



CCI

INFORME ANUAL

2014

ANNUAL REPORT

**OBSERVATORIOS DE CANARIAS**  
INTERNATIONAL SCIENTIFIC COMMITTEE



*Portada: Mosaico del centro de la vía láctea realizado por Daniel Lopez desde el Observatorio del Teide. Formado por 15 teselas y 5 exposiciones de 600 segundos cada una con un objetivo de 85mm.*

*Cover: This mosaic of the center of our Galaxy, the Milky Way, was obtained by Daniel Lopez from images made up of 15 teslas and 5 expositions with an 85mm telescopic lens at the Teide Observatory.*

## INDICE      INDEX

OBSERVATORIOS DE CANARIAS	6	IAC OBSERVATORIES
PREFACIO E INTRODUCCIÓN	8	PREFACE & INTRODUCTION
COMUNICACIONES ÓPTICAS	10	OPTICAL COMMUNICATIONS
LOGROS CIENTÍFICOS	17	SCIENTIFIC HIGHLIGHTS
NUEVOS TELESCOPIOS Y MEJORAS	42	NEW TELESCOPES & IMPROVEMENTS
MIEMBROS Y ASOCIADOS DEL CCI	54	CCI MEMBERS & ASSOCIATES

Contact address:  
**Mr Campbell Warden**  
**CCI Secretary**  
INSTITUTO DE ASTROFÍSICA DE CANARIAS  
E38200 - LA LAGUNA  
Tenerife, Canary Islands

Phone: 34 922 605 220 & 34 628 182023  
cci@iac.es  
**www.iac.es/cci**

Edición: Campbell Warden  
Traducciones: Julia Lecuona & Nigel Moore  
Diseño y maquetación: Gotzon Cañada

Depósito legal: TF-852/98

# ***OBSERVATORIOS DE CANARIAS***

**COMITÉ  
CIENTÍFICO  
INTERNACIONAL**

**INFORME ANUAL  
ANNUAL REPORT**

**CCI 2014**

**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)*

## COMITÉ CIENTÍFICO INTERNACIONAL

España internacionalizó en 1979 los Observatorios del IAC por medio de los Acuerdos de Cooperación en Astrofísica. Hoy están presentes en el European Northern Observatory (ENO) más de sesenta instituciones científicas pertenecientes a diecinueve países que han instalado sus telescopios e instrumentos en el Obs. del Teide (Tenerife) y en el Obs. del Roque de los Muchachos (La Palma).

Estos Acuerdos Internacionales se estructuran en tres niveles: el “primer nivel” corresponde a los gobiernos; el “segundo nivel” a los consejos nacionales de investigación, que constituyen los organismos firmantes, y finalmente las instituciones usuarias (IUs) universidades y centros de investigación que firman acuerdos del “tercer nivel” con el IAC. Los Acuerdos “conceden a los Organismos Firmantes una participación efectiva en la adopción de las decisiones” a través del Comité Científico Internacional (CCI) cuyos acuerdos tienen que ser unánimes. El CCI puede crear subcomités para ser asesorado en cuestiones específicas.

Cada instalación telescópica es propiedad de una institución o consorcio, que puede ser consecuencia de una colaboración entre dos o más países. Los Acuerdos establecen un programa muy especial para promover la colaboración astronómica entre todos los astrónomos de todos los países: “El Programa del 5% de Tiempo Internacional (ITP)”, cuyo tiempo de observación es asignado por el CCI.

## INTERNATIONAL SCIENTIFIC COMMITTEE

In 1979 Spain internationalised the observatories of the IAC through the Agreements on Cooperation in Astrophysics. More than sixty scientific institutions of nineteen countries have now installed their telescopes and other astronomical instrumentation at the European Northern Observatory (ENO) which includes the Teide (Tenerife) and Roque de los Muchachos (La Palma) Observatories.

These Agreements are structured in three levels: the “first level” corresponds to the governments; the “second level” to the national research councils; which become the “Signatory Bodies” and finally the “User Institutions” (UIs); universities and scientific organisations signing the “third level” with the IAC. The Agreements give “the Signatory Bodies an effective voice in the decision making” through the International Scientific Committee (CCI), whose agreements require unanimity. The CCI can set up sub-committees to advise it on specific issues.

Each telescope installation is the property of an institute, university or consortium, which can be national or international. The Agreements promote astronomical collaboration between all astronomers by establishing “The CCI 5% International Time (ITP) Programme”, which is allocated by the CCI.

Country		Signatory Body
	<b>Belgium:</b>	<b>Fonds voor Wetenschappelijk Onderzoek -Vlaanderen</b>
	<b>Germany:</b>	<b>Deutsche Forschungsgemeinschaft</b>
	<b>Finland:</b>	<b>Suomen Akatemia</b>
	<b>France:</b>	<b>Centre National de la Recherche Scientifique</b>
	<b>Italy:</b>	<b>Istituto Nazionale di Astrofisica</b>
	<b>Spain:</b>	<b>Consejo Superior de Investigaciones Científicas</b>
	<b>UK:</b>	<b>Science and Technology Facilities Council</b>

**USER INSTITUTION**

Leibniz-Institut für Astrophysik Potsdam (Germany)  
 Centre National de la Recherche Scientifique (France)  
 Deutsche Forschungsgemeinschaft (Germany)  
 GRANTECAN, S.A. (Spain)  
 Istituto Nazionale di Astrofisica (Italy)  
 Katholieke Universiteit Leuven (Belgium)  
 Liverpool John Moores University (UK)  
 MAGIC Consortium (Germany & Spain)  
 Warwick University (UK)  
 School of Physics and Space Research, Univ. of Birmingham (UK)  
 Science and Technology Facilities Council (UK)  
 University of Bradford (UK)

**TELESCOPE INSTALLATION**

STELLA  
 THEMIS  
 VTT, GT  
 GTC  
 TNG  
 MERCATOR  
 LT  
 MAGIC + FACT  
 SuperWASP + Warwick 1m  
 MARK-1  
 ING  
 BRT

**DIFFERENT USER INSTITUTION**

Instituto de Astrofísica de Canarias (Spain)

AMOS, CILBO, DOT, EAST, EARTHSHINE, GONG,  
 IAC80, JKT, LCOGT, MAGEC, MASTER, MONS, NOT,  
 OGS, OTA, QES, QUIJOTE, SONG, SST, TCS & XO

**Members of the CCI in 2015**

President	Colin Vincent	Science and Technology Facilities Council (STFC)
Vice-President	Rafael Rebolo	Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC)
	Rafael Bachiller	Comisión Nacional de Astronomía (CNA)
	Philippe Louarn	Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS)
	J Miguel Mas Hesse	Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)
	Oskar von der Lühe	Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)
	Francisco Almeida	Universidad de La Laguna (ULL)
	Giovanni F Bignami	Istituto Nazionale di Astrofisica (INAF)
	Tuija Pulkkinen	Academy of Finland
	Christoffel Waelkens	Flemish Research Foundation (FWO)
Appointees	Elena Terlevich	CCI Scientific Adviser
	Campbell Warden	CCI Secretary

**CCI Sub-Committees****ORM Common Services Committee****Marc Balcells (Chair) - ING**

Juan C. Pérez Arençibia (Secretary) ORM SITE MANAGER

Pedro Álvarez - GTC  
 Oscar Blanch - MAGIC  
 Emilio Molinari - TNG  
 Alex Oscoz - IAC  
 Saskia Prins - Mercator Telescope  
 Dirk Raback Liverpool Telescope

**Teide Common Services Committee****Michael Sigwarth (Chair) KIS**

Miquel Serra (Secretary) - OT SITE MANAGER

Bernard Gelly - THEMIS  
 Alex Oscoz - IAC  
 John Baruch - BRT  
 Michael Weber - STELLA

**Observer**

Zoran Sodnik – ESA/OGS

**Site Properties Sub-Committee (SUCOSIP)****Casiana Muñoz-Tuñón - IAC (Chair)**

Campbell Warden (Secretary) - IAC

Pedro Alvarez - GTC  
 Chris Benn - ING  
 Bernard Gelly - THEMIS  
 Oskar v d Lühe - KIS  
 Razmik Mirzoyan - MAGIC  
 Saskia Prins - MERCATOR  
 Robert Smith - LT  
 Jean Vernin – University of Nice  
 Valentina Zitelli - TNG

# TEIDE OBSERVATORY (OT)

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

Ø cm	INSTRUMENT	OWNER	Year
	Automatic Seeing Monitor (DIMMA)	IAC (ES)	2010
	EARTHSHINE	New Jersey Institute of Technology (USA)	2009
30	Bradford Robotic Telescope	Un. Bradford (UK)	2005
40 x 2	Optical Telescope Array	Telescope Society (USA)	2004 & 2015
50	MONS Telescope (optical)	Un. Mons (BE)	1972
60	Vacuum Tower (VTT)	Kiepenheuer-Institut fuer Sonnenphysik (DE)	1989
80	IAC-80	IAC (ES)	1993
90	THEMIS	CNRS (FR)	1996
100	SONG	Un Aarhus & Un Copenhagen (DK) IAC (ES)	2014
100	Optical Ground Station (OGS)	ESA (international)	1996
40 x 2	Las Cumbres Observatory Global Telescope Network–Teide Node	LCOGTN (USA)	2015
120 x 2	STELLA (Robotic Telescopes)	L-IAP (DE)	2005 & 2008
150	GREGOR (GT)	KIS, USG & AIP (DE)	2012
155	Carlos Sánchez (CST)	IAC (ES)	1972
	QUIJOTE I + II (Radio Telescopes)	IAC (ES) UC & UM (UK)	2012 + 2014
	<b>Solar Laboratory Instruments:</b>		
	Integral Spectrophotometer: MARK-I	UB (UK) & IAC (ES)	1977
	GONG Fourier Tachometer	NSO (USA)	1996
	High Resolution Photometer EAST	NTHU (T - ROC)	2006
	SHABAR	IAC (ES)	2010
	<b>Cameras:</b>		
	- CILBO#	ESA (International)	2011
	- XO	Space Telescope Science Institute (USA)	2012
	- AMOS Cameras	Comenius University in Bratislava (SK)	2014

L-IAP Leibniz-Institut für Potsdam; CNRS Centre National de la Recherche Scientifique; ESA European Space Agency; IAC Instituto de Astrofísica de Canarias; KIS Kiepenheuer Institut für Sonnenphysik; MU Mons University; NSO National Solar Observatory; NTHU National Tsing Hua University; UB University of Birmingham; UC University of Cambridge; UM University of Manchester; USG Universitäts Sternwarte Göttingen.

**Countries:** BE Belgium; DK Denmark; ES Spain; FR France; DE Germany; SK Slovakia; T Taiwan ROC; UK United Kingdom; USA United States of America

# ROQUE DE LOS MUCHACHOS OBSERVATORY (ORM)

<b>Location:</b> Island of La Palma (Canary Islands/Spain)	
<b>Altitude:</b> 2.396 m.	<b>Area:</b> 189 hectares
<b>Longitude:</b> 17°52'34" West	<b>Latitude:</b> 28°45'34" North

Ø cm	INSTRUMENT	OWNER &/or OPERATOR	YEAR
	<b>SuperWASP</b>	Un. Warwick	2004
20	<b>Automatic Seeing Monitor (DIMMA)</b>	IAC (ES), UN (FR)	2007
30	<b>Automatic Seeing Monitor (DIMMA)</b>	ING/STFC (UK)	1994
45	<b>Dutch Open Telescope (solar)</b>	DOT Foundation (NL)	1997
60	<b>Optical Telescope</b>	KVA (SE)	1982
97	<b>Swedish Solar Telescope</b>	KVA (SE)	2002
100	<b>Warwick 1m Telescope</b>	Un. Warwick (UK)	2014
120	<b>Mercator Telescope (optical)</b>	KUL (BE) IS (BE)	2002
200	<b>Liverpool Telescope (robotic)</b>	LJMU (UK)	2003
250	<b>Isaac Newton Telescope (optical)</b>	STFC (UK)	1984
256	<b>Nordic Optical Telescope</b>	NOT Scientific Association (DK, FI, IL, NO & SE)	1989
350	<b>Telescopio Nazionale Galileo (optical)</b>	INAF (IT)	1998
420	<b>William Herschel Telescope (optical)</b>	STFC (UK)	1987
1,050	<b>Gran Telescopio Canarias (optical - IR)</b>	GRANTECAN (ES), Un. Florida (USA) INAOE & UNAM, MX)	2008
1,700	<b>FACT (mirror area 9.5 sqm)</b>	FACT Collaboration	2011
1,700	<b>Cherenkov MAGIC I</b>	MAGIC Consortium**	2005
1,700	<b>Cherenkov MAGIC II</b>	MAGIC Consortium**	2008
2,300	<b>CTA-LST 1</b>	CTA-LST Collaboration - Un. Tokyo (JP)	2011
	<b>SHABAR</b>	IAC (ES)	2010
	<b>Cameras:</b>		
	<b>CILBO*</b>	ESA (International)	2011
	<b>AMOS</b>	Comenius University in Bratislava (SK)	2014

**IAC** Instituto de Astrofísica de Canarias; **INAF** Istituto Nazionale di Astrofisica; **INAOE** Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica; **IS** Institut Sterrenkunde; **KVA** Kungliga Vetenskapsakademien; **KUL** Katholieke Universiteit Leuven; **LJMU** Liverpool John Moores University; **NWO** Nederlands Wetenschappelijk Onderzoek; **STFC** Science and Technology Facilities Council; **UN** University of Nice; **UNAM** Universidad Nacional Autónoma de México; **UU** University of Utrecht.

# **CILBO** Canary Islands Long-Baseline Observatory

\*\* **MAGIC Consortium:** Instituto de Astrofísica de Canarias (ES); Inst. Física d'Altes Energies - Un. Autònoma Barcelona (ES); Institut für Hochenergiephysik, ETH Zürich (CH); Inst. Max-Planck Munich (DE); Institute for Nuclear Research and Nuclear Energy (BG); Institut für Physik, Humboldt Un zu Berlin (DE) Institut für wissenschaftliches Rechnen, Forschungszentrum Karlsruhe (DE); INFN Pisa (IT); Inst. Nuclear Research (RU); Obs. de Crimea (UC); Obs. Tuorla (FI); Un. de Barcelona (ES); Univ. California (USA); Un. Complutense de Madrid (ES); Un. Dortmund (DE); Un. Göttingen (DE); Un. de La Laguna (ES) Un. of Lodz (PL); Univ. GH-Siegen (DE); Un. Siena (IT); Un. Padua (IT); Un. di Udine (IT); Un. Würzburg (DE); Inst. Física Yerevan (AR); Un. Potchefstroom (PB).

**FACT Collaboration:** ETH Zürich (CH), TU Dortmund (DE), ISDC (CH), EPFL (CH), Universität Würzburg (DE).

**Countries:** BE Belgium; DK Denmark; ES Spain; FI Finland; FR France; DE Germany; IL Iceland; IT Italy; JP Japan; ME Mexico; NL Netherlands; NO Norway; SE Sweden; SK Slovakia; UK United Kingdom; USA United States of America

## PREFACIO POR EL PRESIDENTE

La colaboración entre España, como el anfitrión y operador de varios telescopios, y la gran cantidad de instituciones son participantes directos en el Observatorio de Canarias, así como entre ellos, se resume en el excelente espíritu dentro del CCI. El éxito de las Islas Canarias como un lugar importante para el mundo de instalaciones científicas de primera fila se ha demostrado de nuevo este año por el buen número de nuevos desarrollos propuestos por los socios. Estos han cubierto muchas longitudes de onda y áreas de la astronomía y física solar e incluyen nuevas colaboraciones, no necesariamente desde dentro

de las relaciones establecidas. También ha habido una demanda muy fuerte de tiempo y acceso a las instalaciones existentes - testimonio de su excelencia. Los telescopios canarios siguen siendo estando entre los más productivos y versátiles a nivel mundial y todas las indicaciones son que ello continuará a crecer a lo largo de los próximos años. Este informe refleja el ambiente de colaboración muy fuerte dentro del CCI y entre los socios e ilustra el futuro brillante y emocionante para todos los interesados. Estoy seguro que el CCI seguirá jugando un papel vital para garantizar nuestro éxito conjunto.

**Dr Colin Vincent**



## PREFACE BY THE PRESIDENT

The collaboration between Spain, as the hosts and operators of several telescopes, and the large body of institutions that are direct participants in the Observatorio de Canarias, as well as among them, are epitomised by the excellent spirit within the CCI. The success of the Canary Islands as a major world location for front-rank science facilities has been demonstrated again this year by the good number of new developments proposed by the partners. These have covered many wavelengths and areas of astronomy and solar physics research and include new collaborations, not necessarily from

within the current formal partnerships. There has also been very strong demand for time and access to the existing facilities – testimony to their excellence. The Canary Island telescopes continue to be amongst the most productive and versatile globally and this is set to grow in the coming years. This report reflects the very strong and collaborative environment within the CCI and amongst the partners and illustrates the bright and exciting future for all those concerned. I am sure the CCI will continue to play a vital role in ensuring our joint success.

**Dr Colin Vincent**



## INTRODUCCION DEL VICEPRESIDENTE

Con la inauguración del nuevo telescopio “Hertzsprung SONG” el Observatorio del Teide esta de “enhorabuena” al tratarse del primer telescopio de esta ambiciosa nueva red global para el estudio del interior de las estrellas y de los sistemas planetarios que las rodean. El 25 de octubre se reunieron en el Observatorio más de cien personas de distintas nacionalidades para el acto oficial durante el cual el Prof Niels Christian Nielsen, decano de Ciencia y Tecnología de la Universidad de Aarhus, descubrió la placa conmemorativa.

Este telescopio ha sido financiado por la Universidad de Aarhus (que lidera el proyecto), la Fundación Carlsberg, la Fundación VILLUM FONDEN, el Consejo Danés para la Investigación Independiente/ Natural Sciences (FNU), el Consejo Europeo de Investigación, la Universidad de Copenhague y el Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC). En la red de telescopios SONG también participa el

Observatorio Astronómico Nacional de China. Por tanto es un excelente ejemplo de la colaboración entre entidades financiadoras e instituciones científicas para desarrollar nuevos campos de la investigación astrofísica y un ejemplo más de la genuina colaboración internacional que ha caracterizado siempre al IAC y sus Observatorios. Con este telescopio se abre así una nueva ventana a la exploración del Universo y en la página 43 de este informe se presenta su descripción y capacidad astronómica.

Durante el año el Observatorio del Teide también recibió el segundo telescopio de microondas QUIJOTE (ver Página 50) y el Observatorio del Roque de los Muchachos el telescopio de 1m de la Universidad de Warwick (ver Página 51). Enhorabuena a todos estos equipos a los que deseamos que alcancen grandes éxitos científicos.

**Profesor Rafael Rebolo**



## INTRODUCTION BY THE VICE PRESIDENT

The Teide Observatory has “celebrated” the arrival of the newly inaugurated “Hertz-sprung Telescope” of the SONG Network, which is the first in an ambitious new global network for the study of the interiors of stars and the planetary systems that surround them. The over 100 guests from many countries that attended the official inauguration on October 25th, witnessed Prof Niels Christian Nielsen, Dean of Science and Technology at the University of Aarhus, uncover the commemorative plaque for the inauguration of the telescope.

This telescope was financed by the University of Aarhus, which leads the project, the Carlsberg Foundation, the VILLUM FONDEN foundation, the Danish Council for Independent Research/Natural Science (FNU), the European Research Council, the University of Copenhagen, and the IAC. Among the partners of the SONG Network is the

National Astronomical Observatory of the Chinese Academy of Sciences. The excellent collaboration between funding agencies and science institutes in the development of astronomical research is a further example of the genuine international collaboration which has always characterized the IAC and the development of its observatories. SONG opens a new window on the study of the stars and the articles on page 43 of this report provide a detailed description of it and its astronomical potential.

During the year the Teide Observatory also received the second microwave telescope QUIJOTE (see page 50) and the University of Warwick installed its 1 m telescope at the Roque de los Muchachos Observatory (see page 51). Congratulations to all these teams and we wish them the greatest scientific success.

**Professor Rafael Rebolo**

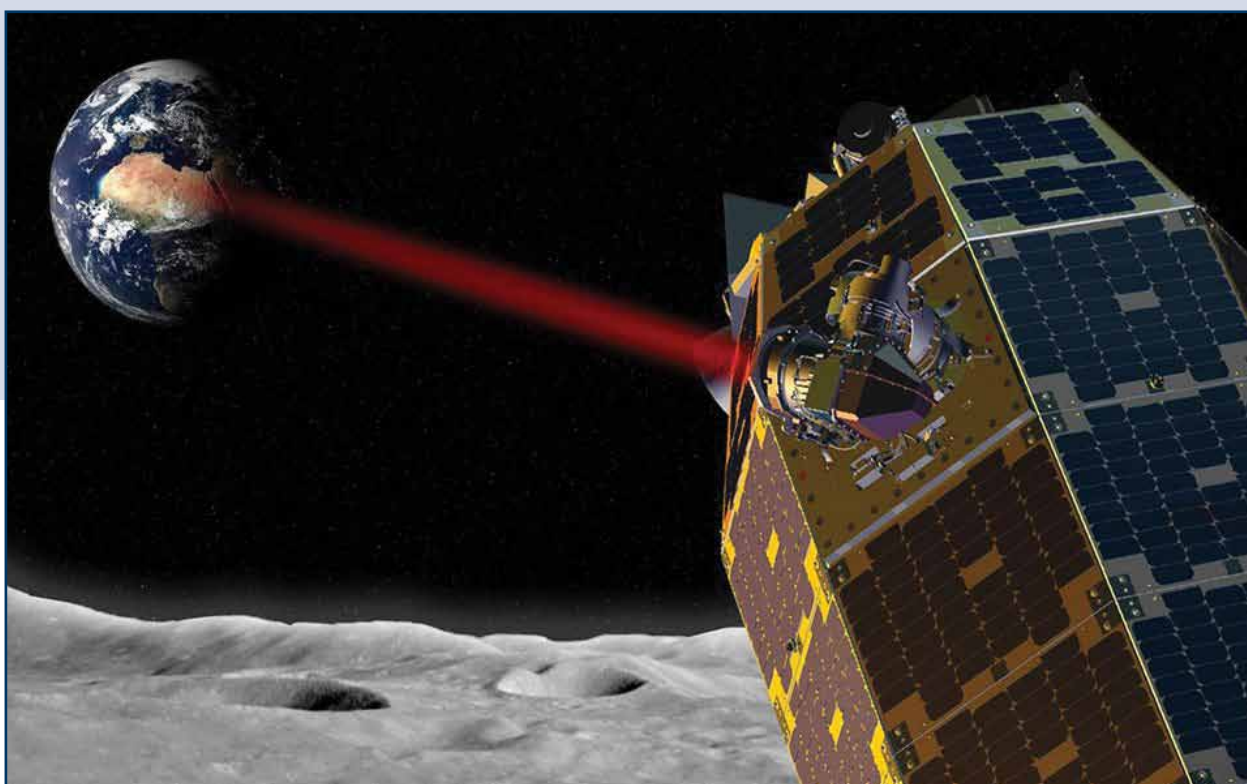
## DEMOSTRACIÓN DE COMUNICACIÓN POR LASER CON LADEE

OGS

Se llevó a cabo una demostración de comunicación láser con la luna (LLCD, por sus siglas en inglés) entre la estación óptica de tierra de la ESA y el terminal de comunicación láser a bordo de la sonda atmosférica lunar LADEE.

La NASA (Laboratorios Lincoln del MIT), la ESA y el IAC han colaborado en una demostración de comunicación láser desde la sonda LADEE. Se obtuvo una velocidad de transmisión de datos de 80 Mbps desde la distancia lunar (MIT-LL obtuvo resultados de 622 Mbps gracias a una sofisticada tecnología de detección) y se demostró la transmisión de datos y el alcance.

