecnólogos en los Observatorios ha disminuido notablemente durante el año, especialmente la afluencia de científicos visitantes, con la consecuente fortísima caída de pernoctaciones en las Residencias, creando un problema que exigirá medidas paliativas para poder sostener su funcionamiento, tan importante para el buen desarrollo de nuestras actividades.

INTRODUCTION BY THE VICE-PRESIDENT

The year 2020 will be remembered as one of the most complex in recent history due to the emergence of a new virus that has affected all of humanity. The many difficulties and the suffering generated by the pandemic has led to the need for union and coordination, as well as large efforts by many sectors of society in all countries. The Observatorios de Canarias have not been alien to the effects of the pandemic which has caused a disturbance of our modes of operation even if it has not led to the loss of any of the personnel based in the islands. After a closure of hardly one month, scientific operations with most of the telescopes could be resumed, as a magnificent example of service to the international astronomical community. Several of the telescopes never even stopped working. From here, we wish to thank all the personnel of the institutions involved in the Observatorios for their dedication and altruism. We also wish to express our acknowledgements to the authorities in the Canary Islands, in particular those in Tenerife and La Palma, who have tackled the pandemic with great determination in order to control its impact and reduce its effects.

Although some projects such as WEAVE for the WHT have suffered particularly badly from the pandemic, we are confident that during 2021 this instrument will arrive at the telescope and be able to have its desired first light. We are certain that it will be a great scientific success. Many other ongoing projects, such as CTA-N, EST or the NRT, have continued their developments during the past year, with remarkable progress despite the difficulties.

Astronomical observations have continued, but the physical presence of scientists and engineers at the Observatories has decreased notably during the year, especially the number of visiting scientists, with the consequent sharp drop in overnight stays at the Residencias. This has created a problem that will require palliative measures to sustain their operation, so important for the proper development of our activities.

El CCI mantuvo sus dos reuniones anuales telemáticamente y prosiguió de esta manera con su actividad habitual de coordinación. En nombre de este comité, transmitimos un especial reconocimiento a Campbell Warden, quien fuera por muchas décadas Secretario del CCI, por su inestimable colaboración durante tanto tiempo. Confiamos en que tenga una placentera y bien merecida jubilación y desde aquí damos la bienvenida al nuevo Secretario Científico del CCI, el profesor Johan Knapen, a quien deseamos todo tipo de éxitos en su nuevo rol.

Prof. Rafael Rebolo

El cielo nocturno sobre dos hemisferios. Esta imagen fue Astronomy Picture of the Day (APOD) el 27 de febrero de 2020




The CCI held its two annual meetings telematically and thus continued with its usual coordination activity. On behalf of this Committee, we convey a special acknowledgement to Campbell Warden, who was for many decades Secretary of the CCI, for his invaluable collaboration over such a long time. We trust that he will have a pleasant and well-deserved retirement and we welcome the new CCI Scientific Secretary, Professor Johan Knapen, to whom we wish every success in his new role.

Prof. Rafael Rebolo

Two Hemisphere Night Sky. This image was Astronomy Picture of the Day (APOD) on February 27th 2020.





Entre las páginas 10 y 13 se presentan una serie de resultados de colaboraciones entre múltiples telescopios de los Observatorios de Canarias obtenidos en el marco del Programa de Tiempo Internacional.

The next section, pages 10 to 13, contains some highlights obtained as a result of the collaboration between several of the Observatorios de Canarias telescopes under the International Time Programme.

UN PROGRAMA DE ITP HALLA CORTEZAS PULVERIZADAS DE PLANETAS TELÚRICOS EN ESTRELLAS MORIBUNDAS

Se han descubierto los restos de planetas rocosos con gran abundancia de litio y potasio en comparación con el calcio y el hierro en las atmósferas de cuatro estrellas enanas blancas cercanas gracias a los datos espectroscópicos reunidos, en parte, con WHT/ISIS y GTC/OSIRIS dentro del programa ITP 18-08, denominado «Arqueología galáctica con enanas blancas». La explicación de esa inusual abundancia es la acreción de piezas de corteza telúrica, lo que

ofrece un atisbo a la geoquímica de planetas que tal vez orbitaron alrededor de sus estrellas anfitrionas hace más de 5000 millones de años. Se informó de este descubrimiento, relacionado con algunos de los sistemas planetarios más antiguos que hayan visto los astrónomos hasta la fecha, en la revista Nature Astronomy.

Descubriendo la geoquímica de antiguos exoplanetas

*Representación artística de cortezas planetarias
incorporándose a una enana blanca*



Uncovering the geochemistry of ancient exoplanets

*Artist's impression of planetary crusts accreting onto
a white dwarf.*

ITP PROGRAMME FINDS VAPORISED CRUSTS OF EARTH-LIKE PLANETS IN DYING STARS

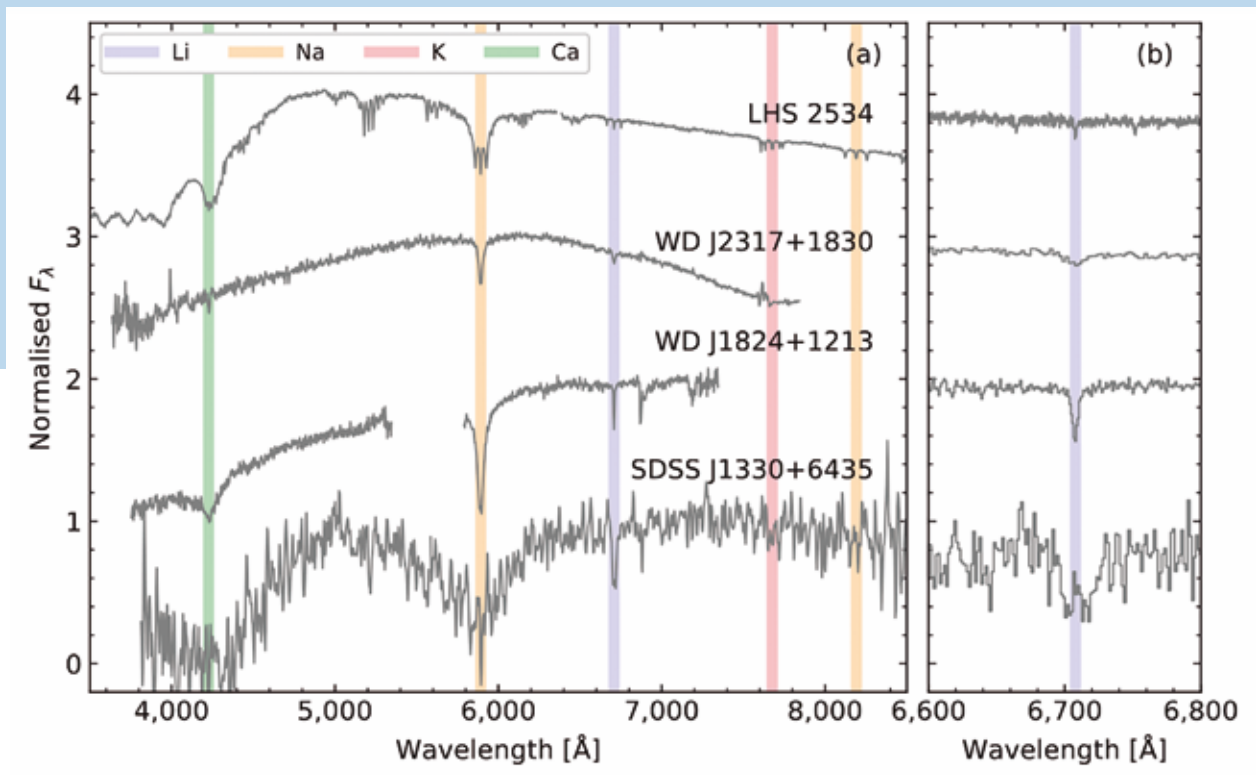
Remnants of rocky planets with large lithium and potassium abundances, with respect to calcium and iron, have been discovered in the atmospheres of four nearby white dwarf stars using spectroscopic data collected in part with WHT/ISIS and GTC/OSIRIS as part of the ITP programme 18-08, entitled “Galactic archaeology with white dwarfs”. The

unusual abundances are explained by the accretion of pieces of Earth-like crusts, offering a glimpse of the geochemistry of planets that may have once orbited their host stars more than five billion years ago. The discovery was reported in the journal Nature Astronomy and refers to some of the oldest planetary systems seen by astronomers so far.

En observaciones anteriores de enanas blancas se habían encontrado indicios de material del núcleo y el manto de planetas, pero ninguna prueba definitiva de material de la corteza. El litio y el potasio son buenos indicadores de material de la corteza, ya que no suelen estar presentes en altas concentraciones en el manto o en el núcleo. La cantidad de material de corteza detectado (10^{18} kg) es similar a la de los asteroides que vemos en nuestro propio Sistema solar, pero este material podría haberse desprendido de un planeta. En uno de los casos, se trata de formación planetaria alrededor de una estrella que se creó en el halo galáctico, hace 11 000-12 500 millones

de años, por lo que debe ser uno de los sistemas planetarios más antiguos conocidos hasta ahora. Otro de esos sistemas se formó alrededor de una estrella de corta vida que, en sus orígenes, tuvo más de cuatro veces la masa del Sol; un descubrimiento que bate récords y aplica restricciones importantes a la velocidad a la que los planetas pueden formarse alrededor de sus estrellas anfitrionas.

Espectros ópticos de cuatro enanas blancas con litio fotosférico y, en uno de los casos, potasio. Las barras de color indican las longitudes de onda de las transiciones más importantes.



Previous observations of white dwarfs have found evidence of material from the inner core and mantle of planets, but no definitive evidence of crust material. Lithium and potassium are good indicators of crust material, as they are not present in high concentrations in the mantle or core. The amount of crust material detected (10^{18} kg) is similar to that of the asteroids we see in our own Solar System, but the material could have broken off from a planet. In one case, we are looking at planet formation around a star that was formed in the galactic halo, 11-12.5 billion years ago, hence it must be one of the oldest

Optical spectra of four white dwarfs with photospheric lithium and, in one case, potassium. The wavelengths of the most important transitions are indicated by the coloured bars.

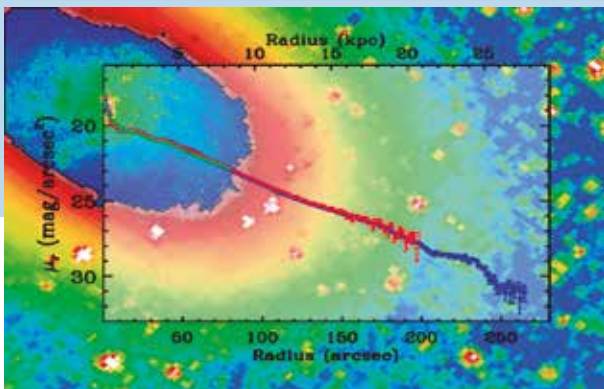
planetary systems known so far. Another of these systems formed around a short-lived star that was initially more than four times the mass of the Sun, a record-breaking discovery delivering important constraints on how fast planets can form around their host stars.

LAS GALAXIAS SIMILARES A LA VÍA LÁCTEA DESAFÍAN EL PARADIGMA DE LA MATERIA OSCURA FRÍA

La teoría de la formación de las galaxias más aceptada se basa en el paradigma de la materia oscura fría (CDM, por sus siglas en inglés). Se trata de un modelo relativamente simple según el cual las galaxias crecen debido a fusiones de unidades más pequeñas (un proceso llamado acumulación jerárquica) y, no obstante, la teoría ha logrado describir con mucho éxito las estructuras de gran escala del Universo.

No obstante, las observaciones muestran que la Vía Láctea está compuesta por una estructura discoidal que contiene los brazos espirales y nuestro Sistema solar. La cuestión que surge entonces es: ¿por qué la enorme energía implicada en los violentos procesos de fusión no ha destruido el frágil disco estelar de la Vía Láctea, convirtiéndola en una galaxia elíptica o en un bulbo masivo, tal y como predicen los modelos?

Cola de marea descubierta en la galaxia NGC 1087



Tidal tail discovered in the galaxy NGC 1087

MILKY WAY-TYPE GALAXIES CHALLENGE THE COLD DARK MATTER PARADIGM

The most widely accepted theory for galaxy formation is based on the cold dark matter (CDM) paradigm. This is a relatively simple model in which galaxies grow due to mergers of smaller units (a process called hierarchical clustering), but this theory has managed to be tremendously successful in describing the large-scale structures of the Universe.

However, observations show that the Milky Way is mainly composed of a flattened, disk-like structure containing the spiral arms and our Solar System. The question that arises then is: Why has the enormous energy involved in the violent merger processes not destroyed the fragile stellar disk of the Milky Way, turning it into an elliptical galaxy or a massive bulge, as predicted by models?

El proyecto BEARD (Bulgeless Evolution And the Rise of Disks), seleccionado dos años consecutivos para el Programa de Tiempo Internacional (ITP19-02 e ITP2006), busca estudiar una muestra estadística de galaxias análogas a la Vía Láctea y proporcionar las restricciones observacionales necesarias para demostrar el éxito o fracaso del escenario jerárquico de CDM a escala galáctica.

La figura muestra la detección de una cola de marea en la galaxia NGC 1087. Ese tipo de estructuras de bajo brillo superficial contiene información clave sobre la formación de las galaxias. En particular, las colas de marea (estructuras alargadas formadas por interacciones mareomotrices) se asocian con grandes fusiones, demostrando así que las galaxias «sin bulbo» también han sufrido los procesos de fusión predichos en los modelos de CDM. Este resultado ha sido posible gracias a las observaciones ultraprofundas llevadas a cabo con el Telescopio Isaac Newton (INT) dentro del marco del programa del ITP BEARD.

La imagen más profunda obtenida jamás de la galaxia NGC 1087, captada con el telescopio INT dentro del proyecto del ITP BEARD. El contraste de la imagen se eligió para enfatizar las estructuras de bajo brillo superficial y muestra una cola de marea hasta ahora desconocida. Se ha sustituido el área central por la imagen de alta resolución espacial del Telescopio Espacial Hubble (HST, por sus siglas en inglés). Lo superpuesto es el perfil de brillo superficial obtenido de la imagen del HST (verde), de la imagen del SDSS (rojo) y de la imagen del INT (azul). Solo es posible detectar las colas de marea con la nueva imagen del INT.

Deepest image ever obtained of the galaxy NGC 1087, taken with the INT telescope as part of the BEARD ITP project. The contrast of the image is chosen to emphasize the low surface brightness structures and shows a hitherto unknown tidal tail. The central area has been replaced by the HST high spatial resolution image. Superimposed is the surface brightness profile obtained from the HST image (green), from the SDSS image (red) and from the INT image (blue). Only with the new INT image can one detect the tidal tails.

The BEARD (Bulgeless Evolution And the Rise of Disks) project, selected for two consecutive years as an International Time Programme (ITP19-02 and ITP20-06), aims to study a statistical sample of galaxies analogous to the Milky Way and provide the observational constraints necessary to demonstrate the success or failure of the CDM hierarchical scenario at galactic scales.

The figure shows the detection of a tidal tail in the galaxy NGC 1087. These kinds of low surface brightness structures contain key information about the formation of galaxies. In particular, tidal tails (elongated structures formed by tidal interactions) are associated with major mergers, demonstrating that 'bulgeless' galaxies have also undergone the merger processes predicted by CDM models. This result has been possible thanks to the ultra-deep observations made with the Isaac Newton Telescope (INT) in the framework of the BEARD ITP programme.

UN EXOPLANETA QUE PIERDE SU ATMÓSFERA

Una estrella perteneciente al cúmulo abierto Praesepe (M44) se monitorizó mediante observaciones fotométricas y espectroscópicas simultáneas para medir con precisión la masa y densidad del planeta que transita la estrella dentro del programa ITP 16-08 denominado «La densidad y composición interna de un planeta en tránsito en Praesepe». Se ha sugerido que los exoplanetas en tránsito que orbitan alrededor de estrellas en cúmulos abiertos y asociaciones son más grandes que sus contrapartes con períodos similares en órbita alrededor de estrellas más evolucionadas, pero solo la medición de la densidad de dichos planetas puede confirmar si están inflados debido a procesos de fotoevaporación generados por la actividad estelar de la joven estrella anfitriona. Los datos obtenidos en el programa ITP se publicaron en las Monthly Notices de la RAS, «Confirmación de la velocidad radial de K2-100b: un neptuno joven, altamente irradiado y de baja densidad en tránsito». Este trabajo presenta por primera vez la medición

Primera medición de masa de un planeta en tránsito en un cúmulo abierto joven

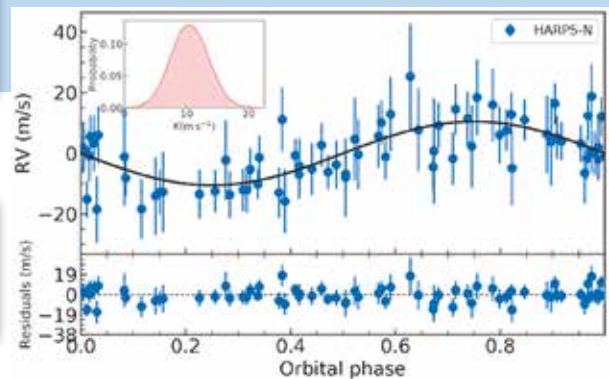
First mass measurement for a transiting planet in a young open cluster

AN EXOPLANET LOSING ITS ATMOSPHERE

A star belonging to the Praesepe (M44) open cluster has been monitored with simultaneous photometric and spectroscopic observations to precisely measure the mass and density of the planet transiting the star as part of the programme ITP16-08, entitled “The density and internal composition of a transiting planet in Praesepe”. It has been suggested that transiting exoplanets orbiting stars in open clusters and associations are larger than their counterparts with similar periods orbiting more evolved stars, but only the measurement of the density of such planets can confirm if they are inflated by photo-evaporation processes triggered by the stellar activity of the young stellar host. The data obtained in the context of the ITP programme have been presented in a paper in the Monthly Notices of the RAS, “Radial velocity confirmation of K2-100b: a young, highly irradiated,

de masa de un planeta en tránsito en un cúmulo abierto joven. La relativa baja densidad del planeta implica que K2-100b retiene una envoltura volátil significativa, lo que sugiere que está perdiendo su atmósfera debido al elevado nivel de radiación que recibe de la estrella anfitriona. El análisis se llevó a cabo usando técnicas de última generación de modelado de las variaciones de velocidad radial inducidas por actividad de la estrella anfitriona.

Curva de velocidad radial de K2-100 plegada sobre el periodo orbital de K2-100b. Los datos de HARPS-N, en el TNG, (círculos azules) se muestran tras la sustracción de la compensación instrumental y un modelo de procesos gaussiano. Las barras de error grises corresponden al ruido estelar. La solución kepleriana se muestra como una curva continua. El recuadro de la esquina superior izquierda muestra la distribución posterior de K.



Radial velocity curve of K2-100 folded to the orbital period of K2-100b. HARPS-N data from the TNG (blue circles) are shown after the subtraction of the instrumental offset and a Gaussian process model. Grey error bars account for the jitter. The Keplerian solution is shown as a solid curve. The top-left inset displays the posterior distribution for K.

and low-density transiting hot Neptune”. This work presents the mass measurement for a transiting planet in a young open cluster for the first time. The relatively low density of the planet implies that K2-100b retains a significant volatile envelope, thus suggesting that it is losing its atmosphere due to the high level of radiation it receives from its host star. The analysis has been carried out using state-of-the-art techniques in modelling the activity-induced radial velocity variations of the host star.



**DESARROLLO TECNOLÓGICO
TECHNOLOGICAL DEVELOPMENTS**



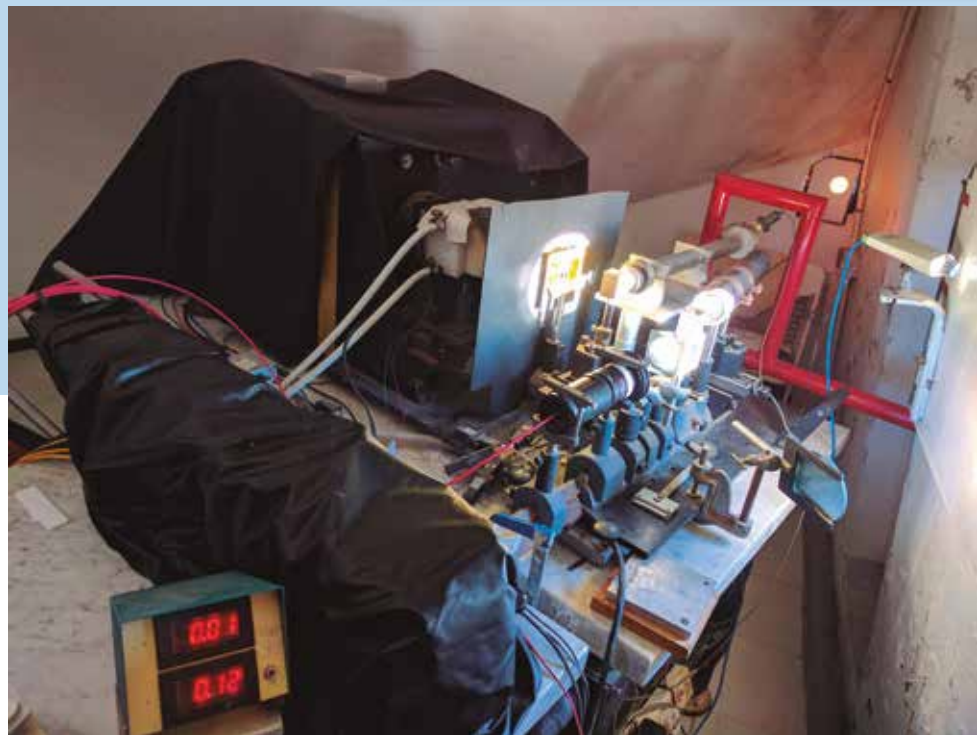
MEJORA DE BISON EN EL LABORATORIO SOLAR

Se encuentra actualmente en curso un nuevo desarrollo instrumental denominado BiSON Mini, conceptualmente similar al espectrofotómetro Mark-I, basado en componentes comerciales y económicos y que debería de operar de modo totalmente automatizado. La reducción de tamaño, coste y complejidad ofrece importantes ventajas para el soporte continuo de la red BiSON. En particular, supone la modernización del espectrofotómetro Mark-I existente, instalado en 1976 en el Observatorio del Teide, en funcionamiento continuo desde entonces y de forma diaria desde la primavera de 1984. La potencial expansión de la red con el objetivo de detectar los modos p y g solares de muy

baja frecuencia es su principal objetivo científico. El prototipo BiSON Mini ya ha sido instalado en el Laboratorio Solar del Observatorio del Teide, donde comparte el haz de luz solar de entrada con el espectrofotómetro original Mark-I.

25 años de observaciones de la velocidad Doppler del Sol

El espectrofotómetro Mark-I (arriba) instalado y operativo en el Laboratorio Solar del Observatorio del Teide y el nuevo prototipo BiSON-Mini (abajo a la izquierda), ambos compartiendo el mismo haz de luz solar proveniente del celostato ubicado en el exterior



The Mark-I spectrophotometer (on top) at the Solar Lab fed with solar beam from a coelostat, together with the BiSON Mini prototype (lower left).

UPGRADE OF BISON IN THE LABORATORIO SOLAR

Development work is ongoing for a completely refreshed instrumentation framework known as BiSON Mini, based on a fully automated, inexpensive commercial off-the-shelf components. The reduction in size, cost, and complexity offers major advantages to the ongoing support of BiSON. In particular, the upgrading of the existing Mark-I spectrophotometer, installed in 1976 at the Observatorio del Teide and

continuously operating since then and on a daily-basis since spring 1984. The potential expansion of the network with the aim of detecting very low frequency solar p- and g-modes is its main scientific objective. The BiSON Mini prototype has been already installed at the Laboratorio Solar of the Observatorio del Teide sharing the input solar beam with the original Mark-I spectrophotometer.

25 Years of Doppler velocity observations of the Sun

NUEVO SISTEMA ÓPTICO INSTALADO EN EL TELESCOPIO SOLAR GREGOR

El proceso de mejora de la calidad de imagen del telescopio GREGOR puesta en marcha en los últimos años se completó en 2020. A pesar de las dificultades causadas por la COVID-19, se pudieron reconstruir y ajustar con un nuevo diseño todas las ópticas en la sala del instrumento. Algunos de los espejos del sistema óptico de retransmisión se reemplazaron por otros de más calidad y todo el sistema se reinstaló con un diseño horizontal que mejora en gran medida la estabilidad de la configuración óptica. Tras la alineación, hubo que interrumpir el trabajo debido a las restricciones de viaje y residencia impuestas por la pandemia, pero se pudo completar durante el verano. Las nuevas ópticas permitieron tomar las imágenes del Sol de mayor resolución que jamás haya conseguido ningún telescopio solar europeo hasta la fecha.

Para la puesta a punto científica se llevó a cabo una campaña más larga con nuestros colaboradores nacionales e internacionales en la que se obtuvieron resultados de primera categoría. Después se prosiguió durante unas

NEW OPTICS SYSTEM INSTALLED AT THE GREGOR SOLAR TELESCOPE

The improvement process of the image quality of the GREGOR telescope, which was started in the past years, was continued and completed in 2020. Despite the difficulties caused by the Covid-19 situation, all the optics in the instrument room could be rebuilt and adjusted with a new design. Some imaging mirrors of the relay optics were replaced with higher-quality ones, and the entire relay optics were rebuilt horizontally, greatly improving the stability of the optical setup. The work had to be interrupted due to the travel and residence restrictions imposed by the Covid-19 regulations after the alignment but could be completed in the summer. With the new optics, images of the Sun could be taken with the highest resolution of any European Solar telescope to date. For the scientific commissioning, a longer campaign was made with our national and international partners and first-class observing results were obtained. Afterwards, scientific campaign observations were carried out for a few more weeks.

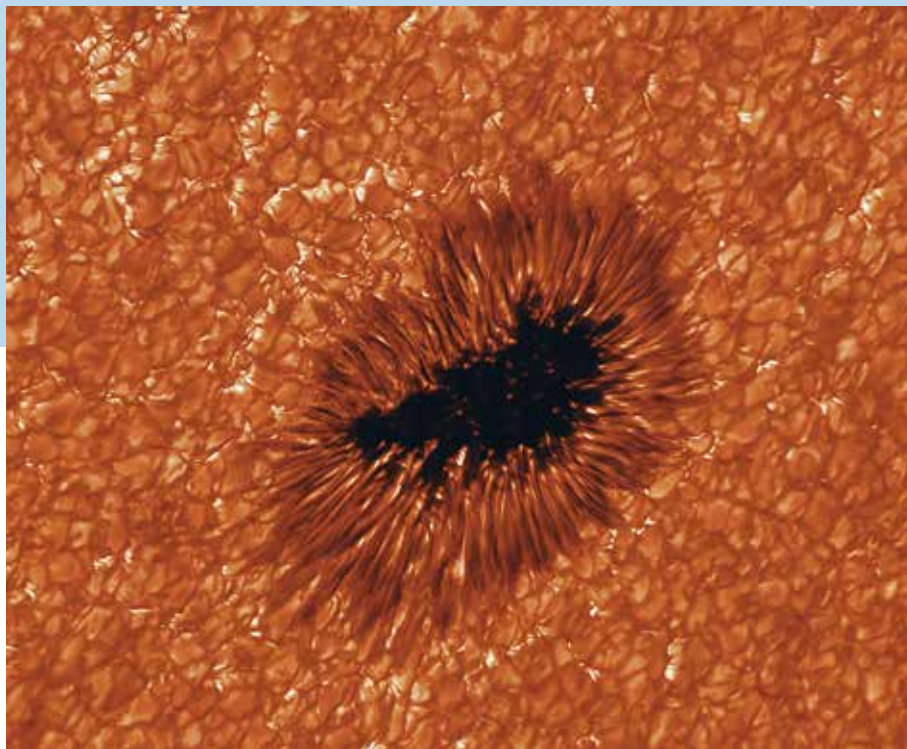
cuantas semanas más con observaciones de campañas científicas.

Se pudieron realizar algunas observaciones de prueba con el VTT. No obstante, eso puso de manifiesto una serie de problemas con la calidad óptica y el sistema de control que se resolverán en 2021.

Debido a las restricciones impuestas por la pandemia, el mantenimiento de los telescopios y la ejecución de las observaciones solo fue posible gracias a la extraordinaria dedicación del personal in situ.

Imágenes de alta resolución del Sol obtenidas con las nuevas ópticas

Mancha solar a una longitud de onda de 430 nm



Sunspot at 430 nm wavelength.

High-resolution images of the Sun obtained with new optics

Some test observations could be made with the VTT. However, problems with the optical quality and the control system became apparent, which will be resolved in 2021.

The maintenance of the telescopes and the implementation of the observations were only possible due to the Covid-19 restrictions and the extraordinary commitment of the staff on site.