*Representación artística del enlace lunar desde la luna.*



*Artists impression of the lunar laser link.*

## LUNAR LASER COMMUNICATION DEMONSTRATION

OGS

A Lunar Laser Communication Demonstration (LLCD) has been carried out between ESA's Optical Ground Station and a laser communication terminal on board the Lunar Atmospheric and Dust Environmental Explorer (LADEE) spacecraft.

Within the framework of a collaboration with NASA (MIT-Lincoln Labs) ESA and IAC have participated in a laser communication demonstration from the LADEE spacecraft. A communication data rate of 80 Mbps was demonstrated from the lunar distance (MIT-LL demonstrated 622 Mbps with a very sophisticated detector technology) as well as communication data uplink and ranging.

**Telescopio de 1 m OGS con equipo trasmisor (izquierda) y edificio del OGS con la cúpula abierta (derecha).**



**1-m OGS telescope with transmitter equipment (left) and OGS building with open dome (right).**

**Transmisión por una haz láser desde el OGS al satélite.**



**Transmission by laser from the OGS to a satellite.**

## TELEPORTACIÓN CUÁNTICA E INTERCAMBIO DE ENTRELAZAMIENTO

### Un experimento de 143 km entre las Islas de La Palma y Tenerife OGS

La teleportación cuántica es un requisito esencial para la mayor parte de protocolos cuánticos de procesado de información. Mediante su empleo, es posible transferir estados cuánticos desconocidos a una contraparte cuya situación es también desconocida, y esto a través de distancias arbi-

trariamente grandes. Asimismo permite establecer entrelazamiento entre partículas formalmente independientes mediante el proceso de intercambio de entrelazamiento. Este último proceso es fundamental para el desarrollo de sistemas de comunicación para interconectar los diversos elementos de los computadores cuánticos.

Los Observatorios de Canarias, (el Roque de Los Muchachos en La Palma y Teide en Tenerife) constituyen un escenario sin igual para comprobar mediante un enlace óptico la viabilidad del intercambio

*El esquema del experimento para el entrelazamiento cuántico sobre un enlace de 143 kilómetros a través de la atmósfera entre las Islas Canarias de La Palma y Tenerife.*



*The scheme of the quantum entanglement swapping experiment over a 143 km free-space link between the Canary Islands La Palma and Tenerife.*

## QUANTUM TELEPORTATION AND ENTANGLEMENT SWAPPING

### A 143 km experiment between La Palma and Tenerife OGS

Quantum teleportation is a quintessential prerequisite of many quantum information-processing protocols. By using quantum teleportation, one can circumvent the no-cloning theorem and faithfully transfer unknown quantum states to a party whose location is even unknown over arbitrary distances. Quantum teleportation can also be used to create entanglement between formally completely independent particles via the process of entanglement swapping. Quantum entanglement swapping will be

of utmost importance in a future quantum communication network since it enables the global interconnection of quantum computers.

In order to prove the feasibility of quantum entanglement swapping under optical link attenuations that will arise in a future application scenario, we extended the communication distance to 143 km, employing an optical free-space link between the two Canary Islands of La Palma and Tenerife. The real-life long-distance environment implied a number of challenges for the present experiment. They

de entrelazamiento en presencia de atenuaciones similares a las que se experimentarán en los futuros sistemas reales. Por otra parte la distancia, 143 km, entre los dos observatorios implica una serie de retos adicionales en este tipo de experimentos. En particular es necesario tratar con relaciones señal-ruido muy bajas, que no son útiles para las técnicas estándares.

Los experimentos desarrollados en los observatorios del IAC ha requerido el empleo de varias técnicas

en el límite del conocimiento actual: Detectores con cuentas de oscuridad ultra bajas y entrelazamiento asistido por sincronización. Los resultados prueban la viabilidad de intercambio de entrelazamiento en enlaces terrestres de larga distancia con elevada atenuación, y en definitiva demuestran que la base para el desarrollo de repetidores cuánticos es firme. La tecnología empleada en el experimento ha alcanzado el nivel de madurez necesario para enlaces ópticos a larga distancia con satélites.

***El láser verde de seguimiento enviado por el telescopio en la azotea del JKT en La Palma apuntado hacia el receptor de Tenerife.***



***The green tracking laser of the sending telescope on the rooftop of JKT on La Palma pointing at the receiver on Tenerife.***

resulted most significantly in the necessity to cope with an extremely low signal-to-noise ratio when using standard techniques, indeed too low for performing a successful experiment. Furthermore, the severe environmental conditions imposed demanding requirements onto the whole long-distance tele- portation setup.

To enhance it to a level making the experiment possible at all a combination of various cutting-edge techniques, such as ultra-low dark-count free-space detectors and entanglement assisted clock syn- chronization, were employed. The results achieved

demonstrate the feasibility of ground-based free- space quantum entanglement swapping, which constitutes the fundamental resource for a quantum re- peater. The setup was able to achieve coincidence production rates and fidelities to cope with the opti- cal link attenuation, resulting from various experi- mental and technical challenges, which will arise in a quantum transmission between a ground-based transmitter to a low-earth-orbiting (LEO) satellite receiver. This experiment represents a crucial step towards future quantum networks in space, which require space to ground quantum communication and for long-distance ground communication.

## GENERACIÓN DE BITS ALEATORIOS VERDADEROS E IMPARCIALES A PARTIR DE TURBULENCIAS ATMOSFÉRICAS

### JKT y OGS

Para la ciencia y la tecnología de la información, los números aleatorios son un recurso de gran valor, ya que constituyen la base de prácticamente todos los protocolos criptográficos. Además, los números aleatorios están presentes en prácticamente todas las ramas de la ciencia, ya que son el ingrediente fundamental de las simulaciones y los métodos de Montecarlo. En cuanto los números aleatorios, la cuestión principal es la forma en la que se obtienen: la generación de números aleatorios representa un problema que lleva siendo investigado durante los últimos 60 años. De hecho, existen dos tipos de generadores de números aleatorios (GNA): pseudo-GNA (PGNA) y GNA verdaderos (GNAV). Los algoritmos deterministas pertenecen a la primera clase: se les denomina «pseudo» a estos generadores porque sólo imitan la aleatoriedad aplicando secuencialmente un conjunto predeterminado de operaciones booleanas.

A la última clase pertenecen los dispositivos que convierten en bits la dinámica de un proceso físico aleatorio natural. Comparados con la aleatoriedad

artificial y predecible de los PGNA, estos generadores reciben el nombre de “verdaderos”, ya que producen una serie de números verdaderamente impredecibles y seguros.

El grupo de investigación sobre el futuro de las Comunicaciones Cuánticas de la Universidad de Padua empezó en 2010 a explotar el enlace óptico libre de 143 km entre las islas de La Palma y Tenerife para investigar protocolos de comunicación cuántica y estudiar las propiedades del enlace. Durante la campaña experimental usamos haces de láser para alinear la transmisión, tal y como se muestra en la Figura 1, el emisor de Tenerife visto desde La Palma. Estos haces han demostrado poseer un patrón de intensidad aleatoria impuesto por la escintilación a lo largo de la senda del haz. La dinámica aleatoria de las masas de aire en una atmósfera con grandes turbulencias causa, de hecho, inhomogeneidades en el índice refractario del aire, siendo el efecto de las mismas la turbulencia óptica observada en el

**Fig. 1: El haz de láser emisor para la alineación con Tenerife se recibe en el JKT (ORM): la distribución aleatoria de intensidad de este haz se aprovecha para generar números aleatorios. Para crear este GNA se usó el haz en la dirección opuesta a fin de poder capturar el patrón de “speckle” en la pupila del telescopio del OGS.**



**Fig. 1: The laser beam, “beacon”, for the alignment from Tenerife is received at the JKT (ORM): the random intensity distribution of this beam is exploited for the generation of random numbers. In the implementation of the RNG the beam was used in the opposite direction, in order to capture the speckle pattern on the OGS telescope pupil.**

## GENERATION OF TRUE AND UNBIASED RANDOM BITS FROM ATMOSPHERIC TURBULENCE

### JKT & OGS

For Information Science and Information Technology, random numbers are an invaluable resource because they are at the basis of almost all the Cryptographic protocols. In addition, random numbers involve more or less all the branches of Science being the fundamental ingredient of simulations and Monte Carlo methods. Concerning random numbers, the main issue is about the way they are obtained, i.e. random number generation represents a problem which continues to be investigated since the last sixty years. Two typologies of random number generators (RNG) do indeed exist: pseudo-RNG (PRNG) and true-RNG (TRNG). Deterministic algorithms belong to the former class: these generators are defined pseudo because they only mimic randomness by applying sequentially a pre-determined set of Boolean operations.

To the latter class belong instead those devices which convert in bits the dynamics of a natural physical random process. Compared to the artificial and predictable randomness of PRNG, these generators are therefore called “true” because they yield a

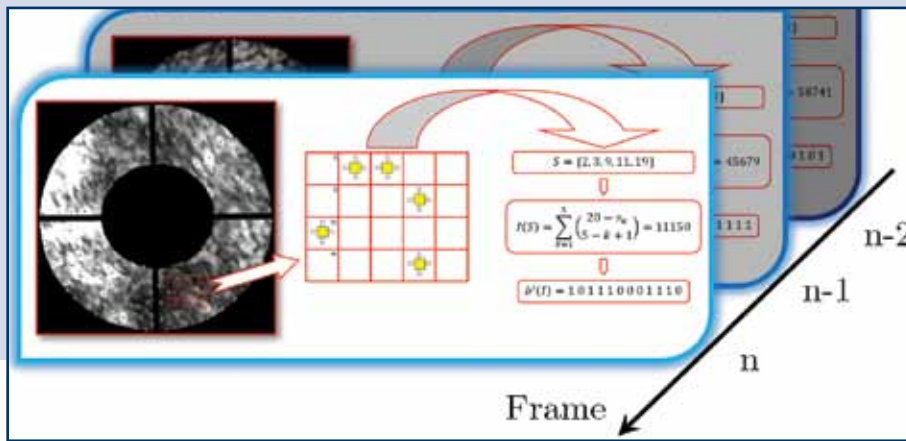
stream of truly unpredictable and secure numbers. Starting in 2010, the Quantum Future Research Group at the University of Padua exploited the 143 km free optical link between the islands of La Palma and Tenerife to investigate Quantum Communications protocols and the study of link properties. During the experimental campaign we were using laser beams for the alignment of the transmission, as shown in Fig. 1 the beacon from Tenerife as seen in La Palma. These beams have shown a random intensity pattern imposed by the scintillation along the path of the beam. The random dynamic of air masses in a strong turbulent atmosphere indeed causes random inhomogeneities of the air refractive index and the effect of such inhomogeneities is

haz de láser. Esto nos llevó a concebir un GNA que aproveche dicho proceso.

La hipótesis se comprobó usando un telescopio como transmisor, acoplado a un láser de baja potencia, que se había construido para una prueba de comunicaciones cuánticas en 2012. Este telescopio se instaló en la azotea del edificio del telescopio Jacobus Kapteyn (JKT) en el ORM. A su vez, el haz láser era recibido en la estación óptica de tierra de la ESA (OGS) en Tenerife. Al cruzar la capa atmosférica de 143 km de longitud, el haz de láser sufre las distorsiones inducidas por las inhomogeneidades del índice de refracción del aire: éstas pueden considerarse como dispersiones volumétricas en movimiento que hacen que se rompa el frente de onda del haz y que en el receptor se observan con lo que se llama un patrón de “speckle” (véase Fig. 2, izquierda).

El patrón de “speckle” consiste en una colección de puntos luminosos y oscuros (conforme al fenómeno de interferencia constructiva o destructiva del campo electromagnético) de forma aleatoria que se mueve transversalmente al plano de la pupila del telescopio del OGS siguiendo el flujo del viento. Se grabó el patrón moteado y se analizaron las imágenes.

**Fig. 2: Un diagrama esquemático del proceso: en la parte izquierda de la imagen, un fotograma con el patrón de “speckle”: las cruces amarillas corresponden a los centroides de los puntos brillantes. En el centro, los puntos se han mapeado en una rejilla bidimensional que corresponde a los píxeles de la imagen. A la derecha, la línea S indica la disposición particular de centroides que está asociada al índice lexicográfico combinatorio I(S). Por tanto, el índice se convierte en bits mediante un proceso eficiente que no introduce parcialidad en el porcentaje de bits 0 y 1.**



the optical turbulence observed on the laser beam. This induced us to envisage an RNG that exploits such a process.

The hypothesis was tested by using as transmitter a telescope coupled with a low power laser, which was devised for a Quantum Communications test in 2012. This telescope was installed on the rooftop of the Jacobus Kapteyn Telescope (JKT) building at the ORM. The laser beam was in turn received by ESA’s Optical Ground Station (OGS) on Tenerife. While crossing the 143 km long layer of atmosphere, the laser beam suffers the distortions induced by the inhomogeneities of the air refractive index: these can be regarded as moving volumetric scattering which cause the beam wavefront to break and at the receiver side are observed as the so called speckle pattern (see Fig. 2 - left).

The speckle pattern consists of a collection of bright and dark spots (according to phenomena of constructive or destructive interference of the electromagnetic field) of random shape which move transversely to the pupil plane of the OGS telescope following the wind flow. The speckle pattern was

**Fig. 2: A schematic diagram of the procedure: on the left of the picture, a frame with the speckle pattern: the yellow crosses correspond to the centroids of the bright spot. In the middle, the spots are mapped into a bi-dimensional grid corresponding to the pixels of the frame. On the right the string S individuates the particular centroid arrangement that is associated to the combinatorial lexicographic index I(S). The index is therefore converted in bits with an efficient procedure which does not introduce bias in percentage of bits 0s and 1s.**

recorded and the images were analysed in order to assess their suitability to be used for random number extraction. In particular we studied the geometrical distribution of the speckle’s centroids, i.e. the intensity center of mass of the spots, and we verified that their position varies independently from frame to frame and that they cover uniformly the whole area of the telescope pupil. Given the independent and uniform distribution of the centroids in different frames, a method was devised to convert the geometric randomness into numbers.

If one considers the pixels of the frames as “urns” and the centroids as “balls”, the speckle distribution

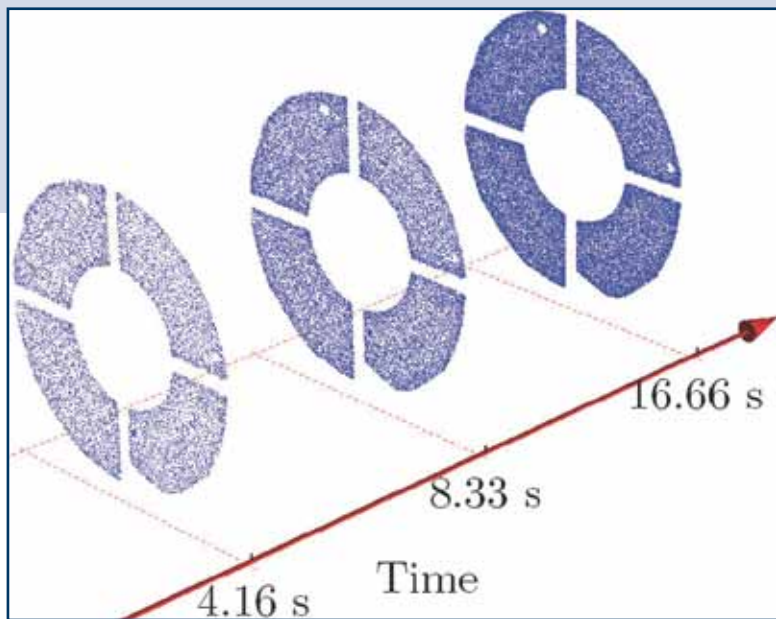
nes para poder evaluar su idoneidad de cara a la extracción de números aleatorios. Sobre todo, estudiamos la distribución geométrica de los centroides de las motas, es decir, el centro de intensidad de masa de las manchas, y verificamos que su posición varía independientemente de imagen a imagen y que cubren uniformemente toda el área de la pupila del telescopio. Dada la distribución uniforme de los centroides en diferentes imágenes, se diseñó un método para convertir la aleatoriedad geométrica en números.

Si consideramos los píxeles de las imágenes como “urnas” y los centroides como “bolas”, la distribución moteada puede considerarse como un problema clásico de ocupación donde la turbulencia atmosférica lanza aleatoriamente las bolas dentro de las urnas. El patrón registrado en una imagen corresponde a una distribución determinada entre todas las posibles con el mismo número de centroides y píxeles. Se asoció a cada imagen un “índice lexicográfico” que identifica unívocamente esa disposición y dicho índice se convirtió eficientemente

en bits sin introducir parcialidad (véase imagen 2). Los números extraídos de las imágenes seleccionadas se comprobaron a fondo con conjuntos de pruebas de última generación para la evaluación de la aleatoriedad, y dichos análisis confirmaron que los bits producidos estaban distribuidos de forma independiente idéntica; es decir, son aleatorios.

Este trabajo ha demostrado una forma de convertir el ruido que usualmente afecta a las comunicaciones ópticas de larga distancia en un recurso para generar números aleatorios genuinos cuya impredecibilidad queda garantizada por la dinámica aleatoria de la turbulencia atmosférica. En particular, esos resultados también allanan el camino para explotar los enlaces FSO no sólo como “canales”, sino también como “fuentes de entropía” en protocolos de comunicaciones cuánticas de largo alcance como Quantum Key Distribution (QKD): el enlace se usa para transferir los fotones y también para generar la aleatoriedad verdadera necesaria para la implementación del protocolo (QKD).

**Fig. 3: Los centroides cubren uniformemente toda el área de la pupila del telescopio OGS. Esto es un prerequisite fundamental para poder obtener números aleatorios uniformemente distribuidos, que en este caso se consigue como consecuencia de la evolución aleatoria del patrón de “speckle” originado por la turbulencia atmosférica.**



**Fig. 3: The centroids cover uniformly the whole area of the OGS telescope pupil. This is a fundamental pre-requisite in order to obtain uniformly distributed random numbers, which is in this case achieved as a consequence of the random evolution of the speckle pattern caused by the atmospheric turbulence.**

can be regarded as a classical occupancy problem where atmospheric turbulence throws randomly the balls inside the urns. A pattern registered in a frame corresponds to a given arrangement among all the possible ordering with the same number of centroids and pixels. To every frame a “lexicographical index” was associated that identifies univocally that arrangement and the index was efficiently converted in bits without introducing bias (see Fig. 2). The numbers that were extracted from the grabbed frames were thoroughly tested with the state of the art suites of tests for randomness assessment and this analysis confirmed that the produced bits are independently and identically distributed, i.e. they are random.

This work has demonstrated a way to convert the noise, which usually affects long range optical communications, in a resource to generate genuine random numbers whose unpredictability is guaranteed by the random dynamic of the atmospheric turbulence. In particular, these results also pave the way for the exploitation of FSO links not only as “channels” but also as “pools of entropy” in protocols of long range Quantum Communications as Quantum Key Distribution (QKD): the link is used to transfer the photons and also to generate the true randomness necessary for a secure implementation of the (QKD) protocol.



<i>DETECCIÓN DE SUPERTIERRAS Y PLANETAS</i>	18	<i>DETECTION OF SUPER-EARTHS AND PLANETS</i>
<i>NUEVOS CÚMULOS DE GALAXIAS DISTANTES</i>	21	<i>NEW DISTANT GALAXY CLUSTERS</i>
<i>FORMACIÓN ESTELAR EPISÓDICA</i>	22	<i>EPISODIC STAR FORMATION</i>
<i>LA SEÑAL SINCROTRÓN DIFUSA GALÁCTICA</i>	24	<i>THE DIFFUSE GALACTIC SYNCHROTRON SIGNAL</i>
<i>EMISIÓN ANÓMALA DE MICROONDAS</i>	25	<i>ANOMALOUS MICROWAVE RADIATION</i>
<i>GIGANTE RICA EN LI</i>	26	<i>AN LI-RICH GIANT</i>
<i>WASP-33</i>	27	<i>WASP-33</i>
<i>AGUJERO NEGRO</i>	30	<i>BLACK HOLE</i>
<i>GALAXIA RELIQUIA MASIVA</i>	32	<i>MASSIVE RELIC GALAXY</i>
<i>NEPTUNOS CALIENTES Y PLANETAS</i>	34	<i>HOT-NEPTUNES AND PLANETS</i>
<i>BINARIAS ESPECTROSCÓPICAS</i>	36	<i>SPECTROSCOPIC BINARIES</i>
<i>SN 2011dh</i>	38	<i>SN 2011dh</i>
<i>LA PRIMERA MEGATIERRA</i>	41	<i>THE FIRST MEGAEARTH</i>

# LOGROS CIENTÍFICOS

# SCIENTIFIC HIGHLIGHTS

## EL PROGRAMA DE TIEMPO INTERNACIONAL

El programa del CCI de Tiempo Internacional (ITP por sus siglas en inglés) es una provisión del Tratado Internacional de 1979 que establecieron los Observatorios Astrofísicos del IAC. A lo largo de los años, el CCI ha adaptado el programa para promover proyectos científicos internacionales a gran escala y de máxima calidad que no serían fáciles de insertar dentro de otros programas de asignación de tiempo. Los programas de observación deben concentrarse en una sola investigación astronómica a gran escala. Se favorece en la selección sobre todo a las propuestas que se beneficien del uso de más de una instalación y que probablemente no podrían obtener todo el tiempo de observación necesario a través de los comités habituales de asignación de tiempo debido a la escala del proyecto o debido a la dificultad de coordinar varios telescopios.

Como botón de muestra, en el Informe Anual de este año presentamos una contribución sobre los logros de uno de los programas que recibió tiempo durante 2014.

## THE INTERNATIONAL TIME PROGRAMME

The ITP is a provision of the International Treaty of 1979 that established the Canarian Astrophysical Observatories of the IAC. Over the years the CCI has adapted the programme so as to encourage large-scale international scientific projects of the highest quality, which cannot easily be accommodated

within other time allocation schemes. The observing programmes should concentrate on a single large-scale astronomical investigation. Especially encouraged are proposals that would benefit from the deployment of more than one facility, and which would be unlikely to obtain the necessary observing time through the usual time allocation panels because of the scale of the project or because of the difficulty to co-ordinate several telescopes.

As an example of the achievements of the programmes awarded time over the last few years, in this year's Annual Report we present one of the contributions that received time during 2014.

## HACIA LA DETECCIÓN DE SUPERTIERRAS Y PLANETAS TERRESTRES ALREDEDOR DE ESTRELLAS ENANAS M

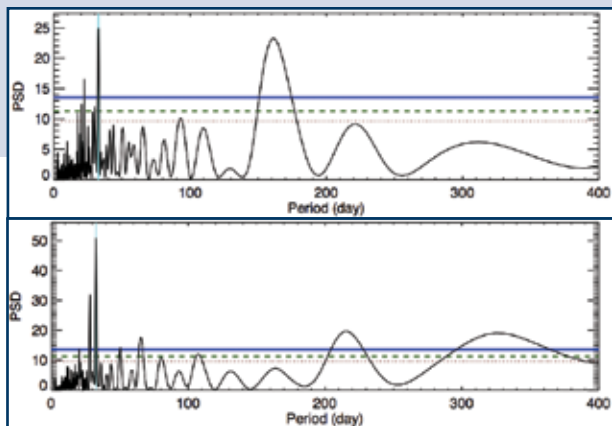
En octubre de 2014 se asignaron cuatro noches con el HARPS-N@TNG al programa de velocidad radial (VR) de enanas M. Se obtuvieron un total de 95 espectros; aproximadamente cuatro por cada estrella. Estos cuatro nuevos espectros resultaron de gran utilidad para aumentar el número de puntos de VR y la relevancia de la detección de los planetas. El objetivo de este programa VR es detectar y confirmar la presencia de planetas de baja masa orbitando enanas M, en concreto supertierras y planetas con masa similar a la de la Tierra. El programa VR es parte de una búsqueda de planetas en torno a enanas M llevado a cabo dentro del marco de una colaboración entre grupos españoles en el IAC y el IEEC y el grupo italiano GAPS, especializado en enanas M. La muestra completa contiene unas 60 enanas M, y de ella se seleccionó una submuestra de 20 enanas M para concentrar en ellas la búsqueda de planetas de masa baja con periodos orbitales cortos. Acorde a nuestra experiencia actual, se pre-

## TOWARDS THE DETECTION OF SUPER-EARTH AND EARTH LIKE PLANETS AROUND M-DWARF STARS

Four nights were allocated in October 2014 to the M dwarf radial velocity (RV) program with HARPS-N@TNG. In total 95 individual spectra, i.e. about four per star, were obtained. These four new spectra were very useful to increase the number of RV points and the significance of the planet detections. The aim of this RV program is to detect and confirm low mass planets orbiting M dwarfs, in particular super-Earth and Earth-mass planets. The RV program as a part of a M-dwarf survey is carried out within the context of a collaboration between Spanish groups at IAC and IEEC and the Italian GAPS M-dwarf team. The full sample contains about 60 M dwarfs, a subsample of about 20 M dwarfs was selected to concentrate efforts on trying to detect low-mass planets at short orbital periods. Our current experience shows that about 60-70 useful spectra are needed to reach the confidence level needed to confirm low-mass planet candidates. Figure 1 contains the periodograms of the measurements

cisan entre 60 y 70 espectros útiles para alcanzar el nivel de confianza necesario para confirmar la existencia de un planeta candidato de baja masa. La figura 1 muestra los periodogramas de las medidas de indicadores de actividad Ca II H&K y H alfa de un objeto interesante. Ambas señales de actividad están probablemente asociadas con el periodo de rotación estelar de la enana M.

**Fig. 1: Periodogramas de los indicadores de actividad Ca II H&K (panel superior) y H alfa (panel inferior) de una enana M con un planeta candidato. Para esta enana M, el número de espectros útiles asciende a 67. Ambos periodogramas muestran el pico más alto a una significación mayor de 3 sigma (con una probabilidad de falsa alarma (PFA) por debajo del 0,3 % - línea azul) y proporcionan la misma determinación de unos 32,5 días, que probablemente esté asociada con el periodo de rotación estelar.**

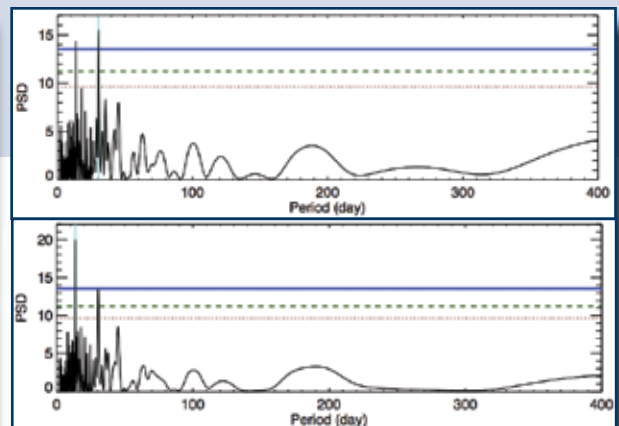


**Fig. 1: Periodograms of the measurements of the Ca II H&K (top panel) and H alpha (bottom panel) activity indicators of an M dwarf with a planet candidate. The number of useful spectra is 67 for this M dwarf. Both periodograms show the highest peak at a significance greater than 3 sigma (with false alarm probability (FAP) below 0.3%; solid blue line) and provide the same determination of about 32.5 days, which is probably associated with the stellar rotation period.**

of the Ca II H&K and H alpha activity indicators for one interesting target. Both activity signals are probably associated with the stellar rotation period of the M dwarf.

El periodograma de VR también muestra la detección del pico de rotación en la mayor significación (véase panel superior de la figura 2). Cuando se elimina la señal de actividad de las medidas de VR y se recalcula el periodograma de VR (véase panel inferior de la imagen 2), el pico de rotación disminuye, dejando otro pico con significación alta, lo que probablemente proporciona una señal de detección planetaria. La curva de VR que corresponde

**Fig. 2: Periodogramas de las mediciones de velocidad radial antes (panel superior) y después (panel inferior) de la corrección de la señal de actividad. Para esta enana M, el número de espectros útiles asciende a 67. En el panel superior, tanto el pico asociado con la rotación a 30,5 días y con la señal planetaria a 13,7 días aparecen a una significación mayor de 3 sigma (PFA < 0,3 % - línea azul). En el panel inferior se ve claramente como el pico asociado con la rotación a 30,5 días reduce su fuerza tras la corrección de la actividad, dejando sólo el pico de 13,7 días, que creemos que está asociado con una señal planetaria.**

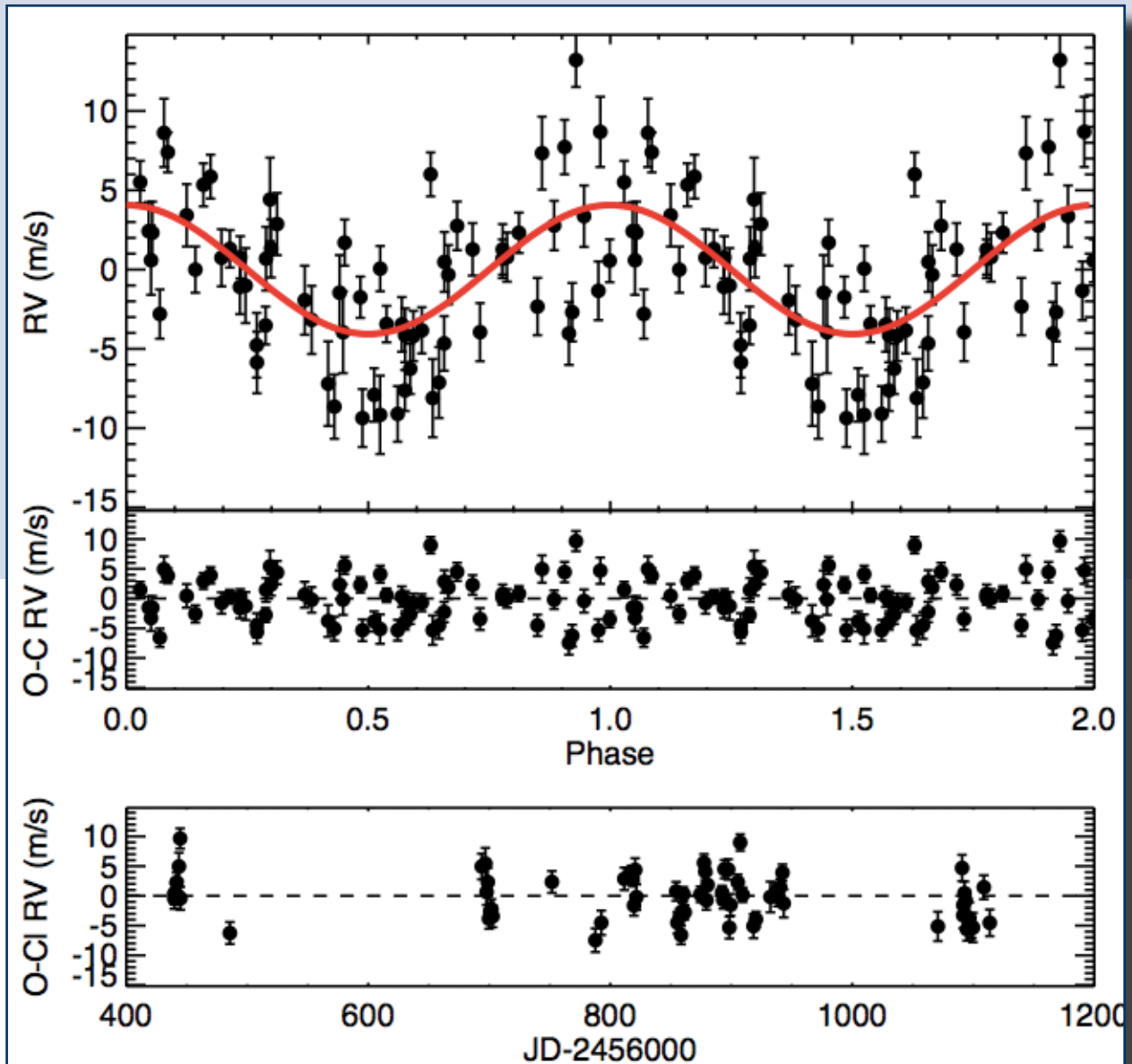


**Fig. 2: Periodograms of the radial velocity measurements before (top panel) and after (bottom panel) correcting for the activity signal. The number of useful spectra is 67 for this M dwarf. In the top panel both the peak associated with rotation at 30.5 days and with the planetary signal at 13.7 days appear at a significance greater than 3 sigma (FAP < 0.3%; solid blue line). In the bottom panel, clearly the peak associated with rotation at 30.5 days decreases in strength after correcting for activity, leaving only the peak of 13.7 days that we believe is associated with a planetary signal.**

The RV periodogram also shows the detection of the rotation peak at the highest significance (see top panel of Fig. 2). When the activity signal from the RV measurements is removed and the RV

con el pico de 13,7 días se muestra en la imagen 3, proporcionando la detección de una supertierra con una masa equivalente a aproximadamente ocho veces la de la Tierra.

*Fig. 3: Curva de velocidad radial de un candidato planetario orbitando una enana M con un periodo orbital de unos 13,7 días. El número de puntos VR asciende a 67. Se estima que la masa del planeta es aproximadamente 8,3 veces la de la Tierra.*



periodogram re-computed (see bottom panel of Fig. 2) the rotation peak gets diminished leaving another peak at a high significance, which probably provides a planetary signal detection. The RV curve corresponding to the peak at 13.7 days is depicted in Figure 3, providing the detection of a super-Earth like planet of about 8 Earth masses.

*Fig. 3: Radial velocity curve of a planetary candidate orbiting an M dwarf at an orbital period of about 13.7 days. The number of RV points is 67. The planet mass is estimated at  $\sim 8.3$  Mearth.*

## HALLAZGO DE NUEVOS CÚMULOS DE GALAXIAS DISTANTES

### IAC80

El 14 de mayo de 2009 la Agencia Espacial Europea (ESA) lanzó al espacio el satélite PLANCK. Su objetivo era medir con una resolución y sensibilidad sin precedentes la radiación cósmica de microondas (CMB) dejada por el Big Bang. Sin embargo, los mapas de Planck también pueden usarse para detectar y estudiar cúmulos de galaxias, las estructuras más masivas dentro del tejido cósmico del universo.

PLANCK usa el efecto Sunyaev-Zel'dovich (SZ) como herramienta para detectar dichas estructuras. El efecto SZ es una pequeña distorsión espectral de la CMB generada en el espacio dentro del cúmulo, y cuyo brillo superficial es independiente del desplazamiento al rojo. Con ello, los cartografiados de SZ proporcionan una valiosa herramienta para generar una muestra de cúmulos de galaxias con elevados desplazamientos al rojo. Sin embargo, y por el mismo motivo, se precisan programas sistemáticos de seguimiento óptico para llevar a cabo la explotación científica de los catálogos resultantes, ya que obtener el desplazamiento al rojo de esas estructuras es obligatorio para poder extraer la información cosmológica.

Desde el primer semestre de 2010 se han usado varios telescopios ópticos en ambos observatorios

## FINDING NEW DISTANT GALAXY CLUSTERS

### IAC80

On May 14th 2009 the European Space Agency (ESA) launched into space the PLANCK Satellite. Its aim was to measure, with unprecedented resolution and sensitivity, the cosmic microwave background radiation (CMB) left by the Big Bang. However, the Planck maps can also be used to detect and study galaxy clusters, the most massive structures in the cosmic web of the Universe.

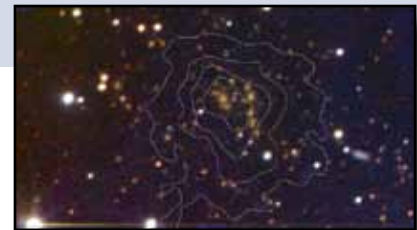
PLANCK uses the Sunyaev-Zeldovich (SZ) effect as a tool to detect these structures. The SZ effect is a small spectral distortion of the CMB generated in the intra-cluster medium, and whose surface brightness is independent of redshift. Thus, SZ surveys provide a very valuable tool to construct a high-redshift galaxy cluster sample. However, and for the same reason, systematic optical follow-up programmes are required in order to carry out the scientific exploitation of the resulting catalogues, as obtaining the redshift of those structures is mandatory in order to extract the cosmological information.

Since semester 2010A, several optical telescopes at both of the Observatorios de Canarias have been used to carry out this follow-up programme of PLANCK de-

de las Islas Canarias para llevar a cabo este programa de seguimiento de los cúmulos SZ detectados por PLANCK en el hemisferio norte. En especial, se ha empleado el IAC80 para captar imágenes de 20 de esos cúmulos usando filtros ópticos (g, r, i). Eso ha llevado al descubrimiento de nuevos cúmulos de galaxias situadas a grandes distancias, como la que se muestra en la imagen. Una vez identificados las contrapartidas, se enviaron esos objetivos a otras instalaciones de La Palma para realizar observaciones espectroscópicas.

Parte de los resultados de este programa se incluye en la publicación Planck Collaboration XXIX (2014), que contiene el primer catálogo Planck de fuentes SZ (PSZ1), basado en los mapas nominales de la misión. PSZ1 contiene 1227 entradas y, junto con la segunda versión del catálogo (PSZ2), publicada en 2015, constituye el catálogo más grande del cielo hasta la fecha.

*Fig.: Imagen RGB de la contrapartida óptica del cúmulo SZ PLCK G100.2-30.4 obtenida con el telescopio IAC80. Los colores R, G, B corresponden a las bandas g, r, i de Sloan, respectivamente. Aunque el campo de visión del IAC80 es de 10', esta imagen ha sido recortada a 4,8' x 2,7', centrándose en el equivalente de XMM-Newton (isocontornos blancos). Las galaxias rojas que definen la secuencia roja del cúmulo se ven claramente en el centro de la imagen. El cúmulo está situado a un desplazamiento al rojo de  $z=0,3935$ .*



*Fig.: RGB colour-composite image of the optical counterpart of the SZ cluster PLCK G100.2-30.4, as obtained with the IAC80 telescope. R, G, B colours are g,r and i-band Sloan filters, respectively. Although the IAC80 field of view is 10', this image is trimmed to 4.8' x 2.7', and is centred at the XMM-Newton counterpart (white iso-contours). Red galaxies defining the red-sequence of the cluster are clearly seen at the centre of the image. The cluster is located at a redshift of  $z=0.3935$ .*

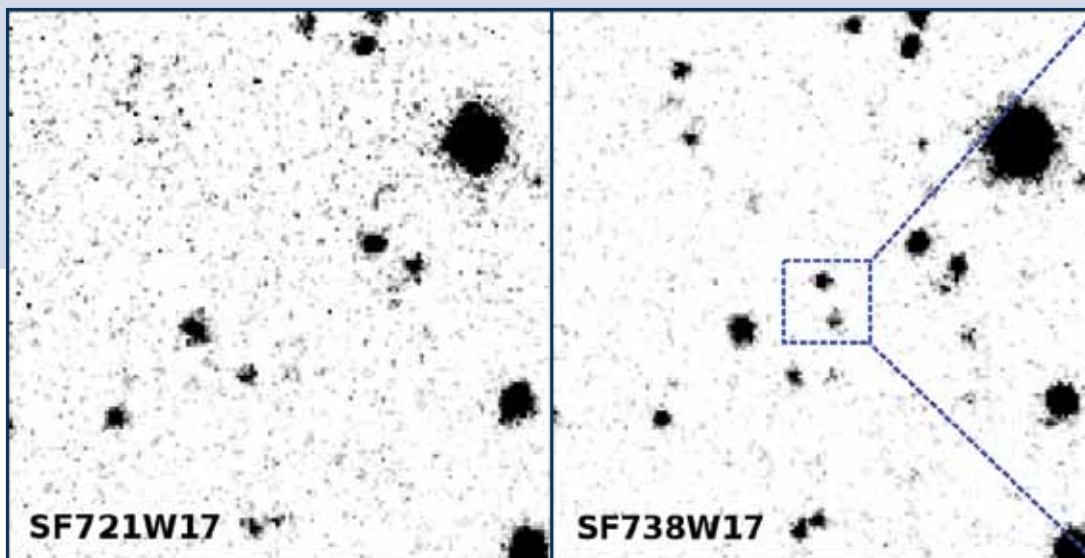
tected SZ clusters in the Northern hemisphere. In particular, the IAC80 has been used to image 20 of those clusters using three optical filters (g,r,i). This led to the discovery of new galaxy clusters at large distances, such as the one shown in the Figure. Once the counterparts were identified, these targets were sent for spectroscopic observations to other telescopes at the ORM.

Part of the results of this programme are included in the publication Planck Collaboration XXIX (2014), which contains the first Planck catalogue of SZ sources (PSZ1) based on the nominal mission maps. PSZ1 contains 1227 entries, and together with the second version of the catalogue (PSZ2) published in 2015, it constitutes the largest all-sky cluster catalogue to date.

## FORMACIÓN ESTELAR EPISÓDICA EN GALAXIAS CON ALTO DESPLAZAMIENTO AL ROJO GTC

El cartografiado de fuentes rojas y muertas con absorción a alto desplazamiento al rojo (SHARDS, por sus siglas en inglés) es un estudio de ESO/GTC finalizado recientemente en el GTC. Fue diseñado para el estudio de galaxias rojas muertas. Su conjunto de filtros de banda estrecha se diseñó para detectar las características de absorción típicas de galaxias evolucionadas a un desplazamiento al rojo de  $\sim 2$ . El objetivo principal del proyecto era estudiar la formación y evolución de la gran población de galaxias pasivas que se ven actualmente en el universo local.

**Fig. 1: Imágenes del descubrimiento. Se puede discernir la presencia de dos fuentes en el filtro F738W17 de SHARDS (círculos internos) que no están presentes en el filtro F721W17.**



**Fig. 1: Discovery images. Note that there are two sources in the F738W17 SHARDS filter (inside circles) that are not present in the F721W17 filter.**

## EPISODIC STAR FORMATION IN HIGH REDSHIFT GALAXIES GTC

The Survey for High-z Absorption Red and Dead Sources (SHARDS) is an ESO/GTC survey, recently completed at the GTC. The SHARDS survey was devised for the study of red, dead galaxies. It's set of narrow band filters was designed to detect typical absorption features of evolved galaxies out to a redshift of  $\sim 2$ . The main thrust of the survey was to study the formation and evolution of the large population of passive galaxies that are currently seen in the local universe.

Sin embargo, SHARDS ha estado lleno de sorpresas. De hecho, sus filtros de banda estrecha y la impresionante sensibilidad de este cartografiado, que alcanza una magnitud de 26,5 AB en la mayoría de filtros, es especialmente adecuada, entre otras cosas, para buscar fuentes tenues de alto desplazamiento al rojo. Por eso iniciamos un programa de búsqueda de fuentes con las características distintivas de las galaxias Lyman Break o de los emisores Lyman  $\alpha$ . Este proyecto puede llevarse hasta un desplazamiento al rojo de aproximadamente 6,5, en la época en la que el universo estaba siendo reionizado. Buscando fuentes con ubicaciones inusuales en diagramas de color-magnitud, fuentes que aparecen sólo en un filtro o con una característica excluyente notable, ha sido posible reunir un conjunto de unas 70 fuentes que están siendo estudiadas en estos momentos. Dos de esas fuentes destacaron por estar muy cerca entre sí y aparecer en un filtro en concreto, pero no en los otros. Ahondando más en otras imágenes del estudio fue posible identificar

SHARDS is however full of surprises. Indeed it's narrow band filters and the impressive sensitivity of the survey that reaches 26.5 AB magnitude in mostly all filters, is most adequate for, amongst others, searching for faint high-redshift sources. Therefore a programme looking for sources with the distinctive characteristics of either Lyman Break galaxies or Lyman  $\alpha$  Emitters has been started. This is a project that can be taken up to a redshift of about 6.5, well into the epoch in which the universe was being re-ionized. By looking for sources with unusual locations in colour-magnitude diagrams, sources appearing in only one filter, or with a noticeable drop-out feature, it has been possible to compile a set of  $\sim 70$  sources that are currently under study. Two of these sources stood out because they were very close together and appeared in a particular filter but not in others. Digging further into other images of the survey it

las fuentes en varios de los filtros más rojos, mientras que ambas fuentes no aparecían con ningún filtro azul, incluyendo filtros de banda ancha profunda del HST, SUBARU, etc. Sin duda, esas dos fuentes merecían un estudio más detallado, especialmente mediante espectroscopia. Al estar tan cerca, fue posible abordarlas con espectroscopia de rendija larga. La Figura 1 muestra las dos fuentes en el filtro con el que se descubrieron y cómo no aparecen en el filtro adyacente, más azul.

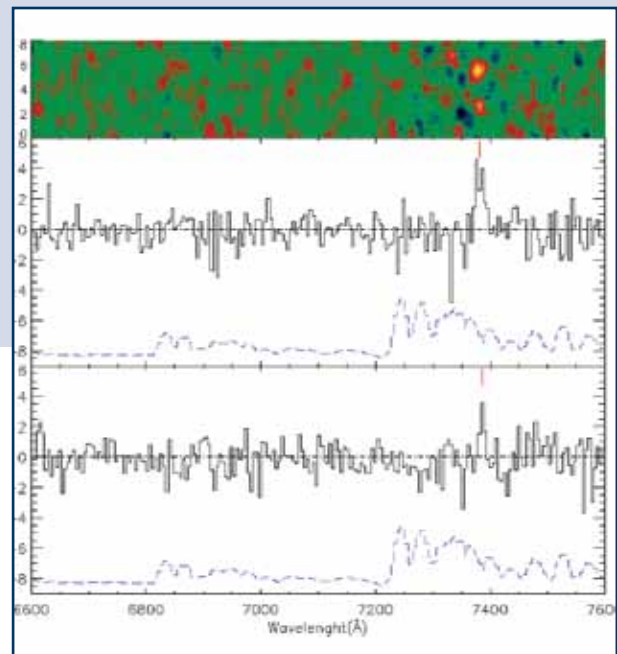
Las observaciones se realizaron en febrero de 2013. Dos horas de espectroscopia con el GTC revelaron que, efectivamente, ambas fuentes presentaban una destacada línea de emisión Lyman  $\alpha$  desplazada al rojo a  $z \sim 5$ . La Figura 2 muestra los espectros bidimensionales de la fuente en el panel superior, y el espectro individual extraído de cada fuente. Esos espectros se obtuvieron en tan solo dos horas de GTC/OSIRIS. Aunque no pudo detectarse el continuo, los flujos Lyman  $\alpha$  han sido cruciales para el estudio subsiguiente. Esto se basa en la combinación de la fotometría SHARDS, la espectroscopia y algunos datos adicionales del HST/ACS y el Spitzer/IRAC. La combinación de todos estos datos ha producido distribuciones de energía espectral (DEE) para ambas fuentes. Estas DEE permiten descartar modelos con una población estelar simple (PES). Han sido necesarias dos PES,

was possible to identify the sources in several of the redder filters, while both sources were absent in any bluer filters, including deep broadband filters from the HST, SUBARU, etc. Indeed these two sources deserved further study, especially spectroscopy. Since they were very close together they could be approached with long-slit spectroscopy. Figure 1 shows the two sources in their discovery filter and in an adjacent bluer filter where they are not present.

The observations were made in February 2013. Two hours of GTC spectroscopy revealed that indeed these two sources had a prominent Lyman  $\alpha$  emission line redshifted to  $z \sim 5$ . Fig. 2 shows the two-dimensional spectra of the source in the upper panel, and the extracted individual spectrum of each source. These spectra were obtained in just two hours of GTC/OSIRIS. Although the continuum could not be detected, just the Lyman  $\alpha$  fluxes have been crucial for the subsequent study. This has been based on the combination of the SHARDS photometry, the spectroscopy, as well as some additional data from both the HST/ACS and Spitzer/IRAC. The combination of all these data has produced Spectral Energy Distributions (SEDs) for both sources. These SEDs have made it possible to discard models with single stellar populations. Two SSPs have been required, a very young SSP with ages of the order of 1

una muy joven, con edades del orden de 1 millón de años, y otra con edades que rondan los 100 millones de años. La primera es responsable de toda la emisión Ly $\alpha$ , y la segunda, de la mayoría de las masas de esas dos fuentes. Por lo tanto, se han identificado dos episodios sucesivos de formación estelar. Esta llamada "formación estelar episódica" se ha propuesto para explicar la ratio  $M_{\text{UV}}$ , entre otras cosas, pero hasta la fecha no había observaciones que la apoyaran.