MODELADO NUMÉRICO DE LA ATMÓSFERA: PREDICIENDO EL FUTURO, RECONSTRUYENDO EL PASADO

Un aspecto clave del *site-testing* astronómico es predecir las condiciones atmosféricas en los Observatorios. Tradicionalmente, esta tarea se lleva a cabo mediante análisis estadístico de los valores registrados, estableciendo condiciones típicas o periodos de retorno en términos de probabilidad. Sin embargo, la visión que se obtiene así es general (como máximo, se pueden dar las condiciones típicas de un mes en particular). Para predecir escenarios más precisos, digamos, para mañana mismo, tenemos que aplicar las leyes de la física mediante modelado numérico de predicción meteorológica (NWP, por sus siglas en inglés). El reto es hacer coincidir ambos enfoques, poder usar la potencia del NWP para reconstruir series temporales en el pasado, donde o cuando no existen mediciones.

Los modelos y procesos subyacentes al NWP son complejos y consumen ingentes recursos de computación, lo que ha limitado su aplicación en el pasado. Se resuelven ecuaciones en derivadas parciales que incluyen ecuaciones de continuidad, hidrodinámicas, termodinámicas, de transferencia radiativa y químicas, en cada uno de los puntos del área de interés, extendida en una malla

ATMOSPHERE NUMERICAL MODELLING: FORECASTING THE FUTURE, REBUILDING THE PAST

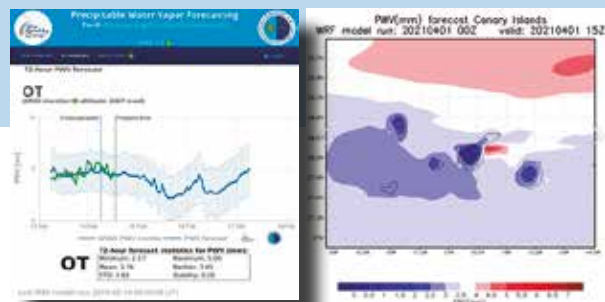
A key aspect of astronomical site-testing is to predict the future atmospheric conditions at the Observatories. Traditionally, the task is carried out through statistical analyses of previously recorded values, establishing typical conditions or return periods in terms of probability. This is, however, a general picture (at most, typical conditions can be given for a particular month only). To predict a more accurate scenario for, say, just tomorrow, we have to apply the laws of physics through numerical weather prediction (NWP) modelling. The challenge is to join both approaches, using the power of NWP to reconstruct time series into the past, where or when no measurements exist.

The models and processes underlying NWP are complex and heavily computer time-consuming, which has limited its application in the past. They use partial differential equations, which include continuity, hydrodynamics, thermodynamics, radiative transfer, and chemistry in an area of interest that extends into a 3D grid. Furthermore, expertise is needed for a proper parametrization of the boundary conditions, to select the initial conditions and to statistically post-process and interpret the outputs.

3D. Se requiere experiencia, además, para una correcta parametrización de las condiciones de contorno, para seleccionar las condiciones iniciales y para postprocesar estadísticamente las salidas e interpretar los resultados.

El Equipo de Calidad del Cielo (SQT, por sus siglas en inglés) del IAC, consciente de su importancia, apostó por el NWP hace más de cinco años. Como resultado, hoy disponemos del sistema ForO (Forecasting the Observatories) operando en el IAC de forma rutinaria para la predicción del vapor de agua precipitable (PWV). ForO está basado en un modelo NWP no hidrostático de mesoscala llamado WRF (Weather Research and Forecasting). En contraste con los modelos globales, los modelos NWP de mesoscala tienen mayor resolución, tanto vertical como horizontal, de modo que trazan mejor los procesos a escalas por debajo del tamaño de la red de puntos del NWP, especialmente en áreas de orografía abrupta, como las Islas Canarias.

Captura de pantalla de la página principal del sistema de predicción ForO (izquierda) y uno de los mapas con una predicción de vapor de agua precipitable (PWV - derecha)



Snapshot of the main page of the forecasting system ForO (left) and one of the maps with a forecast of precipitable water vapour (PWV - right).

The IAC Sky Quality Team (SQT) has been aware of the importance of NWP and pushed in that direction for more than five years. As a result, we now have the ForO (Forecasting the Observatories) system routinely running at the IAC for precipitable water vapour (PWV). ForO is based on a non-hydrostatic mesoscale model called WRF (Weather Research and Forecasting). In contrast with global models, a mesoscale NWP model has higher horizontal and vertical resolutions, so that it can better represent the subgrid processes, especially in areas with abrupt orography as is the case for the Canary Islands. ForO was validated in two refereed papers and is a tool widely used by several instruments, like CanariCam (GTC) or KISS (QUIJOTE). ForO is planned to be extended to new parameters, such as the seeing.

Análisis de vanguardia confirma las excelentes condiciones atmosféricas

ForO ha sido validado en dos artículos arbitrados y es una herramienta de uso generalizado por parte de instrumentos como CanariCam (GTC) o KISS (QUIJOTE), por ejemplo. Está planeada la extensión de ForO a nuevos parámetros, como la calidad de imagen (*seeing*).

Para la reconstrucción del pasado con NWP se usa una aproximación diferente. Las bases de datos de reanálisis climático (RC) son el resultado de aplicar una compleja serie de algoritmos para introducir datos externos en los modelos NWP. Estos datos son todas las observaciones disponibles, provenientes de estaciones meteorológicas, radiosondeos, satélites, aviones o barcos, cuyos datos se asimilan para obtener una representación precisa del estado real de la atmósfera en cada uno de los puntos de la malla 3D del modelo, así como para cada punto de la serie temporal en el pasado.

Hay RC disponibles para numerosas localizaciones del planeta, con consistencia espacial y temporal y con cobertura de décadas. Sin embargo, los RC también presentan limitaciones que deben evaluarse antes de su uso. La fiabilidad depende del método de asimilación de las observaciones,

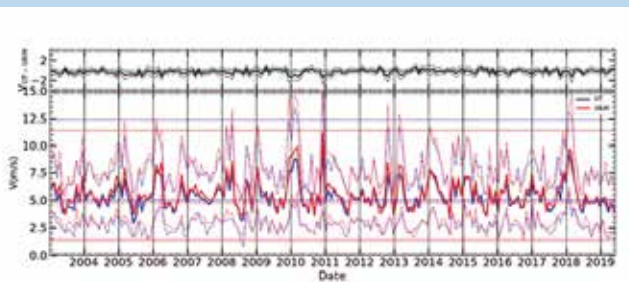
A different approach is used to reconstruct the past with NWP. Climate re-analysis datasets (CRs) are the result of applying a complex ensemble of algorithms to ingest external inputs into the NWP. These inputs are all the available observations, coming from weather stations, radiosondes, satellites, aircrafts or ships, whose data are assimilated to obtain a final accurate picture of the state of the atmosphere in all the points of the NWP 3D output grid, and at each timestamp to the past.

CRs are available for many Earth locations with consistent spatial and temporal sampling over decades. CRs have, however, some limitations and constraints that must be evaluated before using them. The reliability depends on the assimilation method, the uncertainties, both on the observations and the NWP outputs, the time period, and the singularities of the local orography. UERRA (Uncertainties in Ensembles of Regional ReAnalysis) is a European project with a state-of-the-art CR that includes the recovery of historical data and estimating the

State-of-the-art analysis confirms excellent atmospheric conditions

de las incertidumbres, tanto de estas como de las salidas del modelo NWP, del periodo de tiempo y de las singularidades de la orografía local. UERRA (*Uncertainties in Ensembles of Regional ReAnalysis*) es un proyecto europeo de vanguardia de RC. Incluye la recuperación de datos históricos y la estimación de incertidumbres en un reanálisis generado con distintos NWP, con una resolución mejorada. UERRA es la herramienta que usa el SQT para ayudar a decidir la ubicación del futuro Telescopio Solar Europeo (EST, por sus siglas en inglés). La base de datos seleccionada cubre todo el territorio de Canarias con 24 niveles verticales y una resolución horizontal de 11 x 11 km, lo que permite llevar a cabo comparativas precisas entre el OT y el ORM. Esta resolución implica, por otro lado, una enorme cantidad de datos que tiene que manejarse adecuadamente mediante programación avanzada. Un primer estudio, enviado a publicar, confirma la gran homogeneidad en las excelentes condiciones de la atmósfera libre en ambos observatorios.

Comparativa de la velocidad del viento a la altura del OT y el ORM usando una serie temporal de 16 años obtenida del reanálisis climático UERRA. UERRA tiene una resolución horizontal de 11 x 11 km. En el gráfico del panel superior están las diferencias absolutas. Existe una significativa igualdad entre ambos Observatorios.



Wind speed comparison at the height of the OT and the ORM using a 16 year-long time-series obtained from the UERRA climate reanalysis. UERRA has a horizontal resolution of 11 x 11 km. The absolute differences are in the upper panel. There is a remarkable similarity between both Observatories.

uncertainties in the re-analyses produced through different NWP at higher resolution than before. UERRA has been the tool used by the SQT to help in the site selection of the future European Solar Telescope (EST). The selected dataset covers all the Canary Islands with 24 vertical levels and a horizontal resolution of 11 x 11 km, which allows a precise comparison between the OT and the ORM. This resolution implies a huge amount of data that has to be properly script-managed. A first study, that has been submitted for publication, confirms the great homogeneity in the excellent free atmosphere conditions, both at the OT and the ORM.

LA ESTACIÓN ÓPTICA TERRESTRE DE LA ESA OBSERVA BASURA ESPACIAL Y OBJETOS CERCANOS A LA TIERRA

En 2020, debido a las restricciones de viaje impuestas en todo el mundo, las únicas observaciones que se llevaron a cabo en la OGS (estación óptica terrestre, por sus siglas en inglés) fueron los cartografiados de basura espacial y objetos próximos a la Tierra (SD y NEO respectivamente, por sus siglas en inglés). Estas observaciones se venían llevando a cabo sin grandes interrupciones desde 2001, en el caso de la SD, y desde 2009 para los NEO. Como es lógico, la pandemia de 2020 puso en jaque esta continuidad.

Por suerte, los sistemas de asistencia y observación locales estaban bien preparados. Cuando se construyó el sistema de SD a finales de los 90, la conexión a Internet en la OGS era limitada e inestable. Para solventarlo, este se diseñó de forma que una sola persona pudiera llevar a cabo observaciones nocturnas completas sin necesidad de soporte externo. Eso era un requisito muy importante, sobre todo para las observaciones de SD: el procesamiento inicial de los datos debe hacerse casi en tiempo real; de lo contrario, los objetos descubiertos dejarán de estar a la vista. Esas condiciones pueden relajarse un poco al observar los NEO, dada la velocidad relativamente menor de estos objetos dentro del

campo de visión, por lo que el procesamiento está menos automatizado, aunque sigue habiendo solo un observador en la OGS.

El confinamiento total durante la primavera de 2020 duró solo unas cuantas semanas en España. Las instituciones de investigación fueron de las primeras en tener permiso para volver al trabajo y, por tanto, únicamente se perdió una campaña de observación. Además, las normas de distanciamiento social no supusieron ningún problema, ya que solo hace falta la presencia de una persona en la OGS para las observaciones. El resto de personal que participa en ellas lo hizo a distancia, como siempre.

Las observaciones de basura espacial se centran en la detección y catalogación de desechos a gran altitud. En concreto, en la región de GEO, las observaciones de la OGS son de las muy pocas

La OGS puede captar la órbita de objetos de hasta 10 cm de tamaño

ESA OPTICAL GROUND STATION OBSERVES SPACE DEBRIS AND NEAR-EARTH OBJECTS

During 2020, and due to the travel restrictions imposed globally, the only observations carried out at the ESA Optical Ground Station (OGS) were Space Debris (SD) and Near-Earth Object (NEO) surveys. These observations have been going on without major interruptions since 2001 for SD and 2009 for NEOs. The 2020 pandemic obviously challenged that continuity.

Fortunately, the local support and observation systems were well prepared. When the SD system was built at the end of the 90s, the internet connection at the OGS was limited and unstable. To overcome this, the system was designed so that a single person could carry out full night observations without any support from the outside world. Especially for the SD observations, this was a strong requirement: the initial

OGS can resolve orbits of objects down to 10cm in size

processing of the data must be done in near-real-time or the discovered objects will be out of sight. With NEO observations these conditions can be relaxed a bit, given the relatively lower speed of these objects within the field of view, and the processing is less automatised, but there is still only one observer at the OGS.

In Spain, the full lockdown during the Spring of 2020 lasted only a couple of weeks. Institutions carrying out research were among the first allowed to return to work and therefore only one observation campaign was lost. Also, the social distancing rules were not causing any problems, as only one person at the time is required at the OGS for these observations. Other persons involved in the observations were participating remotely as usual.

capaces de captar la órbita de objetos de entre 10 y 20 cm de tamaño. La ESA mantiene su propio catálogo de objetos. Muchos de los objetos cuentan con una gran superficie en relación con su masa, lo que significa que la presión de la radiación solar afecta en gran medida sus órbitas. Un intervalo de tiempo largo sin observaciones supondría la pérdida de una buena parte de los objetos de la base de datos. Por suerte, eso no sucedió en 2020.

Además, en 2020 se rompió un objeto en una GEO y se descubrió poco después de producirse el suceso. Una cooperación internacional en la que la ESA y la OGS participaron activamente fue capaz de localizar el objeto original que había creado la nueva nube de basura. Estas rupturas y colisiones son las fuentes principales de basura de pequeño tamaño. La capacidad de detectar cuándo se produce ese tipo de eventos y de monitorizar su evolución ayudará a predecir el desarrollo de la población de basura espacial en el futuro y a producir modelos más precisos que contribuyan a la seguridad de nuestros recursos espaciales.

El desafío que plantea la observación de NEO es que muchos de los objetos son relativamente pequeños y, por tanto, poco visibles para el observador. La mayoría de estos cuerpos se detectan solamente cuando se acercan a la Tierra, por lo que es muy

The space debris observations focus on the detection and cataloguing of high-altitude debris. Especially in the GEO region, the OGS observations are among the very few that can solve orbits of objects of about 10-20 cm in size. ESA maintains their own catalogue of objects. Many of the objects have a very large surface compared to their mass, which means that their orbits are strongly affected by the solar radiation pressure. A long gap in the observations would mean the loss of a large fraction of the objects in the database. Luckily this did not happen in 2020.

In addition, during 2020 an object broke up in a GEO, which was discovered shortly after the event. An international effort, where ESA and OGS actively participated, was able to track down the original object of the newly created debris cloud. These break-ups and collisions are the major sources of small-size debris. The ability to detect these kinds of events happening and to monitor their evolution will help predict the development of the space debris population in future and produce more accurate models which can contribute to the safety of space assets.

The challenge with NEO observations is that many objects are relatively small and therefore dim to the observer. Most of these bodies are detected only

difícil encontrar nuevos NEO. No obstante, en 2020 se descubrieron dos nuevos NEO en la OGS: 2020 QA y 2020 OM.

Otros eventos interesantes durante 2020 fueron la detección de los NEO que jamás hayan pasado tan cerca de la Tierra sin impactar, 2020 VT4 y 2020 QG, ambos seguidos desde la OGS, y las observaciones de la maniobra de sobrevuelo de la astronave BepiColombo, que se publicará en breve en Acta Astronautica. Por último, la OGS fue de las primeras en reunir observaciones astrométricas de 2020 SO, un objeto capturado temporalmente por la Tierra y que acabó resultando ser la fase superior del cohete Centauro, de la misión lunar Surveyor 2.

OGS



OGS

when they get close to Earth, making it very hard to find new NEOs. However, in 2020 two new NEOs were discovered at the OGS: 2020 QA and 2020 OM.

Other interesting events during 2020 were the detection of the closest-ever non-impacting fly-bys of NEOs, 2020 VT4 and 2020 QG, both of which were followed from OGS and the observations of a fly-by of the BepiColombo spacecraft, which will be published soon on Acta Astronautica. Finally, the OGS was among the first to collect astrometric observations of 2020 SO, an object temporarily captured by the Earth, which then turned out to be the Centaur rocket booster of the Surveyor 2 Lunar mission.

GTC INSTALA NUEVO ROTADOR CASSEGRAIN PARA OSIRIS

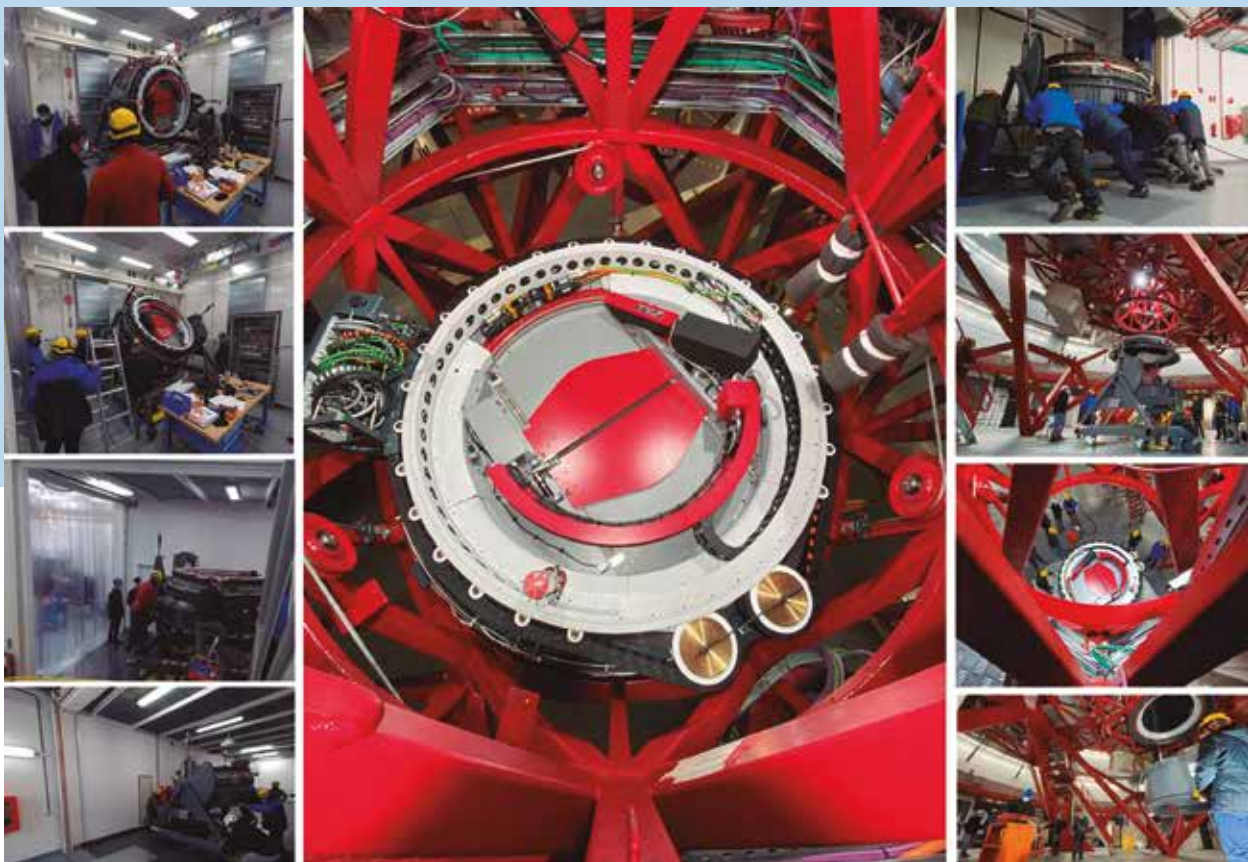
El nuevo rotador para el foco Cassegrain principal se instaló en el GTC en diciembre de 2020. Esta nueva estación focal estará preparada para recibir OSIRIS justo tras el verano de 2021, así como también a los nuevos componentes (módulo de calibración y sistema de adquisición y guiado) necesarios para operar completamente el instrumento en su nueva ubicación.

Esto constituye un hito importante en la operación del GTC, porque proporciona al telescopio un

nuevo foco adicional en el cual poder instalar el instrumento más demandado del GTC, OSIRIS, al tiempo que aumenta su sensibilidad en un 10-15 % (al eliminar un espejo del camino óptico). Esto, por tanto, redundará en una mejora sustancial de las capacidades científicas del telescopio.

La implementación del foco Cassegrain ha supuesto un alto gasto económico y de recursos humanos por parte de GRANTECAN y refuerza el objetivo de suministrar un amplio y versátil abanico instrumental a la comunidad de usuarios del GTC.

Nuevo rotador para el Cassegrain principal del GTC y algunas instantáneas de su instalación



GTC INSTALLS NEW CASSEGRAIN ROTATOR FOR OSIRIS

The new rotator for the main Cassegrain focal station was installed on the GTC in December 2020. This new focal station will be ready to receive the OSIRIS instrument right after summer 2021, together with all subsystems (instrument calibration module and acquisition and guiding component) needed to fully operate the instrument in its new location.

This is an important milestone in the GTC's operational life because it provides the telescope with a new, additional focus on where to install the most demanded instrument of the GTC, OSIRIS

The new main Cassegrain rotator for the GTC and some photographs of its installation.

while increasing its sensitivity by a 10-15 % (as there is one mirror less in the light path). This further improves the scientific capabilities of the telescope.

The implementation of the Cassegrain focus has required a large economic and human effort from GRANTECAN, and it strengthens the objective of providing a wide and versatile instrumental suite to the GTC users' community.

En el año 2020, el parón debido a la pandemia derivada de la COVID-19 afectó de modo importante las operaciones de todas las instalaciones telescópicas del mundo. A pesar de ello, el GTC solo detuvo sus observaciones nocturnas durante 43 días entre marzo y abril de 2020, tras el cierre del Observatorio.

GRANTECAN tomó las restricciones vigentes a lo largo de este difícil año como una oportunidad para probar e implementar un nuevo modo de observación en el que el astrónomo ejecuta remotamente los programas científicos desde la nueva sala de control remota en la base de operaciones del CALP, a nivel del mar.

Este nuevo modo de operación remota del GTC permite aumentar la flexibilidad de las operaciones del telescopio, no solo en lo relativo

Nuevo modo de observación remota implementado en el GTC



Operación del GTC ejecutada de modo remoto por el astrónomo de soporte desde la sala de control del CALP (abajo izquierda) con el operador de telescopio presente en el Observatorio (arriba izquierda), ambos con acceso directo al estado de la cámara del telescopio (derecha)

GTC operations conducted remotely by the support astronomer from the remote-control room at CALP (down left) with the telescope operator at the Observatory (upper left), both with direct access to the status of the telescope chamber (right).

New remote observations mode implemented at GTC

In 2020, the COVID-19 pandemic strongly affected the operations of telescopes all around the world. Despite this, the GTC only stopped night operations for 43 days between March and April 2020 following the closure of the Observatory.

The restrictions in force throughout this difficult year were taken by GRANTECAN as an opportunity to test and implement a new observing mode, with astronomers remotely executing the science programmes from the new GTC remote control room at CALP sea-level headquarters.

This new remote operational mode of GTC increases the flexibility of the telescope operations, not only the scientific ones but also routinely technical works, many of which can be now conducted without having to drive up to the Observatory. Remote observations, with the support astronomer executing the observations from the sea level and the telescope operator in-situ at the telescope, allowed smooth operation of the facility from April to August 2020, while minimizing the personal interactions following the safety restrictions derived from the COVID-19 pandemic.

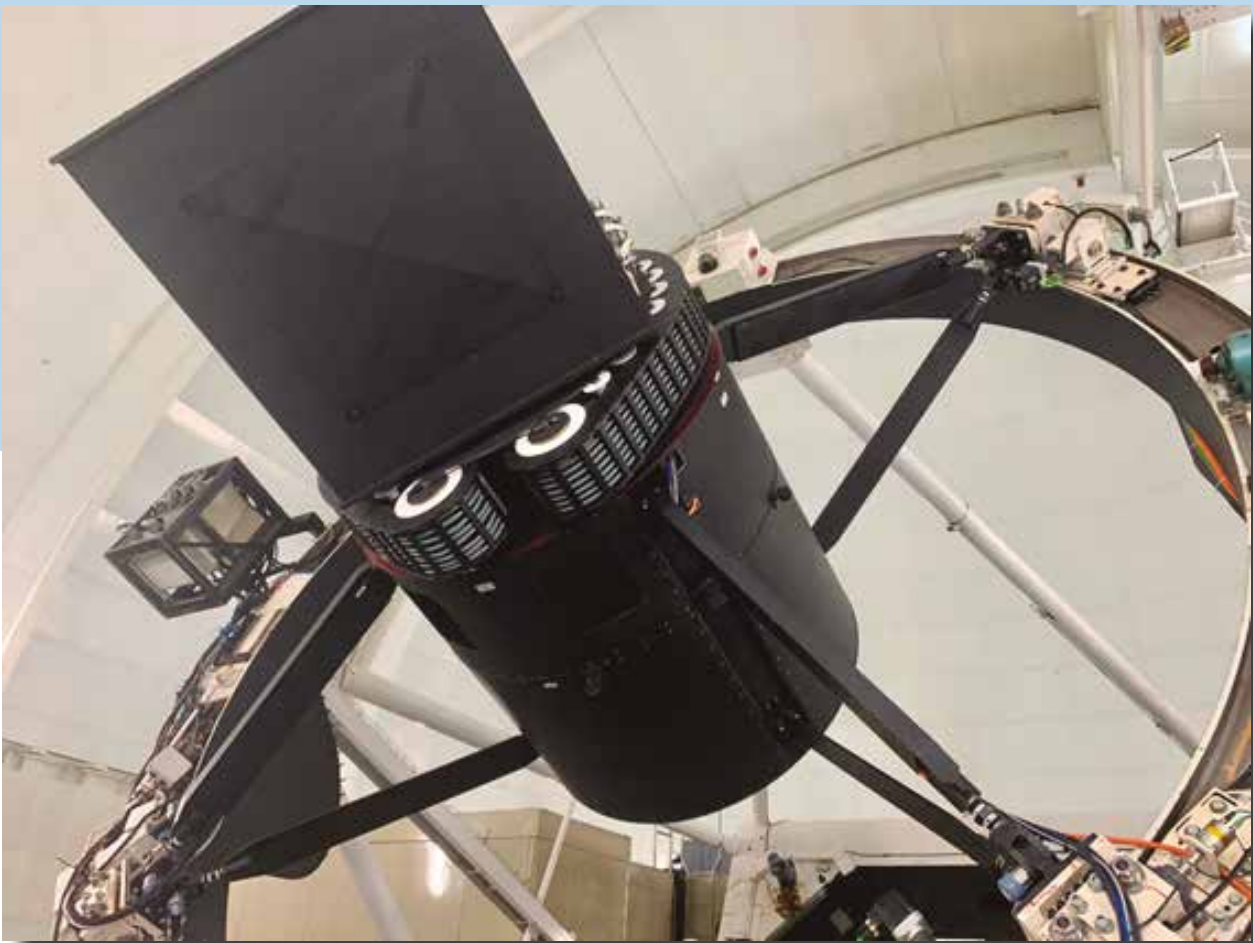
Work is ongoing to further strengthen this new operational mode, increasing the accessibility to the GTC night operations by the science community with the implementation of a remote visitor mode which, among other benefits, will save travel costs and thus reduce the carbon footprint of our Observatory.

INSTRUMENTACIÓN EN EL IAC: AVANCES DESTACADOS EN 2020

WEAVE (WHT Enhanced Area Velocity Explorer) es un nuevo espectrógrafo multiobjeto que se ubicará en el Telescopio William Herschel del Observatorio del Roque de Los Muchachos, en la Isla de La Palma. Durante 2020 se entregaron al telescopio todos los paquetes instrumentales que el IAC ha estado desarrollando para este proyecto. En

particular, se aceptó el nuevo corrector focal para el telescopio WHT, se montó el corrector focal y el rotador de campo en el foco primario del telescopio y se realizaron pruebas en el telescopio del sistema de control y software de control del espectrógrafo de WEAVE.

Detalle del nuevo foco primario (corrector focal y rotador de campo) del telescopio William Herschel



Detail of the new prime focus (focal corrector and field rotation unit) of the William Herschel Telescope.

IAC INSTRUMENTATION: NOTABLE ADVANCES IN 2020

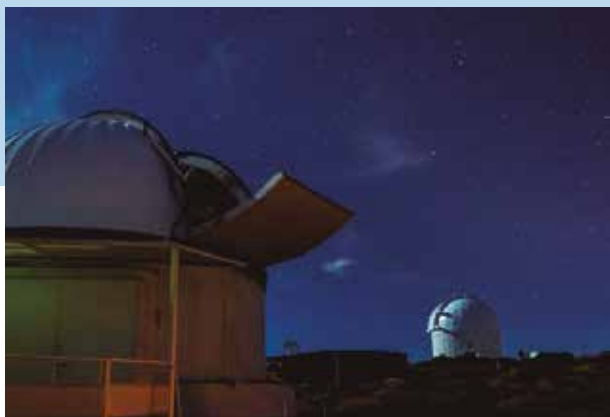
WEAVE (WHT Enhanced Area Velocity Explorer) is a new multi-object spectrograph for the William Herschel Telescope (WHT) at the Observatorio del Roque de los Muchachos in La Palma. During 2020, all the instrumental packages that the IAC has been developing for this project were delivered to the

telescope. Specifically, the new focal corrector for the WHT was accepted, the focal corrector and the field rotation unit were mounted at the prime focus of the telescope, and the control system and software of the WEAVE spectrograph were tested at the telescope.