**Fig. 2: Espectro obtenida con OSIRIS en el GTC de las dos fuentes visibles en la Fig. 1. Se puede ver en el espectro bidimensional (panel superior) los dos puntos brillantes que corresponden a la emisión de la línea alfa Lyman. Se presenta en los dos paneles inferiores los espectros obtenidos; uno para cada galaxia. Se requirió dos horas de observación con el GTC para obtener los espectros.**



**Fig. 2: GTC/OSIRIS spectra of the two sources shown in Fig. 1. Note in the two-dimensional spectrum (upper panel) the two bright spots corresponding to the Lyman  $\alpha$  line emission. The actual spectra are in the two lower panels; one for each galaxy. These spectra required two hours of GTC time.**

Myr, plus a second SSP with ages of the order of 100 Myr. The former is responsible for the whole Ly $\alpha$  emission, the latter being responsible for most of the masses of these two sources. Therefore two successive episodes of star formation have been identified. This so called "Episodic Star Formation", had been proposed to explain the  $M_{\text{UV}}$  ratio, amongst others, but did not have prior observational support.

## CARACTERIZACIÓN DE LA SEÑAL SINCROTRÓN DIFUSA GALÁCTICA

### Experimento QUIJOTE

Uno de los instrumentos de QUIJOTE I es multifrecuencia (MFI), con un total de 8 canales en cada una de las cuatro frecuencias 11, 13, 16 y 18 GHz, más dos canales de detección a 30GHz. Gran parte del tiempo de observación con el MFI durante el año (unas 2000 h) se empleó en completar el llamado "wide survey", una región que cubre los 20,000 grados cuadrados del hemisferio norte ecuatorial. El objetivo de estas observaciones es caracterizar la emisión Galáctica a baja frecuencia (emisión sincrotrón y emisión anómala de microondas), tanto en polarización como en intensidad. Las cuatro frecuencias del MFI permitirán también caracterizar sus propiedades espectrales. En la figura se muestra el mapa de intensidad a 11 GHz resultante de estas observaciones. En él se aprecia la emisión galáctica de tipo sincrotrón, distribuida a lo largo del plano de la Galaxia, y también algunas estructuras a una latitud galáctica elevada. La sensibilidad de este mapa, y de los mapas de polarización que se obtendrán de los mismos datos, permitirán la medida más precisa nunca obtenida de la emisión sincrotrón en este rango de frecuencias (10-20 GHz). Esta información será imprescindible para la corrección de esta señal galáctica en mapas a más alta frecuencia, obtenidos por QUIJOTE o por otros

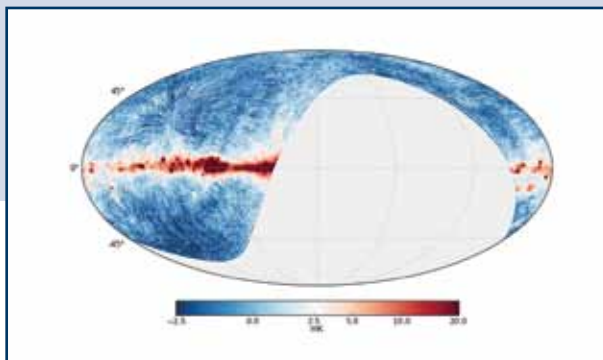
## CHARACTERISATION OF THE DIFFUSE GALACTIC SYNCHROTRON SIGNAL QUIJOTE Experiment

QUIJOTE I is equipped with a multi-frequency instrument (MFI) that has 8 channels in each of the four frequencies 11, 13, 16 and 18 GHz, and two more channels at 30GHz. Much of the observation time during the year at the MFI (around 2000 hours) was taken up with completing what is known as the "wide survey", a region that extends across 20,000 square degrees of the equatorial northern hemisphere. These observations aim to characterize low frequency Galactic radiation (synchrotron and anomalous microwave radiation) observations according to polarisation and intensity. The MFI's four frequencies will also make it possible to characterise the spectral properties of these types of radiation. The image shows the 11 GHz intensity map produced from these observations. Synchrotron type galactic radiation can be seen distributed across the Galactic plane together with other structures at a high galactic altitude. This map and the polarisation maps obtained from the same data are so sensitive that they will provide the most accurate measurements ever produced of synchrotron emissions in this frequency range (10-20 GHz). This information will be indispensable for correcting this type of galactic signal in high frequency maps, whether they

experiments, and that will allow us to improve the current limits, or finally measure, the B modes in the polarisation of the FCM (cosmic microwave background).

These observations, together with other more in-depth ones that have been carried out, will also allow us to characterize the emission from the galactic center. This has great interest after the discovery in WMAP satellite data of the galactic haze, an excess of signal in intensity produced in this region. One of the hypotheses to explain this emission is based on synchrotron radiation associated with very energetic particles produced during dark matter particle annihilation processes. The aim of these QUIJOTE observations is to determine the polarization level of this signal, which is crucial to the attempt to evaluate the two models put forward to explain this phenomenon.

**Mapa de intensidad de QUIJOTE, a 11 GHz, del hemisferio norte, resultante de 2000 h de observación. Se aprecia claramente la emisión del plano de la Galaxia, así como algunas estructuras a una latitud galáctica elevada.**



**QUIJOTE 11 GHz intensity map, of the northern hemisphere, produced after 2000 hours of observation. Radiation from the galactic plane can be clearly seen, together with structures at high galactic latitude.**

are obtained by QUIJOTE or other experiments. It will also lead to improvements in our current understanding of mode B polarisation in the CMB (cosmic microwave background) and may even allow us to finally measure it.

These observations, together with other more detailed studies that have already been carried out will also make it possible to characterise radiation coming from the area around the galactic centre. This is an area of great interest due to the discovery of what is known as galactic haze in the WMAP satellite data, an excess of intensity signal produced in this region. One of the hypotheses put forward to explain this radiation is based on synchrotron radiation associated with very energetic particles produced during dark matter particle annihilation processes. The aim of these QUIJOTE observations is to determine the polarisation level of this signal, which is crucial to the attempt to evaluate the two models put forward to explain this phenomenon.

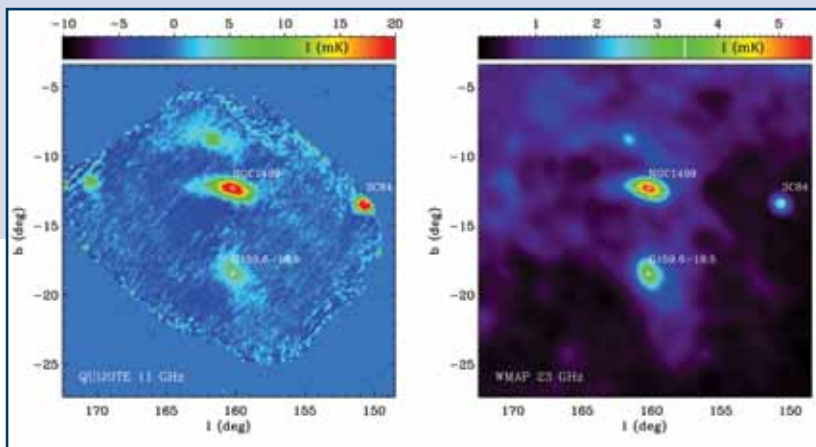


## LÍMITES SOBRE LA POLARIZACIÓN DE LA EMISIÓN ANÓMALA DE MICROONDAS

### Experimento QUIJOTE

La emisión anómala de microondas es un proceso de radiación originado en nuestra Galaxia relativamente nuevo, pues fue detectado por primera vez a finales de los años 90. Aunque han surgido diversas hipótesis para explicar el mecanismo físico que la origina, parece que el modelo que mejor se ajusta a las observaciones está basado en la emisión debida a granos de polvo interestelar en rotación. La medida de la polarización de esta emisión es importante para confirmar este modelo, pero también para determinar en qué grado podría afectar como contaminante sobre futuros experimentos diseñados para detectar la señal cosmológica de modos B en la polarización del FCM. Hasta ahora sólo existen límites superiores sobre la polarización de esta emisión, obtenidos con datos del satélite de la NASA WMAP y por algunos otros experimentos.

Con QUIJOTE se ha realizado un estudio de este tipo de emisión en la nube molecular de Perseo. En la figura se presenta el mapa en intensidad resultante de estas observaciones, a 11 GHz (también hay mapas en otras tres frecuencias: 13, 17 y 19 GHz), en comparación con el mapa obtenido por el satélite WMAP a 23 GHz en la misma región. El mapa de QUIJOTE es el resultado de unas 250 horas de observación. Se puede apreciar con claridad la correspondencia entre las estructuras observadas por los dos telescopios. La zona donde se produce la emisión anómala de microondas es la conocida como G159.6-18.5, cuya posición se indica en el mapa. Es el espectro de este tipo de emisión más preciso medido hasta ahora, junto con límites superiores sobre su fracción de polarización. Estos límites serán mejorados con futuras observaciones de QUIJOTE, que podrían permitir discernir entre los distintos modelos que han sido propuestos para explicar la emisión anómala de microondas.



*Mapa de intensidad de la región conocida como nube molecular de Perseo, obtenido por QUIJOTE a 11 GHz (izquierda), en comparación con el mapa del satélite WMAP a 23 GHz en la misma región (derecha).*

*GHz Intensity map of the region known as the Perseus molecular cloud, which was obtained by QUIJOTE (left), compared to the WMAP satellite 23 GHz map of the same region (right).*

## DEFINING POLARISATION LIMITS IN ANOMALOUS MICROWAVE RADIATION

### The Quijote Experiment

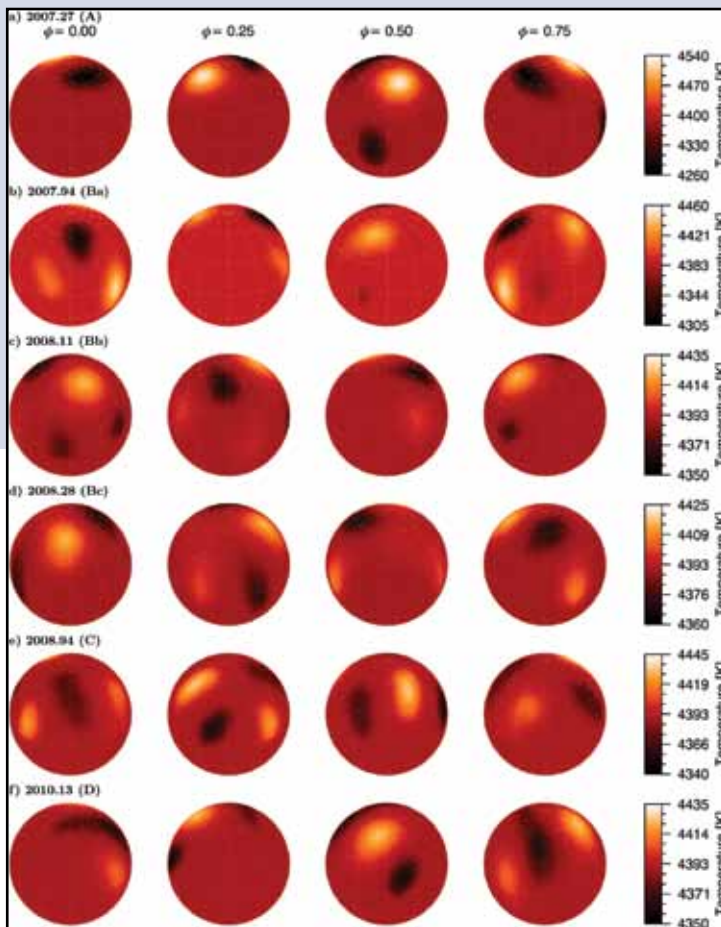
Anomalous microwave emission is a relatively new form of radiation originating from our Galaxy, which was first discovered at the end of the 1990s. Several theories have been put forward to explain the physical mechanism responsible for it, but the model that most closely matches the observations is based on emissions from rotating interstellar dust. Calculating the polarisation of these emissions is important not just for verifying this model, but also for understanding the extent to which it may act as a contaminant in future experiments to detect cosmological Mode B polarisation signals in the CMB. Up to now only maximum polarisation limits, obtained by the NASA WMAP satellite for other experiments, have been available for these emissions.

QUIJOTE is capable of studying this type of radiation in the Perseus molecular cloud. The image shows an 11 GHz intensity map produced from these observations (maps at three additional frequencies, 13, 17 and 19 GHz, are also available), compared to a 23 GHz map of the same region produced from data obtained by the WMAP satellite. The QUIJOTE map is the product of some 250 hours of observation. The correspondence between the structures observed by the two telescopes is clearly visible. The position of the area responsible for the anomalous microwave radiation, known as G159.6-18.5, is shown on the map. This is the most accurate measurement of a spectrum of this type of radiation to date. The maximum limits for its polarisation fraction were also calculated. These limits will be refined by future QUIJOTE observations, which may also provide us with sufficient information to confirm one of the two models that have been developed to explain the production of anomalous microwave radiation.

## SUPERGRANULACIÓN EN LA SUPERFICIE DE UNA GIGANTE RICA EN LI STELLA-II Y SES

Gracias a una serie temporal de cuatro años de espectroscopia de alta resolución STELLA sobre una estrella con un periodo de rotación de 47,6 d y el uso de una nueva herramienta de inversión de perfil de línea fue posible realizar la cartografía del patrón de supergranulación de superficie de una vieja gigante RGB. Seis imágenes Doppler independientes indicaron “puntos” calientes y fríos con un contraste de temperatura medio de solo 65 K con respecto a la temperatura efectiva, de los que se interpreta que se trata de zonas de convección suprimida

y aumentada respectivamente. El análisis de error indica un error de temperatura medio por píxel de superficie de tan solo  $\pm 4$  K, el más pequeño alcanzado hasta la fecha. Distintos mapas Doppler de Li 670 78 nm revelaron una morfología de superficie prácticamente idéntica, indicando un proceso de mezclado no simétrico al eje mejorado como causa de la gran abundancia de litio en la superficie, y no el que la estrella haya tragado un planeta.



*La superficie de la gigante RGB HDE233517. Se muestran tres imágenes Doppler de tres momentos representativos en 2007/2008. En cada imagen se muestran cuatro fases rotacionales. La escala de color indica la temperatura en grados Kelvin.*

*The surface of the RGB giant HDE233517. Three Doppler images for three representative epochs in 2007/2008 are shown. Each image is depicted for four rotational phases. The color scale is temperature in Kelvin.*

## SUPER-GRANULATION ON THE SURFACE OF AN LI-RICH GIANT STELLA-II & SES

A 4-year time-series of high-resolution STELLA spectroscopy of a 47.6-d rotation-period star and the application of a new line-profile inversion tool, made it possible to carry out the cartography of the surface super-granulation pattern of an old RGB giant. Six independent Doppler images indicated warm and cool “spots” with an average temperature contrast of just 65 K with respect to the effective temperature that are interpreted to be locations of

suppressed and enhanced convection, respectively. An error analysis indicates an average temperature error per surface pixel of just  $\pm 4$  K, the smallest error ever achieved so far. Separate Doppler maps from Li I 670.78nm revealed practically identical surface morphology indicating an enhanced non-axisymmetric mixing process rather than a planet engulfing as the cause for the high surface abundance of lithium.

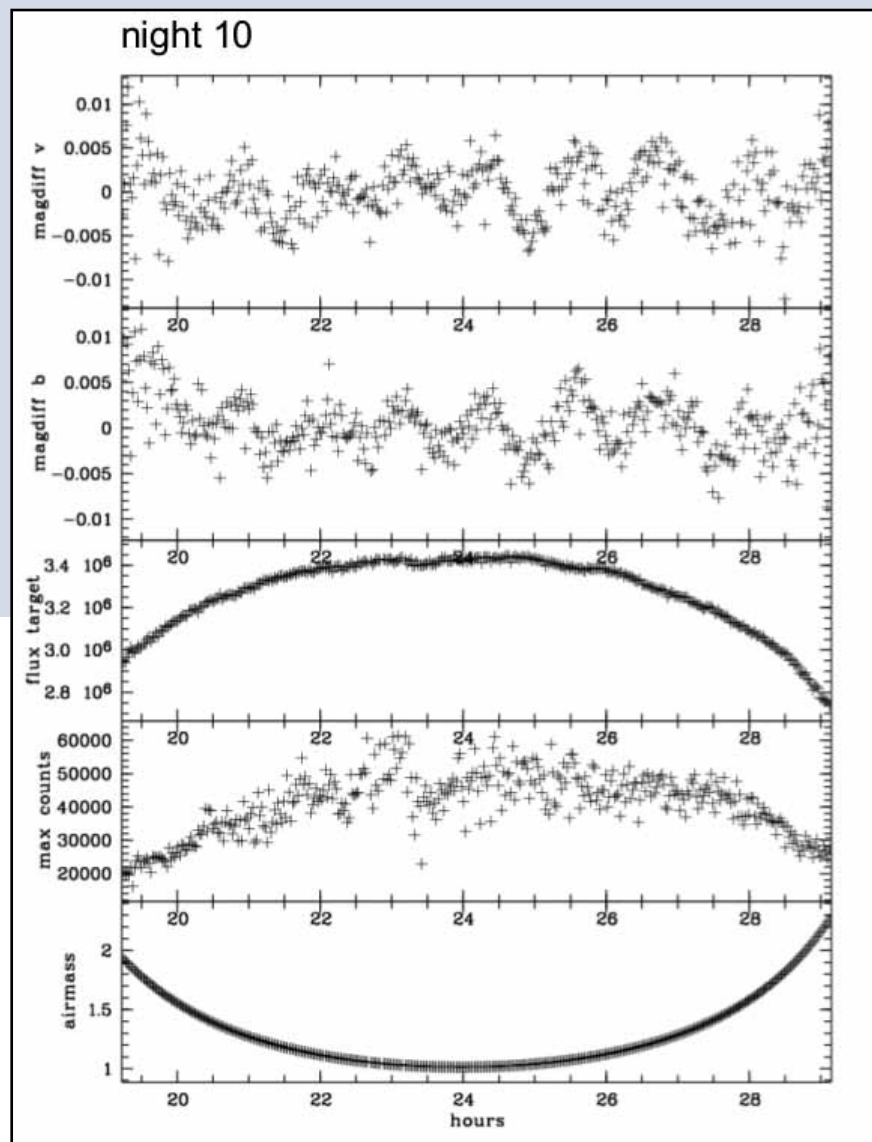
## EL ESPECTRO DE PULSACIÓN DE WASP-33 STELLA-I y WiFSIP

Se usó una campaña de fotometría de 15 noches de la estrella anfitriona del exoplaneta WASP-33 para estudiar sus pulsaciones de tipo  $\delta$ -Scuti. Gracias a los datos de STELLA/WiFSIP fue posible identificar ocho frecuencias de pulsación significativas, que probablemente estén asociadas a modos  $p$  de bajo

orden. El espectro de pulsaciones se usó a continuación para limpiar las curvas de luz de tránsito primarias y mejorar el modelo de tránsito del exoplaneta. Sin embargo, no se hallaron pruebas de una relación directa entre ninguna de las frecuencias de pulsación y el periodo orbital planetario.

*Casi 10 horas de observación nocturna continua de WASP-33 con STELLA/WiFSIP. Los paneles muestran, de arriba a abajo, las curvas de luz Strömgen y b, el flujo objetivo, el recuento máximo y la masa de aire. Las residuales fueron de un 1 mmag de media.*

*An almost 10-hour night of continuous observing of WASP-33 with STELLA/WiFSIP. The panels show, from top to bottom, the Strömgen y and b light curves, the target flux, the maximal counts, and the airmass. Residuals were on average 1 mmag.*



## THE PULSATION SPECTRUM OF WASP-33 STELLA-I and WiFSIP

A 15-night photometry campaign of the exoplanet host star WASP-33 was used to study its  $\delta$ -Scuti-type pulsations. Thanks to the STELLA/WiFSIP data it was possible to identify eight significant pulsation frequencies, which are likely associated with low-order  $p$ -modes. The pulsation spectrum was then

used to clean the primary transit light-curves and improve the exoplanet transit modeling. However, no evidence was found for a direct relation between any of the pulsation frequencies and the planetary orbital period.



*Región de la Vía Láctea con las nebulosas de La Laguna y Trífida. © Daniel López/IAC*

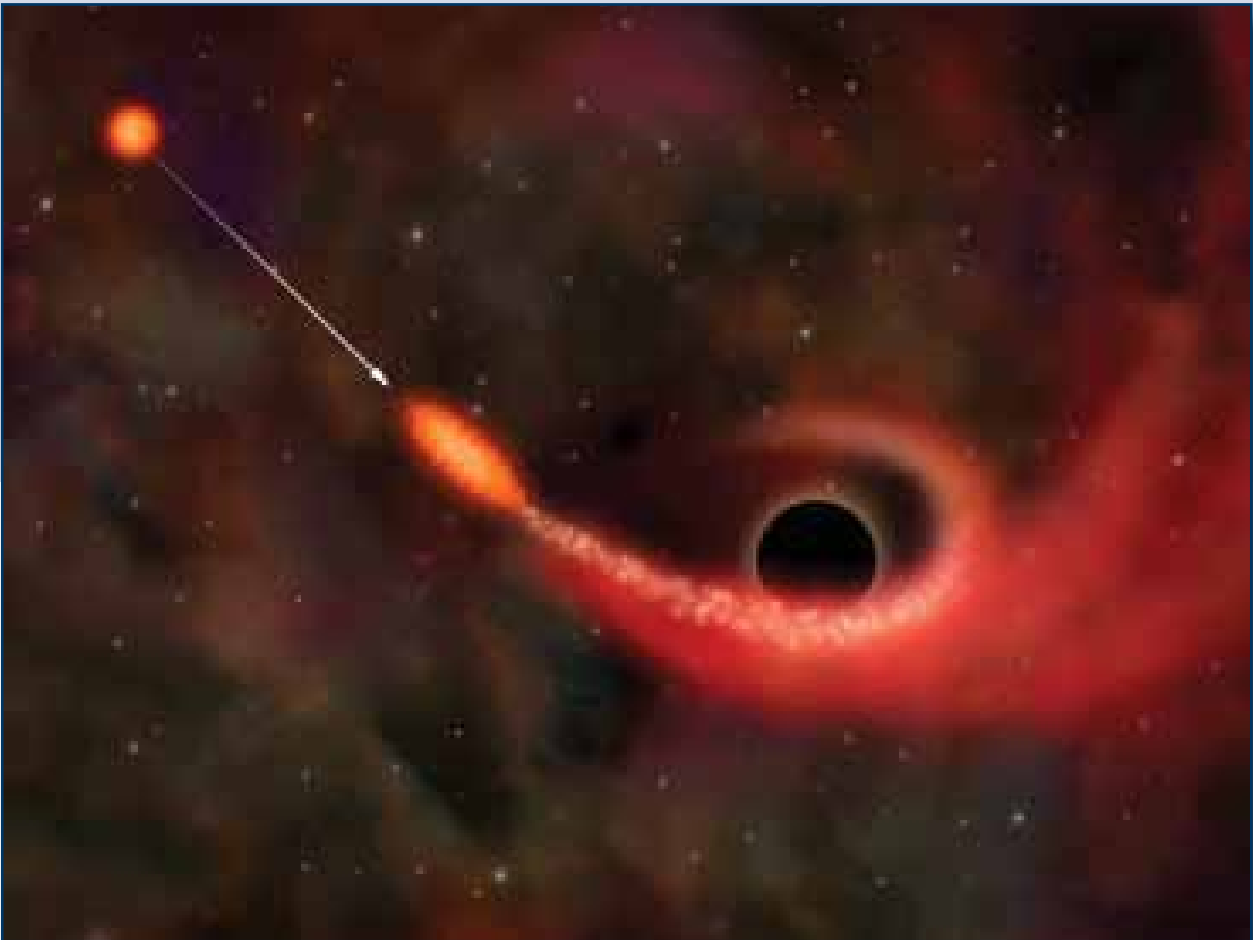


## UN AGUJERO NEGRO TOMANDO EL APERITIVO TELESCOPIO LIVERPOOL

Las observaciones realizadas con este telescopio y el satélite Swift sugieren que una estrella pudo haber sobrevivido a un encontronazo con un agujero negro. Se cree que las interacciones entre estrellas y agujeros son infrecuentes, y las descubiertas hasta la fecha han sido principalmente por casualidad. A pesar de ello, el All-Sky Automated Survey for Supernovae (ASAS-SN Cartografiado automatizado de todo el cielo en busca de supernovas) descubrió uno de estos eventos a principios de 2014, cuando

una galaxia usualmente anónima en la Osa Mayor empezó a brillar mucho más que de costumbre. De inmediato se empezaron a usar varios telescopios para monitorizar el evento, entre ellos el telescopio Liverpool.

*Una representación artística del paso de una estrella junto a un agujero negro, causando un evento de disrupción de marea (siglas en inglés TDE: "Tidal Disruption Event", imagen cortesía de CXO/NASA).*



## BLACK HOLE CAUGHT HAVING A SNACK LIVERPOOL TELESCOPE

Observations with the Telescope and the Swift satellite suggest that a star may have survived a close encounter with a black hole. Interactions between stars and black holes are thought to be rare, and to date their discovery has largely been by accident. Even so, the All-Sky Automated Survey for Super-

*An artist's impression of the passage of a star close to a black hole, causing a TDE (Tidal Disruption Event, image courtesy CXO/NASA).*

novae (ASAS-SN) discovered such an event in early 2014, when an otherwise anonymous galaxy in Ursa Major appeared significantly brighter than usual. Several telescopes, including the Liverpool Telescope, were immediately used to monitor the event.

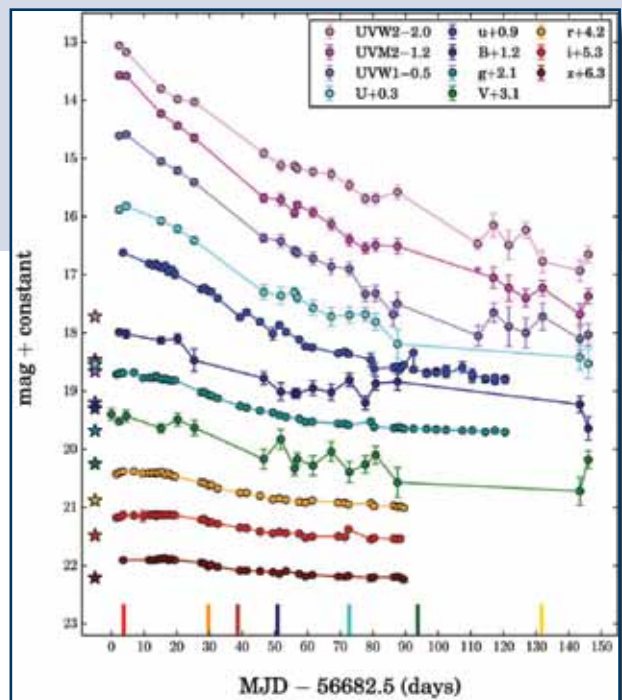
Rápidamente quedó claro que el objeto, denominado ASASSN-14a no era una supernova, sino algo completamente diferente: un evento de disrupción de marea, o TDE por sus siglas en inglés. Se cree que estos eventos se producen cuando una estrella se acerca demasiado a un agujero negro. Por suerte, parece que en este caso la estrella sobrevivió al encuentro, perdiendo tan solo un trozo de masa del tamaño de Júpiter, que fue arrancado y absorbido por el agujero negro a través de un disco de acrecimiento. La pérdida constante de brillo de este material de acrecimiento, observada a lo largo de un periodo de varias semanas con Swift y el telescopio Liverpool se corresponde con lo esperado en un TDE.

Monitorizando todo el cielo nocturno en noches alternas, el cartografiado ASAS-SN cuenta con una buena probabilidad de descubrir más eventos similares. Mientras tanto, nuestro Telescopio estará listo, esperando para reaccionar cuando se activen los indicadores de ASAS-SN y garantizar así las observaciones necesarias para entender mejor estos extraordinarios fenómenos cósmicos.

It rapidly became clear that the target, dubbed ASASSN-14a, was not a supernova, but was instead something entirely different: a Tidal Disruption Event, or TDE. Such an event is believed to occur when a star gets a little too close to a black hole. Luckily, the star in this case seems to have survived the encounter, with only a Jupiter-sized chunk of matter being ripped off and sucked into the black hole via an accretion disk. The steady decline in brightness of this accreting material, seen over a period of many weeks with Swift and the LT, matches what is expected of a TDE.

Monitoring the whole night sky every other night, the ASAS-SN survey has a good chance of detecting more of these events. In the meantime, the LT will be ready and waiting to react to ASAS-SN triggers and secure the observations needed to better understand these remarkable cosmic phenomena.

*Curvas de luz que muestran cómo el brillo (magnitud) de los desechos estelares van cambiando ininterrumpidamente a lo largo del tiempo durante el encuentro de la estrella con el agujero negro. El evento se observó a lo largo de un periodo de tiempo considerable con una variedad de filtros de captación de imágenes. Los datos de las bandas u, g, r, i y z fueron obtenidos con el Telescopio Liverpool y el resto de datos se observaron con el Swift. (MJD corresponde a las siglas inglesas de la fecha juliana modificada.)*



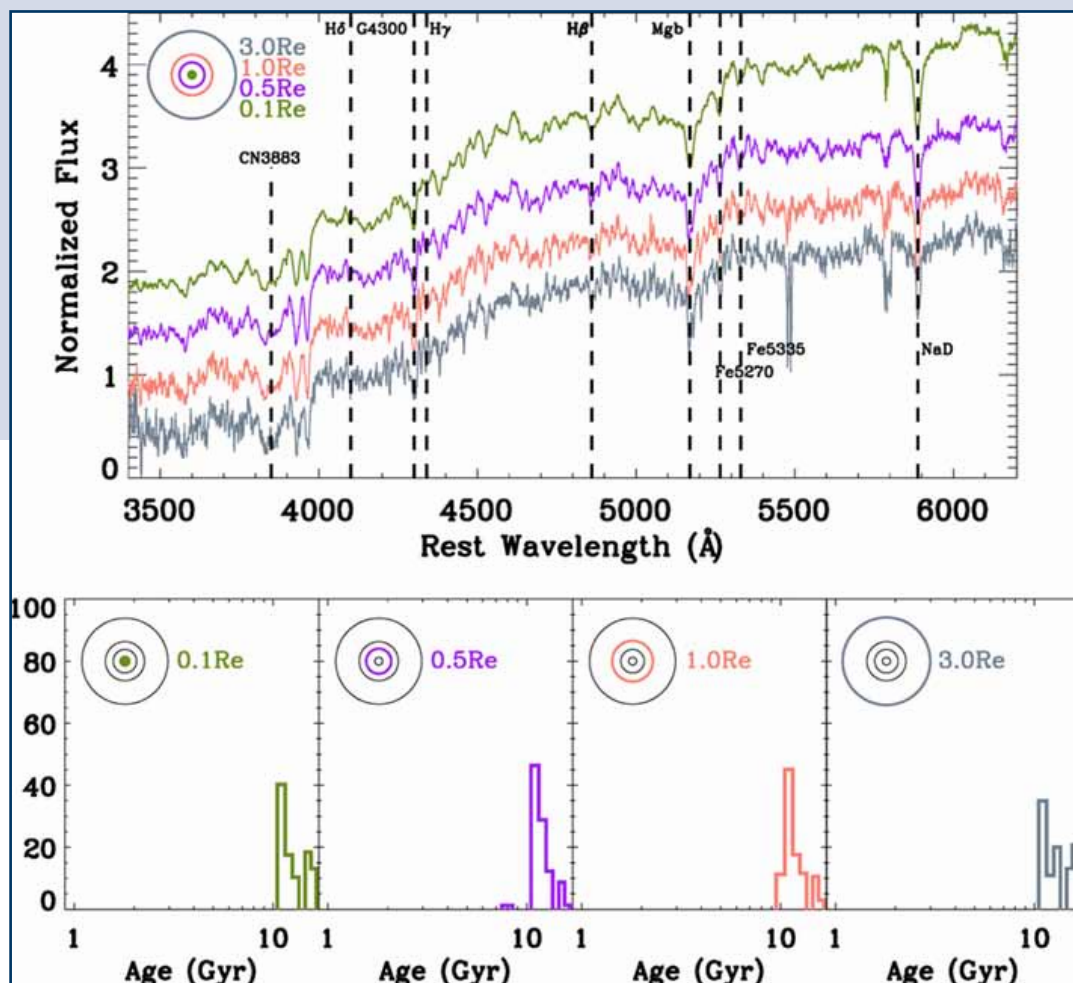
*Light curves showing how the brightness (magnitude) of the stellar debris steadily changes with time during the star's encounter with the black hole. The event was observed over a considerable period of time in a variety of imaging filters. The u, g, r, i and z-band data were secured at the LT; the other data were observed by Swift. (MJD is the Modified Julian Date.)*

## LA ESPECTROSCOPIA PROFUNDA DE ISIS REVELA UNA GALAXIA RELIQUIA MASIVA

WHT

Las galaxias reliquia masivas son galaxias primordiales formadas unos pocos miles de millones de años tras el Big Bang, pero que han permanecido esencialmente inalteradas por fusiones con otras galaxias o por la formación de estrellas. De la misma forma que los cometas y asteroides son “cápsulas del tiempo” que revelan detalles cruciales sobre la historia de la formación de nuestro sistema solar, estas galaxias reliquia son muestras fundamentales de las condiciones físicas en el universo primitivo y de los primeros pasos en la formación de las galaxias.

La identificación de esos objetos en el universo cercano es particularmente valiosa, ya que su proximidad facilitaría su estudio detallado con los telescopios actuales con una precisión que no se podría obtener con objetos similares en desplazamientos al rojo elevados. Los modelos cosmológicos predicen que ~0,1 % de las galaxias masivas cercanas son galaxias reliquia.



## A MASSIVE RELIC GALAXY REVEALED BY DEEP SPECTROSCOPY WITH ISIS

WHT

Massive relic galaxies are primordial galaxies that formed within a few billion years of the Big Bang, but which have remained essentially unchanged by mergers with other galaxies and on-going star formation. In the same way that comets and asteroids

are “time capsules”, which reveal crucial details of the formation history of our solar system, these relic galaxies are fundamental probes of the physical conditions in the primitive universe and of the first steps in galaxy formation.



NGC 1277 es una galaxia compacta lenticular situada relativamente cerca, a una distancia de 73 Mpc en el racimo de galaxias de Perseo. Al tratarse de una galaxia masiva y compacta, NGC 1277 ya muestra dos de las propiedades necesarias para ser considerada una galaxia reliquia. El espectrógrafo ISIS se usó para llevar a cabo espectroscopia óptica profunda con relación señal-ruido alta para derivar la historia de la formación estelar a lo largo de la estructura global de la galaxia. Se concluyó que las poblaciones estelares de NGC 1277 tienen una edad uniforme ( $<10$  Ga) y no se hallaron indicios de episodios más recientes de formación estelar. Las imágenes HST de archivo de NGC 1277 no muestran signos de interacciones con otras galaxias, como pueden ser asimetrías o colas de corriente, y además revelan que el perfil de densidad

de masa estelar de NGC 1277 es similar al hallado en galaxias masivas compactas jóvenes con una masa estelar parecida.

Por lo tanto, NGC 1277 cumple con los requisitos para ser considerada una galaxia reliquia masiva. Por ese motivo permite explorar con un nivel de detalle sin precedentes las propiedades del universo temprano y los procesos implicados en la creación de las primeras galaxias masivas. Su contenido de metal es superior al del Sistema Solar, y la mezcla de elementos indica un tiempo de formación muy corto para todas sus estrellas. La cuestión clave es si el alta dispersión de velocidad central (333 km/s) y la rápida rotación (300 km/s) son propiedades típicas de galaxias masivas pasivas en desplazamientos al rojo elevados.

***La distribución de energía espectral de NGC 1277 derivada de la espectroscopia de ISIS, a cuatro distancias radiales diferentes con respecto al centro de la galaxia. Los espectros se muestran en unidades arbitrarias, con el flujo normalizado por unidad de longitud de onda y desplazadas para una mayor claridad. El panel inferior muestra las historias de formación estelar a diferentes distancias radiales, lo que representa la fracción de masa creada en cada época. No se encuentran estrellas de edades inferiores a los 10 Ga, por lo que el desplazamiento al rojo de la formación es de al menos  $z=2$ .***

***The spectral energy distribution of NGC 1277 derived from ISIS spectroscopy, at four different radial distances from the galaxy centre. Spectra are shown in arbitrary units, with the flux normalized per unit wavelength, and shifted for clarity. The bottom panel shows the star formation histories at different radial distances, which represents the fraction of mass created at each epoch. No stars are found with ages below 10 Gyr, therefore the formation redshift is at least  $z=2$ .***

Identification of such objects in the nearby universe would be especially prized, since their proximity would make them amenable to detailed study with current telescopes with a precision that could not be achieved for similar objects at high redshifts. Cosmological models predict that  $\sim 0.1\%$  of nearby massive galaxies are expected to be relic galaxies.

NGC 1277 is a compact, lenticular galaxy located relatively nearby, at a distance of 73 Mpc in the Perseus galaxy cluster. As a massive and compact galaxy, NGC 1277 already exhibits two properties necessary for a massive galaxy to be considered a relic. The ISIS spectrograph was used to carry out deep, high signal-to-noise optical spectroscopy to derive the star formation history across the global structure of the galaxy. It has been concluded that the stellar populations in NGC 1277 are uniformly old ( $>10$  Gyr) and no evidence has been found for more recent episodes of star formation. Archival

HST images of NGC 1277 show no signatures of interactions with other galaxies, such as asymmetries and tidal tails, and furthermore reveal that the stellar mass density profile of NGC 1277 resembles those found for young, compact massive galaxies with similar stellar mass.

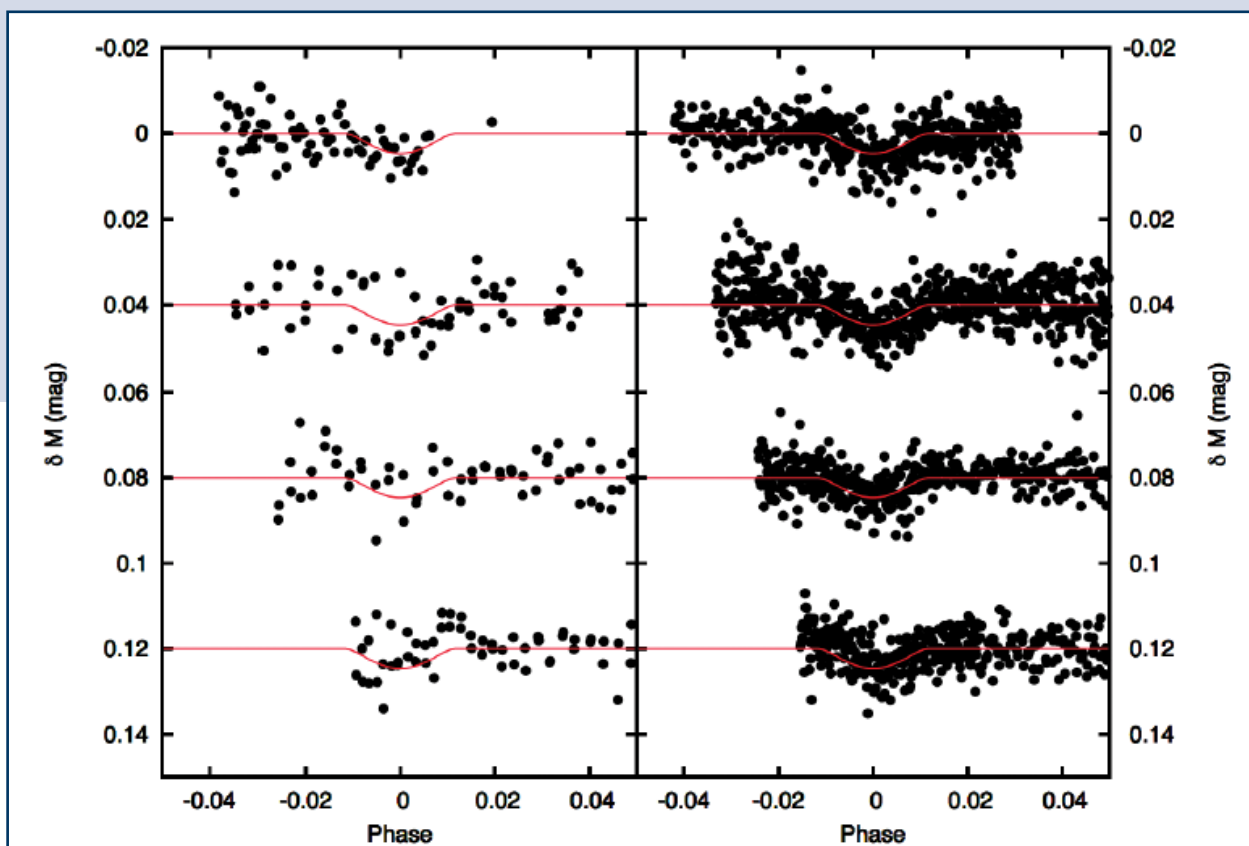
NGC 1277 therefore satisfies the requirements to be considered a massive, relic galaxy and can be used in the exploration in unprecedented detail of the properties of the early universe and the processes involved in the assembly of the first massive galaxies. Its metal content is higher than Solar, and the mixture of elements indicates a very short formation time for the entirety of its stars. A key question is whether the high central velocity dispersion (333 km/s) and rapid rotation (300 km/s) may be typical properties of massive, passive galaxies at high redshift.

## NEPTUNOS CALIENTES Y PLANETAS DE PERIODO LARGO

### SuperWASP

Hace un par de años se actualizó el hardware del SuperWASP para minimizar el ruido del instrumental. Los frutos de esa mejora están empezando a cosecharse ahora. En la Figura 1 mostramos observaciones realizadas con el SuperWASP antes y después de la actualización. En ella se muestra claramente que el sistema es capaz de detectar un tránsito de 4 millimag. Ahora, el sistema puede detectar con fiabilidad neptunos calientes alrededor de estrellas solares. Dado que SuperWASP tiene un campo de visión 5 veces mayor que Kepler, es capaz de ver muchas más estrellas brillantes, lo cual es esencial para los experimentos de seguimiento.

*Fig. 1: Observaciones del descubrimiento de un planeta en tránsito de 4 millimag. El panel izquierdo muestra las observaciones del SuperWASP antes de la mejora del hardware. Se puede apreciar claramente la mejora en la cadencia, las características del ruido y la precisión de las observaciones posteriores a la mejora (panel derecho).*



## HOT-NEPTUNES AND LONGER PERIOD PLANETS

### SuperWASP

A couple of years ago the SuperWASP hardware was upgraded in order to minimize instrumental noise. The fruits of that upgrade are now becoming clear. Figure 1 presents observations from SuperWASP pre- and post-upgrade. This clearly shows that the system is capable of detecting a 4 millimag single transit event. The system is now capable of reliably detecting hot Neptunes around solar type stars. As SuperWASP has 5x the Kepler field of view it sees many more bright stars, which are critical for follow-up experiments.

*Fig. 1: Discovery observations of a 4 millimag transiting planet. The left panel shows SuperWASP observations prior to the hardware upgrade. The improved cadence, noise characteristics and accuracy of the post-upgrade observations (right panel) is clear.*

Las observaciones de un tránsito con SuperWASP han permitido (o están permitiendo) confirmar la existencia de otros planetas interesantes. Este rendimiento sin precedentes es algo nuevo en cartografiados terrestres, y está siendo explotado (tras la demostración en el SuperWASP) en el NGTS, que está siendo puesto a punto en estos momentos en Paranal, Chile. La reducción de datos del último periodo y la confirmación planetaria están ya en camino, esperándose obtener los resultados a lo largo de este año.

El propio proyecto WASP sigue cosechando también bastantes éxitos. Las estadísticas de publicación de los últimos años demuestran que los planetas WASP siguen contando con una gran demanda, estando WASP-1b/2b/3b/12b y 33b entre los planetas más citados. La razón para ello es que los planetas WASP cuentan con algunas de las estrellas anfitrionas más brillantes (por ejemplo, la estrella anfitriona de la imagen 1 cuenta con  $V=8,6$ , lo que lo sitúa en un 1,5 % superior de los planetas en tránsito). El brillo es absolutamente esencial para todos los experimentos de seguimiento, tales como los estudios atmosféricos, por lo que esos WASPs seguirán siendo importantes hasta el lanzamiento de TESS y PLATO.

**Tabla 1: Publicaciones evaluadas cuyo título nombra a un planeta de los proyectos de búsqueda de tránsitos, además de citas sobre esas publicaciones (Búsqueda de títulos en ADS de los términos WASP-n, Kepler-n, KOI-n, HAT-P-n, HATS-n, CoRoT-Exo-n, CoRoT-n, KELT-n; enero de 2015).**

Project	2013/14 Papers	Total Papers	Total Cites
WASP	82	208	4947
Kepler	77	161	4416
HAT/HATS	40	117	3114
CoRoT	12	95	3331
KELT	3	5	53

**Table 1: Refereed papers with a title naming a planet from each transit-search project, plus citations to those papers (ADS title search on WASP-n, Kepler-n, KOI-n, HAT-P-n, HATS-n, CoRoT-Exo-n, CoRoT-n, KELT-n; Jan 2015).**

Other interesting planets have been (or are being) confirmed from a single transit observation with SuperWASP. This unprecedented performance is new for a ground based survey and is being rolled out (after demonstration on SuperWASP) on NGTS, currently under commissioning at Paranal, Chile. Data reduction from the last period and planetary confirmation is now underway and results are expected within the current year.

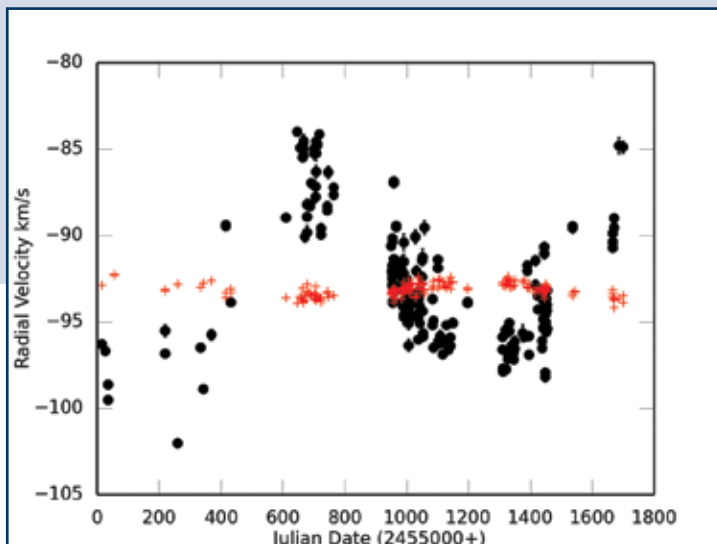
The WASP Project itself remains remarkably successful. The publication statistics from the last few years demonstrate that WASP planets remain in high demand with WASP-1b/2b/3b/12b and 33b amongst the highest cited planets. The reason for this is that WASP planets have some of the brightest host stars (e.g. the host star in Figure 1 has  $V=8.6$  placing it amongst the top 1.5% of transiting planets). For all follow-up experiments, such as atmospheric studies, brightness is absolutely vital and so these WASPs will continue to be important until the launch of TESS and PLATO.