Se está realizando una mejora del sistema de control de los telescopios Carlos Sánchez e IAC80, situados en el observatorio del Teide. Durante 2020, se realizó la especificación y adquisición del PC servidor del sistema de control. Además, se finalizó el diseño de la electrónica, la adquisición de los principales componentes electrónicos y el diseño del software para el sistema de control.

Principales desarrollos propios en los Observatorios de Canarias

Imagen nocturna del telescopio Carlos Sánchez (primer plano)



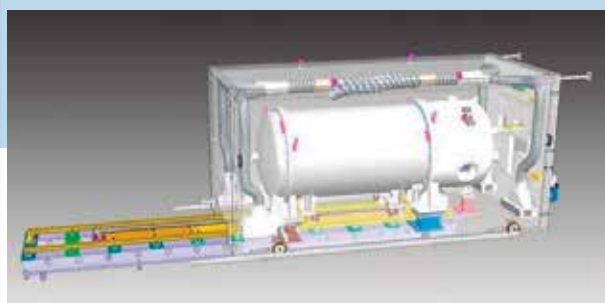
The Carlos Sánchez Telescope by night (in the foreground).

Major new in-house developments for the Observatorios de Canarias

The control system of the IAC telescopes Carlos Sánchez and IAC80, located at the Observatorio del Teide in Tenerife, is being improved. During 2020, the PC server of the control system was specified and purchased. In addition, the design of the electronics, the acquisition of the main electronic components, and the design of the software for the control system were completed.

HARPS3 es un instrumento de nueva generación para el telescopio de 2,5 m INT (Isaac Newton Telescope) que se encuentra en el Observatorio del Roque de Los Muchachos (ORM) en La Palma. En concreto, HARPS3 es un espectrógrafo ultraestable diseñado para la búsqueda de exoplanetas de tipo Tierra alrededor de estrellas como el Sol mediante la técnica de velocidad radial. Durante 2020, el IAC consolidó su compromiso con el Grupo de Telescopios Isaac Newton para ceder más espacio de la sala Coudé para HARPS3. Asimismo, se actualizó el diseño de la sala Coudé, se realizó la contratación, seguimiento, finalización y aceptación de los trabajos de acondicionamiento del espacio adicional de la sala y se contrató un estudio de resistencia del forjado del suelo de la sala Coudé.

Diseño de HARPS3



Design of HARPS3.

HARPS3 is a new instrument for the 2.5 m Isaac Newton Telescope (INT), located at the Observatorio del Roque de los Muchachos in La Palma. It is an ultra-stable spectrograph designed for the search of Earth-like exoplanets around Solar-type stars, using the radial velocity method. During 2020, the IAC confirmed the joint commitment with the Isaac Newton Group of Telescopes to provide more space for HARPS3 in the Coudé room, and updated the design of the new Coudé room. The IAC then contracted, managed, finalised and accepted the works to condition the additional space in the room, and contracted a study into the strength of the floor slab of the Coudé room.

EL OBSERVATORIO DEL TEIDE TENDRÁ PRONTO DOS NUEVOS TELESCOPIOS DE 1 METRO

Los telescopios de 0,4 m del Observatorio del Teide están funcionando. Estuvieron cerrados durante unas semanas cuando este cerró, pero han estado operando de nuevo desde finales de abril. Los planes para instalar los dos telescopios de 1 m en mayo de 2020 se vinieron abajo debido al impacto de la pandemia global. La mayoría del personal del LCO trabajó desde casa desde el 16 de marzo hasta finales de 2020. Los ingenieros de hardware regresaron al edificio en junio, aunque con restricciones. Se siguió trabajando en la finalización de los telescopios el resto del año, pero sin poder contar con el ingeniero de hardware que reside en Reino Unido. Los telescopios se instalarán en el Observatorio del Teide tan pronto como sea posible en 2021.

Los telescopios de 1 metro y el equipamiento de soporte dentro del almacén del LCO antes del transporte



The 1-meter telescopes and supporting equipment in the LCO warehouse prior to loading.

TWO NEW 1-METER TELESCOPES TO BE ADDED SOON AT OBSERVATORIO DEL TEIDE

The 0.4 m telescopes of the Las Cumbres Observatory network at the Observatorio del Teide have been operating during 2020. They were shut down for a few weeks when the site closed but have been operating again since late April. The planned installation of two 1 m telescopes in May 2020 was derailed by the impact of the global pandemic. The majority of the LCO staff worked from home from March 16 through the end of 2020. The LCO hardware engineers returned to the building in June, with restrictions. LCO staff continued to work on the completion of the telescopes through 2020, without the benefit of our hardware engineer based in the UK. The telescopes will be installed at the Observatorio del Teide as soon as feasible in 2021.

EL NUEVO TELESCOPIO ROBÓTICO

El Nuevo Telescopio Robótico es un telescopio de 4 metros de apertura y completamente robótico que se está desarrollando en estos momentos y del que se espera que empiece las operaciones científicas en 2025. El proyecto es una colaboración entre la Liverpool John Moores University, el IAC y la Universidad de Oviedo. Se ubicará en el Observatorio del Roque de los muchachos, junto al telescopio robótico de 2 metros Liverpool, que lleva en funcionamiento desde el año 2004. El propósito científico de este telescopio es la explotación rápida del cielo, con su variabilidad temporal, priorizando la espectroscopia de fuentes transitorias tales como supernovas jóvenes, explosiones de rayos gamma y contrapartes de ondas gravitatorias.

Tras la revisión de la fase A del proyecto en 2019, el equipo de diseño llevará a cabo una revisión preliminar del diseño en otoño de 2021. El telescopio será una estructura giratoria ligera y rápida para minimizar el tiempo de reacción a objetivos de oportunidad. Su espejo primario estará compuesto por 18 segmentos hexagonales, que se fabricarán en el nuevo taller de espejos del IAC. Se espera que el recinto sea una versión a escala del domo bivalvo

usado en el Telescopio Liverpool, que proporciona acceso a todo el cielo y elimina la turbulencia de la cúpula. Los trabajos en el emplazamiento empezarán en 2021 con el estudio geotécnico de la ubicación propuesta y el establecimiento de una pequeña estación meteorológica para monitorizar las condiciones. Ahora que se ha garantizado la mayor parte de la financiación del proyecto, se espera que la construcción de los espejos, el telescopio y el recinto empiece en 2022 y que la instalación del telescopio en el observatorio comience a finales de 2024. El nuevo telescopio será líder mundial en la explotación del dominio temporal, así como un potente complemento a otras instalaciones canarias destacadas como el GTC y la CTA.

Renderización del Nuevo Telescopio Robótico en su ubicación propuesta



Concept image of the New Robotic Telescope on its proposed site.

THE NEW ROBOTIC TELESCOPE

The New Robotic Telescope is a 4-metre aperture, fully robotic telescope under development, with science operations anticipated to begin in 2025. The project is a collaboration between the Liverpool John Moores University, the IAC, and the Universidad de Oviedo. It will be located at the Observatorio del Roque de los Muchachos, joining the robotic 2-metre Liverpool Telescope which has been in operation since 2004. The science case for the telescope is built around the rapid exploitation of the time-variable sky, with spectroscopy of transient sources such as young supernovae, gamma-ray bursts and gravitational wave counterparts a priority.

Following the phase-A review of the project in 2019, the design team are now moving towards a preliminary design review in autumn 2021. The telescope will be a lightweight and fast slewing structure to minimise reaction time to targets of opportunity, and the primary mirror will consist of 18 hexagonal segments which will be made at the IAC's new mirror fabrication facility. The enclosure is expected to be a scaled-

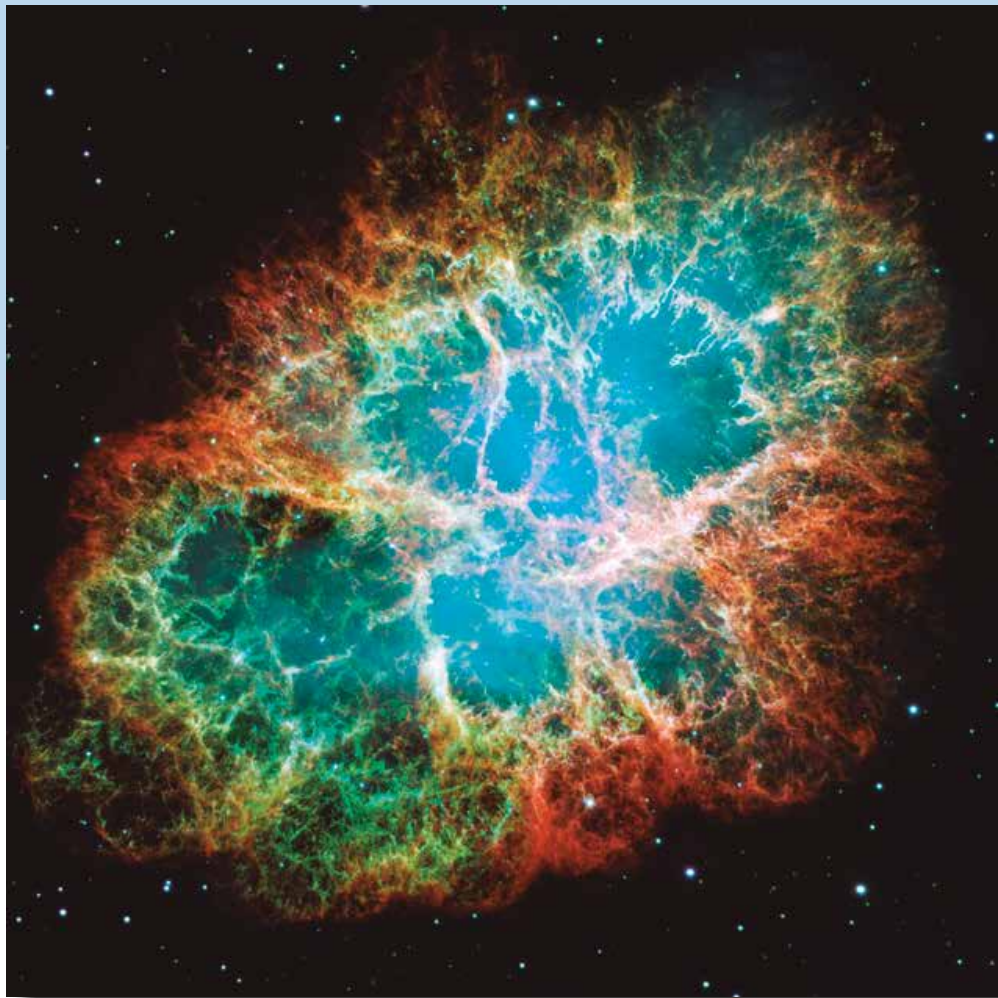
up version of the clamshell which is in use at the Liverpool Telescope, that provides access to the entire sky and eliminates dome seeing. Work on-site will begin in 2021 with geotechnical investigations of the proposed site and the establishment of a small weather station to monitor conditions. With most of the funding now secured for the project, it is expected that construction of the mirrors, telescope and enclosure will begin in 2022, with the installation of the telescope at the observatory beginning in late 2024. The new telescope will be a world-leading facility for the exploitation of the time domain, and a powerful complement to other major Canary facilities such as the GTC and the CTA.

PROTOTIPO DEL TELESCOPIO DE GRAN TAMAÑO DETECTA LA NEBULOSA Y EL PÚLSAR DEL CANGREJO

Durante la puesta a punto del prototipo del Telescopio de Gran Tamaño (LST-1, por sus siglas en inglés) de la Red de Telescopios Cherenkov (CTA, por sus siglas en inglés), este ha demostrado una sensibilidad sin precedentes a la hora de detectar rayos gamma en su rango de energías designado, de 20 GeV a 10 TeV. En el periodo de enero a febrero de 2020, el LST-1 detectó la nebulosa del Cangrejo (Messier 1)

y la emisión en fase del púlsar del Cangrejo (PSR J0534+2200) con 11σ y $5,2 \sigma$ respectivamente. La nebulosa del Cangrejo se considera la vela estándar de la astronomía de muy altas energías y se sabe que cubre todo el espectro electromagnético desde frecuencias de GHz hasta por encima de 100 TeV. Hay un amplio consenso sobre el origen leptónico del mecanismo de emisión, debiéndose la emisión de mayor energía a una dispersión Compton inversa de los fotones de rayos X, producida esta por la emisión sincrotrón de los turbulentos campos magnéticos en la nebulosa. La detección de la nebulosa del Cangrejo es un hito importante, ya que permite a la colaboración LST conocer mejor la sensibilidad y rendimiento del telescopio.

La nebulosa del Cangrejo vista por el telescopio espacial Hubble



The Crab Nebula seen by the Hubble Space Telescope.

LARGE SIZE TELESCOPE PROTOTYPE DETECTS CRAB NEBULA AND PULSAR

During the ongoing commissioning of the Large Size Telescope prototype (LST-1) of the Cherenkov Telescope Array (CTA), LST-1 has proven its unprecedented sensitivity for detecting gamma rays in its designed energy range of 20 GeV to 10 TeV. In the period from January to February 2020, LST-1 successfully detected the Crab Nebula (Messier 1) and the phased emission of the Crab Pulsar (PSR

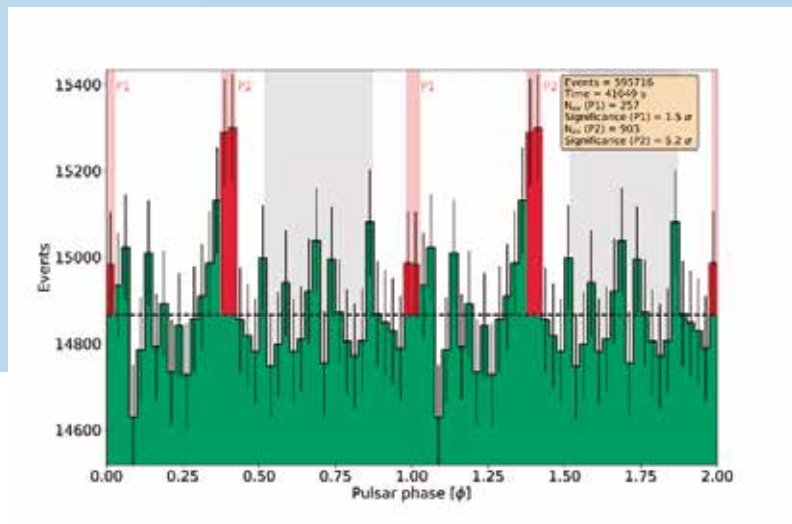
J0534+2200) with 11σ and 5.2σ , respectively. The Crab Nebula is considered the standard candle of very high-energy astronomy and is known to cover the entire electromagnetic spectrum from GHz frequencies to above 100 TeV. The emission mechanism is widely believed to be leptonic in origin with the highest energy emission due to inverse Compton scattering off the X-ray photons produced

Detectar la emisión en fase del púlsar del Cangrejo, situado en el centro de la nebulosa del Cangrejo, fue una tarea mucho más ardua. Debido a la curvatura fundamental de los espectros de energía de los púlsares, el púlsar del Cangrejo queda prácticamente eclipsado por el mayor brillo de su nebulosa. Para detectar el púlsar, hace falta calcular con precisión los tiempos de cada evento y convolucionarlos con las efemérides conocidas del púlsar del Cangrejo. El faseograma resultante en la figura 2 muestra la clara detección del pico P2 del púlsar del Cangrejo con $5,2 \sigma$,

usando 11,4 horas de datos. La detección de una energía tan alta restringe los modelos de emisión de los púlsares, favoreciendo en gran medida los modelos de zona externa (*outer gap*) frente a los clásicos modelos de casquete polar (*polar cap*). Eso sitúa al LST-1 en la categoría de telescopios capaces de detectar emisiones muy altas de púlsares y, cuando se combine con los LST restantes que están en fase de construcción, revolucionará el campo de los púlsares de energías muy altas.

Hito importante en el desarrollo continuo del telescopio

Faseograma del púlsar del Cangrejo medido por el LST-1. Se sabe que el púlsar emite pulsaciones de rayos gamma durante las fases P1 y P2. La significación mostrada se calcula considerando la emisión de la fuente de esas fases (en rojo) y los eventos de fondo de fases en gris.



Phasogram of the Crab Pulsar as measured by the LST-1. The pulsar is known to emit pulses of gamma rays during the phases P1 and P2. The shown significance is calculated considering source emission from those phases (in red) and background events from phases in grey.

Important milestone in continued development of the telescope

by synchrotron emission of the turbulent magnetic fields in the nebula. Detecting the Crab Nebula is an important milestone as it gives the LST collaboration a better understanding of the telescope's sensitivity and performance.

Detecting the phased emission from the Crab Pulsar, found at the centre of the Crab Nebula, was a much more challenging task. Due to the fundamentally curved energy spectra of pulsars, the Crab Pulsar is vastly outshined by its brighter nebula. To detect the Pulsar, high precision timing is necessary for every

event and convolved through the known ephemerides of the Crab Pulsar. The resulting phasogram in figure 2 shows the clear detection of the Crab Pulsars P2 peak with 5.2σ using 11.4 hours of data. Such high-energy detection constrains the emission models of pulsars, vastly favouring the outer-gap models as opposed to the more classical polar cap models. This puts LST-1 in the class of telescopes able to detect very-high emission from pulsars and when combined with the remaining LSTs, which are under construction, it will revolutionize the field of very-high energy pulsars.

YA ES POSIBLE LA OBSERVACIÓN REMOTA CON MERCATOR

El espectrógrafo HERMES ha seguido siendo el caballo de batalla del telescopio Mercator en 2020. Sin prácticamente parones técnicos, un excelente rendimiento y una eficiente línea de reducción de datos, los observadores salen de la montaña con espectros reducidos de alta resolución de calidad científica.

En 2020, la pandemia sirvió de inspiración para una mejora técnica. Aunque en años anteriores se había invertido en un sistema de control de telescopio (TCS, por sus siglas en inglés) moderno y flexible basado en PLC, nunca se había planificado robotizar el telescopio Mercator. Gracias a esta inversión para modernizar su TCS, el telescopio se convirtió rápidamente en uno con capacidad de observación remota. Aunque sigue sin ser completamente robótico, se instaló un sistema de observación remota que permite al observador controlar el telescopio y su instrumental a distancia. Dado que este sistema depende de la estación meteorológica, se añadió un protocolo meteorológico más estricto durante la observación remota. Tras el estallido de la pandemia

en marzo de 2020, el sistema de observación remota se diseñó e instaló entre abril y mayo y la observación remota se puso en marcha de forma recurrente en junio de 2020. Ahora, los astrónomos pueden hacer observaciones rutinarias con el telescopio Mercator desde el campus de Lovaina mediante el nuevo sistema de observación remota. Aunque está previsto volver a las observaciones in situ en cuanto sea posible, el sistema de observación remota se conservará. El personal técnico también lo usa para solucionar errores.

La sala de control para observación remota con Mercator en el campus de la Universidad de Lovaina



REMOTE OBSERVING NOW POSSIBLE WITH MERCATOR

During 2020 the HERMES spectrograph remained the workhorse instrument of the Mercator telescope. With virtually no technical downtime, excellent throughput and an efficient data reduction pipeline, the observers leave the mountain with science-grade reduced high-resolution spectra.

During 2020, a technical upgrade was inspired by the pandemic outbreak. While in previous years investment was made into a modern and flexible telescope control system (TCS) based on PLCs, it was never envisaged to robotize the Mercator telescope. Thanks to this investment into modernising its TCS, the telescope could quickly be turned into one with remote observing possibilities. While not fully robotic, a remote observing system was installed in which the observer can control the telescope and its instruments remotely. Given that this system

The Mercator control room for remote observing at the university campus of Leuven University.

does rely on the weather station, a stricter weather protocol during remote observing was included. Since the pandemic outbreak in March 2020, the remote observing system was designed and installed in the period April-May and recurrent remote observing was started in June 2020. From the campus in Leuven, astronomers now routinely observe with the Mercator telescope using the new remote observing system. Although the plan is to return to physical observing as soon as this is again possible, the remote observing system will be retained. The latter is also used by the technical staff for troubleshooting.

EXPLORADOR DE TRANSITORIOS DEL NOT

Se ha desarrollado un nuevo instrumento para el Telescopio Óptico Nórdico (NOT, por sus siglas en inglés), el Explorador de Transitorios del NOT (NTE, por sus siglas en inglés), que cuenta con un espectrógrafo con una resolución de 4000 y que cubre el rango espectral de 0,32 μm a 2,43 μm en una sola exposición, además de una cámara de color dual para el rango visible e infrarrojo. El NTE tiene un campo de visión de $6' \times 6'$, usa detectores de $2\text{K} \times 2\text{K}$ píxeles y cubre las pasabandas UBVRIYJHK.

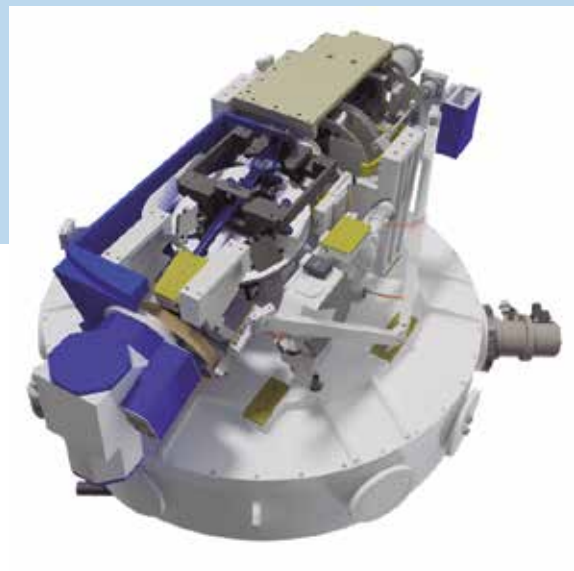
El concepto del NTE parte del deseo de contar con un instrumento montado permanentemente en el foco Cassegrain del NOT y que esté disponible de inmediato en cualquier momento para observar objetivos de oportunidad mientras que, al mismo tiempo, cubre el grueso de las necesidades de la comunidad. El objetivo es construir un instrumento que combine en uno solo los instrumentos ALFOSC (EFOOSC), NOTCam (SofI) y X-shooter, instalados actualmente en el NOT. El espectrógrafo de alta resolución por fibra FIES también estará disponible cuando se instale el NTE en el NOT.

El objetivo científico principal del NTE es explorar el universo transitorio. El NTE permitirá realizar con rapidez observaciones espectroscópicas de fuentes transitorias como la fosforescencia de explosiones de

rayos gamma, supernovas, explosiones rápidas de radio o contrapartes electromagnéticas de las fuentes de ondas gravitatorias en todo el rango espectral de 320 nm a 2430 nm. La próxima puesta en marcha de instalaciones como el Legacy Survey of Space and Time del Observatorio Vera C. Rubin, de detectores de ondas gravitatorias en tierra o de nuevos satélites como el SVOM, hará que el NTE sitúe al NOT en una posición ideal para observar el universo variable.

Ya se ha completado el diseño final del NTE; el proyecto entra ahora en su fase de construcción. La primera luz está prevista para finales de 2022.

Una ilustración del NTE. La luz del telescopio procede de arriba. Una rueda de espejos puede distribuir a las dos cámaras, cubriendo el rango visible e infrarrojo cercano con un separador de rayos que separa a aproximadamente 800 nm, o a un espectrógrafo en el bastidor circular inferior. El espectrógrafo cubre el rango espectral de 0,32 a 2,43 μm con una resolución de 4000.



An illustration of the NTE. The light from the telescope is coming down from above. A mirror wheel can distribute either to two imagers, covering the visible and near-infrared range with a beam-splitter separating at around 800 nm, or to a spectrograph in the circular vessel below. The spectrograph covers the spectral range from 0.32 – 2.43 μm at a resolution of 4000.

NOT TRANSIENT EXPLORER

A newly developed instrument for the Nordic Optical Telescope (NOT), the NOT Transient Explorer (NTE), comprises a spectrograph with a Resolution-Slit product of 4000, covering the 0.32 μm – 2.43 μm spectral range in a single exposure, and a dual-colour visible and IR imager. The NTE has a field-of-view of $6' \times 6'$, uses $2\text{K} \times 2\text{K}$ pixel detectors, and covers the UBVRIYJHK passbands.

The NTE concept has been developed from the wish to have an instrument that is permanently mounted at the NOT Cassegrain focus and at any time immediately available for Target of Opportunity observations, while at the same time covering the bulk of the needs of the community. The aim is to build an instrument that combines the existing instruments at the NOT ALFOSC (EFOOSC), NOTCam (SofI) and X-shooter into one. The fibre-fed high-resolution spectrograph FIES will also be available when the NTE is mounted at the NOT.

The main science driver for the NTE is to explore the transient Universe. The NTE will allow rapid spectroscopic observations of transient sources like gamma-ray burst afterglows, supernovae, fast radio bursts or electromagnetic counterparts of

gravitational wave sources over the full spectral range from 320 nm to 2430 nm. With upcoming facilities like the Vera C. Rubin Observatory's Legacy Survey of Space and Time or gravitational wave detectors on the ground or new satellites like SVOM, the NTE will place the NOT in an ideal position to observe the variable Universe.

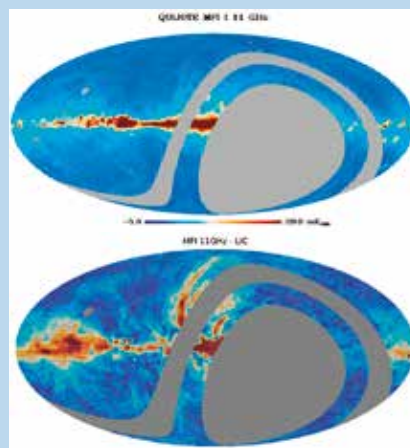
The final design of the NTE has been completed and the project now enters its construction phase. First light is expected towards the end of 2022.

QUIJOTE Y OTROS EXPERIMENTOS DE FONDO CÓSMICO DE MICROONDAS EN EL OBSERVATORIO DEL TEIDE

Durante el año 2020 continuó el desarrollo tecnológico y la construcción de nueva instrumentación de fondo cósmico de microondas para el Observatorio del Teide, así como la explotación científica de los datos procedentes de los experimentos ya instalados. Se dedicó un gran esfuerzo a mejorar los mapas finales del instrumento QUIJOTE-MFI a 11, 13, 17 y 19 GHz, dando como resultado la minimización de varios efectos sistemáticos y una mejora en la incertidumbre global de calibración hasta el 5 %. La figura muestra los mapas finales, en intensidad total y en intensidad polarizada, de todo el hemisferio norte. Estos mapas, que serán puestos a disposición del público en 2021 (junto con una serie de 12 artículos en los que se discutirán los principales resultados científicos derivados de ellos), son los primeros obtenidos en este rango de frecuencias y cubriendo una región tan extensa de cielo. Por este motivo, tendrán un importante valor de legado al permitir la corrección de la emisión sincrotrón galáctica en los datos de otros experimentos a más alta frecuencia diseñados para

Mapas de intensidad total y polarizada de todo el cielo septentrional

Mapas de QUIJOTE-MFI de todo el hemisferio norte, por encima de la declinación -30 grados (exceptuando la franja gris alrededor de la declinación 0 grados, afectada por contaminación de radio). La intensidad total (panel superior) e intensidad polarizada (panel inferior) muestran una emisión muy intensa en el plano de la galaxia, así como algunas estructuras brillantes y filamentos que se extienden hasta altas latitudes galácticas. El mapa inferior también muestra las líneas del campo magnético, cuya orientación queda definida a partir de la dirección de polarización medida.



Maps in total intensity and polarised intensity produced of the full Northern sky

QUIJOTE-MFI maps at 11 GHz of the full Northern sky above declination -30 deg (except for the gray stripe around declination 0 deg, which is affected by RFI contamination). Total intensity (top) and polarized intensity (bottom) maps show strong emission concentrated along the Galactic plane, as well as bright features and spurs extending toward high Galactic latitudes. The bottom map also shows the lines tracing the orientation of the magnetic field, which are reconstructed from the measured polarized direction.

QUIJOTE AND OTHER CMB EXPERIMENTS AT THE TEIDE OBSERVATORY

Technological development and the construction of new CMB instrumentation for the Observatorio del Teide continued during 2020, as well as the scientific exploitation of currently existing datasets. Significant effort was dedicated to improving the final maps coming from the QUIJOTE-MFI instrument at 11, 13, 17 and 19 GHz, which resulted in minimising various systematic effects and in improving the global calibration uncertainty down to just 5 %. The figure shows the final maps in total intensity and polarised intensity of the full Northern sky. These maps, which will be made publicly available during 2021 (together with a series of 12 papers presenting the main derived scientific results), are the first ever obtained at these frequencies covering such large angular scales and will be crucial for correcting the synchrotron emission from

higher-frequency data searching for inflationary B-modes. Of these higher-frequency experiments, two will be located at the Observatorio del Teide. GroundBIRD (150 and 220 GHz), which is led by Japanese institutions, was installed in 2019, and LSPE-STRIP (43 and 90 GHz), led by the University of Milano (Italy) is currently being developed and will be deployed in 2022.

Activity related to the KISS instrument continued during 2020. KISS is a spectrometer between 100 and 280 GHz led by French institutes based in Grenoble which has been installed on the focal plane of the first QUIJOTE telescope since November 2018. Observations were carried out of several bright calibrators (Tau A, Jupiter, Venus) as

encontrar la señal de modos B de la inflación del Universo. Dos de estos experimentos se ubicarán en el Observatorio del Teide. GroundBIRD (150 y 220 GHz), liderado por instituciones japonesas, se instaló en 2019, mientras que LSPE-STRIP (43 y 90 GHz), liderado por la Universidad de Milán (Italia), está siendo desarrollado actualmente y se instalará en 2022.

En 2020 continuaron las actividades relacionadas con la operación y explotación científica del instrumento KISS, un espectrómetro entre 100 y 280 GHz liderado por institutos franceses basados en Grenoble, y que se instaló en el plano focal del primer telescopio de QUIJOTE en noviembre de 2018. Se llevaron a cabo observaciones de diferentes calibradores (Tau A, Júpiter, Venus), del cúmulo de galaxias Coma y de varias regiones galácticas brillantes. La figura muestra un mapa de Venus obtenido con este instrumento.

Imagen de Venus obtenida con el espectrómetro KISS, montado en el plano focal del telescopio QUIJOTE

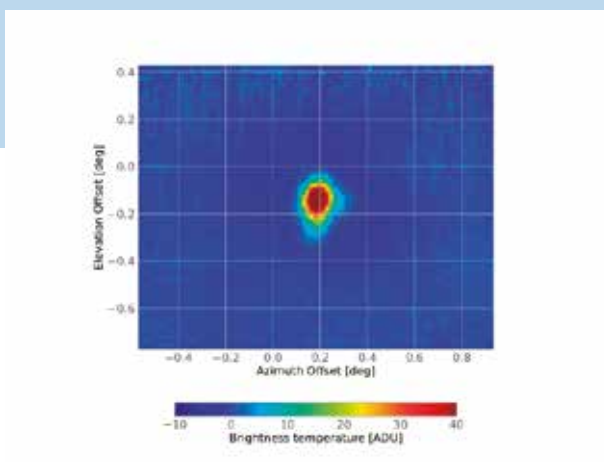


Image of Venus taken with the KISS spectrometer on the focal plane of the QUIJOTE telescope.

well as of the Coma galaxy cluster and some bright Galactic regions. The figure shows a map of Venus obtained with this instrument.

There was significant progress on the development and fabrication of different components of the Tenerife Microwave Spectrometer (TMS), which is expected to commence observations in 2022. In 2020, the reference 4 K load was fabricated in collaboration with

Se produjeron avances importantes en el desarrollo y en la fabricación de diferentes componentes del Espectrómetro de Microondas Tenerife (TMS, por sus siglas en inglés). En 2020 se fabricó la carga térmica de 4 K, en colaboración con el INAF (Bologna), y comenzó su fase de pruebas; se finalizaron los diseños de la óptica y de la estructura fría; se recibió la cúpula del TMS y se adjudicó a la empresa IDOM la fabricación de su montura. Estos desarrollos están destinados a conseguir que el TMS empiece a observar en el año 2022.

Espectrómetro de Microondas Tenerife (10-20GHz). Arriba: carga térmica de 4 K (noviembre de 2020). Abajo: criostato en la sala AIV del IAC.



Tenerife Microwave Spectrometer (10-20GHz). Top: 4K cold load (November 2020). Bottom: cryostat in the IAV room at the IAC.

INAF (Bologna) and started the test phase, the design of the optical system and the cold structure was finalised, the TMS dome arrived, and the manufacture of the TMS mount was assigned to the company IDOM. These developments were made with the goal of having the TMS beginning observations in 2022.

INSTALACIONES DE LA UNIVERSIDAD DE WARWICK

GOTO

A principios de 2020, el prototipo GOTO participó en numerosas campañas dedicadas a las señales de ondas gravitatorias incluidas en la tercera observación científica de LIGO-Virgo (O3). Incluso siendo todavía un prototipo, GOTO pudo aprovechar sus capacidades de campo ancho para responder rápidamente con búsquedas de contrapartes electromagnéticas. La O3 tuvo que interrumpirse debido a las restricciones impuestas por la pandemia y desde entonces las actividades se han centrado en poner a prueba nuevo hardware de cara a la

construcción del instrumento GOTO completo en La Palma. A pesar de las restricciones operativas y de transportes, se instalaron cuatro telescopios de segunda generación. Con ello, los objetivos científicos abarcan ahora un campo más amplio de investigación del dominio temporal al seguir regiones del cielo específicas y responder a otros desencadenantes externos, como las GRB. El prototipo se desinstalará en 2021 para dejar

Panorámica de los telescopios de la Universidad de Warwick en el ORM al atardecer con todas las cúpulas abiertas. El W1m está a la izquierda, las dos cúpulas GOTO a la derecha, junto al recinto de SWASP.



UNIVERSITY OF WARWICK FACILITIES

GOTO

During the start of 2020, the GOTO prototype participated in many campaigns targeting gravitational wave signals reported as part of the third LIGO-Virgo science run (O3). Exploiting its wide-field capabilities even in its prototype state, GOTO conducted rapid response searches for electromagnetic counterparts. The O3 run was cut short due to COVID restrictions and since then the focus has been on testing new hardware in preparation for the construction of the full GOTO instrument on La Palma. Four second generation telescopes were installed despite

Operational and travel restrictions, with the science focus shifting towards a broader range of time-domain science by targeting specific sky regions and responding to other external triggers such as GRBs. The prototype system will be decommissioned in 2021 to make room for the deployment of the actual GOTO node consisting of 16 fast optical telescopes across two robotic mount systems. In parallel, its twin system at Siding Spring Observatory is under construction, to deliver a high-cadence all-sky facility in time for the next gravitational wave science runs.

operational and travel restrictions, with the science focus shifting towards a broader range of time-domain science by targeting specific sky regions and responding to other external triggers such as GRBs. The prototype system will be decommissioned in 2021 to make room for the deployment of the actual GOTO node consisting of 16 fast optical telescopes across two robotic mount systems. In parallel, its twin system at Siding Spring Observatory is under construction, to deliver a high-cadence all-sky facility in time for the next gravitational wave science runs.

espacio al verdadero nodo GOTO, compuesto por 16 telescopios ópticos rápidos repartidos sobre dos bases robóticas. Al mismo tiempo, se está construyendo un sistema gemelo en el Siding Spring Observatory para ofrecer una instalación de todo cielo y alta cadencia a tiempo para la próxima serie de observaciones de ondas gravitatorias.

SWASP

La red de cámaras SuperWASP se ha usado como banco de pruebas de la observación de satélites artificiales. Aunque no está optimizada para esta

En 2020, el prototipo GOTO hizo observaciones con diferentes telescopios. Su base puede acoger 8 telescopios. Los cuatro interiores que se ven aquí son los tubos de segunda generación que formarán el núcleo del futuro instrumento.



During 2020, the GOTO prototype conducted observations with different unit telescopes, with a single mount holding 8 telescopes. The inner 4 shown here represent the 2nd generation tubes that will form the core of the future instrument.

SWASP

The SuperWASP camera array has been used as a testbed for observations of artificial satellites. While not optimized for this, its large field of view enables parts of light curves of transiting objects to be studied in great detail. This is part of a re-purposing of the array, including the replacement of the ageing control and data acquisition systems.

Warwick 1 m

The telescope has undergone major rework, and the corrected primary mirror was re-installed together with replacement trusses and supports. The initial images taken suggest that the major issues have now been addressed, but further commissioning to bring the facility into an operational science mode has been delayed by the pandemic.

labor, su amplio campo de visión permite estudiar con gran detalle partes de curvas de luz de objetos en tránsito. Esto forma parte de la reconversión de la red e incluye la sustitución de sus anticuados sistemas de control y adquisición de datos.

Warwick 1 m

Se ha llevado a cabo una gran remodelación en el telescopio: se reinstaló el espejo primario corregido y se reemplazaron los armazones y soportes. Las imágenes iniciales captadas apuntan a que se han resuelto los problemas principales, pero la pandemia ha retrasado el resto de trabajos de puesta a punto necesarios para la operación de las instalaciones.

El prototipo GOTO en acción



The GOTO prototype in action.

PRIMERA LUZ DE UN SISTEMA DE ÓPTICA ADAPTATIVA PARA THEMIS

Una colaboración entre el CRAL (UMR5574 del CNRS) y el equipo Themis del IRL-FSLAC (unidad internacional conjunta CNRS-IAC) permitió el desarrollo de un dispositivo de óptica adaptativa (OA) para la observación de la superficie del sol. El TAO (Themis Adaptive Optics) está instalado en el telescopio THEMIS, un instrumento solar de 90 cm de diámetro perteneciente al CNRS-INSU y ubicado en el Observatorio del Teide.

La turbulencia atmosférica diurna deteriora las imágenes solares al degradar la resolución angular de THEMIS en un factor 20 de media. El objetivo de TAO es restaurar la resolución teórica del telescopio durante el mayor tiempo posible para allanar el camino de programas de observación de una calidad comparable a la de los instrumentos espaciales mediante el uso del potente espectrógrafo multilínea (400-1100 nm) adjunto al telescopio en su modo analizador de polarización.

TAO consta de un analizador de superficie de onda de tipo Shack-Hartmann que trabaja en el espectro visible y de un espejo deformable de la empresa francesa ALPAO accionado con bobinas magnéticas. La innovación radica en los algoritmos de cálculo en tiempo real, basados en conceptos de problema inverso del principio al final, y que se ejecutan en una CPU de sobremesa. TAO puede enfrentarse a fuertes turbulencias (r_0 de 3 a 4 cm) y trabajar con imágenes de granulación con un contraste de intensidad inferior al 2 %. La primera luz de TAO (del 8 al 12 de diciembre de 2020) demuestra el inmenso beneficio que aporta a la resolución angular del telescopio. La estabilidad del sistema durante períodos de 10 a 15 minutos ya es excelente y compatible con el uso del espectrógrafo en modo de escaneo.

Gran mejora de la resolución angular del telescopio

FIRST LIGHT OF AN ADAPTIVE OPTICS PROTOTYPE FOR THE THEMIS

A collaboration between the CRAL (CNRS UMR5574) and the Themis team from IRL FSLAC (a joint unit from CNRS and IAC) led to the setup of an adaptive optics (AO) experiment dedicated to the observation of the Solar surface. TAO (Themis Adaptive Optics) is installed on THEMIS, a 90 cm diameter Solar telescope belonging to CNRS-INSU and located at the Observatorio del Teide.

The daytime atmospheric turbulence blurs the Solar images and degrades the THEMIS angular resolution by an average factor of about 20. The goal of the TAO system is to restore the theoretical resolution of the telescope for as long as possible subject to seeing conditions and to pave the way for observational programmes of a quality comparable to space instruments, using the powerful and versatile mul-

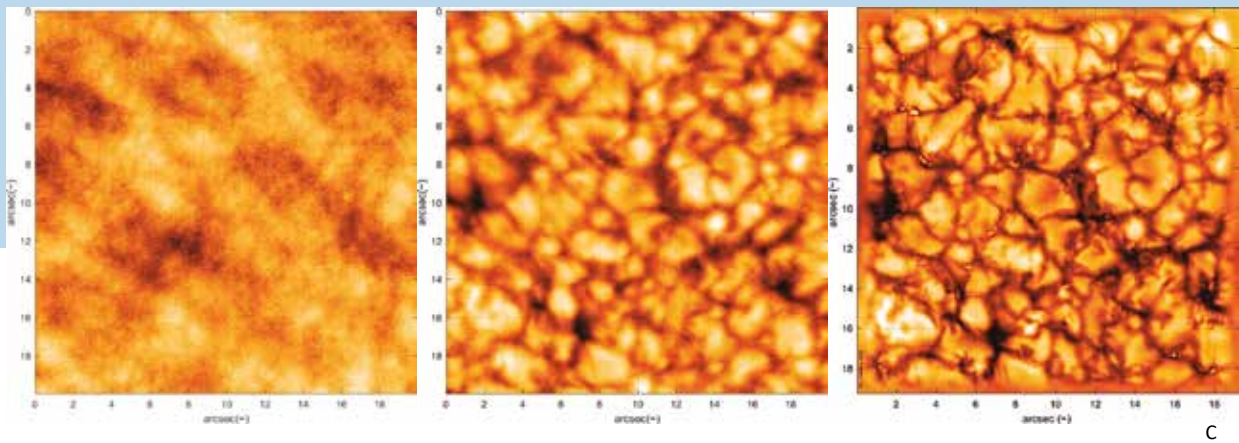
Huge improvement to the telescope's angular resolution

ti-wavelength spectrograph (400-1100 nm) attached to the telescope and its polarimetric analysis mode.

The TAO system is made of a Shack-Hartman wavefront sensor working in the visible spectrum and of a deformable mirror using voice-coil actuators from the French company ALPAO. The real-time computing software is most innovative, end-to-end based on an inverse-problem approach, and running on a desktop-grade CPU. TAO can handle severe turbulence ($r_0 = 3 - 4$ cm) and granulation images with an intensity contrast of about 2 %. The first light of TAO was on Dec 8th-12th, 2020 and shows a huge improvement to the telescope's angular resolution. The stability of the system over periods of 10-15 minutes is already remarkable and compatible with the use of the spectrograph in scanning mode.

Estas imágenes indican que la resolución espacial que se puede lograr con exposiciones cortas en condiciones de *seeing* muy malo es de 0,2", lo que es realmente espléndido. Hay más pruebas y verificaciones científicas en marcha y TAO estará disponible en versión preliminar para una campaña de observación en 2021.

El mismo campo solar obtenido con 30 μ sec de tiempo de exposición y $r_0 = 3$ cm (20/12/17): A) sin OA, B) con OA, C) con OA y tratamiento a posteriori



The above images show that the attainable spatial resolution on a short time exposure image and under bad seeing conditions is 0.2", which is quite splendid. Tests and scientific verifications are now ongoing, and TAO will be available in a preliminary version for the 2021 observation campaign.

Same Solar field image with 30 μ sec exposure time and $r_0 = 3$ cm (2020/12/17): A) without AO, B) with AO, C) with AO and a posteriori reconstruction.

NUEVO CORRECTOR ÓPTICO DEL FOCO PRINCIPAL ENTREGADO E INSTALADO EN EL WHT

En 2020 se instaló y comisionó un nuevo corrector óptico en el foco primario del telescopio William Herschel (WHT). El corrector se construyó para proporcionar imágenes del cielo de alta calidad sobre un campo de visión de 2 grados de diámetro, para las fibras ópticas del nuevo espectrógrafo multiobjeto WEAVE. El diseño óptico se realizó en el ING con aportaciones posteriores de NOVA (Países Bajos), y muestra similitudes con el corrector óptico construido para la cámara DEC en el telescopio Blanco de Cerro Tololo. Debido al pequeño diámetro de las fibras de WEAVE, 1,3 arcosegundos, el requerimiento de calidad de imagen policromática (370 a 900 nm) es alto: 1,0 arcosegundos para el diámetro que incluye el 80 % de la luz de una estrella. El corrector contiene seis lentes, una de las cuales, con diámetro de 1100 mm, está entre las mayores usadas actualmente en telescopios astronómicos. Para la compensación de

la dispersión atmosférica se usan dos dobletes que contrarrotan durante la observación. Las lentes se pulieron en Kiwistar (Nueva Zelanda) y se montaron en SENER, cerca de Barcelona. El comisionado se completó en el otoño de 2020. Se comprobó que la calidad de imagen es excelente en noches con atmósfera estable, con imágenes estelares de 0,6 arcosegundos (anchura total a media altura) en luz blanca, sobre todo el campo de visión, para todas las elevaciones del telescopio y todas las orientaciones del corrector: el corrector óptico apenas degrada la excelente calidad de imagen del cielo de La Palma. Los resultados auguran un comportamiento ideal para WEAVE. Asimismo, demuestran que el corrector optimizado para espectroscopía de fibras tiene altas prestaciones en modo imagen, lo que permitiría su uso con futuros sistemas de imagen en el WHT.

Componente clave del nuevo espectrógrafo multiobjeto WEAVE

Key component of new WEAVE multi-object spectrograph

NEW PRIME-FOCUS OPTICAL CORRECTOR DELIVERED AND COMMISSIONED AT THE WHT

A new prime-focus optical corrector was delivered and commissioned at the WHT prime focus in 2020. The new corrector was built to deliver sharp imaging to feed optical fibres of the WEAVE multi-object spectrograph over a wide field of view of 2 degrees diameter. The optical design was developed at ING and later at NOVA (NL), and has similarities with the corrector built for the Dark Energy Camera of the Blanco telescope at Cerro Tololo. Given the small size of the WEAVE fibres (1.3 arcsec diameter) the requirement for polychromatic image quality (370 to 900 nm) is 1.0 arcsec in 80 % enclosed energy. The corrector comprises 6 lenses, the largest of which, with 1.1 m diameter, is among the largest lenses currently in use on astronomical telescopes in the world. Atmospheric dispersion correction is managed via two counter-rotating doublets. The lenses were

polished at Kiwistar (New Zealand) and mounted at SENER near Barcelona. The commissioning was completed in the fall of 2020. The image quality was demonstrated to be excellent, with observed white-light image full-width half-maximum as low as 0.6 arcsec in good-seeing nights, throughout the 2-degree field of view, at all required telescope elevations and instrument rotator angles: the corrector optics does not appreciably degrade the excellent seeing characteristics of the La Palma sky. The results demonstrate an outstanding performance for WEAVE. In addition, they show that the new corrector, optimized for fibre spectroscopy, will also have a very good performance for imaging applications, providing a powerful capability for future developments at the WHT.

La calidad de imagen del nuevo corrector del foco primario del WHT se puso a prueba tomando imágenes de la Cruz de Einstein. La Cruz de Einstein consiste en cuatro imágenes de un cuásar a un desplazamiento al rojo de 1,695, producidas por el efecto de lente gravitatoria del bulbo de PGC 069457, una galaxia Sa que se encuentra en la línea de visión. Para la imagen se combinaron exposiciones con filtros azul,

verde y rojo. A pesar de que la calidad del cielo no era óptima (0,9 arcosegundos FWHM), se distinguen claramente las cuatro imágenes del cuásar, separadas por aproximadamente 1 arcosegundo; véase el recuadro donde se amplifica una región central de 4 arcosegundos de lado. Los núcleos son claramente más azules que la galaxia, como cabe esperar de la luz de un cuásar.



The Einstein Cross was imaged with the new WHT prime-focus corrector and a CMOS camera. The Einstein Cross consists of four images of a quasar at a redshift of 1.695, created by the gravitational lens effect of the bulge of PGC069457, a foreground Sa galaxy. For the image, exposures through blue, green

and red filters were combined. Despite the less-than-ideal seeing of 0.9 arcsec, the four lensed images, separated by about 1.0 arcsec, are distinctly visible; see the inset which reproduces a cut-out of 4 arcsec on a side. The nuclei are distinctly bluer than the galaxy, as expected from a quasar.

ALIOLI: PRIMERA LUZ EN EL TELESCOPIO CARLOS SÁNCHEZ

Los sistemas de óptica adaptativa (AO) corrigen la turbulencia atmosférica en tiempo real y se utilizan normalmente en telescopios grandes y medianos, pero no en telescopios de tamaño y coste modestos, como es el caso del Telescopio Carlos Sánchez (TCS).

Se propuso un proyecto asociado a una beca de tesis para diseñar un instrumento portátil (ALIOLI) compatible con el foco del TCS. Este instrumento consta de un módulo corrector, un módulo sensor de frente de onda y un haz científico, controlándose todos los componentes en tiempo real mediante

ALIOLI en el Telescopio Carlos Sánchez



FIRST LIGHT FOR ALIOLI ON THE CARLOS SÁNCHEZ TELESCOPE

Adaptive optics systems correct for atmospheric turbulence in real time and are normally used in large- and medium-sized telescopes but not in telescopes that are more modest in size and cost, as is the case of the Carlos Sánchez Telescope (TCS).

A project associated with a thesis grant was proposed to design a portable instrument called ALIOLI, compatible with the TCS focus. This instrument

ALIOLI on the Carlos Sanchez Telescope.

consists of a corrector module, a wavefront sensor module and a science beam, all components being controlled in real time by software. This modular concept allows great flexibility in the design, allowing to adapt the instrument easily to the working telescope or instrument by adjusting each module independently.

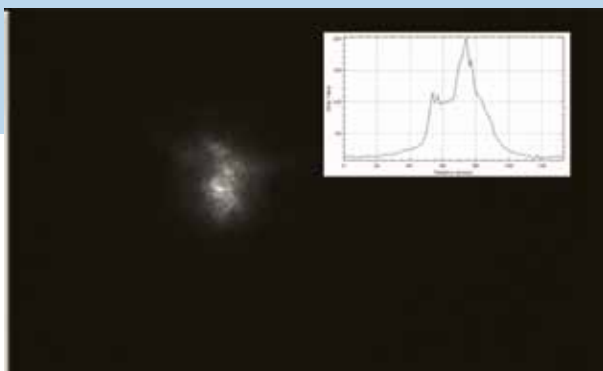
software. Este concepto modular permite una gran flexibilidad en el diseño, siendo posible adaptar fácilmente el instrumento al telescopio o instrumento de trabajo ajustando cada módulo de forma independiente. El diseño del primer prototipo del instrumento ALIOLI se completó utilizando un sensor de frente de onda Shack-Hartmann (S-H). Después de varias pruebas en laboratorio, en noviembre de 2020 el instrumento se probó en el cielo en el TCS. La instalación en el telescopio se puede ver en la figura.

A pesar de las condiciones climáticas desfavorables, pudimos cerrar el lazo con una estrella de referencia de magnitud 4 y un tiempo de exposición de 18 ms. Fue la primera vez que se ha llevado a cabo óptica adaptativa en este telescopio. Los resultados se muestran en las figuras. Los recuadros muestran el perfil de intensidad de la estrella de referencia que permiten comprobar el estrechamiento de la gaussiana al corregir la imagen.

El IAC prueba sistema portátil de ópticas adaptativas en el TCS

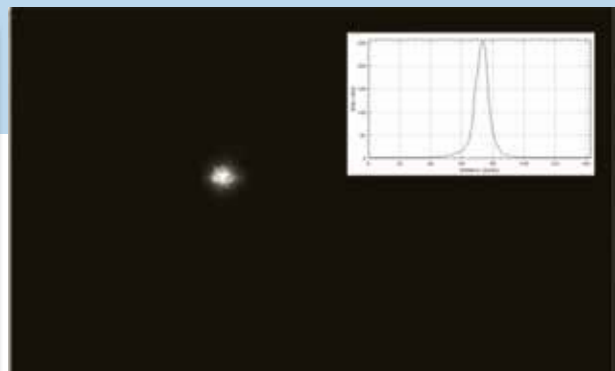
Realización del cierre de lazo en el TCS

b) Lazo abierto



b) Open loop

a) Lazo cerrado



a) Closed loop

Closed loop performance of the ALIOLI adaptive optics system on the TCS.

IAC tests portable adaptive optics system on the TCS

The design of the first prototype of the ALIOLI instrument has been completed using a Shack-Hartmann wavefront sensor. After several laboratory tests, in November 2020 the instrument was tested on the sky at the TCS. The installation on the telescope can be seen in the figure.

Despite unfavourable weather conditions, the adaptive optics loop could be closed with a reference star of magnitude 4 and an exposure time of 18 ms. This was the first time that adaptive has been performed on this telescope. The figures show the intensity profile of the reference star that confirms the narrowing of the Gaussian when the image is corrected.

A large, multi-tiered astronomical observatory dome is silhouetted against a vibrant night sky. The sky is filled with a dense field of stars, with the Milky Way galaxy prominently visible as a bright, colorful band of light stretching across the upper portion of the frame. The observatory dome has several ladders and access points visible on its exterior.

**CIELOS OSCUROS Y SILENCIOSOS
PARA LA CIENCIA Y LA SOCIEDAD**

**DARK & QUIET SKIES
FOR SCIENCE AND SOCIETY**

CIELOS OSCUROS Y SILENCIOSOS PARA LA CIENCIA Y LA SOCIEDAD

El cielo estrellado lleva inspirando a la humanidad desde hace milenios en todas sus expresiones intelectuales y emocionales: poesía, filosofía, religión y ciencia. En concreto, la ciencia moderna le debe mucho al seguimiento de los fenómenos astronómicos, ya que la observación minuciosa del cielo ha servido para estimular y verificar muchos de sus principales avances, como la teoría de la gravedad universal o la de la relatividad general.

El progreso tecnológico, y en concreto la iluminación artificial de las áreas urbanas, hace que sea cada vez más difícil observar un cielo nocturno nítido. La polución lumínica y la interferencia de señales de radio están poniendo en peligro emplazamientos que fueron elegidos en su día para albergar los observatorios astronómicos más sofisticados por lo favorable de su ubicación. En los últimos tiempos, la interferencia visual de las megaconstelaciones de satélites artificiales en órbita terrestre baja ha añadido otro impacto negativo considerable a la observación del cielo nocturno.

En los últimos años se han organizado varias conferencias para analizar la amenaza de la polución lumínica y en radio para la astronomía y la visibilidad de un cielo nocturno nítido. En particular, la

conferencia organizada en 2017 en La Palma, en el 10.º aniversario de la «Declaración Starlight», aprobó una serie de resoluciones.

La Unión Astronómica Internacional (IAU, por sus siglas en inglés), junto con la Oficina de Naciones Unidas para Asuntos del Espacio Exterior (UNOO-SA, por sus siglas en inglés) y el Gobierno de España organizaron una conferencia titulada «Cielos oscuros y silenciosos para la ciencia y la sociedad», que tenía previsto organizar el Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC) en Santa Cruz de La Palma, Islas Canarias, España en octubre de 2020 aunque, finalmente, la pandemia obligó a celebrar el evento en línea.

El objetivo específico de esta conferencia era generar un documento que evaluase el impacto del desarrollo tecnológico en la visibilidad del cielo estrellado, en la astronomía y el bioambiente, y que también describiera todas las medidas que los gobiernos y las empresas privadas pueden adoptar para mitigar su impacto negativo. Estas amenazas son la polución lumínica (luz artificial nocturna o ALAN, por sus siglas en inglés), la interferencia de la ingente cantidad prevista (decenas de miles) de satélites en órbita terrestre baja y la protección de ventanas de observación de radio de las transmisiones y emisiones de radar. El documento se presentó a la Comisión sobre la Utilización del Espacio

DARK & QUIET SKIES FOR SCIENCE AND SOCIETY

For millennia, the night sky has inspired humankind in all their intellectual and emotional expressions: poetry, philosophy, religion and science. In particular, modern science is deeply indebted to the monitorization of astronomical phenomena, as many of its major advances, from the theory of universal gravitation to general relativity, were spurred and verified by the careful observation of the sky.

Today, technological progress, in particular the artificial illumination of urban areas, has made increasingly difficult to observe a pristine night sky. Sites that were chosen to host the most sophisticated astronomical observatories because of their favourable location are being gradually endangered by light pollution and radio signals interference. More recently, an additional and important negative impact on the observation of the night sky comes from the visual interference of mega-constellations of artificial satellites in low-Earth orbit.

In the recent past, several conferences have been organized to analyse the threat of light and radio pollution on astronomy and on the visibility of the pristine night sky. In particular, the conference organized in 2017 in La Palma, on the 10th

anniversary of the “Starlight Declaration”, approved a number of resolutions.

The International Astronomical Union (IAU) together with the United Nations Office for Outer Space Affairs (UNOOSA) and the Government of Spain organized a conference with the title “Dark and Quiet Skies for Science and Society”, which was planned to be hosted by the Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC) in Santa Cruz de La Palma, Canary Islands, Spain in October 2020, although in the end, the meeting had to be held online due to the pandemic.

The specific purpose of this conference was to produce a document that assesses the impact of technological developments on the visibility of the pristine night sky, astronomy and the bio-environment, and that describes all the measures that individual governments and private enterprises can adopt to mitigate their negative impact. These developments include light pollution (Artificial Light at Night, ALAN), the interference of the foreseen huge number (tens of thousands) of satellites in low-Earth orbit and the protection of radio windows from broadcasting and synthetic-aperture radar emissions. The document was presented to the UN Committee for the Peaceful Uses of the Outer Space (COPUOS) for approval so that it can become a reference for regular future analysis of the situation.

Ultraterrestre con Fines Pacíficos de las Naciones Unidas (COPUOS, por sus siglas en inglés) para ser aprobado y poder así convertirse en una referencia para futuros análisis regulares de la situación.

El éxito de este taller en línea superó con creces las expectativas, con más de 950 participantes registrados de todo el mundo y entre 250 y 380 asistentes en cada uno de los cinco días del evento.