## BINARIAS ESPECTROSCÓPICAS CON ÓRBITAS LARGAS MERCATOR

El impacto de la multiplicidad en la evolución de estrellas de masa baja a intermedia es un dominio relevante, y sin embargo poco comprendido de la astrofísica estelar. Las interacciones entre la laxa envoltura de una (super)gigante y la atracción gravitatoria de su acompañante tienen como resultado un variopinto zoo de peculiares objetos. La binariedad no es solo responsable de objetos espectaculares, (como las supernovas de tipo Ia, las supernovas sublumínicas, las fuentes de ondas gravitacionales y las explosiones de novae), sino también de sistemas menos energéticos (como estrellas subenanas B, estrellas de bario, variables cataclísmicas, etc.). Además, los procesos de interacción binaria también influyen en la formación de las nebulosas planetarias (NPs). Por eso, la física de las interacciones binarias desempeña un papel fundamental

a la hora de comprender la evolución estelar y la evolución química del universo. La combinación del modelo operativo de MERCATOR equipado con un espectrógrafo HERMES muy estable y eficiente lo convierte en la herramienta ideal para estudiar los procesos de interacción binaria que se producen en binarias espectroscópicas con órbitas largas.

La investigación se centró también en las estrellas centrales de nebulosas planetarias (NPs), debido a que aún queda mucho por aprender con respecto al papel de los procesos de interacción binarios en la formación de las NPs y de sus progenitores, las nebulosas protoplanetarias (NPPs). Obtener evidencia observacional directa de la naturaleza binaria de la estrella central de NPs y NPPs oscurecidas es notoriamente difícil, y todas las técnicas tienen sus márgenes de error específicos. Hasta la fecha, el método más exitoso es la detección de la modulación orbital en la curva de luz, con el que se ha conseguido descubrir unos 40 sistemas. La modulación



*Fig. 1: La serie temporal de velocidad radial de BD+33° 2642 en negro. Las cruces rojas muestran la serie temporal de la velocidad radial de las líneas nebulares. La órbita de la binaria central de unos 1.100 días.*

*Fig. 1: The radial velocity time series of BD+33° 2642 in black. The red plusses show the time series of the radial velocity of the nebular lines. The orbit of the central binary is around 1100days.*

## SPECTROSCOPIC BINARIES WITH LONG ORBITS MERCATOR

The impact of multiplicity on the evolution of low- to intermediate-mass stars is an important yet poorly understood domain of stellar astrophysics. The interactions between the loosely bound envelope of a (super)giant and the gravitational pull of its companion result in a diverse zoo of peculiar objects. Binariness is not only responsible for spectacular objects (like supernovae type Ia, sub-luminous supernovae, gravitational wave sources and novae explosions), but also for less energetic systems (like sub-dwarf B stars, barium stars, cataclysmic variables, etc.). Furthermore, binary interaction processes also influence the shaping of planetary nebulae (PNe). Therefore, binary interaction physics plays a funda-

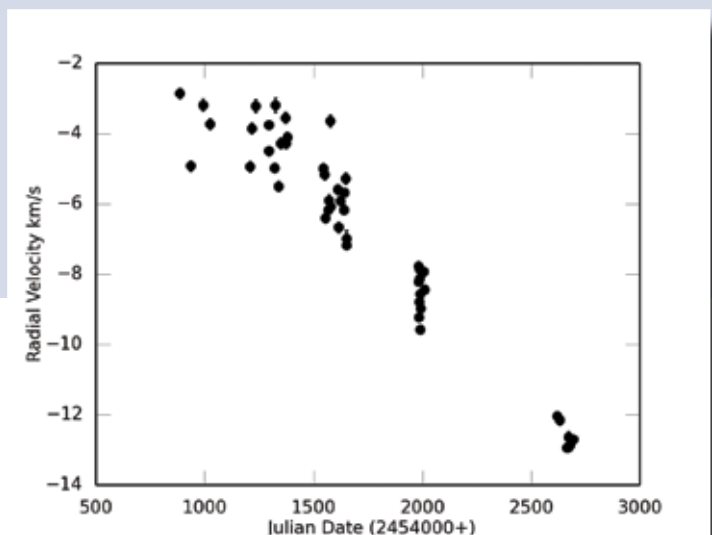
mental role in understanding stellar evolution and the chemical evolution of the Universe. The combination of the operational model of MERCATOR equipped with a very stable and highly efficient spectrograph HERMES, makes it an ideal tool to study binary interaction processes which take place in spectroscopic binaries with long orbits.

Research was also focused on central stars of Planetary nebulae (PNe), because the role of binary interaction processes in the shape and shaping of PNe and their progenitors, the proto-planetary nebulae (PPNe), is far from understood. Direct observational evidence of the binary nature of the central star of PNe and obscured PPNe is notoriously difficult to obtain and all the techniques have their specific biases. The most successful method so far is the detection of orbital modulation in the light curve,

puede ser causada por una deformación elipsoide, eclipses o la irradiación del componente caliente al componente frío. Estos métodos fotométricos son sólo sensibles a sistemas que han caído en espiral hacia el interior durante una fase CE y tienen ahora un periodo inferior a unos 10 días. La combinación Mercator + HERMES se usó para realizar el primer descubrimiento de dos binarias espectroscópicas no interactuantes entre las estrellas centrales de las NPs. Y el descubrimiento no estuvo exento de sorpresas: uno de los objetos es un extraño halo de NP BD+ 33° 2642 (véase imagen 1), también conocido como estándar espectrofotométrico (PNG 052,7+ 50,7). Este objeto resultó ser una binaria con un periodo orbital bien cubierto de 1.100 días. Curiosamente, el objeto también es peculiar desde punto de vista químico y su fotosfera es pobre en elementos refractarios. Esto similar a lo que se suele encontrar en objetos conocidos como binarias gigantes de la rama post-asintótica, que son estrellas de tipo F-G en camino de convertirse en NPs.

**Fig. 2:** La serie temporal de velocidad radial de LoTr5. A pesar de la monitorización a largo plazo, aún no se ha cubierto la órbita completa.

**Fig. 2:** The radial velocity time series of LoTr5. Despite the long-term monitoring, the full orbit is not yet covered.



which led to the discovery of about 40 systems. The modulation can be caused by ellipsoidal deformation, eclipses, or irradiation of the cool component by the hot component. These photometric methods are only sensitive to systems that have spiraled-in during a CE phase and have now a period shorter than about 10 days. The Mercator+HERMES combination was used to make the first discovery of two wide spectroscopic binaries among central stars of PNe. And the discovery was not without surprises: one of the object is a rare halo PNe BD+ 33° 2642 (see Fig. 1), also known as a spectrophotometric standard (PNG 052.7+ 50.7). This object turned out to be a binary with a well-covered orbital period of 1100days. Interestingly the object is also chemically peculiar and the photosphere is poor in refractory elements. This is similar to what is commonly found

El otro objeto es LoTr5, que tiene una componente de rotación rápida, rica en “proceso s” en el sistema, combinada con una enana blanca muy caliente. Por eso se supo que se trataba de una binaria pero no se detectó la órbita. Gracias a las series temporales de HERMES, se ha conseguido resolver el movimiento orbital pero aún no se ha cubierto todo el período orbital (>2.000 días). Este importante hallazgo ilustra que, de hecho, las binarias espectroscópicas no interactuantes también pueden encontrarse en las estrellas centrales de NPs siempre y cuando sea posible monitorizar a largo plazo las velocidades radiales. Estos hallazgos contribuyen de forma significativa al debate actual centrado en el papel de la multiplicidad en la forma y en los procesos de formación de las NPs.

it objects known as post-Asymptotic Giant Branch binaries, which are F-G type stars on the way to become PNe.

The other object is LoTr5, which has a rapidly rotating, s-process rich component in the system, in combination with a very hot White Dwarf. It was hence known to be a binary but the orbit was not detected. Thanks to the HERMES time series, the orbital motion is indeed resolved but the full orbital period (>2000d) is not covered yet. The important finding illustrates that indeed wide spectroscopic binaries can also be found in the central stars of PNe provided long-term monitoring of the radial velocities are possible. These findings are important contributors to the current debate focusing in the role of multiplicity in the shape and shaping processes of PNe.

## OBSERVACIONES ÓPTICAS e INFRARROJO CERCANO de SN 2011dh – Los primeros 100 días.

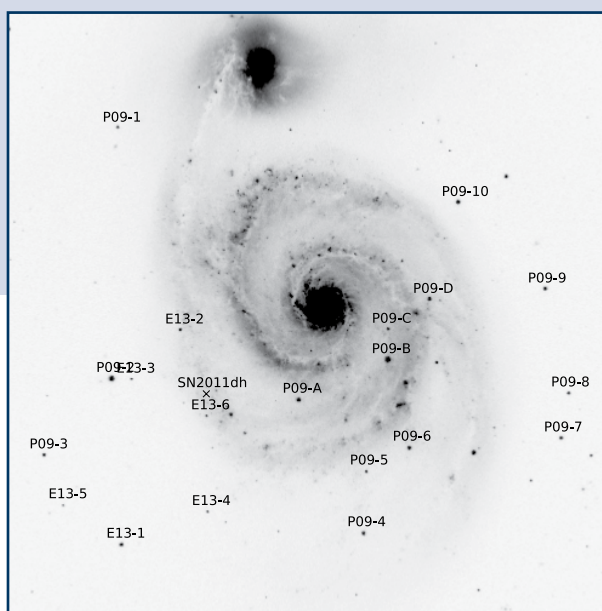
Telescopio Carlos Sánchez

Las supernovas de núcleo colapsante (SNs) se forman debido al colapso gravitatorio del núcleo de estrellas masivas. La diversidad de los eventos que observamos refleja la diversidad de las estrellas progenitoras y de su medio circumestelar (CSM). En concreto, el punto hasta el que la estrella ha perdido su envoltura de hidrógeno tiene un gran impacto en las propiedades observadas en la SN. Por ejemplo, las SNs de tipo IIb son una subclase infrecuente caracterizada por presentar una transición desde un espectro dominado por el hidrógeno (SNs de tipo II normales) en las fases tempranas de su evolución hasta mostrar un espectro rico en He I más tarde (espectro típico de una SN de tipo Ib). Se cree que estas SNs surgen de estrellas que han perdido la mayor parte, pero no toda, de su envoltura de hidrógeno. El mejor ejemplo de ese tipo de SN es 1993J, cuya estrella progenitora fue una supergigante amarilla (extensa) de la que se cree que perdió la mayoría de su envoltorio de hidrógeno debido a la interacción con su estrella acompañante azul (compacta). Dada la rareza de este tipo de SN, la monitorización de alta calidad a distintas longitu-

des de onda y posterior modelado detallado de los datos son cruciales para mejorar nuestra comprensión de este tipo de supernovas y de sus estrellas progenitoras.

Por lo tanto, tras el descubrimiento de SN 2011dh en mayo de 2011, 31,89 UT, en la galaxia cercana M51 (a una distancia de unos ocho Mpc, Fig. 1) se inició la recopilación de un extenso conjunto de datos ópticos y de infrarrojo cercano (NIR) para esa SN como parte de un proyecto de colaboración más amplio entre observadores europeos. El conjunto de datos incluye aproximadamente un 45% del tiempo de imágenes NIR captadas con el

**Fig. 1: Imagen de la banda SDSS r de M51. Se ha etiquetado el emplazamiento de la SN 2011dh y de las estrellas usadas para la calibración fotométrica. El norte está arriba y el este a la izquierda.**



**Fig. 1: SDSS r band image of M51. The SN 2011dh location and the stars used for the photometric calibration are labelled. North is to the top and East to the left.**

## OPTICAL & NEAR-INFRARED OBSERVATIONS of SN 2011dh – The First 100 Days.

Carlos Sanchez Telescope

Core-collapse supernovae (SNe) are caused by the gravitational collapse of the core in massive stars. The diversity of the events observed reflects the diversity of the progenitor stars and their surrounding circumstellar media (CSM). In particular, the extent to which the star has lost its hydrogen envelope has a profound impact on the observed properties of the SN. Type IIb SNe are, for example, an infrequent subclass characterized by presenting a transition from hydrogen-dominated spectra (normal type II SNe) at early phases in their evolution to He I-rich spectra at later times (typical spectrum of a type Ib SN). These SNe are thought to arise from stars that have lost most, but not all, of their hydrogen envelope. The prime example of such a SN is 1993J, where the progenitor star was a yellow (extended) supergiant proposed to have lost most of its hydrogen envelope through interaction with its blue (compact) companion star. Given the rarity of this SN type, high quality multi-wavelength monitoring of them followed by detailed modelling of the data is crucial to improve our understanding of this type of SNe and their progenitor stars.

Therefore, with the discovery of SN 2011dh on 2011 May 31.89 UT in the nearby galaxy M51 (at a distance of about 8 Mpc; Fig. 1), an extensive optical and near-infrared (NIR) dataset for such a SN was started as part of a broad collaboration of European observers. The dataset includes ~45% of epochs of NIR imaging taken with the TCS+CAIN. This sample was complemented with SWIFT ultra-violet (UV) and Spitzer mid-infrared (MIR) data (see Fig. 2). An UV to MIR bolometric light curve was built using

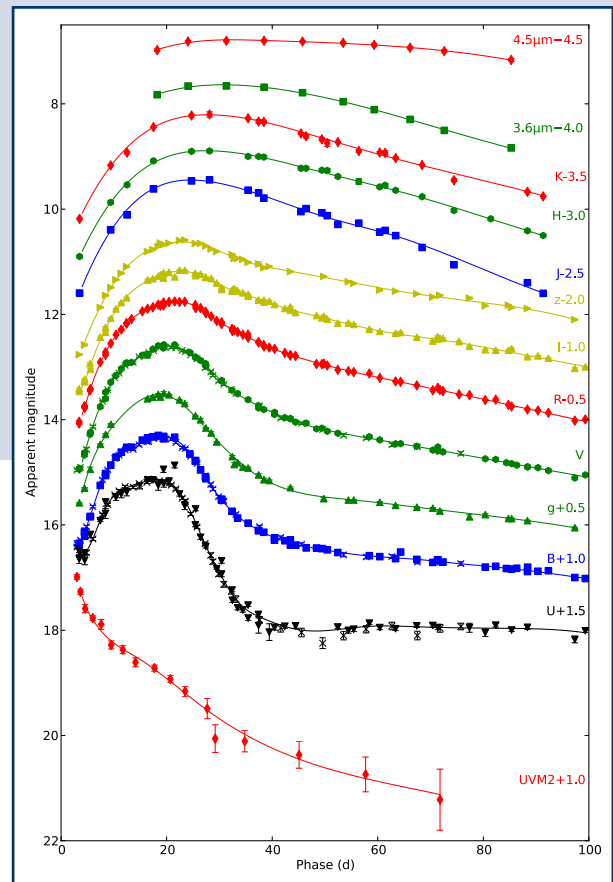
TCS+CAIN. Se complementó esta muestra con datos SWIFT ultravioletas (UV) y Spitzer de infrarrojo medio (MIR) (véase Fig. 2). Se creó una curva bolométrica de UV a MIR usando datos fotométricos y espectroscópicos. Esta curva de luz, junto con la velocidad fotosférica estimada a partir del mínimo de absorción de la línea FeII 5169 Å, proporciona la base observacional para el modelo hidrodinámico que se ha publicado. Con esta investigación se ha averiguado que el mínimo de absorción de las líneas de hidrógeno nunca está por debajo de  $\sim 11000$  km s $^{-1}$ , y sin embargo se aproxima a este valor a medida que las líneas se debilitan. Eso sugiere que la interfaz entre el núcleo de helio y la envoltura rica en hidrógeno se encuentra cerca de esta velocidad. El modelado espectral de las líneas de hidrógeno apoya esta conclusión, y se descubrió que una masa de hidrógeno de 0,01-0,04 Mo concuerda con la evolución espectral observada. Se ha

**Fig. 2:** Evolución fotométrica de SN 2011dh en las bandas UV, óptica, NIR y MIR. Para una mayor claridad, se han desplazado en magnitud cada una de las bandas. Cada curva de luz se ha anotado con el nombre de la banda y el desplazamiento aplicado. También mostramos la fotometría SWIFT JC (cruces) y splines cúbicos (líneas continuas).

**Fig. 2:** Photometric evolution of SN 2011dh in the UV, optical, NIR and MIR. For clarity each band has been shifted in magnitude. Each light curve has been annotated with the name of the band and the shift applied. The SWIFT JC photometry (crosses) and cubic spline fits (solid lines) are also shown.

both photometric and spectroscopic data. This light curve, together with the photospheric velocity as estimated from the absorption minimum of the FeII 5169 Å line, provides the observational basis for the hydrodynamical modelling that has been published. It has been found in this research that the absorption minimum for the hydrogen lines is never seen below  $\sim 11000$  km s $^{-1}$ , however it approaches this value as the lines get weaker. This suggests that the interface between the helium core and hydrogen rich envelope is located near this velocity. Spectral modelling of the hydrogen lines supports this conclusion and it was found that a hydrogen mass of 0.01-0.04 Mo is consistent with the observed spectral evolution. It has been estimated that the photosphere reaches the interface between the helium core and the hydrogen rich envelope at 5-7 days, whereas the helium lines appear between  $\sim 10$  and  $\sim 15$  days, close to the photosphere and then move outward in velocity until  $\sim 40$  days. This suggests

that increasing non-thermal excitation due to decreasing optical depth for the  $\gamma$ -rays is driving the early evolution of these lines. Studying the Spitzer 4.5  $\mu$ m band, a significant flux excess as compared to the NIR and the 3.6  $\mu$ m Spitzer band was discovered, this has been attributed to CO fundamental band emission or a thermal dust echo in the CSM.

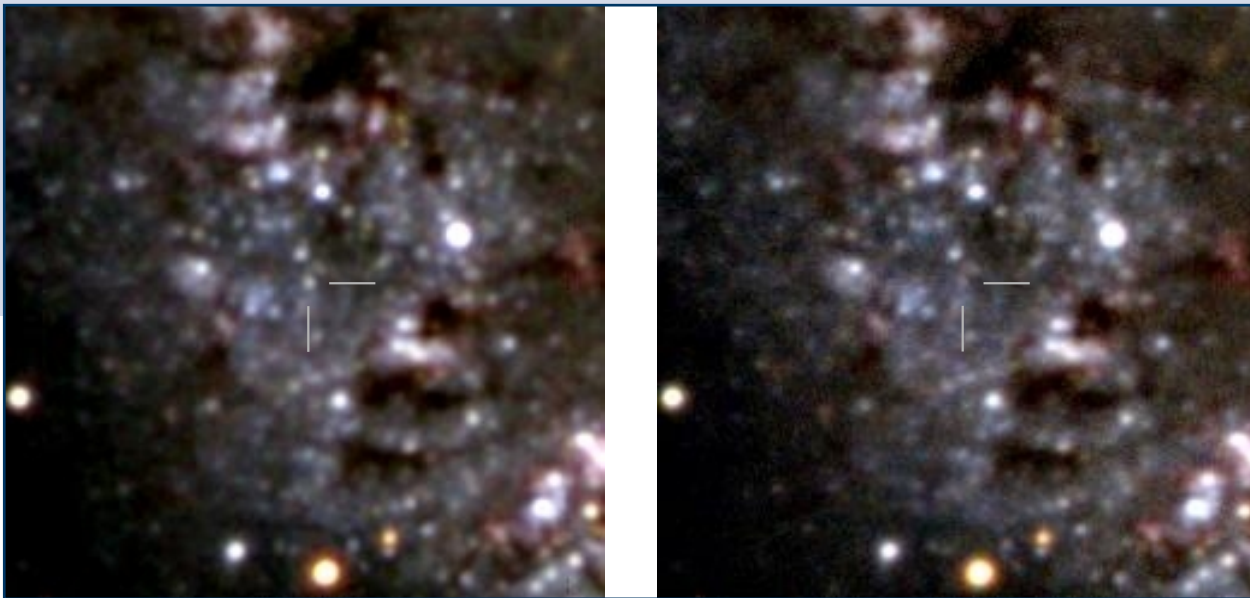


that increasing non-thermal excitation due to decreasing optical depth for the  $\gamma$ -rays is driving the early evolution of these lines. Studying the Spitzer 4.5  $\mu$ m band, a significant flux excess as compared to the NIR and the 3.6  $\mu$ m Spitzer band was discovered, this has been attributed to CO fundamental band emission or a thermal dust echo in the CSM.

Además, la comparación de las observaciones previas y posteriores a la explosión (de ~600 a ~730 días pasada la explosión) del emplazamiento de la SN muestran que el flujo de la supergigante amarilla propuesta como progenitora de la SN 2011dh se redujo al menos en un 75 % (Fig 3). La velocidad de declive de las bandas B, V y r de 0,0073, 0,0090 y 0,0053 mag por día-1, respectivamente, son coherentes con el flujo remanente que emite la SN. Por tanto, aunque no se puede excluir una pequeña contribución al flujo previo a la explosión por parte de otras fuentes, la evidencia indica que la estrella

sí es la progenitora de la SN 2011dh, tal y como se había sugerido anteriormente, y que también es coherente con los resultados del modelado hidrodinámico. De estos resultados se puede inferir la conclusión de que un núcleo de helio prácticamente desnudo con una masa de 3,3-4,0  $M_{\odot}$  rodeado por una envoltura delgada pero rica en hidrogeno que se extiende hasta 200-300  $R_{\odot}$  explotó con la energía correspondiente a  $0.6-1.0 \times 10^{51}$  erg, emitiendo una masa de 1,8-2,5  $M_{\odot}$ , de la cual 0.05-0.10  $M_{\odot}$  estaba compuesta de  $^{56}\text{Ni}$  sintetizado.

**Fig. 3: Composición cromática del momento previo (panel izquierdo) y posterior (panel derecho) a la explosión, imágenes tomadas por el NOT en el ORM. Se han escalado los valores RGB para hacer coincidir el número de fotones.**



**Fig. 3: Colour composite of the pre- (left panel) and post- (right panel) explosion, imaging by the NOT at ORM. The RGB values have been scaled to match the number of photons.**

Additionally, the comparison of pre- and post-explosion (from ~600 to ~730 days past explosion) observations of the SN site, shows that the flux from the yellow supergiant proposed as the progenitor of SN 2011dh, has been reduced with by at least 75% (Fig. 3). The B, V and r band decline rates of 0.0073, 0.0090 and 0.0053 mag day<sup>-1</sup> respectively, are consistent with the remaining flux being emitted by the SN. Hence, although a minor contribution to the pre-explosion flux from other sources cannot be

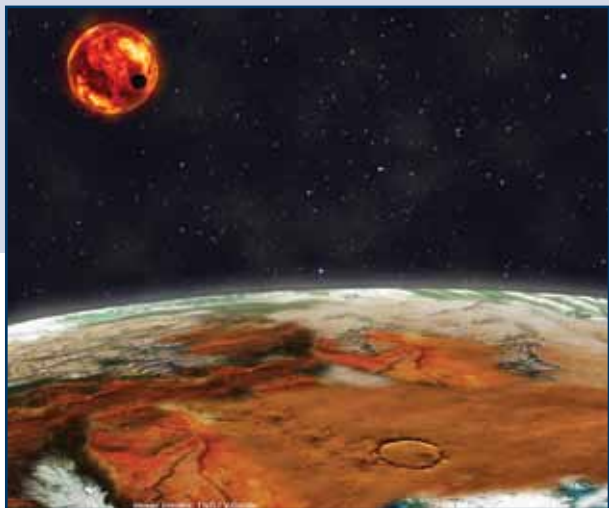
excluded, the evidence indicates that the star was indeed the progenitor of SN 2011dh, as previously suggested and which is also consistent with the results from the hydrodynamical modelling. These results infer the conclusion that an almost bare helium core with a mass of 3.3-4.0  $M_{\odot}$  surrounded by a thin hydrogen rich envelope extending to 200-300  $R_{\odot}$  exploded with an energy of  $0.6-1.0 \times 10^{51}$  erg ejecting a mass of 1.8-2.5  $M_{\odot}$  of which 0.05-0.10  $M_{\odot}$  consisted of synthesised  $^{56}\text{Ni}$ .