La redacción del informe estuvo a cargo de cinco grupos de trabajo formados por expertos de renombre internacional en diferentes campos y se puso de antemano a disposición de los participantes del taller. Los grupos de trabajo revisaron el texto incorporando el gran número de comentarios y sugerencias que los participantes remitieron por escrito. El documento final constituye el informe más completo y actualizado hasta la fecha sobre la protección de

los cielos oscuros y silenciosos. El Comité Ejecutivo de la IAU aprobó el resumen ejecutivo del documento (llamado documento de sesión o CRP, por sus siglas en inglés, en la jerga de la COPUOS) el 5 de enero de 2021. El CRP tiene como objetivo informar y concienciar sobre el creciente riesgo de una grave degradación de las observaciones astronómicas a los representantes de alto nivel de las 95 naciones de la ONU que pertenecen a la COPUOS.

Ultraterrestre con Fines Pacíficos de las Naciones Unidas (COPUOS, por sus siglas en inglés) para ser aprobado y poder así convertirse en una referencia para futuros análisis regulares de la situación.

El éxito de este taller en línea superó con creces las expectativas, con más de 950 participantes registrados de todo el mundo y entre 250 y 380 asistentes en cada uno de los cinco días del evento.

Geminidas y Laboratorio Solar, OT



Geminids and Solar Laboratory, OT.

The online workshop was a success beyond expectations, with more than 950 registered participants from around the world and between 250 and 380 attendees on each of the five days of the event.

The report was drafted by five working groups formed by internationally recognized experts in different fields and was made available in advance to the registered participants of the online workshop. The draft was revised by the working groups taking into account the large number of comments and suggestions that the participants had submitted in writing. The final document represents the most comprehensive and up-to-date report on the

protection of the dark and quiet skies currently available. The IAU Executive Committee approved the executive summary of the document (called conference room paper, or CRP in the COPUOS jargon) on January 5th, 2021. The CRP aims to raise awareness of the increasing risk of serious degradation of astronomical observations among the high-level representatives of the 95 UN countries that belong to COPUOS.

The CRP contains mitigation measures and specific recommendations aimed at containing and reducing the negative impact of all the above technological developments. The document, signed by Chile, Ethiopia, Jordan, Slovakia, Spain and by the

El CRP incluye medidas de mitigación y recomendaciones específicas para contener y reducir el impacto negativo de todos los desarrollos tecnológicos mencionados. El documento, firmado por Chile, Etiopía, Jordania, Eslovaquia, España y la Unión Astronómica Internacional se presentó al Subcomité Científico y Técnico (STSC, por sus siglas en inglés) de la COPUOS en abril de 2021.

Muchas delegaciones del STSC apoyaron sin reservas las recomendaciones y el comité aprobó la siguiente conclusión:

«El Subcomité alentó a la Oficina para Asuntos del Espacio Exterior a dialogar con todas las partes interesadas pertinentes, como la IAU y otras, sobre el tema de los cielos oscuros y silenciosos, ya que guarda relación con el mandato del Comité y sus subcomités, y a presentar el debate, incluidas las acciones y resultados que permitan proseguir el análisis de este tema, para que el Subcomité lo examine durante su 59.ª sesión, en 2022. A este respecto, la conferencia sobre cielos oscuros y silenciosos para la ciencia y la sociedad que organizará la UNOOSA junto con el gobierno de España y la IAU, prevista para octubre de 2021, podría proporcionar aportaciones para un debate sobre oportunidades de cooperación internacional».

International Astronomical Union, was presented to the Scientific and Technical Sub-Committee (STSC) of COPUOS in April 2021.

Many delegations of STSC strongly supported the recommendations, and the committee approved the following conclusion:

“The Subcommittee encouraged the Office for Outer Space Affairs to engage with all relevant stakeholders, like the IAU and others, on the matter of dark and quiet skies, as it relates to the mandate of the Committee and its subcommittees, and present the outcome, including the findings for furthering the discussion on this matter for consideration by the Subcommittee at its fifty-ninth session, in 2022. In this regard, the conference on dark and quiet skies for science and society to be organized by UNOOSA jointly with the government of Spain and IAU and planned to be held in October 2021 could provide inputs to a focused discussion on opportunities for international cooperation.”

The approved statement is very important because it recognizes the relevance of the right to dark and quiet skies for science and society at the UN level and is making reference to the Conference

La declaración aprobada es muy importante, dado que reconoce a nivel de la ONU la relevancia del derecho a disponer de un cielo oscuro y silencioso para la ciencia y la sociedad y menciona la conferencia que se realizará en octubre de 2021 en La Palma como un hito en el debate con todas las partes interesadas. La IAU y la UNOOSA tratarán ahora cómo proceder, incluida la posibilidad de más intervenciones en las próximas reuniones del Subcomité Jurídico y de la COPUOS.

La participación de la COPUOS es de particular importancia en estos tiempos, porque el despliegue inminente de megaconstelaciones de satélites de comunicación puede representar un nuevo y grave peligro para la ciencia astronómica y alterar significativamente la riqueza natural del cielo nocturno. La Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos de las Naciones Unidas es el foro internacional lógico donde llamar la atención de los gobiernos del mundo sobre estos temas.

La reunión presencial se celebrará en octubre de 2021 para debatir y acordar estrategias de puesta en práctica de las recomendaciones. La IAU y la COPUOS expresaron su gratitud al Gobierno español y al Instituto de Astrofísica de Canarias por prestarse a albergar y organizar la conferencia tras la firma formal de un acuerdo con el país anfitrión.

to be organized in October 2021 in La Palma as a milestone in the discussion with all the stakeholders involved. The IAU and UNOOSA will now discuss the way forward that may include further interventions at the next meetings of the Legal Sub-Committee and of COPUOS.

The involvement of COPUOS is particularly important in the current days because the imminent deployment of mega-constellations of communication satellites may represent a new severe danger to astronomical science and may alter significantly the night sky pristine landscape. The UN Committee for the Peaceful Uses of the Outer Space is the natural international forum where these matters should be brought to the attention of the world Governments.

The in-person meeting will still be held in October 2021 to discuss and agree upon strategies to implement the recommendations. The IAU and COPUOS have expressed their gratitude to the Spanish Government and to the Instituto de Astrofísica de Canarias for agreeing to host and organize the conference, pending the formal signature of the host country agreement.



LOGROS CIENTÍFICOS



SCIENTIFIC HIGHLIGHTS

UN NUEVO SITIO ESTELAR PARA LA FORMACIÓN DE ELEMENTOS MUY PESADOS

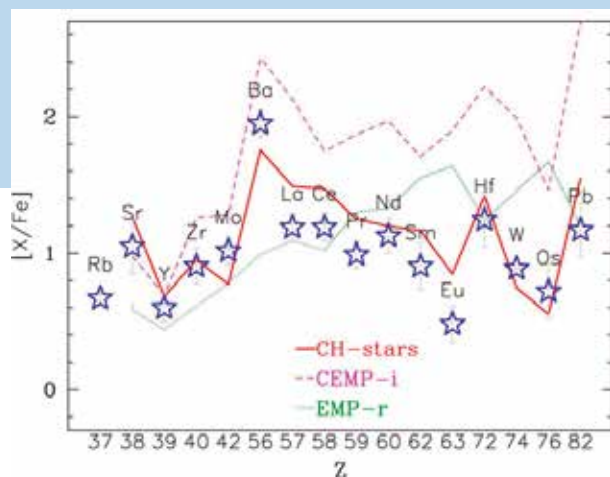
Las estrellas ricas en fósforo (P) descubiertas recientemente representan un desafío para la teoría de evolución y nucleosíntesis estelar (esto es, la formación de elementos químicos en los interiores estelares), ya que ninguno de los modelos existentes puede explicar su patrón, extremadamente peculiar, de abundancias químicas. Aparte de la gran cantidad de fósforo, estas estrellas también muestran sobreabundancias de otros elementos ligeros (O, Mg, Si, Al) y pesados (por ejemplo, Ce). Gracias al Tiempo de Servicio Español con el Telescopio Óptico Nórdico, muy recientemente se han obtenido espectros ópticos de alta resolución de dos estrellas ricas en fósforo (incluida una nueva estrella rica en P), para las que se han determinado las abundancias elementales de un gran número de elementos muy pesados ricos en neutrones (producidos por la captura neutrones); algunos de estos elementos muy exóticos, como Rb, Sr, Y, etc. Al comparar con otras estrellas apropiadas pobres en metales y ricas en elementos muy pesados (ricos en neutrones), las dos estrellas ricas en P muestran sobreabundancias de elementos pesados similares a los modelos de nucleosíntesis del proceso-s de baja densidad de neutrones (o lo que es lo mismo, la formación de elementos pesados por capturas lentas de neutrones).

A NEW STELLAR SITE FOR THE FORMATION OF VERY HEAVY ELEMENTS

The recently discovered phosphorus-rich stars pose a challenge to theories of stellar evolution and nucleosynthesis (that is, the formation of chemical elements in stellar interiors), as none of the existing models can explain their extremely peculiar chemical abundances pattern. Apart from the large phosphorus (P) enhancement, such stars also show enhancement in other light (O, Mg, Si, Al) and heavy (e.g., Ce) elements. Using Spanish service time at the Nordic Optical Telescope, high-resolution optical spectra have recently been obtained of two optically bright phosphorus-rich stars. From these, the elemental abundances were determined for a large number of heavy (neutron-rich or neutron-capture) elements, some of them very exotic like Rb, Sr, or Y. When compared to other appropriate metal-poor and neutron-capture enhanced stars, the two P-rich stars show heavy-element overabundances similar to low neutron density s-process nucleosynthesis (the formation of heavy elements by slow neutron captures), with high first- (Sr, Y, Zr) and second-peak (Ba, La, Ce, Nd) element enhancements (even some Pb enhancement in one star) and a negative [Rb/Sr] ratio. However, this s-process is distinct from the one occurring in asymptotic giant branch (AGB) stars, the

En particular las estrellas de P muestran sobreabundancias de los elementos del primer (Sr, Y, Zr) y segundo pico (Ba, La, Ce, Nd) (incluso una de las estrellas es rica en plomo, Pb) y un cociente [Rb/Sr] negativo. Sin embargo, este proceso-s es muy distinto del que ocurre en estrellas viejas en la rama asintótica de las gigantes (AGB); el único sitio estelar conocido actualmente en donde tiene lugar tal nucleosíntesis de captura de neutrones. Las diferencias más notables son un mayor cociente [Ba/La] y un menor contenido de Eu y Pb que las llamadas estrellas CH a metalicidad similar ([Fe/H] ~ -1). Las estrellas CH ricas en elementos

Patrón químico de elementos muy pesados para una estrella rica en P (estrellas azules), junto con las abundancias de estrellas representativas de los diferentes procesos de captura de neutrones: s (CH; rojo), i (CEMP-i; magenta) y r (EMP-r; verde)



Heavy-element abundance pattern for a P-rich star (blue stars), together with the abundances of stars representative of the s- (CH; red), i- (CEMP-i; magenta), and r- (EMP-r; green) neutron-capture processes.

only stellar site currently known where such neutron-capture nucleosynthesis takes place. The notable distinctions encompass larger [Ba/La] and lower Eu and Pb than so-called CH stars at similar metallicity ([Fe/H] ~ -1). The neutron-capture enhanced CH stars are AGB mass-transfer binaries and their s-process element pattern corresponds well to the standard s-process in AGB stars. These observations can guide stellar nucleosynthesis theoreticians and observers to identify the P-rich star progenitor, which represents a new site for s-process nucleosynthesis, with important implications for the chemical evolution of our Galaxy.

UNA BURBUJA IONIZADA POR UN PROTOCÚMULO A $Z = 6,5$

muy pesados son binarias de transferencia de masa AGB (una de las componentes ya paso por esta última etapa evolutiva y transfirió masa a la estrella compañera) y su patrón químico de elementos pesados se corresponde bien con el proceso estándar en las estrellas AGB. Estas observaciones deberían guiar a los astrofísicos teóricos y observacionales de la nucleosíntesis estelar para identificar el progenitor de este intrigante tipo de estrellas. Las estrellas ricas en P representan un nuevo sitio estelar para la formación de elementos muy pesados, con importantes implicaciones para la evolución química de nuestra Galaxia.

Se ha demostrado que un protocúmulo de galaxias emisoras de Lyman- α , confirmadas espectroscópicamente, produce una cantidad notable de fotones del continuo ionizante. Se partió de los flujos Lyman- α medidos en los espectros de las fuentes detectadas espectroscópicamente. De los flujos se obtuvo la emisividad ionizante de los fotones del protocúmulo, que se comparó con la emisividad ionizante necesaria para reionizar el volumen del protocúmulo. Lo que se halló es que las galaxias del protocúmulo son capaces de no solo ionizar la burbuja que contiene al protocúmulo, sino una burbuja mucho mayor. Para los cálculos se usó el modelo AMIGA, en particular para calcular la emisividad de los fotones ionizantes necesaria para mantener el volumen del protocúmulo ionizado. Asimismo, se supuso la fracción de escape de los fotones ionizantes obtenida por AMIGA a este desplazamiento al rojo (6,5).

Cada punto es una galaxia y, en azul, la burbuja que esta ha ionizado. Las burbujas crecen según los fotones ionizantes de cada galaxia. Si las galaxias están cercanas, se forma una burbuja más grande. Todo el Universo se ioniza por fusión de estas burbujas.

Each dot is a galaxy that ionises its surroundings, forming a bubble. These bubbles can grow depending on the galaxy ionising power and the bubbles can merge, forming a larger bubble. With time, all the bubbles will merge until the Universe becomes re-ionised.



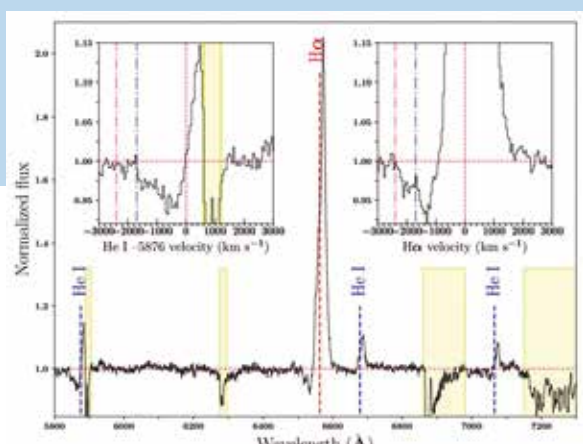
AN IONISED BUBBLE POWERED BY A PROTO-CLUSTER AT $Z = 6.5$

Astronomers have found that a proto-cluster of Ly α emitting galaxies, spectroscopically confirmed at redshift 6.5, produces a remarkable number of ionising continuum photons. Starting from the Ly α fluxes measured in the spectra of the sources detected spectroscopically, the ionising emissivity of continuum photons of the proto-cluster was derived, which was then compared with the ionising emissivity required to reionise the proto-cluster volume. The sources in the proto-cluster are capable of ionising a large bubble, indeed larger than the volume occupied by the proto-cluster. The AMIGA model was used for various calculations, in particular, to derive the emissivity of the Lyman continuum photons required to maintain the observed volume ionised.

EL CAMBIANTE VIENTO DE ACRECIÓN DE LA FUENTE DE RAYOS X TRANSITORIA SWIFT J1858.6-0814

La gran cantidad de masa y momento angular transportada por los vientos formados en los discos de acreción los convierte en un proceso clave para comprender el fenómeno de la acreción en objetos compactos, tales como agujeros negros y estrellas de neutrones. En este trabajo se presenta el descubrimiento de viento en el rango visible formado en el disco de acreción de la fuente transitoria de rayos X Swift J1858.6-0814, un nuevo sistema binario descubierto a finales de 2018. La base de datos de 90 espectros, tomada con el Gran Telescopio Canarias de 10,4 m (GTC), revela la presencia de perfiles P-Cyg en líneas de helio e hidrógeno.

La evolución de estos rasgos espectrales indica variaciones significativas en la velocidad del viento, de entre unos pocos cientos y más de 2000 km/s. La gran actividad mostrada por el sistema en ondas de radio indica que el viento es contemporáneo al jet, como es el caso de otros sistemas binarios con agujero negro que han mostrado perfiles P-Cyg en el rango visible. Sin embargo, la detección reciente de explosiones termonucleares en este sistema revela que el objeto compacto es una estrella de neutrones, lo que lo convierte en el primero de esta clase donde se ha observado este tipo de viento.



GTC spectrum corresponding to the period in which the P-Cyg profiles indicate the highest wind velocity. The insets show the characteristic blueshifted absorption, indicating a wind velocity above 2000 km/s (H α ; red, dotted-dashed line).

GTC spectrum corresponding to the period when the P-Cyg profiles indicate the highest wind velocity. The insets show a zoom-in of the characteristic P-Cyg blueshifted absorption, indicating a wind velocity above 2000 km/s (H α ; red, dotted-dashed line).

THE CHANGING-LOOK OPTICAL WIND OF THE FLARING X-RAY TRANSIENT SWIFT J1858.6-0814

The large amount of mass and angular momentum carried by disc winds makes them key processes to understand accretion onto compact objects, such as black holes and neutron stars. An optical accretion disc wind was observed in the X-ray transient Swift J1858.6-0814, a new binary system discovered in late 2018. The 90-spectrum data set, taken with the 10.4 m Gran Telescopio Canarias (GTC), reveals the presence of conspicuous P-Cyg profiles in optical lines of helium and hydrogen. The evolution of these features indicates significant variations in the wind

velocity, between a few hundred and more than two thousand km/s. The reported high activity of the system at radio waves shows that the optical wind is contemporaneous with the jet, as is the case for the handful of black hole X-ray binary transients that have shown optical P-Cyg profiles. However, the recent detection of thermonuclear X-ray bursts in this system reveals that it harbours a neutron star, making it the first of this class showing an optical accretion disc wind.

EL TELESCOPIO IAC80 DESCUBRE LOS MECANISMOS DE ARRANQUE DE LA MATERIA OSCURA EN LAS GALAXIAS

Una de las controversias científicas más importantes de los últimos años en la comunidad astronómica es la posible existencia de galaxias sin materia oscura. De existir, este tipo de objetos contradirían en gran medida los mecanismos establecidos de cómo se forman y perduran las galaxias en el tiempo. Por esta razón decidimos explorar con el telescopio IAC80 una de las galaxias candidatas a no tener materia oscura: NGC1052-DF4. Una de las ventajas que tiene un telescopio modesto como el IAC80 es la cantidad de tiempo disponible para hacer imagen ultraprofunda. En este caso, dedicamos unas 60 horas de telescopio para lograr la imagen más profunda que se haya hecho de la zona del cielo donde se encuentra dicha galaxia.

Los modelos de formación de galaxias predicen que una manera de hacer desaparecer la materia oscura de las galaxias sería a través del arranque gravitatorio de este material por parte de otro objeto cercano. Estas «fuerzas mareomotrices» arrancarían primero la materia oscura de las galaxias y luego harían notar su efecto en las poblaciones de estrellas que componen las galaxias, formando colas estelares extendidas. Estas colas, sin embargo,

THE IAC80 TELESCOPE DISCOVERS THE STRIPPING MECHANISMS OF DARK MATTER IN GALAXIES

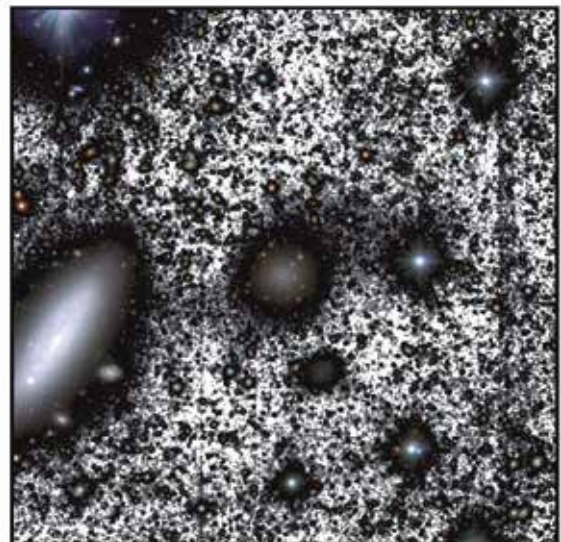
One of the most important scientific controversies in recent years in the astronomical community is the possible existence of galaxies without dark matter. The existence of such objects would be in strong disagreement with the established mechanisms of how galaxies form and survive over time. For this reason, one of the candidate galaxies to be free of dark matter: NGC 1052-DF4, was explored with the IAC80 telescope. One of the advantages that a modest telescope like the IAC80 has is the amount of time available for ultra-deep imaging. In this case, about 60 hours of telescope time was dedicated to making the deepest image ever made of the area of the sky where this galaxy is located.

Galaxy formation models predict that one way to make dark matter disappear from galaxies is through gravitational stripping of this material by another nearby object. These “tidal forces” would first pull the dark matter out of the galaxies and then take their toll on the populations of stars that make up the galaxies, leading to extended stellar tails. These tails, however, are extremely faint and require imaging down to surface brightness levels of around 1000 times fainter than the brightness of the darkest sky

son extremadamente débiles y requieren imágenes que sean capaces de apreciar brillos superficiales hasta unas 1000 veces más débiles que el brillo del cielo más oscuro de la Tierra. Esto es lo que se ha conseguido ahora con el IAC80. Como muestra la figura, el IAC80 ha conseguido captar la distorsión gravitatoria responsable del arranque de la materia oscura. Un efecto largamente esperado teóricamente y cuya demostración empírica se ha conseguido por fin desde el Observatorio del Teide.

Imágenes competitivas ultraprofundas con un telescopio modesto

Imagen a color tomada con el telescopio IAC en cuyo centro se puede apreciar la galaxia NGC1052-DF4. A la izquierda de la imagen se ve la galaxia vecina NGC1035, que está arrancando la materia oscura de esta galaxia. El reflejo de este proceso es una sutil corriente de estrellas en forma de S alrededor de la galaxia NGC1052-DF4.



Colour image taken with the IAC80 telescope, showing the galaxy NGC 1052-DF4 in the centre. To the left of the image is the neighbouring galaxy NGC 1035, which is stripping dark matter from this galaxy. The signature of this process is a subtle S-shaped stream of stars around the galaxy NGC 1052-DF4.

Ultra-deep competitive imaging with a modest telescope

on Earth. This is what has now been achieved with the IAC80. As shown in the figure, the IAC80 has succeeded in imaging the gravitational distortion responsible for the dark matter stripping. This effect has long been awaited theoretically and its empirical demonstration has finally been achieved from the Observatorio del Teide.

UNA ENANA BLANCA PULSANTE EN UNA BINARIA ECLIPSANTE

Los sistemas binarios eclipsantes, o sistemas dobles, están compuestos por dos estrellas que orbitan una alrededor de la otra, eclipsándose alternativamente al ser vistas desde la Tierra. En este trabajo se ha descubierto la primera enana blanca pulsante en un sistema binario eclipsante, lo que nos permite obtener por primera vez resultados clave acerca de la estructura, evolución y muerte de este tipo de estrellas.

Una enana blanca es el núcleo remanente que permanece cuando una estrella como el Sol muere. Determinar su composición no es nada sencillo, porque estos objetos tienen aproximadamente la mitad de la masa del Sol, comprimida en una esfera del tamaño aproximado de la Tierra. Esto implica que la gravedad en una enana blanca sea extremadamente fuerte, un millón de veces mayor que la gravedad en la Tierra, lo que hace que todos los elementos pesados que la componen se acumulen en su centro, dejando en la superficie solo los elementos más ligeros mientras que, por tanto, su composición exacta permanece oculta en el interior.

A PULSATING WHITE DWARF IN AN ECLIPSING BINARY

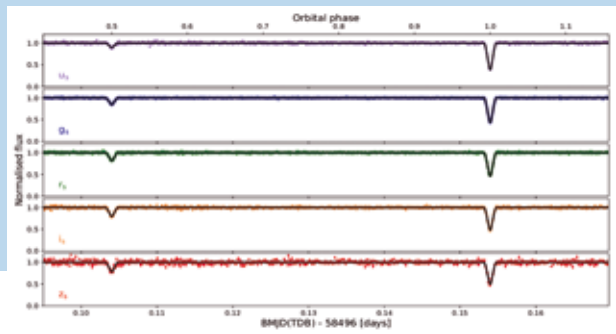
Eclipsing binary systems, or double star systems, are made up of two stars orbiting each other and periodically passing in front of each other when seen from the Earth. Using the GTC, astronomers have now discovered the first pulsating white dwarf star in an eclipsing binary system, providing key insights into the structure, evolution, and death of these stars for the first time.

A white dwarf is the burnt-out core left behind when a star like the Sun dies. Elucidating what a white dwarf is made of is not straightforward because these objects have about half of the mass of the Sun but packed into a sphere of roughly the size of the Earth. This means that gravity is extremely strong on a white dwarf, around one million times larger than here on Earth. This strong gravity causes all the heavy elements to sink to the centre, leaving only the lightest elements at the surface. The true composition of the white dwarf thus remains hidden.

To analyse the hidden structure of white dwarfs, astronomers have combined the study of eclipses with asteroseismology, a technique that involves

Para poder analizar la estructura interna oculta de las enanas blancas, los astrónomos combinaron el estudio de los eclipses con astrosismología, una técnica que mide la rapidez con la que se transmiten las ondas de sonido a través de la enana blanca. Para observar las pulsaciones rápidas y sutiles de la estrella, en este trabajo se ha empleado el instrumento HiPERCAM en el GTC, una cámara de alta velocidad revolucionaria, con la capacidad única de tomar imágenes en intervalos de milisegundos en cinco filtros de modo simultáneo, cubriendo así un rango de magnitudes inaccesibles para otros telescopios.

Curvas de luz obtenidas con HiPERCAM para SDSS J1152+0248 con los ajustes del modelo sobreimpresionados (líneas negras). El eclipse de la enana blanca más débil (más fría) ocurre en una fase 0,5, mientras que el eclipse de la enana blanca más brillante (más caliente) sucede en una fase 1,0. Las pulsaciones de la enana blanca más débil son inapreciables a esta escala.



HiPERCAM high-speed lightcurves of SDSS J1152+0248 with model fits overplotted. The eclipse of the fainter (cooler) white dwarf occurs at phase 0.5, while the eclipse of the brighter (hotter) white dwarf occurs at phase 1.0. The pulsations from the fainter white dwarf are not visible at this scale.

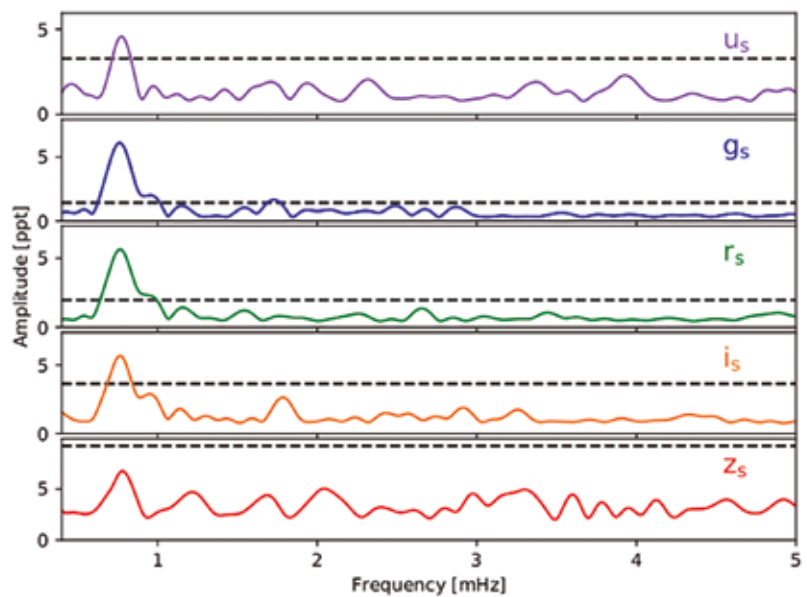
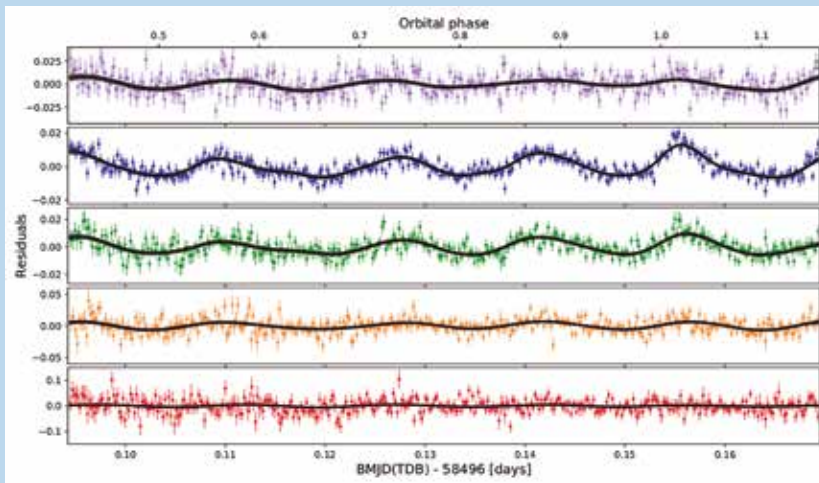
measuring how fast sound waves travel through the white dwarf. To observe the rapid and subtle pulsations of the star, HiPERCAM at the GTC was used. HiPERCAM is a revolutionary high-speed camera, with a unique capability of taking one image every millisecond in five simultaneous bands, while covering a range of magnitudes unattainable for other telescopes.

With this technique, the binary motion and the eclipse were used to independently measure the mass and radius of a white dwarf, which helps to determine its internal composition. Although most white dwarfs are thought to be made primarily of carbon and oxygen, the particular white dwarf studied here is made mostly of helium, as a result of its binary companion cutting off its evolution early, before it got a chance to fuse the helium into carbon and oxygen.

Con esta técnica, el movimiento de la binaria y los eclipses observados se usaron para medir de modo independiente tanto la masa como el radio de esta enana blanca, lo que permitió determinar su composición interna. Aunque la mayoría de las enanas blancas se componen principalmente de carbono y oxígeno, esta enana blanca particular está compuesta fundamentalmente de helio debido

a la intervención de la estrella compañera en las primeras fases de su evolución estelar, antes de que tuviera tiempo de fundir el helio y transformarlo en carbono y oxígeno. Esto es una demostración directa de cómo la evolución de la binaria ha afectado a la estructura interna de la enana blanca, algo que nunca se había podido hacer con anterioridad en este tipo de sistemas binarios.

HiPERCAM en el GTC: una cámara de alta velocidad revolucionaria



Pulsos de la enana blanca fría en el sistema SDSS J1152+0248. a. Residuos de en las curvas de luz obtenidas con HiPERCAM una vez sustraído el modelo de la binaria en las bandas u_s , g_s , r_s , i_s y z_s . Se muestra sobreimpresionado el mejor ajuste del modelo de procesado Gaussiano empleado para dar cuenta de los pulsos cuando se ajustan las curvas de luz. b. Periodogramas de los residuos de las curvas de luz, mostrando un pico intenso a la frecuencia de 0,76 mHz (periodo de 1,314 s) con picos adicionales a 0,94 mHz (periodo de 1,059 s, significativo en las bandas g_s y r_s) y a 1,71 mHz (periodo de 583 s, significativo solo en la banda g_s).

The pulsations of the cool white dwarf in SDSS J1152+0248. a. HiPERCAM lightcurve residuals after subtraction of the binary model in the u_s , g_s , r_s , i_s and z_s bands, respectively. Overplotted is the best-fit Gaussian-process model, which was used to account for the pulsations when fitting the lightcurve. b. Periodograms of the residual lightcurves, showing a clear peak at a frequency of 0.76 mHz (period of 1,314 s), with additional peaks at 0.94 mHz (period of 1,059 s, significant in the g_s and r_s bands) and at 1.71 mHz (period of 583 s, significant only in the g_s band).

HiPERCAM at the GTC: a revolutionary high-speed camera

This is a demonstration of how the binary evolution has affected the internal structure of the white dwarf, something never done before for this kind of binary systems.

UN CANDIDATO A PLANETA GIGANTE TRANSITANDO UNA ENANA BLANCA

Se ha descubierto mediante el GTC un candidato a planeta gigante en órbita alrededor de una enana blanca. El objeto WD 1865 b es unas siete veces mayor en diámetro que la enana blanca, llamada WD1856+534, a la que este planeta de tamaño joviano orbita cada 34 horas (más de 80 veces más rápido que la velocidad con la que Mercurio orbita nuestro Sol). Esto es muy intrigante, ya que el proceso de formación de una enana blanca destruye los planetas cercanos y cualquier cuerpo ubicado demasiado cerca es, por lo general, destruido por la intensa gravedad de la estrella.

GTC



GTC

A GIANT PLANET CANDIDATE TRANSITING A WHITE DWARF

A giant planet candidate orbiting a white dwarf has been discovered using the GTC. The Jupiter-sized planet, called WD 1856b, is some seven times bigger in diameter than the white dwarf, called WD1856+534, which it orbits every 34 hours (more than 80 times more quickly than Mercury orbits our Sun). This is intriguing as the process of formation of a white dwarf destroys planets close to it, and any body which then goes too close would normally be destroyed by the intense gravity of the star.

It has been known for a long time that after the birth of a white dwarf small objects not too close to it, such as asteroids and comets, can be scattered towards

Se conoce desde hace tiempo que, después de la formación de una enana blanca, los objetos pequeños no demasiado cercanos a esta, como asteroides y cometas, pueden ser dispersados hacia la estrella. Generalmente la enorme gravedad de la enana blanca destroza estos cuerpos, que quedan convertidos en un disco de escombros.

***Datos de GTC Combinados con los
del Telescopio Espacial Spitzer***

***GTC data combined with those
from Spitzer Space Telescope***

these stars. They are generally broken up by the strong gravity of the white dwarf and are converted into a disc of debris. There are previous hints that planets could also be scattered inwards, but this is the first time that a planet has been detected which has made the complete journey intact.

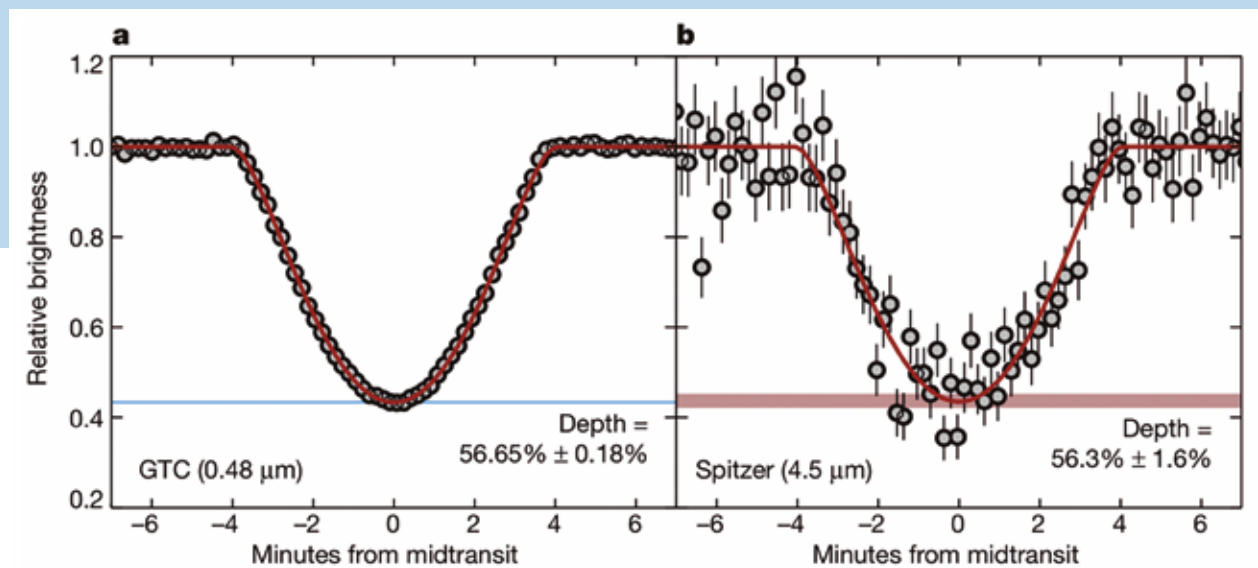
There are several scenarios in which WD 1856b could have been pushed into an elliptical orbit round the white dwarf. To solve this puzzle, the system was observed in the infrared using the Spitzer space telescope. A brown dwarf or a low mass star would

Hay evidencias previas de que también los planetas pueden ser dispersados hacia el interior, pero esta es la primera vez que se ha detectado un planeta capaz de haber realizado el viaje completo y permanecer intacto.

Existen numerosos escenarios que pueden haber transportado WD 1856 b a una órbita elíptica alrededor de la enana blanca. Para resolver este enigma, se observó el sistema en el infrarrojo empleando el Spitzer Space Telescope. Una enana marrón o un objeto de baja masa emitiría su propia luz infrarroja, por lo que Spitzer debería registrar un tránsito más brillante que si el objeto fuese un planeta, ya que este bloquearía toda la luz. Comparando los datos de Spitzer con las observaciones del tránsito en el espectro visible obtenidas con OSIRIS en el GTC, se determinó que no existían diferencias detectables. Esto, combinado con la edad de la estrella y otras informaciones disponibles sobre el sistema, llevaron a concluir que WD 1856 b es muy probablemente un planeta con una masa no mayor que 14 veces la masa de Júpiter.

Haber encontrado un posible planeta orbitando cerca de una enana blanca abre las puertas a futuras investigaciones de gran importancia sobre las atmósferas de pequeños planetas rocosos en situaciones similares, dado que el reducido tamaño de las enanas blancas hace mucho más sencillo caracterizar de modo directo la atmósfera de los planetas que las orbitan.

Observaciones del tránsito en el óptico obtenidas con el GTC. b. Observaciones del tránsito en el infrarrojo obtenidas con el Spitzer Space Telescope. Las curvas en rojo muestran los mejores modelos ajustados. Las líneas sombreadas horizontales muestran el intervalo de confianza del 68 % para la máxima pérdida de luz. Cualquier emisión térmica por parte del cuerpo transitante debería haber producido una pérdida menor de luz a longitudes infrarrojas que en el óptico. La ausencia de diferencias entre ambas implica que el cuerpo eclipsante tiene una masa menor que $13,8 M_J$ (con un 95 % de confianza).



emit its own infrared light. This means that Spitzer would register a transit brighter than if the object were a planet, which would block all the light. Comparing the Spitzer data with the observations of the transit in the visible taken with OSIRIS at the GTC no detectable differences were found. This, combined with the age of the star and other information about the system, led to the conclusion that WD 1856b is very probably a planet with a mass no greater than 14 times that of Jupiter.

Optical transit observations with GTC. b. Infrared transit observations with the Spitzer Space Telescope. The red curves are the best-fitting models. The horizontal-coloured shaded regions show the 68 % confidence interval for the maximum loss of light. Any thermal emission from the transiting body would have led to a smaller loss of light at infrared wavelengths. The lack of any observed difference implies that the transiting body has a mass smaller than $13.8 M_J$ (with 95 % confidence).

Finding a possible planet orbiting close to a white dwarf opens up important further research into the atmospheres of small rocky planets in similar situations, because the tiny size of the white dwarf makes it easier to characterize the atmosphere of the planet.

PUBLICADOS LOS DATOS DE LOS CARTOGRAFIADOS DEL PLANO GALÁCTICO DEL TELESCOPIO ISAAC NEWTON

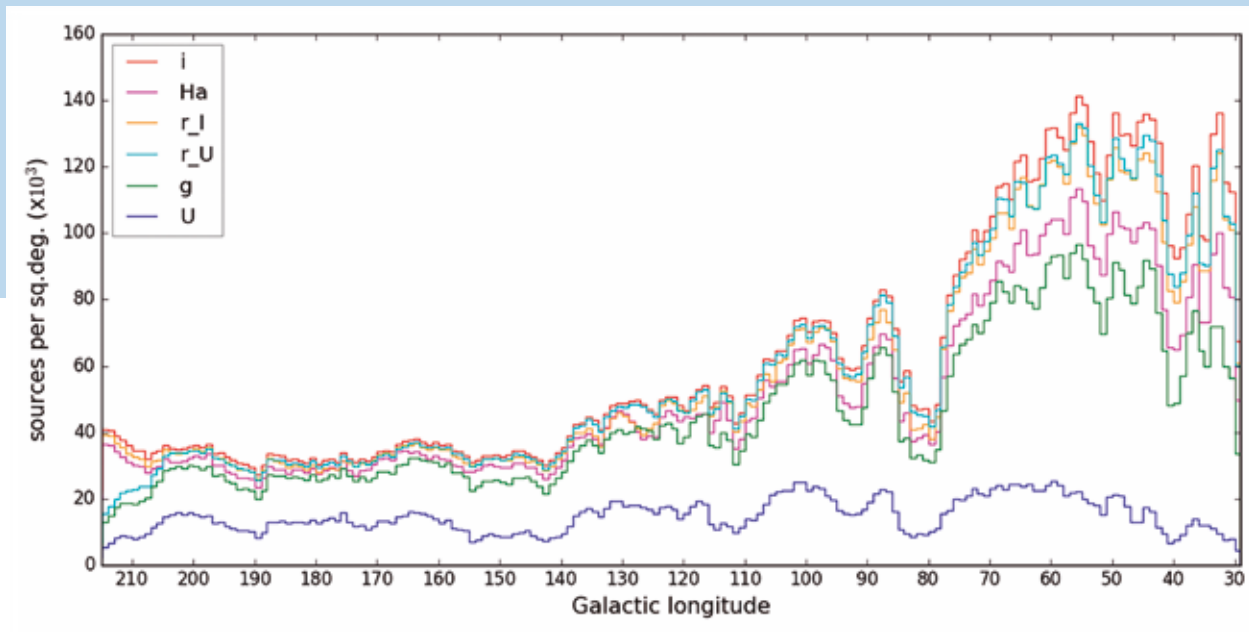
En 2020 se publicaron los Cartografiados del Plano Galáctico del Telescopio Isaac Newton (IGAPS, por sus siglas en inglés), así como sus datos. IGAPS es la culminación de un esfuerzo ingente de observación y procesamiento de datos a lo largo de casi 20 años, y en el que han participado cientos de investigadores de los países colaboradores del ING. Combina dos cartografiados independientes, aunque relacionados: el Cartografiado Fotométrico H α del Plano Galáctico Norte del INT (IPHAS, por sus siglas en inglés) y el Cartografiado de Exceso de UV del Plano Galáctico Norte (UVEX, por sus siglas en inglés), que cubren 1860 grados cuadrados en una longitud galáctica de 15 deg a 215 deg y una latitud de -5 deg a +5 deg. Del cartografiado IPHAS proceden un total de

264 millones de objetos, mientras que otros 245 millones son objetos del cartografiado UVEX. IGAPS proporciona fotometría a 215 millones de objetos de ambos cartografiados.

Cada uno de los cartografiados aporta fotometría en su filtro específico (H α o U), además de varios filtros de banda ancha que permiten la vinculación con otros catálogos. Hasta aproximadamente $i \sim 20$ mag, la mayoría de las estrellas se detectan en las bandas Sloan g, Sloan r y H α . La magnitud límite es

Culminación de 20 años de esfuerzo

Varias fuentes IGAPS con respecto a la longitud galáctica en cada una de las seis pasabandas IGAPS. IGAPS cartografía el plano galáctico septentrional desde 30 grados del centro galáctico hasta 30 grados más allá del anticentro.



ISAAC NEWTON TELESCOPE GALACTIC PLANE SURVEYS DATA RELEASED

The year 2020 saw the publication and data release of The Isaac Newton Telescope Galactic Plane Surveys (IGAPS). IGAPS represents the culmination of a major observing and data processing effort over nearly 20 years involving hundreds of researchers from the ING partner countries. It combines two independent but related surveys, the INT Photometric H α Survey of the Northern Galactic Plane (IPHAS) and the UV Excess survey of the Northern Galactic Plane (UVEX), covering 1860 square degrees at galactic longitude 15 deg to 215 deg, and latitude from -5 deg to +5 deg. A total of 264 million objects come from the IPHAS survey, while 246 million

A number of IGAPS sources against galactic longitude in each of the six IGAPS passbands. IGAPS maps the northern galactic plane from 30 degrees out of the galactic centre to 30 degrees beyond the anticenter.

Culmination of 20-years effort

are objects from the UVEX survey. For 215 million objects, IGAPS provides photometry from both surveys.

Each of the surveys provides photometry in its specific filter (H α , or U) plus several broad-band filters which allow tying to other catalogues. Down to $i \sim 20$ mag, most stars are detected in Sloan g, Sloan r, and H α .

de aproximadamente 21 en la banda Sloan r (5σ de promedio de detección sobre el ruido), con un *seeing* medio de 1,1 arcsec; la fotometría se proporciona en los sistemas Vega y AB.

La astrometría en las cinco bandas se ha recalculado dentro del marco de referencia de la segunda publicación de datos Gaia, con unas diferencias medias con respecto a Gaia de $\sim 0,04$ arcsec en todos los filtros ($\sim 0,07$ arcsec en URGO). La fotometría está vinculada a Pan-STARRS y tiene una precisión

superior a 0,02 magnitudes en el rango de 13 a 19 magnitudes Sloan-r. Con su combinación de fotometría ultravioleta y $H\alpha$, IGAPS promueve la investigación de las regiones de formación estelar de la Vía Láctea, las enanas blancas y las estrellas más masivas de la Vía Láctea a distancias heliocéntricas de hasta 10 kpc. También proporciona un conjunto de datos único a la hora de seleccionar objetivos para programas de espectroscopia tales como los previstos para los cartografiados espectroscópicos WEAVE en el WHT.

Una sección de la nebulosa Roseta (NGC 2237), una región HII de 1,3 grados captada en H α por el cartografiado IGAPS-IPHAS. NGC 2237 se encuentra a 5200 años-luz de la Tierra en dirección hacia la constelación de Monoceros.



The limiting magnitude is approximately 21 in the Sloan r-band (median 5σ detection over the noise), with a median seeing of 1.1 arcsec; photometry is provided in both the Vega and AB systems.

The astrometry in all five bands has been recalculated in the reference frame of Gaia Data Release 2, with median differences with Gaia of ~ 0.04 arcsec for all filters (~ 0.07 arcsec for URGO). The photometry is tied to Pan-STARRS and is accurate to better than 0.02 magnitudes in the range of 13 to 19 Sloan-r

A section of the Rosetta nebula (NGC 2237), a 1.3-degree HII region imaged in H α by the IGAPS-IPHAS survey. NGC 2237 lies at 5200 light-years from Earth toward the constellation of Monoceros.

magnitudes. With its combination of ultraviolet and $H\alpha$ photometry, IGAPS is fostering research on star-forming regions in the Milky Way, white dwarfs and the most massive stars in the Milky Way out to heliocentric distances up to 10 kpc. It also provides a unique dataset for target selection for spectroscopy programmes such as those planned for the WEAVE spectroscopic surveys on the WHT.

FOTOMETRÍA DE ASTEROIDES CON LOS OBSERVATORIOS OPENSOURCE

Desde que se añadió la capacidad de hacer seguimiento de asteroides al PIRATE y al COAST a principios de 2020, se han llevado a cabo observaciones de una muestra de asteroides cercanos a la Tierra (NEAs, por sus siglas en inglés) para determinar sus propiedades rotacionales y físicas. Se ha desarrollado un algoritmo automatizado para la extracción de curvas de luz y la fotometría calibrada de los asteroides que se siguen con estos telescopios.

Los observatorios se han usado para determinar los periodos de rotación de seis asteroides hasta la fecha, y se planea observar muchos más a lo largo del año que viene. Se ha reconstruido la forma del NEA 159402 (1999 AP10) mediante observaciones combinadas del PIRATE y del Observatorio Palmer Divide en Estados Unidos. Ahora ha empezado el trabajo para caracterizar y conocer la variabilidad de la curva de fase de este objeto. Los resultados de este análisis nos darán más información sobre las curvas de fase de otros asteroides de cartografiados

Reconstrucción de la forma de un asteroide cercano a la Tierra

PIRATE tomando imágenes de campo plano



PIRATE taking flatfield images.

ASTEROID PHOTOMETRY WITH THE OPENSOURCE OBSERVATORIES

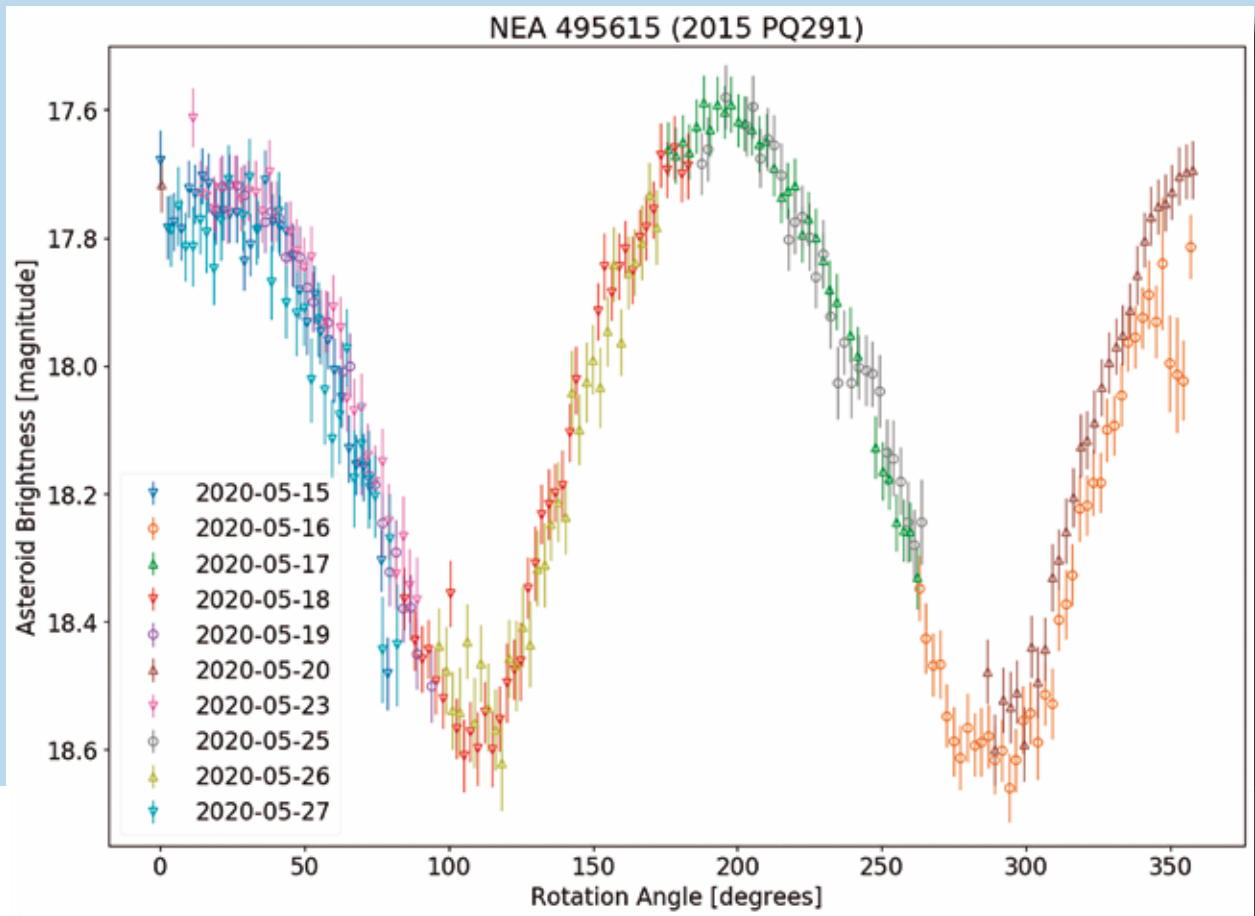
Since the addition of asteroid tracking capabilities to PIRATE and COAST in early 2020, observations have been conducted of a sample of near-Earth asteroids (NEAs) to determine their rotational and physical properties. An automated algorithm has been developed for light curve extraction and calibrated photometry of tracked asteroids with these telescopes.

Shape of near-Earth asteroid reconstructed

The observatories were used to determine the rotation periods of six asteroids to date, with many more asteroids planned to be observed over the next year. The shape of the NEA 159402 (1999 AP10) has been reconstructed using combined observations from PIRATE and Palmer Divide Observatory, USA. Work has now begun to characterise and understand the variability of the phase curve of this object.

pasados y futuros como el Legacy Survey of Space and Time (LSST) del Observatorio Vera Rubin. Las observaciones del NEA 495615 (2015 PQ291) se usarán para verificar la estabilidad de las curvas de fase de asteroides con geometrías de observación casi idénticas.

Curva de luz plegada compuesta de 495615 (2015 PQ291) a partir de observaciones del PIRATE en mayo de 2020



Composite folded lightcurve of 495615 (2015 PQ291) from PIRATE observations in May 2020.

Modelo convexo de la cubierta del asteroide cercano a la Tierra 159402 (1999 AP10) a partir de los datos del PIRATE y del Observatorio Palmer Divide

Convex hull model of near-Earth asteroid 159402 (1999 AP10) from PIRATE and Palmer Divide Observatory data.



The results of this analysis will further inform our understanding of phase curves of other asteroids from both past and future surveys such as the Vera Rubin Observatory's Legacy Survey of Space and Time (LSST). Observations of NEA 495615 (2015 PQ291) will be used to verify the stability of asteroid phase curves over near-identical viewing geometries.

CIENTÍFICOS DE MAGIC CONFIRMAN EL POSTULADO DE EINSTEIN: LA VELOCIDAD DE LA LUZ ES CONSTANTE EN EL VACÍO

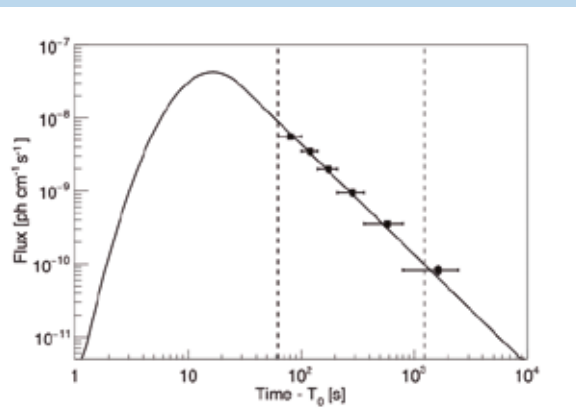
En 2019, después de más de 15 años de intentos fallidos, los telescopios MAGIC detectaron la primera explosión de rayos gamma (GRB, por sus siglas en inglés) a muy altas energías, un resultado clave reconocido internacionalmente, sobre el que se informó aquí el año pasado. Esta fue la radiación gamma más intensa jamás obtenida de un objeto cósmico de este tipo. Pero los datos de GRB tienen más que ofrecer: con más análisis, los científicos de MAGIC en 2020 probaron el postulado de Einstein de que la velocidad de la luz es constante en el vacío y no depende de la energía.

Pero ¿por qué los físicos necesitarían probar esta afirmación? La respuesta se encuentra en algunas extensiones del modelo estándar de física de partículas, primeras pistas muy buscadas hacia una teoría cuántica de la gravedad. Algunas teorías de la gravedad cuántica (QG) consideran que la velocidad de la luz podría depender de la energía. Este fenómeno hipotético se denomina violación de invariancia de Lorentz (LIV). Se cree que sus efectos son demasiado pequeños para medirlos, a menos

que se acumulen durante mucho tiempo. Entonces, ¿cómo lograrlo? Una solución es utilizar señales de fuentes astronómicas de rayos gamma. Las GRB son explosiones cósmicas poderosas y lejanas, que emiten señales muy variables y extremadamente energéticas. Por tanto, son excelentes laboratorios para pruebas experimentales de QG. Se cuenta con que los fotones de mayor energía estén más influenciados por los efectos QG y que haya gran cantidad de ellos. Estos fotones viajan miles de millones de años antes de llegar a la Tierra, lo que aumenta el efecto.

La observación de explosiones de rayos gamma proporcionó datos cruciales

Modelo de la curva de luz intrínseca de GRB 190114C, incluidos los puntos de datos de MAGIC utilizados para el estudio LIV



Model of the intrinsic light curve of GRB 190114C including MAGIC data points used for the LIV study.

Gamma ray burst observations provide crucial data

MAGIC SCIENTISTS CONFIRM EINSTEIN: THE SPEED OF LIGHT IS CONSTANT IN A VACUUM

In January 2019, after more than 15 years of unsuccessful attempts, the MAGIC collaboration detected the first gamma-ray burst (GRB) at very high energies, an internationally recognized key result reported here last year. This was the most intense gamma-radiation ever obtained from such a cosmic object. But the GRB data have more to offer: with further analyses, the MAGIC scientists could in 2020 test Einstein's postulate that the speed of light is constant in a vacuum - and not dependent on energy.

But why would physicists even need to test this assertion? The answer lies in some extensions of the Standard Model of particle physics – highly sought-after first clues towards a quantum theory of gravity. Some quantum gravity (QG) theories consider that the speed of light might be energy-dependent. This hypothetical phenomenon is called Lorentz invariance violation (LIV). Its effects are thought to be too tiny to be measured unless they are accumulated over a very long time. So how to achieve that? One solution is using signals from astronomical

sources of gamma rays. GRBs are powerful and distant cosmic explosions that emit highly variable, extremely energetic signals. They are thus excellent laboratories for experimental tests of QG. The higher-energy photons are expected to be more influenced by the QG effects, and there should be plenty of those; these photons travel billions of years before reaching the Earth, which enhances the effect.

Un análisis cuidadoso de las curvas de luz de MAGIC y los espectros de la GRB 190114C no reveló ningún retraso temporal dependiente de la energía en la llegada de los rayos gamma.

Parece que el postulado de Einstein mantiene su validez. Este fue el primer análisis de este tipo realizado a partir de observaciones de TeV, y abre

el camino hacia búsquedas aún más sensibles, con mayores posibilidades de detección de una violación de la invariancia de Lorentz mediante estudios de GRB cada vez más cortas y distantes, observadas durante la fase de emisión rápida, altamente variable.