## HARPS-N ENCUENTRA LA PRIMERA MEGATIERRA TNG

El cazaplanetas Harps-N, el espectrógrafo de alta precisión instalado en el telescopio Nazionale Galileo (TNG) desde hace dos años, ha permitido a astrónomos del consorcio establecido entre Italia, EE.UU., Reino Unido y Suiza descubrir un planeta con una composición similar a la de la Tierra, pero 17 veces más pesado.

El planeta Kepler-10c fue descubierto por primera vez por el satélite Kepler de la NASA; este midió sus dimensiones, que son de 2,3 veces el diámetro de la Tierra. Pero solo gracias a la observación continua durante 2 años usando el Harps-N ha sido posible determinar su masa, averiguando que posee la densidad de un planeta rocoso, como el nuestro. Este hecho fue bastante sorprendente. De hecho, las teorías actuales no predicen la posibilidad de la formación de planetas rocosos tan grandes, que en



## HARPS-N FINDS THE FIRST MEGAEARTH TNG

The planet hunter Harps-N, the high precision spectrograph hosted by Telescopio Nazionale Galileo (TNG) since two years, allowed astronomers of an Italy-USA-UK-Switzerland Consortium to find a planet showing a composition similar to our Earth, but 17 times heavier.

The Kepler-10c planet was first discovered by NASA's Kepler satellite, measuring its dimensions, which are 2.3 times the Earth's diameter. But only thanks to continuous observation lasting 2 years using Harps-N was it possible to determine its mass, yielding a density of a rocky planet like ours. This was kind of a surprise. Current theories, in fact, do not foresee the possibility of the formation of such big rocky planets, which in our solar system occurs

nuestro sistema solar se dan en forma de neptunos helados. Este nuevo descubrimiento amplía la posibilidad de encontrar planetas en zonas habitables.

Cada 45 días, Kepler-10c orbita alrededor de su estrella de tipo solar, que es de una edad notablemente avanzada: 11.000 millones de años, comparada con nuestro sistema, más joven, de 4.500 millones de años. El descubrimiento de un planeta denso en un sistema de tanta antigüedad tiene un impacto en nuestra visión del universo primitivo. Si fue posible que se formara un planeta rocoso cuando el universo contaba tan solo con 3.000 millones de años, sabemos entonces que ya se había creado una cantidad nada desdeñable de elementos pesados que se integraron en la primera generación de estrellas. Este es otro punto que favorece el descubrimiento de planetas gemelos a la Tierra que también estuvieron presentes en las primeras etapas de la vida del universo.

El sistema solar Kepler-10 se encuentra a una distancia de 560 años luz de nosotros, en dirección a la constelación Draco. Además de la megatierra (planeta 10c), Kepler también detectó un planeta de lava, Kepler 10-b, con una masa que triplica la de la Tierra y que orbita muy cerca de su estrella en tan solo 20 horas.

*Representación artística del sistema solar Kepler 10.*

*An artist's view of the Kepler-10 solar system.*

in the form of iced Neptunes. This new discovery widens the possibility to find planets in habitable zones.

Every 45 days Kepler-10c orbits its solar type star, which is a remarkably old star: 11 billion years, compared with our younger Solar system aged 4.5 billion. This discovery of a dense planet in such an old system has consequences on our vision of the primeval universe. If a rocky planet could form when the universe was only 3 billion years old, we know that a non-negligible amount of heavy elements had already been created and circulated in the first generation of stars. This is yet another point that favours the discovery of Earth twins, which were thus also present in early stages of the Universe's life.

The solar system Kepler-10 is located 560 light years away from us, in the direction of the Draco constellation. Beside the Megaeath (planet 10c) Kepler also found a lava planet, Kepler-10b with 3 Earth masses and very close to its star, orbiting in just 20 hours.

TELESCOPIO HERTZSPRUNG SONG 43 HERTZSPRUNG SONG TELESCOPE

GTC 44 GTC

Espectrógrafo para GREGOR 46 Espectrógrafo para GREGOR

WHT 48 WHT

TELESCOPIO LIVERPOOL 48 LIVERPOOL TELESCOPE

Experimento QUIJOTE 50 The QUIJOTE experiment

El Telescopio Warwick de 1m 51 The Warwick 1m Telescope

TNG 52 TNG

STELLA 53 STELLA

TELESCOPIO MERCATOR 53 MERCATOR TELESCOPE

Miembros CCI 54 CCI Members

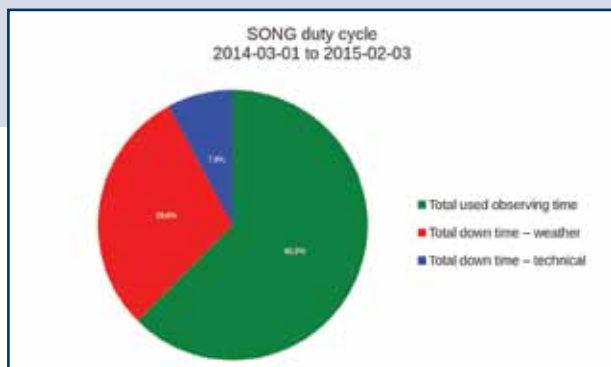
# NUEVOS TELESCOPIOS Y MEJORAS

# NEW TELESCOPES AND IMPROVEMENTS

## TELESCOPIO HERTZSPRUNG SONG

Durante este año se ha iniciado la operación científica regular del Telescopio Hertzprung en el Observatorio del Teide. Se llevó a cabo, con muy buenos resultados, la comprobación y optimización del software para observaciones remotas y automáticas en este telescopio de la red SONG (“Stellar Observations Network Group”). Desde principios de la primavera se están llevando a cabo regularmente observaciones con el espectrógrafo Echelle de alta resolución en modo automático con mínima interacción humana. Cabe destacar el grado de robustez y fiabilidad del sistema robótico, ya que únicamente ha sufrido un par de contratiempos instrumentales (problemas con los rodillos de la cúpula y otros) en periodos puntuales.

**Ciclo de servicio anual del telescopio Hertzprung SONG.** Cabe destacar que en su primer año de servicio, la pérdida de observaciones por problemas instrumentales fue inferior al 10%, debido en su mayor parte (un 65% del tiempo perdido) a dos únicos sucesos puntuales (renovación completa de los rodillos de la cúpula y fallo de la electrónica a mediados de verano).



**Annual duty cycle of the Hertzprung SONG telescope.** Although in its first year of scientific operation, the total technical down time is well below 10%. The major contribution (65%) was due to two single events: the complete replacement of the rollers of the dome and an electronics failure in mid-summer.

## HERTZSPRUNG SONG TELESCOPE

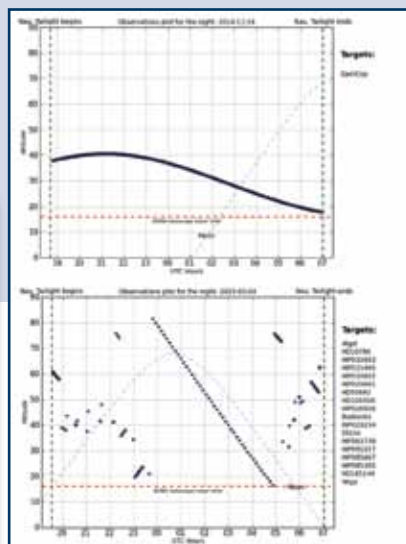
2014 marks the year of regular science use for the Hertzprung SONG telescope (“Stellar Observations Network Group”) at the Teide Observatory. Testing and optimization of software for automatic observations was carried out with very good results, allowing regular spectroscopic observations to be carried out in automatic mode and minimal human interaction from the early spring onwards. The resulting high degree of “robustness” of the robotic system, only perturbed by a couple of instrumental problems (dome-rollers issue and others), has been remarkable.

También se realizó la optimización final de la óptica activa y de las cámaras de captación de imágenes “Lucky”. Las pruebas iniciales de calidad de imagen demuestran que es posible obtener imágenes de excelente calidad.

**Estrategias observacionales posibles con el telescopio Hertzprung SONG.**

La eficiencia y robustez de las observaciones robóticas permiten llevar a cabo diferentes tipos de observaciones durante una misma noche. El gráfico muestra el registro de observaciones de dos noches en las que se realizaron distintos programas científicos. Arriba, una típica observación “astrosísmica”: se dedicó toda la noche a un único objeto. El gráfico inferior muestra la versatilidad del sistema a la hora de realizar observaciones de múltiples objetos (más de 10 durante esa noche en concreto) con un mínimo de tiempo muerto entre ellas.

En ambos casos, el ciclo de servicio (la duración total de tiempo oscura frente al tiempo en el que se registraron datos válidos) superó ampliamente el 95%.



**Observational strategies with Hertzprung SONG telescope.**

The efficiency and robustness of the robotic observations make it possible to carry out different types of observation during a given night. The plot shows the observations’ log for two nights in which different scientific programs were executed. On top, a typical “asteroseismic” observation: the whole night is dedicated to a single object. Bottom plot shows the versatility of the system to perform observations of many objects (more than 10 in this particular night) with a minimum dead time amongst them.

In both cases, the achieved duty cycle (the total length of dark time versus the length of time in which good data was recorded) is well above 95%.

Final optimisation of the active optics and the direct Lucky-Imaging cameras also took place. Initial tests of the obtainable image quality show that it is possible to obtain very high quality (sharp) images.

## GTC

Tras 5 años de operación del telescopio disponiendo de OSIRIS (que opera en el rango óptico) y Canaricam (en el infrarrojo medio), la familia de instrumentos de GTC ha aumentado con la llegada de CIRCE, una cámara y polarímetro dedicada a las observaciones en el infrarrojo cercano que ha visto su primera luz en el GTC durante el mes de diciembre.

CIRCE permitirá obtener imágenes NIR en las bandas J, H y K, con un campo de visión relativamente amplio (3,4 x 3,4 minutos de arco) y una escala de placa de 0.1 segundos de arco por pixel. Además de este tipo de observaciones, CIRCE también puede realizar imágenes en modo polarimetría, así

como obtener espectros de baja resolución en una futura actualización del instrumento. Debido a su relativamente pequeño tamaño y baja masa, CIRCE se ha instalado en uno de los focos Cassegrain del GTC (Fig. 1).

CIRCE viene a llenar el vacío de la instrumentación infrarroja en el GTC, mientras se prepara la llegada de la segunda generación de instrumentos, con EMIR como principal protagonista, a finales del

**Fig. 1: El instrumento CIRCE instalado en el foco Cassegrain del GTC. CIRCE es una cámara que observará en el infrarrojo cercano (NIR), entre las longitudes de onda de 1 y 2,5 micras. Este instrumento ha sido diseñado y construido por la Universidad de Florida y ofrecido al GTC como instrumento visitante.**



## GTC

During its first 5 years of operation the telescope's instruments were OSIRIS (operating in the optical range) and CanariCam (mid-infrared). Now its suite of instruments has increased with the arrival of CIRCE (Canarias InfraRed Camera Experiment), a camera and polarimeter for near infrared observations which had its first light in December.

CIRCE provides NIR (near infrared) imaging in the JHK bands with a relatively wide field of view (3.4 x 3.4 arcmin) and a plate scale of 0.1 arcsec per pixel. But apart from this, CIRCE can function as an image polarimeter and it's expected to include low-resolution spectroscopy in a future instrument upgrade. Due to its relatively low mass, CIRCE has

**Fig. 1: The Canarias InfraRed Camera Experiment (CIRCE) is a near-infrared camera (1-2.5 micron), designed and constructed by the University of Florida as a visitor instrument at GTC and mounted on one of the Folded-Cass focus.**

been mounted on one of the Folded-Cass focus at GTC (Fig. 1).

CIRCE fills the gap in the GTC's suite of IR instrumentation while the second generation, with EMIR as the main protagonist, starts to arrive from the end of 2015. The excellent image quality, fine sampling of pixels, the capacity of the narrow band filters, the low resolution grisms (which will soon be available), continuous photometry and polarimetry, mean that it has characteristics that complement those of EMIR

2015. La excelente calidad de imagen, el muestreo fino de píxeles, la capacidad de los filtros de banda estrecha, los grismas de baja resolución (que estarán disponibles a corto plazo), la fotometría continua, y las capacidades de polarimetría, hacen que CIRCE sea un potente instrumento para el GTC, tanto por sí mismo como complemento importante cuando EMIR esté operativo. Los resultados obtenidos durante las primeras pruebas de integración y puesta a punto del instrumento han sido altamente satisfactorios y permiten augurar un gran futuro

en la explotación científica del instrumento en los próximos años (Fig. 2). El instrumento concluirá su puesta a punto en el primer trimestre de 2015, y será ofertado a la comunidad científica inmediatamente después de ello.

**Fig. 2:** Imagen JHK de la Nebulosa del Cangrejo obtenida durante las pruebas iniciales de integración de CIRCE en el GTC. El tiempo total de integración es de tan sólo 9 min en J y H, y 4.5 minutos en K.



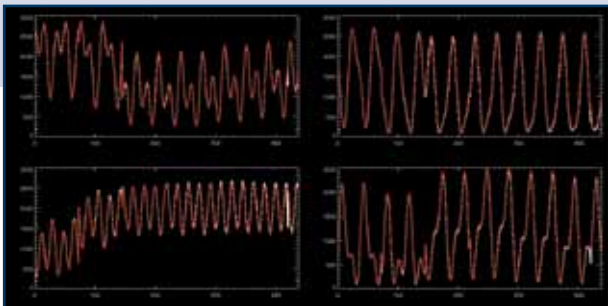
that will keep it competitive for a long time. The results obtained during the first tests of integration and tuning of the instrument have been highly satisfactory and augur a great future for the scientific exploitation of the instrument in the coming years (Fig. 2). Setting up the instrument will conclude during the first quarter of 2015 and it will be offered to the scientific community immediately thereafter.

**Fig. 2:** JHK image of the Crab Nebula obtained during the initial integration testing of CIRCE at the GTC. The total integration time is only 9 minutes in the J and H bands, and 4.5 minutes in K.

## Espectrógrafo para GREGOR

El IAC ha construido un espectrógrafo de uso común para el telescopio solar alemán Gregor. Este instrumento está diseñado especialmente para la obtención de datos espectropolarimétricos de alta resolución espacial, espectral y temporal en el infrarrojo cercano. Para ello, se usa una cámara rápida basada en un sensor TCM-8600 de 1024 x 1024 píxeles, capaz de adquirir hasta 30 imágenes por segundo. El polarímetro está integrado en el espectrógrafo y usa cristales líquidos ferroeléctricos, que se caracterizan por su alta velocidad de transición entre estados. Este conjunto formado por el detector y el polarímetro constituye el denominado Tenerife Infrared Polarimeter-II (TIP-II), hasta 2013 en operación en el telescopio VTT. En 2014 ha sido trasladado a Gregor de manera permanente, permitiendo mejorar en un factor 2 la resolución espacial alcanzada en la VTT. El espectrógrafo ha sido diseñado expresamente para optimizar las prestaciones de TIP-II.

**Figura 1. Curvas de calibración polarimétricas del telescopio y del instrumento. En blanco están dibujadas las medidas experimentales y en rojo el resultado del modelo ajustado. La precisión de esta calibración es de 10<sup>-3</sup>.**



**Figure 1. Polarimetric calibration curves for the telescope and instrument. The experimental data are shown in white and the fitted model in red. This calibration is accurate to 10<sup>-3</sup>.**

## GREGOR Spectrograph

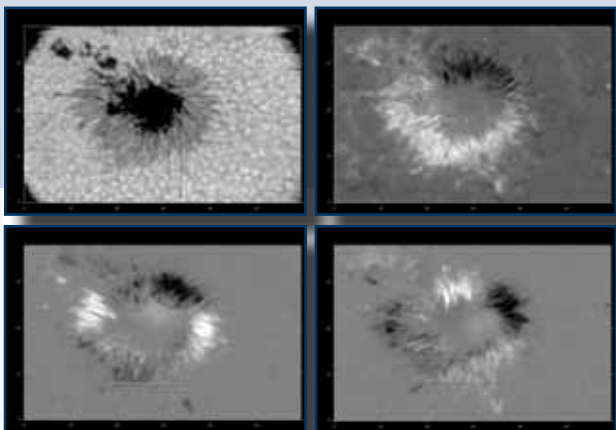
The IAC has built a common-use spectrograph for the German solar telescope GREGOR. The instrument has been specially designed to obtain near infrared spectropolarimetric data at high spatial, spectral and temporal resolution. It uses a fast camera based on a TCM-8600 1024 x 1024 pixel sensor, capable of acquiring up to 30 images per second. The polarimeter is integrated inside the spectrograph and is based on ferroelectric liquid crystals, which change rapidly between different states. This combination, sensor and synchronised polarimeter, which is known as the Tenerife Infrared Polarimeter-II (TIP-II), was in operation at the VTT telescope until 2013. In 2014 it was permanently

relocated to Gregor, where spatial resolution has improved to double that achieved at the VTT. The spectrograph was specifically designed to optimise TIP-II capabilities.

- En Octubre de 2011 se obtuvieron los datos de primera luz con el espectrógrafo.
- Durante el año 2012 se realizaron las primeras observaciones en modo espectroscópico en las tres bandas del instrumento, centradas en 1.1  $\mu\text{m}$ , 1.6  $\mu\text{m}$  y 2.2  $\mu\text{m}$
- A lo largo de 2013 las tareas se centraron principalmente en la puesta a punto del modo espectropolarimétrico.
- En 2014 se ha llevado a cabo la denominada “fase de verificación científica del instrumento” y se han realizado campañas de observación desde abril hasta noviembre.

Además, se está trabajando en el diseño de una unidad de campo integral basada en el concepto de image slicer para incorporarlo en el espectrógrafo y poder medir simultáneamente el espectro de todos

**Fig. 2: Mapa una mancha solar medida con TIP-II en GREGOR. Arriba izquierda: mapa de continuo. Arriba derecha: mapa de polarización circular. Abajo: mapas de polarización lineal.**



**Fig. 2: Map of a sunspot obtained at GREGOR with TIP-II. Top left: continuum intensity map. Top right: circular polarisation map. Bottom: linear polarisation maps.**

relocated to Gregor, where spatial resolution has improved to double that achieved at the VTT. The spectrograph was specifically designed to optimise TIP-II capabilities.

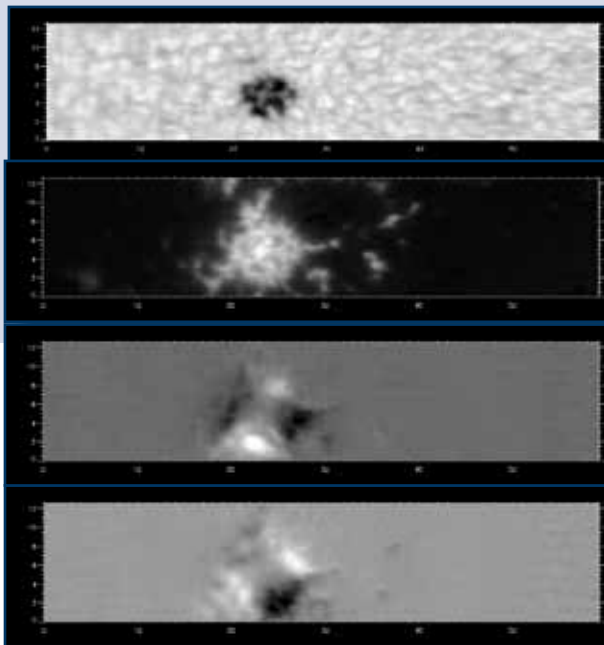
The instrument was commissioned in phases:

- In October 2011 first light data was obtained with the spectrograph.
- In 2012 the first spectroscopic observations were carried out at the instrument's three wavelength bands, centred at 1.1  $\mu\text{m}$ , 1.6  $\mu\text{m}$  y 2.2  $\mu\text{m}$
- During 2013 work was mainly focussed on commissioning the spectropolarimetric mode.
- In 2014 the “scientific instrument verification phase” was completed.

los puntos de un campo bidimensional. La fabricación del image slicer está prevista para 2015 y las primeras pruebas en el telescopio durante el verano de 2016.

En abril de 2014, el KIS instaló un nuevo sistema de barrido con el que poder medir áreas de hasta 1 minuto de arco sobre la superficie solar. Con ello se aumentaron significativamente las prestaciones del instrumento, ya que hasta entonces el barrido se hacía con el espejo deformable de la óptica adaptativa, siendo su rango de unos pocos segundos de arco. Hay que destacar que, gracias a la continua comunicación entre el KIS y el IAC, la puesta a pun-

**Fig. 3: Mapa de un poro medido con TIP-II en GREGOR. De arriba a abajo: mapa de continuo, mapa de polarización circular, mapas de polarización lineal**



**Fig. 3: Map of a pore obtained at GREGOR with TIP-II. From top to bottom: continuum intensity map, circular polarisation map, linear polarisation maps.**

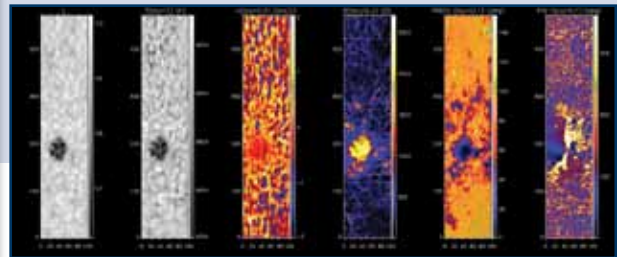
Work is also underway on an integrated field unit based on the image slicer concept, which will be built into the spectrograph to measure the spectrum of every individual point in a two dimensional field simultaneously. Production of the image slicer is scheduled for 2015 with the first tests taking place at the telescope in summer 2016.

In April 2014, KIS installed a new scanning system for measuring areas of up to 1 arc minute on the Sun's surface. This has significantly increased the instrument's capacity as until now scanning has re-

to de este sistema fue realizada sin ningún tipo de problemas debidas a las interfaces ópticas, mecánicas y de control.

La Figura 1 muestra las curvas de calibración polarimétricas del telescopio y del instrumento. En blanco están dibujadas las medidas experimentales y en rojo el resultado del modelo ajustado. La precisión de esta calibración es de 10-3. Las rutinas de reducción de los datos están terminadas y han sido puestas a disposición de todos los usuarios. Las Figuras 2 y 3 muestran los mapas de continuo y de polarización de un mancha solar y de un poro. La calidad espacial de los datos es excelente, alcanzándose una resolución espacial bastante cercana al límite de difracción esperado (0.3 segundos de arco). Con todos estos resultados, se puede comprobar que el instrumento cumple con los requisitos esperados.

**Figura 4. Resultados preliminares obtenidos tras el análisis del mapa de un poro. De izquierda a derecha: continuo, temperatura, velocidad y campo magnético (intensidad, inclinación y acimut).**



**Fig. 4: Preliminary results from the analysis of a pore map. From left to right: continuum intensity, temperature, velocity and magnetic field (strength, inclination and azimuth).**

lied on the deformable mirror in an adaptive optics system, which has a range of just a few arc seconds. It is worth noting that, due to the level of communication between KIS and the IAC, this system was commissioned with no issues caused by the optical interfaces or mechanical and control systems.

Figure 1 shows the instrument and telescope polarimetric calibration curves. The experimental data are shown in white and the fitted model in red. This calibration is accurate to 10<sup>-3</sup>. The data reduction routines are completed and have been distributed to users. Figures 2 and 3 show the continuity and polarisation maps of a sunspot and a pore. The spatial quality of the data is excellent, reaching a level of spatial resolution near to the diffraction limit (0.3 arc seconds). These results verify that the instrument is operating within specifications.

## WHT

Los sustratos de lente del corrector óptico de 2 grados del WHT ya están listos. Tras revisar con éxito su diseño final, se mandó a fabricar el futuro corrector óptico del foco principal del WHT. Varios proveedores se encargaron de fabricar los sustratos para los seis componentes del corrector, que empezaron a pulirse a finales de año.