MAGIC prosigue ya su caza de GRB con la detección firme de la GRB 201216C el 16 de diciembre de 2020.

El sistema de telescopios MAGIC en el Observatorio del Roque de los Muchachos, La Palma, Islas Canarias, España



The MAGIC telescope system at the Observatorio del Roque de los Muchachos, La Palma, Canary Islands, Spain.

Representación artística de la explosión de rayos gamma del 14 de enero de 2019, captada por el observatorio MAGIC en las Islas Canarias



Artist's concept of the gamma-ray burst on January 14, 2019, caught by the MAGIC observatory in the Canary Islands.

A careful analysis of the MAGIC light curves and spectra from the GRB 190114C did not reveal any energy-dependent time delay in the arrival times of gamma rays. Einstein still seems to hold the line. This was the first such analysis ever performed on TeV-observations, and a pathfinder towards future even more sensitive searches, with higher chances

of detecting a Lorentz invariance violation by studying ever shorter, more distant GRBs, observed during the highly variable prompt emission phase.

MAGIC is already continuing this success story of GRB hunting, with a firm detection of GRB 201216C on the 16th of December 2020.

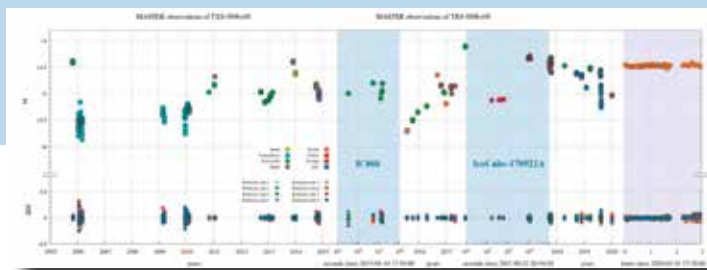
LAS OBSERVACIONES CON MASTER DAN INFORMACIÓN CLAVE SOBRE BLAZARES, CHORROS Y EXPLOSIONES DE RAYOS GAMMA

El principal logro de 2020 es el descubrimiento e interpretación que hizo MASTER del encendido y apagado del blazar TXS 0506+056 justo después de que IceCUBE registrara los neutrinos de alta energía del evento IC-170922A.

MASTER encontró que el blazar TXS 0506+056 estaba en estado apagado un minuto después, pero cambió al estado encendido en menos de dos horas tras del evento. El efecto se observa a un nivel de significancia de 50σ . También se presentó una única curva de luz de 16 años del blazar TXS 0506+056, compuesta por 518 puntos de datos y que incluye un conjunto de datos del MASTER-IAC.

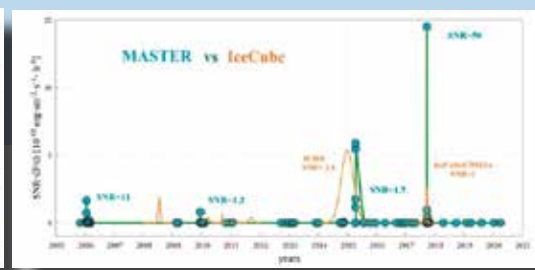


Curva de luz de MASTER del blazar TXS 0506+056 a lo largo de 16 años



MASTER light curve of the TXS 0506+056 blazar spanning 16 years.

El historial de la tasa de variabilidad del blazar óptico TXS 0506 + 056. En azul, la derivación de flujo multiplicada por la relación señal-ruido. Las curvas anaranjadas muestran esquemáticamente el análisis gaussiano de los datos de archivo de IceCUBE (2018a).



The variability rate history of the optical blazar TXS 0506 + 056. In blue, the flux derivation multiplied by the signal-to-noise ratio. The orange curves schematically show the Gaussian analysis of the archive data of IceCUBE (2018a).

BLAZARS, JETS AND GAMMA RAY BURSTS: MASTER OBSERVATIONS KEY TO UNDERSTANDING

The main achievement in 2020 is the discovery and interpretation by MASTER of the switch off and switch on of the blazar TXS 0506+056 just after the IceCUBE high-energy neutrino registration of the event IC-170922A.

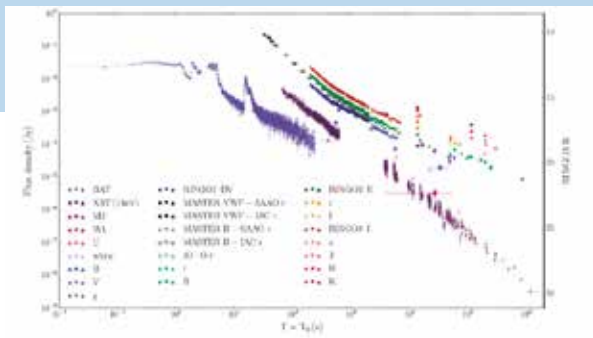
MASTER found the blazar TXS 0506+056 to be in the off-state after one minute, but it then switched to the on-state no later than two hours after the event. The effect is observed at a 50σ significance level. A unique 16-year light curve of the blazar TXS 0506+056, consisting of 518 data points and including a MASTER-IAC data set was also presented.

MASTER-IAC and MASTER-SAAO have detected lowly polarized light from a highly magnetized jet of GRB 190114C. From prompt and early-time MASTER-IAC and MASTER-SAAO polarimetry observations of the GRB190114C, combined with observations with the 2m Liverpool Telescope at La Palma led to the discovery that the observed polarization degree decreases from $7.7 \% \pm 1.1 \%$ to $2 \% - 4 \%$ during the 52-109 s post-burst phase. The polarization then remains steady at this level for the subsequent ~ 2000 s at a constant position angle.

MASTER-IAC y MASTER-SAAO han detectado luz de baja polarización de un chorro muy magnetizado de la GRB 190114C. A partir de observaciones polarimétricas rápidas y tempranas de la GRB19014C con MASTER-IAC y MASTER-SAAO, combinadas con observaciones del Telescopio Liverpool de 2 m en La Palma, se descubrió que el grado de polarización observado baja de $7.7 \% \pm 1.1 \%$ a $2 \% - 4 \%$ durante la fase de 52 - 109 s posterior a la explosión. La polarización permanece constante después a este nivel en los siguientes ~ 2000 s en un ángulo de posición constante.

MASTER es líder en observaciones ópticas tempranas de explosiones de rayos gamma

Las curvas de luz de longitud de onda múltiple de la GRB 190114C con Swift BAT, Swift XRT, los telescopios principales de 40 cm MASTER-IAC y MASTER-SAAO, las cámaras de campo muy ancho y el Telescopio Liverpool



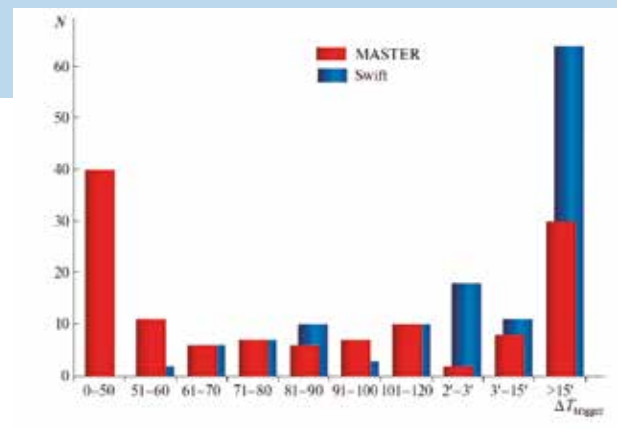
The GRB 190114C multiwavelength light curves with Swift BAT, Swift XRT, the MASTER-IAC and MASTER-SAAO main 40 cm telescopes and the very wide field cameras and the Liverpool Telescope.

MASTER is the leader in early optical observations of gamma ray bursts

The MASTER-IAC telescope was also involved in a series of early optical observations of 130 gamma-ray bursts which were compared with their gamma- and X-ray characteristics. Among these 130 gamma-ray bursts, the MASTER was pointed at 51 gamma-ray bursts within the first 60 seconds after the trigger with the Swift, Fermi, INTEGRAL, MAXI, Lomonosov, and Konus-Wind space observatories, making MASTER the leader in terms of the first

El telescopio MASTER-IAC también participó en una serie de observaciones ópticas tempranas de 130 explosiones de rayos gamma que se compararon con sus características de rayos gamma y rayos X. De esas 130 explosiones de rayos gamma, el MASTER apuntó hacia 51 de ellas dentro de los primeros 60 segundos tras recibir su señal de activación de los observatorios espaciales Swift, Fermi, INTEGRAL, MAXI, Lomonosov y Konus-Wind, situando así al MASTER a la cabeza en términos de ser el primero en apuntar. La automatización completa de la observación y el software propio de procesamiento de imagen en tiempo real del MASTER permitieron obtener datos únicos sobre la emisión óptica temprana que acompañó a 44 explosiones de rayos gamma. También se obtuvieron las curvas de luz de 13 de ellas, y se pudieron comparar los datos en el rango óptico (MASTER), el de rayos X (Swift-XRT) y el de rayos X duros (Swift-BAT). MASTER es líder en observaciones ópticas tempranas de GRB (véase figura).

Histograma de la velocidad de apuntado ($\Delta T_{trigger}$) de los telescopios MASTER (barras rojas) y Swift-UVOT (azul) hacia 130 explosiones de rayos gamma. MASTER es líder en observaciones ópticas tempranas de GRB.



Histogram of the pointing velocity ($\Delta T_{trigger}$) of the MASTER telescopes (red bars) and Swift-UVOT (blue) of 130 gamma-ray bursts. MASTER is the leader of early optical observations of GRBs.

pointing. Full observation automation and MASTER's own real-time image processing software allowed obtaining unique data on the early optical emission that accompanied 44 gamma-ray bursts. Light curves were obtained for 13 gamma-ray bursts among them, and data could be compared in the optical (MASTER), X-ray (Swift-XRT), and hard X-ray (Swift-BAT) ranges. MASTER is the leader of early optical observations of GRB (see figure).

TELESCOPIO MERCATOR: CONTRIBUCIONES FUNDAMENTALES A NUESTRO CONOCIMIENTO DE LAS ESTRELLAS BINARIAS

Dada su naturaleza de telescopio pequeño, pero moderno, equipado con instrumentos de vanguardia, Mercator se usa sobre todo para astrofísica estelar. Uno de los temas centrales y generales de la investigación de Mercator es el impacto de la binariedad en la evolución estelar. La transferencia de masa en estrellas binarias tiene como resultado una plétora de objetos peculiares: desde las espectaculares novas termonucleares, supernovas de tipo Ia, supernovas subluminosas o fuentes de ondas gravitatorias a sistemas menos energéticos como estrellas subenanas B, estrellas de bario, variables cataclísmicas o nebulosas planetarias bipolares. Por tanto, es esencial estudiar en profundidad los procesos de interacción binaria poco conocidos para delimitar la evolución estelar y la evolución química del Universo. Ese es uno de los principales temas de investigación de Mercator. Además, en la actualidad ha quedado bien establecido que la ratio de binarias aumenta con la masa estelar y, en el caso de las estrellas masivas, la evolución binaria supera a la de estrellas individuales. 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 o la creación de un catálogo de peculiaridades químicas.

Los datos de Mercator descartan la existencia de un agujero negro masivo en un importante sistema binario

Los observatorios de ondas gravitatorias abrieron una nueva vía para una verdadera astrofísica multimensajero, y uno de los aspectos clave de la astrofísica basada en el electromagnetismo es revelar la ruta evolutiva que conduce a las fusiones de agujeros negros. Gracias a un seguimiento ágil y detallado con Mercator, se pudo refutar la afirmación de haber detectado un agujero negro estelar muy masivo como parte de un sistema binario con una estrella Be. Por tanto, ya no hay en los datos nada que demuestre la existencia de un agujero negro

MERCATOR TELESCOPE: FUNDAMENTAL CONTRIBUTIONS TO OUR UNDERSTANDING OF BINARY STARS

Given its nature as a modern but small telescope equipped with state-of-the-art instruments, Mercator is mainly used for stellar astrophysics. One of the central overarching themes in the Mercator research is the impact of binarity on the evolution of stars. A plethora of peculiar objects ranging from the spectacular thermonuclear novae, supernovae type Ia, sub-luminous supernovae, gravitational wave sources, etc. to less energetic systems such as sub-dwarf B stars, barium stars, cataclysmic variables, bipolar planetary nebulae, result from mass transfer in binary stars. Therefore, an in-depth study of poorly understood binary interaction processes is essential to constrain stellar evolution as well as the chemical evolution of the Universe. This is one of the main research themes on Mercator. Moreover, it is now well established that binary rates increase with stellar mass and, for massive stars, binary evolution dominates over single star evolution. 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, or the building of a range of chemical peculiarities.

Mercator data rule out massive black hole in important binary

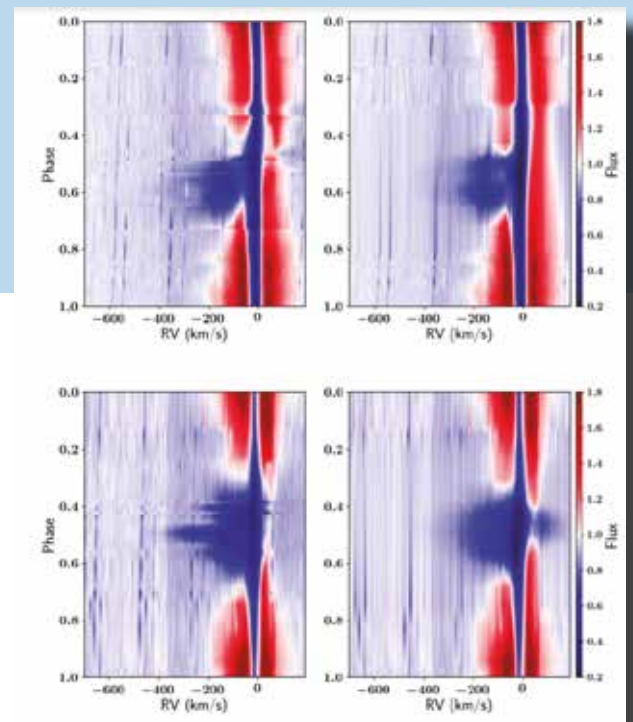
The gravitational wave observatories opened a new route for truly multi-messenger astrophysics, and one of the key aspects of electro-magnetic based astrophysics is to disclose the evolutionary route towards black-hole mergers. Despite claims to the contrary and thanks to a swift and detailed follow-up with Mercator, the claim of the detection of a very massive stellar black hole as a component in a binary with a Be star could be disproven. Consequently, no evidence for a massive BH remains in the data, therefore solving the existing tension with formation models of such a massive BH at Solar metallicity and with theories of massive star evolution in general. The solution of the binary LB-1 was published in Nature.

masivo, lo que resuelve la tensión existente con los modelos de formación de este tipo de agujero negro con metalicidad solar y con la generalidad de las teorías evolutivas de estrellas masivas. La solución del sistema binario LB-1 se publicó en Nature.

Al llegar a final de su ciclo vital, algunas estrellas binarias forman discos keplerianos de gas y polvo que cuentan con propiedades similares a los discos protoplanetarios que se forman alrededor de las estrellas jóvenes. Estas versiones a mayor escala de discos protoplanetarios son el resultado de un proceso de interacción espontáneo que se produce durante la evolución final del componente evolucionado del sistema binario. El destino de esas estrellas depende de la evolución y dispersión de sus discos circumbinarios, ya que se cree que estos interactúan de forma dinámica. Por tanto, esos discos estables deben desempeñar un rol principal en la evolución final de un gran número de estrellas binarias. No obstante, su estructura, dispersión y evolución siguen siendo imprecisas. Cuando Mercator sigue estos sistemas, los espectros de fase orbital revelan que se generan flujos salientes muy rápidos con origen en la compañera, y no alrededor de la primaria. Esto queda ilustrado en la imagen, en la que se comparan los datos, en forma de espectro dinámico, con un modelo en el que se lanza un flujo

rápido con un amplio ángulo de apertura desde la compañera y su disco de acreción. Lo alimenta un disco circumbinario de gas y polvo. Gracias a estas series temporales espectrales de una calidad y longitud sin precedentes, los datos de Mercator mostraron que los procesos de interacción de los discos de sistemas binarios son clave para conocer la evolución de una parte considerable de las binarias evolucionadas.

Espectros dinámicos tal y como se observa con el telescopio Mercator (izquierda), en los que los espectros Ha se pliegan sobre el período orbital y cada línea es un espectro observado con el espectrógrafo HERMES del telescopio Mercator. El panel superior es BD+46,442 y el inferior es IRAS 19135+3937. A la derecha se muestran los espectros modelados. Se obtuvo una coincidencia muy buena entre las observaciones y el modelo.



Dynamic spectra as observed by the Mercator telescope (left), where the H α spectra are folded on the orbital period and every line is a spectrum observed with the HERMES spectrograph of the Mercator telescope. The top panel is BD+46.442 and the bottom panel is IRAS 19135+3937. On the right-hand side, the model spectra are displayed. A very good match is obtained between the observations and the model.

At the end of their life some binary stars form Keplerian disks of gas and dust with similar properties as the planet-forming disks around young stars. These scaled-up versions of protoplanetary disks form as the result of an unconstrained interaction process that takes place during the final evolution of the evolved component of the binary. The fate of these stars depends on the evolution and dispersal of their circumbinary disks, as these are believed to interact dynamically. These stable discs must therefore play a lead role in the final evolution of a large population of binary stars, yet their structure, dispersal and evolution remain elusive. When these systems are followed by Mercator, the orbital phased spectra reveal that very fast outflows are generated that have their origin at the companion, rather than around the primary. This is illustrated in the figure, in which the data in the form of dynamic spectra are compared to a model in which a fast outflow with a broad opening angle is launched from the companion and its accretion disk. This disk is fed by a circumbinary disk of gas and dust. Thanks to these spectral timeseries of unprecedented quality and length, Mercator data showed that disk binary interaction processes are key to the understanding of the evolution of a significant fraction of evolved binaries.

PRIMERA DETECCIÓN DE UN CRUCE CÁUSTICO DOBLE EN UN CUÁSAR CON MICROLENTE

Una campaña de 14 años de monitorización del cuásar bajo el efecto de lente gravitatoria conocido como la «Cruz de Einstein» detectó por primera vez un cruce cáustico doble en un cuásar con microlente. Los datos se obtuvieron con el Telescopio Liverpool y el telescopio de 1,5 m en el Observatorio Maidanak en Uzbekistán. La Cruz de Einstein es una imagen cuádruple de un único cuásar con lente gravitatoria descubierto hace 35 años. Se encuentra a 8000 millones de años-luz, justo detrás de una galaxia espiral en la línea de visión ubicada, según estimaciones, a 400 millones de años-luz de distancia.

Dado que los haces que forman las cuatro imágenes pasan a través de regiones diferentes del bulbo de la galaxia antepuesta, hay una gran probabilidad de detectar efectos estelares gravitatorios (microlentes), que dependen en gran medida del tamaño de la fuente. Debido a los movimientos del cuásar, de la galaxia-lente (y sus estrellas) y del observador, los efectos de microlente son un fenómeno variable en el tiempo. La monitorización de la variabilidad de longitud de onda múltiple inducida por el efecto de microlente de la Cruz de Einstein puede, por tanto, usarse para estudiar la estructura del disco de acreción del cuásar.

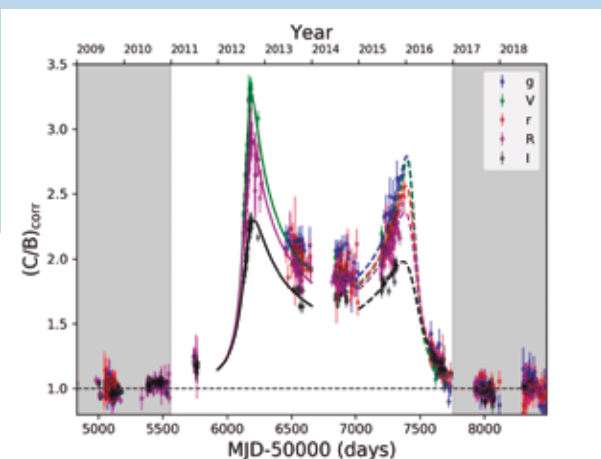
FIRST DETECTION OF A DOUBLE CAUSTIC CROSSING IN A MICROLENSED QUASAR

A 14-year monitoring campaign of the gravitationally-lensed quasar known as the "Einstein Cross" detected for the first time a double caustic crossing in a microlensed quasar. The data were obtained with the Liverpool Telescope and the 1.5 m telescope at the Maidanak Observatory in Uzbekistan. The Einstein Cross is a quadruply-imaged gravitationally-lensed image of a single quasar that was discovered 35 years ago. It lies 8 billion light-years away, directly behind a foreground spiral galaxy thought to be 400 million light-years away.

Since the beams which form the four images pass through different regions of the central bulge of the foreground galaxy, there is a high probability of detecting stellar gravitational (microlensing) effects, which strongly depend on source size. Due to the motions of the quasar, lens galaxy (and its stars) and the observer, microlensing is a time-variable phenomenon. Monitoring of the multi-wavelength microlensing-induced variability of the Einstein Cross can therefore be used to probe the structure of the quasar's accretion disc.

Las regiones unidimensionales del espacio en las que las estrellas antepuestas magnifican enormemente la luz del cuásar reciben el nombre de curvas cáusticas. Los estudios anteriores de cuásares con efecto microlente solo habían observado cruces de una sola región, en los que las imágenes del cuásar o entraban en una región cáustica o salían de ella. La campaña aquí descrita observó la primera transversal completa de una región cáustica, con la entrada y la salida marcadas por dos cruces cáusticos. Los dos telescopios obtuvieron más de 4000 fotogramas a lo largo de este estudio, cuyo punto de partida coincide casi con el del inicio de las operaciones en el Telescopio Liverpool. Los datos de longitud de onda múltiple confirman que las fuentes continuas de UV cruzan mapas de magnificación complejos, tal y como predicen las simulaciones numéricas, y sugieren que dichas fuentes pertenecen a un modelo de disco de gas estándar.

Evento de cruce cáustico doble en los datos del Telescopio Liverpool y el Observatorio Maidanak. Los picos marcan los cruces del pliegue.



Double caustic-crossing event in Liverpool Telescope and Maidanak observatory data. The peaks mark the caustic fold crossings.

The one-dimensional regions of space in which the quasar's light is highly magnified by the foreground stars are called caustic curves. Previous studies of microlensed quasars have only observed single-fold crossings, where the quasar images either enter or leave a caustic region. The campaign described here observed the first complete traversal of a caustic region, with entry and exit marked by two caustic fold crossings. Over 4,000 frames were obtained by the two telescopes over the course of this study, with a baseline almost as long as the operational life of the Liverpool Telescope. The multi-wavelength data confirm that UV continuum sources cross complex magnification maps as predicted by numerical simulations, and suggest that such sources belong to a standard gas disc model.

HELIOSISMOLOGÍA USANDO OBSERVATORIO DEL TEIDE

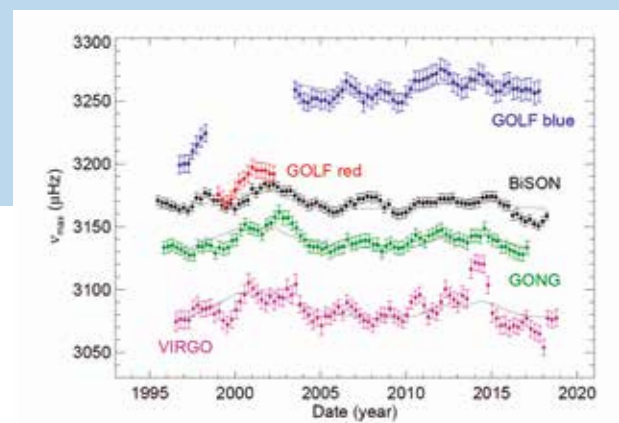
La frecuencia ν_{\max} , a la cual se localiza el máximo de la potencia de los modos propios de oscilación de las estrellas de tipo solar, es un parámetro importante en el contexto de la astrosismología. La medida de este parámetro se ha llevado a cabo utilizando la serie continua de 25 años de observación de la velocidad radial del Sol-como-estrella obtenida con la instrumentación de la red BiSON (Birmingham Oscillations Network), cuyo nodo de referencia es el espectrofotómetro Mark-I y de GONG (Global Oscillations Network Group), ambos operativos en el Observatorio del Teide. Asimismo, se han utilizado datos contemporáneos obtenidos con los instrumentos de heliosismología instalados en el observatorio espacial SoHO (el espectrofotómetro GOLF y los fotómetros de VIRGO). El análisis de los diversos espectros de potencia de estas series

temporales ha permitido obtener los valores de ν_{\max} y estudiar su evolución temporal y su dependencia con el grado de actividad magnética en el Sol. Se encontró, por vez primera, una variación temporal de este parámetro y una correlación significativa y consistente, aunque débil, con el grado de actividad magnética en el Sol. La variación encontrada es de $\approx 25 \mu\text{Hz}$ entre fases de alta y baja actividad magnética, y ello se traduce en una incertidumbre de 0,8 % en radio y 2,4 % en masa, basado en el uso directo de las relaciones de escala calibradas respecto al Sol. Asimismo, se encuentran distintos valores medios de ν_{\max} en función de las series utilizadas, si bien exhiben un comportamiento parecido a lo largo del ciclo de actividad. Todo demuestra que es necesaria la precaución al usar el parámetro ν_{\max} en el contexto de la astrosismología.

Variación del parámetro ν_{\max} obtenida para cada una de las series de datos (puntos con su barra de error en distinto color) para diversos datos heliosismológicos obtenidos a lo largo de los últimos 25 años. La línea continua muestra el mejor ajuste de este parámetro con el grado de actividad solar utilizando la media del radio flujo (RF) a un modelo lineal $\nu_{\max}(t) = c_0 + c_1 \text{RF}'(t)$.

Best-fitting ν_{\max} from each data set as a function of time (coloured dots with associated error bars). The results are for BiSON (black dots), GONG (green dots), VIRGO (violet dots), GOLF blue wing (blue points), and GOLF red wing (red dots). The solid curves show the scaled 10.7 cm radio flux (RF) from fits to the linear model $\nu_{\max}(t) = c_0 + c_1 \text{RF}'(t)$.

25 años de observaciones de la velocidad Doppler del Sol desde el Teide



25 Years of Doppler velocity observations of the Sun from Teide

HELIOSEISMOLOGY USING THE OBSERVATORIO DEL TEIDE

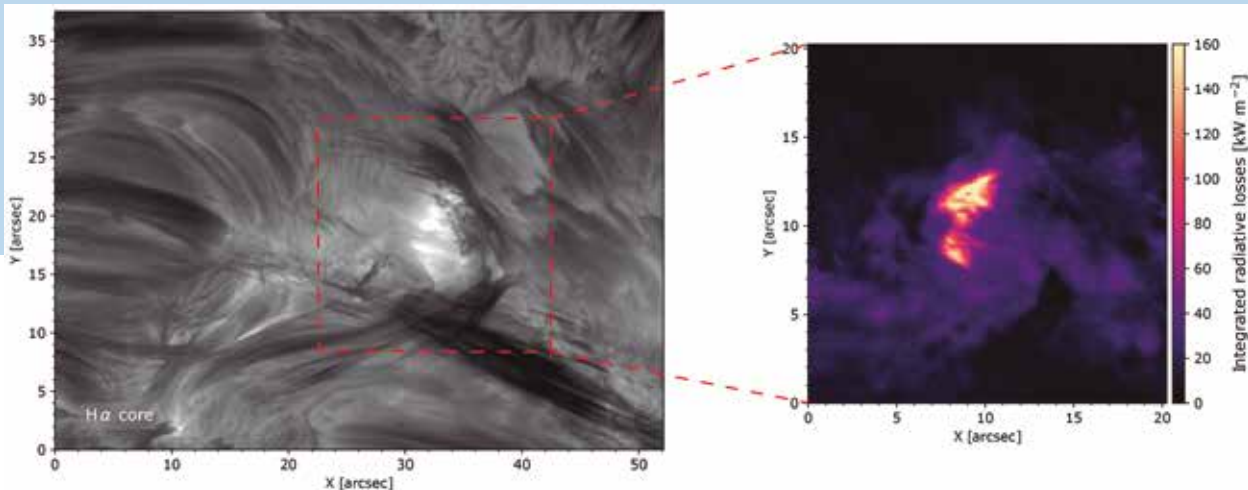
An important quantity in asteroseismology is the frequency ν_{\max} at which the envelope of pulsation power peaks for Solar-like oscillators. The frequency ν_{\max} for the Sun was measured using 25 years of Sun-as-a-star Doppler velocity observations with the instrumentation of the Birmingham Solar Oscillations Network (BiSON), of which the Mark-I spectrophotometer is the reference node, and of the GONG (Global Oscillations Network Group), both operating at the Teide Observatory. This was done by fitting a simple model to binned power spectra of the data. In addition, modern helioseismology data were used from the Global Oscillations at

Low Frequency (GOLF) spectrophotometer and the VIRGO/SPM photometer, both on the ESA/NASA SOHO spacecraft. A weak but nevertheless significant positive correlation of the Solar ν_{\max} with Solar activity was found. The uncovered shift between low and high activity, of $\approx 25 \mu\text{Hz}$, translates into an uncertainty of 0.8 % in radius and 2.4 % in mass, based on a direct use of asteroseismic scaling relations calibrated to the Sun. The mean ν_{\max} in the different data sets is also clearly offset in frequency. These results flag the need for caution when using ν_{\max} in asteroseismology.

ENFRIAMIENTO RADIATIVO EN LA CROMOSFERA SOLAR

La emisión en líneas espectrales que se forman en la cromosfera solar indica que la cromosfera está más caliente de lo esperado si el enfriamiento y el calentamiento por radiación estuvieran en equilibrio. Esto indica que otros procesos deben suministrar energía a la cromosfera para mantener su temperatura. Las estimaciones de finales de los años setenta y principios de los ochenta, basadas en modelos promediados temporal y espacialmente, indican que este aporte de energía es de unos 4 kW/m² en las regiones con un campo magnético débil, y de 20 kW/m² en las regiones con un campo magnético intenso. Se han revisado estas estimaciones

Telescopio Solar Sueco estudia la disipación de energía en la atmósfera solar



Swedish Solar Telescope studies energy dissipation in the solar atmosphere

RADIATIVE COOLING IN THE SOLAR CHROMOSPHERE

Emission in spectral lines that form in the Solar chromosphere indicates that the chromosphere is warmer than expected if cooling and heating by radiation are in balance. This indicates that some other processes must supply energy to the chromosphere in order to sustain its temperature. Canonical estimates from the late seventies and early eighties based on time- and space-averaged models indicate that this energy input is around 4 kW/m² for regions with a weak magnetic field, and 20 kW/m² in regions with a strong magnetic field. These estimates

utilizando observaciones espectropolarimétricas en múltiples líneas espectrales con el Telescopio Solar Sueco de 1 m de diámetro para calcular dicha energía en escalas de aproximadamente 100 km y con una resolución temporal de 30 segundos. Se encontró que el aporte de energía, localmente, puede ser hasta ocho veces mayor que los valores anteriores y se demostró una estructura espacial hasta el límite de resolución del telescopio. Este hallazgo pone nuevas restricciones a los modelos que pretenden explicar la disipación de energía en la atmósfera solar.

El panel de la izquierda muestra una imagen de la cromosfera solar tomada en el centro de la línea H α tomada con el Telescopio Solar Sueco. La región brillante dentro del recuadro rojo es una zona donde un campo magnético intenso asciende a través de la cromosfera. El panel de la derecha muestra las pérdidas radiativas cromosféricas basadas en un modelo 3D de la atmósfera solar derivado de las observaciones.

The left-hand panel shows an image of the Solar chromosphere taken in the core of the H α line taken with the Swedish 1 m Solar Telescope. The bright region inside the red box is a location where a strong magnetic field is rising through the chromosphere. The right-hand panel shows the chromospheric radiative losses based on a 3D model of the solar atmosphere that was derived from the observations.

were recently revisited using multi-line imaging spectropolarimetry with the Swedish 1-m Solar Telescope to derive the energy input on spatial scales of around 100 km and a time resolution of 30 seconds. It was found that the energy input can locally be as much as eight times higher than the old values, and spatial structure was demonstrated down to the resolution limit of the telescope. This finding puts new strong constraints on models that aim to explain energy dissipation in the solar atmosphere.

IMAGEN PROFUNDA DE GALAXIA OBTENIDA CON EL NUEVO CORRECTOR DEL FOCO PRINCIPAL DEL WHT

NGC 3486 es una galaxia espiral de tipo Sc similar a M33 ($V_{rot}=125,5$ km/s). Se encuentra muy aislada y está ubicada en una región del cielo de baja extinción galáctica ($A_V < 0,06$ mag). Se usó tiempo de puesta a punto con la cámara PF-QHY en el WHT para confirmar el borde nítido visible en imágenes de archivo SDSS. Se tomaron exposiciones de 1 hora respectivamente en las bandas Astronomik B (pseudo-Sloan g), Astronomik R (pseudo-Sloan r) y Sloan i. Estos datos, de mayor profundidad, confirman el borde nítido de este objeto de forma impresionante: el borde de la galaxia permanece en la misma ubicación con la observación más profunda (véase figura). La profundidad de los datos de puesta a punto es de aproximadamente 29 mag/arcsec^2 (3 sigma, $10 \times 10 \text{ arcsec}$).



NGC 3486 is a M33-like galaxy ($V_{rot}=125.5$ km/s) of spiral type Sc. The galaxy is very isolated and in a region of the sky with low Galactic extinction ($A_V < 0.06$ mag). Commissioning time with the PF-QHY Camera at the WHT was used to confirm the sharp edge visible in archival SDSS imaging. Exposures were taken of 1 h in each of the Astronomik B (pseudo-Sloan g), Astronomik R (pseudo-Sloan r) and Sloan i bands. This deeper data confirms the sharp edge of this object in an impressive manner: the border of the galaxy remains at the same location with the deeper observation (see figure). The depth of the commissioning data is around 29 mag/arcsec^2 (3 sigma, $10 \times 10 \text{ arcsec}$).

DEEP IMAGING OF GALAXY OBTAINED WITH NEW PRIME FOCUS CORRECTOR OF THE WHT

HARPS-N REVELA LA COMPOSICIÓN INTERNA DE PLANETAS SIMILARES A LA TIERRA

Los sistemas multiplanetarios ofrecen una oportunidad única para la exoplanetología comparada al haberse originado sus planetas a partir del mismo disco y evolucionado en el mismo entorno. Eso convierte en objetivos atractivos a la hora de poner a prueba las teorías sobre la formación planetaria y los escenarios de evolución. Las mediciones de masa son necesarias para complementar la información sobre el radio derivada de las observaciones de tránsitos e inferir la composición del interior. Por un lado, el Satélite de Sondeo de Exoplanetas en Tránsito (TESS, por sus siglas en inglés) y la astronave Kepler descubrieron nuevos planetas midiendo las pequeñas bajadas de luminosidad que causaban al transitar frente al disco estelar. Por el otro, espectrógrafos como HARPS-N proporcionan velocidades radiales precisas que muestran los efectos Doppler inducidos por los planetas en la estrella progenitora.

Los últimos adelantos en la combinación de esas dos técnicas se muestran en el diagrama radio-masa de planetas de menos de $2,8 R_{\oplus}$. A partir de este gráfico, conceptualmente sencillo, podemos deducir la composición de los interiores planetarios comparando las densidades observadas con las

predichas en diferentes modelos (figura). Es digno de atención que haya tantos planetas con tamaños similares al de la Tierra y que, sin embargo, tienen estructuras totalmente diferentes. En concreto, el origen de la llamada brecha de radio a $R \sim 1,70 R_{\oplus}$ (sombreada en azul claro) se debe probablemente a la transición entre planetas rocosos y no rocosos con envolturas extendidas de H-He.

Muchos de los planetas que conforman esta gráfica se caracterizaron con HARPS-N. Se destacan dos sistemas, anunciados en 2020: HD 80653b es

Espectros de HARPS-N, vitales para el seguimiento de TESS y Kepler

un planeta de periodo ultracorto (17 horas) del que creemos que está compuesto por roca y hierro sin atmósfera densa. También creemos que la estrella alberga un planeta gigante a una distancia mucho mayor. El sistema tetraplanetario que orbita a TOI-561 está compuesto por otro planeta de periodo ultracorto (TOI-561b; solo 11 horas) y tres minineptunos (TOI-561c, d, e) con periodos orbitales de más de 10 días.

HARPS-N seguirá contribuyendo al descubrimiento de estos planetas fascinantes garantizando el seguimiento de TESS y, en el futuro, de PLATO.

HARPS-N UNVEILS THE INTERNAL COMPOSITION OF EARTH-LIKE PLANETS

Multi-planet systems offer a unique opportunity for comparative exoplanetology, having originated from the same disk, and evolved in the same environment. This makes them appealing targets to test theoretical planetary formation and evolution scenarios. Mass measurements are required to complement the radius information derived from the observations of transits and to infer the inner composition. On the one hand, the Transiting Exoplanet Survey Satellite (TESS) and the Kepler spacecraft discovered new planets by measuring the shallow dips in luminosity that they caused by transiting across the stellar disk. On the other, spectrographs like HARPS-N provide the precise radial velocities showing the Doppler effects induced by the planets on the parent star.

The state-of-art of the combination of these two techniques is depicted in the radius-mass diagram for planets smaller than $2.8 R_{\oplus}$. From this conceptually simple plot we can infer the composition of the planetary interiors by comparing the observed densities with those predicted by different models (figure 1). It is noteworthy how many planets having

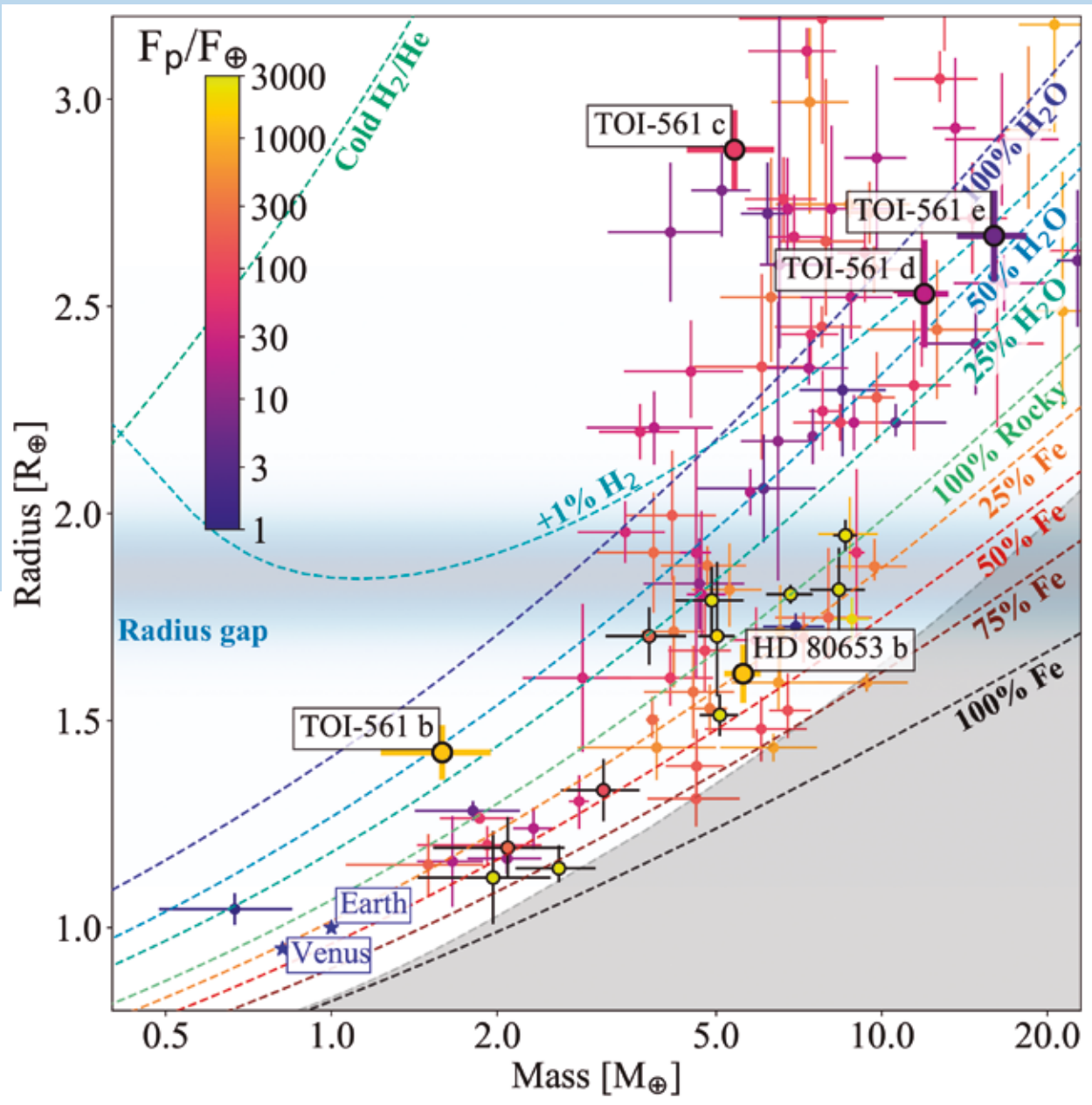
similar sizes to our Earth actually have such completely different structures. In particular, the origin of the so-called radius valley at $R \sim 1.70 R_{\oplus}$ (light-blue shaded) is likely due to a transition between rocky and non-rocky planets with extended H-He envelopes.

HARPS-N spectra vital for TESS and Kepler follow-up

Many of the planets populating the plot have been characterized by using HARPS-N. Two systems, announced in 2020, are highlighted: HD 80653b is an ultrashort-period planet (17 hours) that we think is composed of rock and iron with no thick atmosphere. We also believe that the star hosts a giant planet at a much greater distance. The four-planets system orbiting TOI-561 is composed of another ultrashort-period planet (TOI-561b; 11 hours only), and three mini-Neptunes (TOI-561c, d, e) with orbital periods longer than 10 days.

HARPS-N will continue to contribute to the discovery of these fascinating worlds, ensuring the follow-up of TESS and, in the future, PLATO.

Diagrama de masa-radio de exoplanetas conocidos con mediciones de masa y radio de una precisión superior al 30 %, codificados por color en función de su flujo incidental en unidades terrestres. Los sistemas planetarios TOI-561 y HD 80653 están etiquetados. La menor densidad de TOI-561b entre los planetas de periodo ultracorto se destaca en el gráfico con bordes negros.

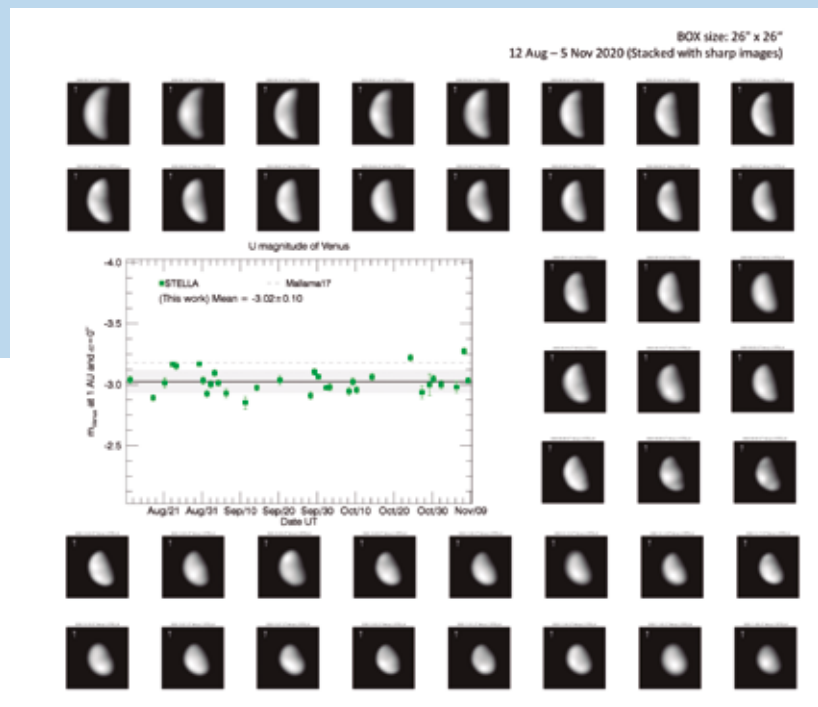


Mass-radius diagram for known exoplanets with mass and radius measurements more precise than 30 %, colour-coded according to their incidental flux in Earth units. The planet systems TOI-561 and HD 80653 are labelled. Note the lowest density of TOI-561b among the ultrashort-period planets, highlighted in the plot with thick black contours.

LA MAGNITUD DE VENUS EN LA BANDA U

STELLA participó en el apoyo terrestre a la maniobra de sobrevuelo de Venus que realizó la astronave BepiColombo de la ESA en agosto/septiembre de 2020. Su objetivo científico era medir el brillo de la cara diurna de Venus. Se usó STELLA WiFSIP con su filtro de banda U. Se midieron varias estrellas brillantes cercanas a Venus en cada uno de los fotogramas CCD mediante el método de apertura. Esto arrojó un coeficiente de calibración que se aplicó después al flujo de Venus integrado. La figura muestra un panóptico de fotogramas CCD del disco diurno de Venus. El tiempo de integración fue de 25 ms por fotograma. Todas las observaciones se llevaron a cabo durante el crepúsculo. La magnitud de la banda U normalizada y corregida entre agosto y octubre de 2020 fue de $-3,02 \pm 0,10$ mag.

Imágenes CCD en la banda U de Venus tomadas con STELLA-I y WiFSIP de agosto a octubre de 2020. El gráfico insertado muestra el brillo U extraído, normalizado a 1 AU y corregido para los diferentes ángulos de fase. La línea gruesa es la media. La línea discontinua es el brillo de Mallama et al. (2017).



THE U-BAND MAGNITUDE OF VENUS

STELLA participated in the ground-based support of the Venus flyby maneuver by ESA's BepiColombo spacecraft in August/September 2020. The scientific goal was to measure the brightness of the dayside of Venus. STELLA WiFSIP was employed with its U-band filter. Several bright comparison stars in the vicinity of Venus were measured on the individual CCD frames by means of the aperture method. This yielded a calibration coefficient that was then applied to the integrated Venus flux. The figure shows a panoptic of CCD frames with the daytime disk of Venus. Integration time was 25 msec per frame. All observations took place during twilight. The normalized and corrected U-band magnitude in Aug-Oct. 2020 was -3.02 ± 0.10 mag.

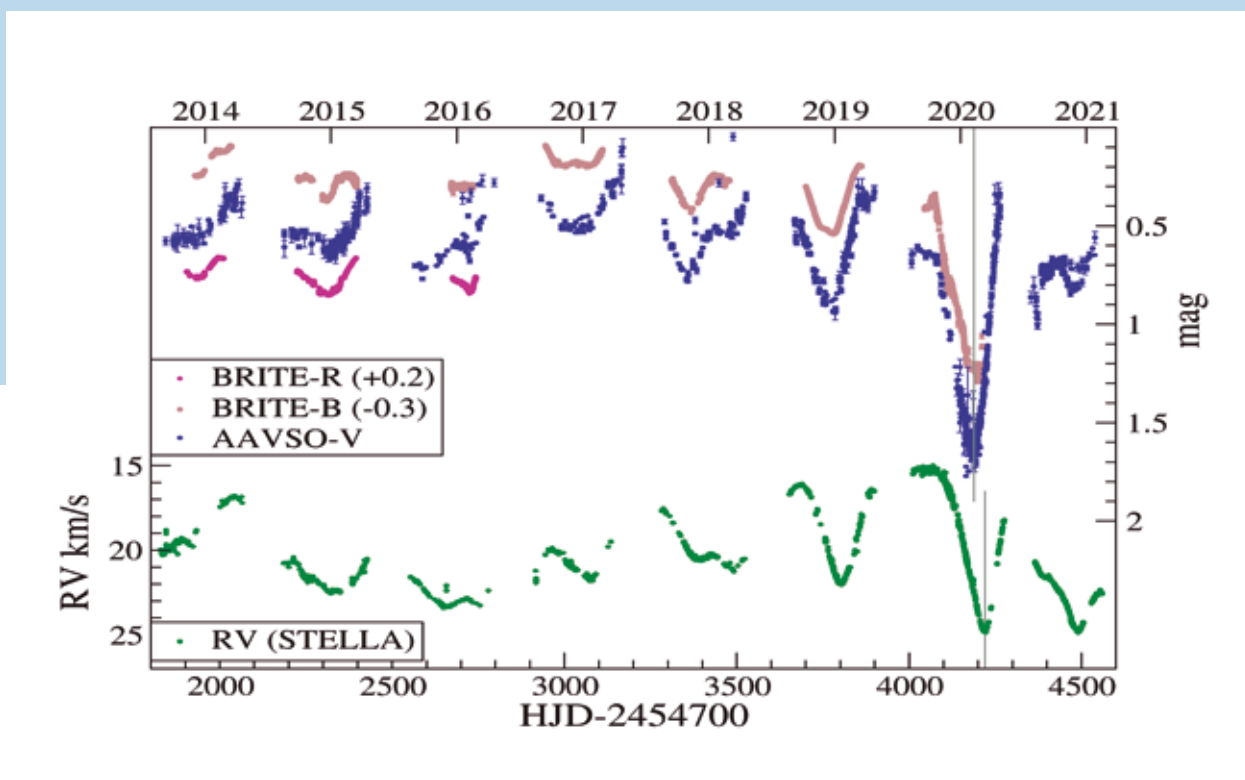
U-band CCD images of Venus observed with STELLA-I and WiFSIP from August through October 2020. The insert graph plots the extracted U brightness normalized to 1 AU and corrected for the different phase angles. The thick line is the average. The dashed line is the brightness from Mallama et al. (2017).

VELOCIDADES RADIALES DEL GRAN OSCURECIMIENTO DE BETELGEUSE

La supergigante brillante Betelgeuse (Alfa Orionis) experimentó un oscurecimiento visible extraordinario durante diciembre de 2019 y el primer trimestre de 2020, alcanzando un mínimo histórico. Las variaciones en los perfiles de la línea k del Mg II ultravioleta sugieren que el material se movió hacia fuera en respuesta al paso de un pulso o choque acústico a finales de 2019. Parece que este inusual flujo saliente de material se vio incrementado al coincidir con los movimientos expansivos en esta fase de su ciclo de pulsación, de unos 400 días. Este evento de eyección de masa se enfrió y formó la nube de polvo en el hemisferio sur captada en diciembre de 2019 y produjo el excepcional oscurecimiento óptico de Betelgeuse en febrero de 2020.

STELLA y SES llevan ya varios años monitorizando el objeto y también siguieron el gran oscurecimiento con una serie temporal de espectros de alta resolución. Sus velocidades radiales (RV) se muestran en la figura adjunta, en la curva inferior.

Magnitudes visuales (arriba, eje derecho) y la velocidad radial fotosférica (RV, abajo, eje izquierdo) de STELLA. En enero de 2019, la fotosfera empezó a acelerarse hacia el exterior a partir de un valor cercano a su velocidad media, alcanzando a finales de 2019 una velocidad de salida máxima de -7 km/s en relación con la media ≈ 30 días después del oscurecimiento. Después de eso, la velocidad fotosférica se invirtió y el flujo hacia el interior continuó hasta mediados de marzo de 2020. Para abril de 2020, la fotosfera estaba moviéndose de nuevo hacia fuera.



RADIAL VELOCITIES OF THE GREAT DIMMING OF BETELGEUSE

The bright supergiant Betelgeuse (Alpha Orionis) experienced an extraordinary visible dimming during 2019 December and the first quarter of 2020, reaching a historic minimum. Variations in the ultraviolet Mg II k-line profiles suggest material moved outwards in response to the passage of a pulse or acoustic shock in late 2019. It appears that this extraordinary outflow of material was enhanced by the coincidence with the outward motions in this phase of the approximately 400-day pulsation cycle. This mass ejection event had cooled and formed the dust cloud in the southern hemisphere imaged in 2019 December and led to the exceptional optical dimming of Betelgeuse in 2020 February.

Visual magnitudes (top; right axis) and the photospheric radial velocity (RV, bottom; left axis) from STELLA. Beginning in 2019 January, the photosphere began accelerating outwards from a value near its average velocity, reaching in late 2019 a maximum outflow velocity of -7 km/s relative to the average ≈ 30 days after the dimming. Thereafter, the photospheric velocity had reversed and inflow continued until 2020 mid-March. By 2020 April, the photosphere was moving outward again.

STELLA with SES had been monitoring the target for many years now and also followed the great dimming with time series of high-resolution spectra. Its radial velocities (RV) are shown in the accompanying figure in the bottom curve.







OBSERVATORIO

DEL ROQUE DE LOS MUCHACHOS (ORM) - 2020

Location: Island of La Palma (Canary Islands/Spain) - **Area:** 189 hectares

Altitude: 2.396 m - **Longitude:** 17°52'34" West - **Latitude:** 28°45'34" North

| Ø cm | INSTRUMENT | OWNER &/or OPERATOR | Operational |
|------------------------------------|-------------------------------------|--|-------------|
| 20 | Automatic Seeing Monitor (DIMMA) | IAC (ES), UN (FR) | 2004 |
| 30 | Automatic Seeing Monitor (RoboDIMM) | STFC/ING (UK) | 2007 |
| Optical & IR Telescopes | | | |
| 40 x 4 | GOTO | Un. Warwick (UK) # | 2017 |
| 45 | DOT | DOT Foundation (NL) | 1997 |
| 97 | Swedish Solar 1m Telescope | Un. Stockholm (SE) | 2002 |
| 100 | Warwick 1m | Un. Warwick (UK) | 2014 |
| 100 | JKT | IAC/SARA | 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) ## | 1989 |
| 358 | TNG | INAF (IT) | 1998 |
| 420 | WHT | IAC/ING (ES) | 1987 |
| 1,050 | GTC | GRANTECAN (ES), Un. Florida (US) INAOE & UNAM, MX) | 2008 |
| Cherenkov Telescopes | | | |
| | 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 |
| Cameras | | | |
| | 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; **DKU 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).

Ownership of the **NOT** passed from **NOTSA** (DK, FI, IS, NO & SE) to the Universities of Turku, Finland and Aarhus, Denmark, during 2020

* **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:** BG: INRNE, Sofia. BR: CBFP, Rio de Janeiro. CH: DPNC and DAC, Université de Genève. CZ: Institute of Physics of the Czech Academy of Sciences, Prague. DE: MPI fuer Physik, Munich; Uni. Hamburg; Uni. Wuerzburg; Uni. Dortmund. ES: CIEMAT, UCM-GAE, UCM-ELEC, Madrid; IAC, La Laguna; IFAE-BIST, ICCUB, ICE-CSIC, PIC, Barcelona; UJA, Jaen; IAA, Granada. FR: CPPM, Marseilles; CNRS/LAPP, Annecy. HR: UNIRI, Rijeka; FESB, Split. IN: SINP, Kolkata. IT: INFN, INAF, Uni. Padova, Uni. Siena; JP: ICRR and Uni.Tokyo. PL: Uni. Lodz.

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.



OBSERVATORIO DEL TEIDE (OT) - 2020

Location: Island of Tenerife (Canary Islands/Spain) - **Area:** 50 hectares

Altitude: 2.390 m - **Longitude:** 16°30'35" West - **Latitude:** 28°18'00" North

| Ø cm | INSTRUMENT | OWNER &/or OPERATOR | Operational |
|-------------|--------------------------------------|---------------------------------------|-------------|
| 20 | Automatic Seeing Monitor (DIMMA) | IAC (ES) | 2010 |
| | Microwave telescopes | | |
| 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 |
| | Optical & IR telescopes | | |
| 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 |
| | Solar Laboratory Instruments: | | |
| | Integral Spectrophotometer: MARK-I | UB (UK) & IAC (ES) | 1977 |
| | GONG | NSO (US) | 1996 |
| | High Resolution Photometer EAST | IAC (ES) | 2006 |
| | Cameras: | | |
| | 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 Lüh
Auréli Marchaudon
J Miguel Mas Hesse
Seppo Mattila
Ernesto Pereda de Pablo
Rafael Bachiller
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
Johan H. Knapen

CCI Scientific Adviser
CCI Scientific Secretary

CCI Sub-Committees Members in 2020**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
 Thomas Augusteijn - NOT
Observers: Daniel Mazin - LST
 Peter Suetterlin - SST

OT Common Services Committee

Chair: **Bernard Gelly - THEMIS**
Secretary: Miquel Serra - OT Site Manager
 Álex Oscoz - IAC
 Ulrich Kolb – PIRATE & COAST
 Reiner Volkmer – KIS
 Michael Weber - STELLA
 Artem Burdanoc - OT-CSC
 Giovanni Pareschi - ASTRI
Observer: Clemens Heese - ESA/OGS
Site Properties Sub-Committee (SUCOSIP)

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 - Former TNG
 Igor Zayer - ESA

Chair: **Casiana Muñoz-Tuñón - IAC**
Secretary: Johan H. Knapen - IAC
 Chris Benn - ING
 Chris Copperwheat - LT
 Romano Corradi - GTC
 Markus Gaug - CTA
 Bernard Gelly - THEMIS
 Oskar v d Lüh - 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
 Giovanni Pareschi - ASTRI

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

Adrian Biland (MAGIC & FACT) +41 44 633 2020 biland@phys.ethz.ch
Alex Oscoz (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 Gelly (THEMIS) +34 922 605 771 +34 922 314 280 BGelly@themis.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
Jesús Falcón Barroso (IAC) corinv@iac.es
Johan Knapen (IAC) johan.knapen@iac.es
Jorge Piris (ESA) jorge.piris@esa.int
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
Julia G. Lecuona (IAC) julia.lecuona@iac.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
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
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
Vladimir Lipunov (MASTER) lipunov2007@gmail.com



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