Con este desarrollo el WHT se une a la familia de telescopios de tamaño medio que incorporan lentes de transmisión de gran tamaño en sus componentes ópticos. El más impresionante es el sustrato de la lente L1, que con sus 1,2 metros de diámetro es posible que sea la lente de mayor tamaño usada en un telescopio hasta la fecha. El corrector proporcionará un campo de visión corregido de 2 grados de diámetro, con una calidad de imagen policromática superior a 0,5 segundos de arco (400 nm a 950 nm). Se espera que la entrega al WHT tenga lugar a mediados de 2017.



## WHT

The blanks have been cast for the 2-degree optical corrector for the WHT. After a successful review of the final design, the future optical corrector for the WHT prime focus was sent to manufacture. The blanks for the six components of the corrector were cast by several providers, and polishing was due to start at the end of the year.

With this development the WHT is joining the family of mid-size telescopes which incorporate very large transmission lenses in their optical components. Particularly impressive is the blank for lens L1, which, at 1.2 metres diameter, may be the largest lens on a telescope to date. The corrector will provide a corrected field of view of 2 degrees in diameter, with polychromatic image quality of better than 0.5 arcsec (400 nm to 950 nm). Delivery at the WHT is expected for mid-2017.

## TELESCOPIO LIVERPOOL

Se ha llevado a cabo la puesta a punto del nuevo espectrógrafo de rendija larga y alto rendimiento SPRAT para la clasificación rápida de fenómenos transitorios (por sus siglas en inglés, “espectrómetro para la adquisición rápida de fenómenos transitorios”). Fue diseñado pensando en la clasificación de novas y supernovas, áreas de especial interés para los astrónomos del Instituto de Investigación Astrofísica de Liverpool. Por supuesto, el SPRAT está disponible para todos los astrónomos de cualquier área de la Astrofísica, y eleva a cinco el número total de instrumentos instalados y disponibles en el telescopio.

SPRAT se ha usado para adquirir espectros de una llamativa nova recurrente (NR) en M31. La nova, denominada M31N 2008-12a es particularmente

*Fig. 1: SPRAT montado en el telescopio Liverpool en La Palma.*



*Fig. 1: SPRAT mounted on the Liverpool Telescope on La Palma.*

## LIVERPOOL TELESCOPE

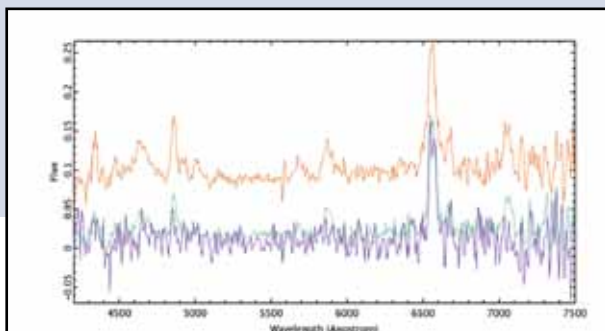
The new high-throughput, long-slit spectrograph for the rapid classification of transients SPRAT (SPectrometer for the Rapid Acquisition of Transients) has been commissioned (Fig. 1). It was designed with the classification of novae and supernovae in mind, areas of particular interest to astronomers at the Astrophysics Research Institute in Liverpool. SPRAT is of course available to all astronomers in any area of astrophysics, and brings the number of instruments mounted and available on the telescope to five.



digna de atención debido a la frecuencia de sus erupciones. La mayoría de las NR estallan una vez cada 10-100 años, pero la NR en M31 parece erupcionar anualmente. Gracias a las capacidades robóticas del Telescopio, cuando se detectó la última erupción de la nova fue posible monitorizar el evento diariamente, y los datos del SPRAT condujeron a la confirmación espectroscópica de la naturaleza de la erupción y al cálculo de la velocidad de expansión de la materia expulsada.

SPRAT también se está usando para caracterizar transientes descubiertos por el telescopio espacial Gaia. Una de las primeras alertas emitidas por el programa Gaia Photometric Science Alerts (Alertas Científicas Fotométricas Gaia), Gaia 14aat, fue mo-

**Fig. 2: Espectros de SPRAT de la nova recurrente en M31, obtenidos un día (rojo), 2 días (verde) y tres días (azul) tras el estallido de la nova el 2 de octubre de 2014. Obsérvese cómo el continuo se desvanece rápidamente, a pesar de que las líneas de emisión de hidrógeno permanecen estables.**



**Fig. 2: SPRAT spectra of the recurrent nova in M31, obtained 1 day (red), 2 days (green) and 3 days (blue) after the nova outburst on 2 October, 2014. Notice how the continuum has rapidly faded though the hydrogen emission lines remain strong.**

SPRAT has been used to acquire spectra of a remarkable recurrent nova (RN) in M31 (Fig. 2). The nova, designated M31N 2008-12a, is particularly noteworthy because of the frequency of its eruptions. Most RNe undergo an outburst once every 10-100 years; however the RN in M31 seems to erupt annually. Thanks to the LT's robotic capabilities, when the latest eruption of the nova was detected it was possible to monitor the event on a daily basis and the SPRAT data led to spectroscopic confirmation of the nature of the eruption and the calculation of the expansion velocity of its ejecta.

SPRAT is also being used to characterise transients discovered with the Gaia Space Telescope. One of the first alerts released by the Gaia Photometric

monitorizada robóticamente a lo largo de varias noches por el telescopio Liverpool. Basándose en la duración y brillo del transiente y las características de las emisiones vistas en los espectros de SPRAT, (en los que predominaban las líneas de HI), Gaia 14aat fue identificada como el estallido de una nova enana en una variable cataclísmica rica en hidrógeno. Estas observaciones tuvieron como resultado el envío del primer Telegrama Astronómico basado en una alerta de transientes de Gaia. Gaia-14aat será sin duda la primera de muchas transientes descubiertas por el telescopio espacial Gaia y observadas a continuación por este Telescopio. Estas observaciones tempranas ilustran la capacidad de SPRAT de categorizar transientes tenues y la importancia de la rapidez en la respuesta y las operaciones robóticas.

**Fig. 3: Una "imagen espectral" de colores falsos de SPRAT de una nebulosa planetaria (NP), tomada poco después de la puesta a punto del instrumento. Se ve cómo la nebulosa ionizada emite varios átomos; el núcleo de la estrella moribunda se aprecia como una franja horizontal de emisión continua.**



**Fig. 3: A false-colour SPRAT "spectral image" of a planetary nebula (PN), taken shortly after commissioning of the instrument. The ionised nebula is seen in emission from a variety of atoms; the core of the dying star is seen as a horizontal strip of continuum emission.**

Science Alerts programme, Gaia14aat, was robotically monitored over a number of nights by the Liverpool Telescope. Based on the duration and brightness of the transient and the emission features seen in SPRAT spectra (with HI lines dominating), Gaia14aat was identified as a dwarf nova outburst in a hydrogen-rich cataclysmic variable. The observations resulted in the release of the first Astronomer's Telegram based on a Gaia transient alert. Gaia14aat will undoubtedly be the first of many transients discovered by the Gaia Space Telescope and subsequently observed by the LT. These early observations illustrate the power of SPRAT for categorising faint transients, and the importance of rapid response and robotic operations.

## Experimento QUIJOTE

El proyecto QUIJOTE (Q U I JOint TEnerife CMB experiment) es una colaboración internacional liderada por el IAC en la que también participan el Instituto de Física de Cantabria, el Departamento de Ingeniería de las Comunicaciones (DICOM) de la Universidad de Cantabria, y las Universidades británicas de Manchester y Cambridge.

El proyecto consiste en construir dos telescopios y tres instrumentos, en distintos rangos de frecuencias, con el objetivo de caracterizar la polarización del Fondo Cósmico de Microondas (FCM). El objetivo final es la detección de los conocidos como “modos B” en la polarización del FCM, cuya existencia es predicha por la teoría inflacionaria, un modelo que fue desarrollado a principios de los años 80 y que propone una expansión fuertemente acelerada del universo justo después del Big Bang. Esta teoría, que todavía no ha podido ser confirmada de

manera definitiva mediante observaciones, predice la existencia de ondas gravitacionales en el Universo primordial, que a su vez habrían producido este patrón de modos B en la polarización del FCM. Su detección por lo tanto supondría una confirmación indirecta de la teoría inflacionaria, que hasta ahora ha permanecido como un modelo puramente teórico, necesario para solucionar algunas inconsistencias del modelo de Big Bang estándar.

En marzo de 2014, miembros de la colaboración BICEP2 anunciaron, con gran repercusión mediática, la detección de esta señal. Sin embargo, observaciones posteriores del satélite de la ESA Planck,

***El segundo telescopio de QUIJOTE, en primer plano, y el primer telescopio, en segundo plano. El segundo fue instalado en el Observatorio del Teide en junio. El segundo instrumento, a 30 GHz, y el tercer instrumento, a 40 GHz, se utilizarán para obtener datos más sensibles sobre regiones más pequeñas, que eventualmente podrían permitir la medida de los modos B.***



### The QUIJOTE experiment

QUIJOTE (Q U I JOint TEnerife CMB experiment) is an international joint project that is led by the IAC in collaboration with the Physics Institute of Cantabria, the Communication & Engineering Department (DICOM) at the University of Cantabria, and the British Universities of Manchester and Cambridge.

The project entails the construction of two telescopes and three instruments, operating at different frequencies, which have been designed to characterise the Cosmic Microwave Background (CMB) polarisation. In cosmology, the study of the CMB polarisation is of great interest in regard to the inflation theory, a model developed at the beginning of the 1980s, which proposes that the expansion of the universe accelerated strongly just after the Big Bang. The inflation theory still awaits a definitive

***QUIJOTE's second telescope, in the foreground, with the first telescope behind. The second telescope was installed at the Teide Observatory in June. The second instrument, operating at 30 GHz and the third, at 40 GHz, will be used to obtain more sensitive data on smaller regions, which could also be used to measure the B modes.***

empirical confirmation. It predicts the existence of gravitational waves in the primordial Universe and that these were responsible for producing the pattern of B mode polarisation in the CMB. Therefore the detection of this B-mode polarization would be an indirect means of confirming the inflation theory, which could resolve some of the difficulties faced by the standard Big Bang model.

In March 2014 members of the BICEP2 joint project announced that they had detected this signal, to enormous media interest. However, subsequent

establecieron que esta señal podría estar dominada por la emisión polarizada producida en el polvo interestelar de nuestra Galaxia, que emite radiación polarizada en el mismo rango de frecuencias que la señal cosmológica y como consecuencia la contamina. Esto vino a demostrar una vez más la importancia de caracterizar las emisiones contaminantes de nuestra Galaxia para ser capaz de detectar la señal cosmológica. Precisamente, otro de los objetivos de QUIJOTE es caracterizar el nivel de polarización de la emisión de tipo sincrotrón, el otro contaminante galáctico en polarización, en este caso originado por electrones que se mueven siguiendo las trayectorias del campo magnético de nuestra galaxia, y que se manifiesta a frecuencias más bajas que el polvo.

El primer telescopio de QUIJOTE, con un instrumento que opera en el rango de frecuencias 10-20 GHz, ha estado operando desde noviembre 2012. Durante 2014 se acumuló un total de unas 3700 horas de observación con este instrumento. El principal objetivo de este instrumento es la caracterización de los contaminantes galácticos de baja frecuencia anteriormente mencionados, principalmente la emisión de tipo sincrotrón, y también la conocida como “emisión anómala de microondas”, un nuevo mecanismo de emisión galáctica, que fue descubierto a finales de los años 90, y cuyas propiedades en polarización son aún desconocidas.

observations from the ESA Planck telescope established that the signal could be largely made up of polarised emissions from the interstellar Galactic dust, which emits radiation at the same frequencies as the cosmological signal and could therefore contaminate it. This demonstrated once again how vital it is to characterise these contaminating signals from our Galaxy in order to detect the cosmological signal. Another of QUIJOTE’s missions is precisely this, to characterise polarisation levels in the other Galactic polarised contaminant, the synchrotron emission, which are created by electrons that follow trajectories along our Galaxy’s magnetic field and emit radiation at frequencies lower than those of the dust.

The first of QUIJOTE’s telescopes and its instrument, which operates in the 10-20 GHz range, has been in service since November 2012. During 2014 the instrument accumulated approximately 3,700 observation hours. It is principally designed for characterisation of the low frequency Galactic contaminants mentioned above, in particular synchrotron emissions, but also what is known as “anomalous microwave emission,” which is a new mechanism of Galactic emission discovered at the end of the 1990s. The polarisation properties of this radiation remain unknown.

## El Telescopio Warwick de 1m

La propiedad de este telescopio óptico, diseñado para llevar a cabo observaciones de planetas y otros objetos identificados por el SuperWASP ha sido transferida finalmente a la Universidad de Warwick. Tras esto, se ha reiniciado su puesta a punto, tanto de la ingeniería así como astronómica, y el equipo de la Universidad de Barcelona ha actualizado el sistema de control del telescopio para permitir un control robótico completo. Con ello se espera que su operación robótica sea continua durante 2015.

*Fig.: El telescopio de la Universidad de Warwick de 1 m para el seguimiento de las observaciones del SuperWASP en el ORM.*



*Fig. 1: The Warwick 1m SuperWASP Follow-up Telescope at the ORM.*

## The Warwick 1m Telescope

This optical telescope, designed to carry out follow-up observations of planets and other objects identified by SuperWASP, has finally been transferred to University of Warwick ownership. Consequently engineering and astronomical commissioning has restarted and the University of Barcelona team has updated the telescope control system to allow full robotic control. As a result it is expected that routine operations will be the norm during 2015.

## TNG

Desde octubre el nuevo espectrógrafo de infrarrojo de alta resolución ( $R \sim 50000$ ) "GIANO" ha sido instalado e integrado dentro del conjunto de instrumentos del Telescopio y está disponible para las comunidades científicas italiana e internacional. Se desarrolló en el Osservatorio di Arcetri del INAF y es el primer instrumento del mundo capaz de obtener un espectro infrarrojo completo en una sola exposición. Esto abre en la actualidad una relevante fase de experimentación tecnológica con nuevos materiales y componentes ópticos, en vista de la nueva generación de instrumentos infrarrojos para telescopios de gran tamaño.

El proceso de verificación científica se completó el pasado septiembre en La Palma, contando con la participación de astrónomos de varios institutos italianos. Los temas principales fueron la caracterización de estrellas de tipo tardío y los tránsitos de exoplanetas, donde esperan descubrir las líneas de absorción de sus atmósferas. Actualmente el espectrógrafo está abierto a la recepción de propuestas.

***El nuevo espectrógrafo de infrarrojo de alta resolución "GIANO".***



## TNG

Since October the new high resolution infrared spectrograph ( $R \sim 50000$ ) "GIANO" has been installed and integrated in the set of instrumentation at the Telescope and is available for use by both the Italian and international astronomical communities. It was developed at INAF-Osservatorio di Arcetri and is the first instrument in the world capable of obtaining a complete infrared spectrum in a single exposure. This is now opening an important phase of technological experimentation on new materials and optical components, in preparation for the next generation of infrared instruments for large telescopes.

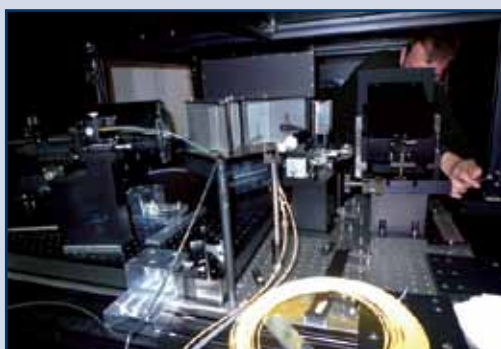
***GIANO, the new high resolution infrared spectrograph.***

Astronomers from various Italian institutes participated during September in the Science Verification process. Its main subjects were the characterization of late type stars and the transits of exoplanets, where they hope to discover the absorption lines of their atmospheres. Now the spectrograph is available for all calls for proposal.

## STELLA

STELLA-II recibió un nuevo cable de fibra octogonal con un núcleo central de  $67\mu\text{m}$ , nuevas ópticas de transferencia, un nuevo colimador (pinhole) con un diámetro de  $200\mu\text{m}$  y un corrector de dispersión atmosférica (ADC) para suministrar datos a su espectrógrafo Echelle SES. Todas las unidades se integraron a lo largo de un periodo de mantenimiento en mayo, en el que también se realinearon y limpiaron las ópticas del foco principal. Al mismo tiempo, se dotó al SES de un divisor óptico guía ondas de dos cortes que mejora su resolución espectral a  $R=65,000$ .

*Los trabajos en el espectrógrafo Echelle STELLA incluyeron la implementación de un divisor óptico (en el centro de la imagen).*



*Work on the STELLA Echelle Spectrograph has included the implementation of an image slicer (seen in the middle of the picture).*

*Amanecer con luna en el STELLA.*



*Moon- and Sunrise at STELLA.*

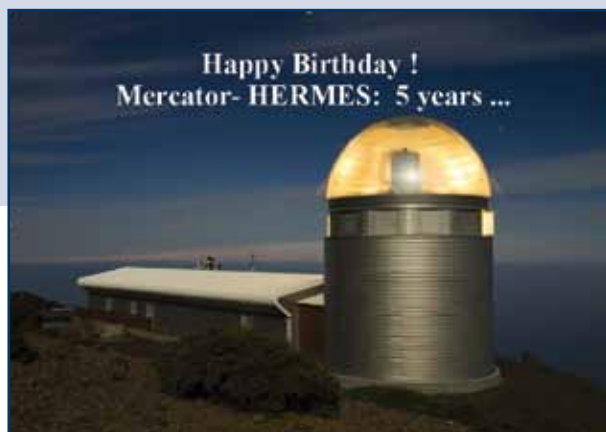
## STELLA

STELLA-II received a new octagonal fibre with  $67\mu\text{m}$  core diameter, new transfer optics, a new pinhole with a diameter of  $200\mu\text{m}$  as well as an Atmospheric Dispersion Corrector (ADC) for feeding its Echelle Spectrograph SES. All units were integrated within a maintenance period in early May during which the prime-focus optics were also realigned and cleaned. At the same time the SES was also equipped with a two-slice waveguide image slicer that now boosts its spectral resolution to  $R=65,000$ .

## TELESCOPIO MERCATOR

El espectrógrafo HERMES sigue siendo el “caballo de batalla” del telescopio Mercator. 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. A lo largo del año se instaló la sexta versión de la línea de datos. Con motivo de la celebración de los 5 años de observaciones científicas con HERMES, se organizó un taller de un día en Lovaina el 18 de septiembre (véase imagen).

La instalación de MAIA finalizó y a lo largo del año progresaron los trabajos de instalación y calibrado de una línea de datos totalmente funcional que dispone de un modo que permite una monitorización de calidad durante las observaciones. El equipo del Mercator ha trabajado intensamente este año en el sistema de control del telescopio (SCT). Se ha diseñado un plan para un nuevo SCT basado en CLPs, estándares industriales y tecnologías basadas en el conocimiento.



## MERCATOR TELESCOPE

The HERMES spectrograph has continued to be the “workhorse” instrument of the Mercator telescope. With virtually no technical downtime, excellent throughput and an efficient data reduction pipeline, the observers leave the mountain with science graded reduced high-resolution spectra. During the year the 6th version of the pipeline was released. To celebrate the 5-years of science observations with HERMES, a 1-day workshop was organised in Leuven on the 18th of September (see figure).

MAIA installation has been completed and during the year work progressed to install and calibrate a fully functional pipeline with a mode that allows a quality monitoring during observations. During the year, the Mercator team invested a lot of work in the telescope control system (TCS). The plans of a new TCS based on PLCs, industrial standards and knowledge-based technologies have been drawn up.

# CCI Members & Associates

(June 2015)

Dr Colin Vincent (STFC)  
*President*  
Science and Technology Facilities  
Council  
Head of Astronomy Programme  
Polaris House, North Star Avenue,  
Swindon  
Wiltshire SN2 1SZ  
United Kingdom  
+44 179 344 2095  
[Colin.Vincent@stfc.ac.uk](mailto:Colin.Vincent@stfc.ac.uk)

Prof Rafael Rebolo (IAC)  
*Vice-President*  
Director  
Instituto de Astrofísica de Canarias  
E-38200 La Laguna  
Tenerife - Canary Islands  
+34 922 605 220  
[director@iac.es](mailto:director@iac.es)

Dr Rafael Bachiller (CNA)  
Director  
Observatorio Astronómico  
Nacional  
C/ Alfonso XII, 3  
E-28014 Madrid  
Spain  
+34 91 885 5063  
[r.bachiller@oan.es](mailto:r.bachiller@oan.es)

Prof Giovanni F. Bignami (INAF)  
Presidente  
Istituto Nazionale di Astrofisica  
Viale del Parco Mellini 84  
00136 Rome  
Italy  
+39-06-3553 3310  
[presidente@inaf.it](mailto:presidente@inaf.it)

Dr Philippe Louarn (CNRS)  
Institut de Recherche en  
Astrophysique et Planétologie  
9 av du Colonel Roche  
31028 TOULOUSE  
France  
+33 5 61 33 29 65  
[philippe.louarn@irap.omp.eu](mailto:philippe.louarn@irap.omp.eu)

Prof Oskar von der Lühe (DFG -  
*SUCOSIP*)  
Director  
Kiepenheuer-Institut  
Schöneckstr. 6  
D-79104 Freiburg  
Germany  
+497 613 198 100  
[ovdluehe@kis.uni-freiburg.de](mailto:ovdluehe@kis.uni-freiburg.de)

Dr J Miguel Mas Hesse (CSIC)  
Departamento de Astrofísica  
Centro de Astrobiología (INTA-  
CSIC)  
POB 78, 28691 Villanueva de la  
Canada  
Spain  
+34 91 813 1196/1161  
[mm@cab.inta-csic.es](mailto:mm@cab.inta-csic.es)

Prof Francisco Almeida (ULL)  
Vice-Rector of Research  
Universidad de La Laguna  
Edificio Central  
C/ Delgado Barreto s/n  
E-38200 La Laguna  
Tenerife - Canary Islands  
+34 922 319 480  
[viinve@ull.es](mailto:viinve@ull.es)

Prof Christoffel Waelkens  
(MERCATOR)  
Instituut voor Sterrenkunde, K U  
Leuven  
Celestijnenlaan 200 D  
B-3001 Leuven  
Belgium  
+32 16 327 036  
[christoffel@ster.kuleuven.be](mailto:christoffel@ster.kuleuven.be)

Prof Elena Terlevich  
*CCI Scientific Advisor*  
INAOE  
72000 Puebla  
Mexico  
+52 222 266 3100 ext 1314  
[eterlevi@inaoep.mx](mailto:eterlevi@inaoep.mx)  
[et@ast.cam.ac.uk](mailto:et@ast.cam.ac.uk)

Mr Campbell Warden (IAC)  
*CCI Secretary*  
Instituto de Astrofísica de Canarias  
E-38200 La Laguna  
Tenerife - Canary Islands  
+34 922 605 220  
E+34 628 182 023  
[campbell@iac.es](mailto:campbell@iac.es)

## SUB-COMMITTEE MEMBERS & OBSERVATORY ASSOCIATES

Dr Pedro Álvarez (GTC – *ORM CSC*)  
Grantecan S.A.  
Centre of Astrophysics in La Palma  
Cuesta de San José, s/n  
San Antonio  
Breña Baja 38712  
La Palma - Canary Islands  
+34 922 425 721  
[pedro.alvarez@gtc.iac.es](mailto:pedro.alvarez@gtc.iac.es)

Dr Alessandro de Angelis (MAGIC)  
Spokesperson MAGIC  
Collaboration  
University of Udine  
Via Sondrio, 2/A 33100  
Udine  
Italy  
+39 0432 558100  
[deangelis@fisica.uniud.it](mailto:deangelis@fisica.uniud.it)  
[deangelis.alessandro@gmail.com](mailto:deangelis.alessandro@gmail.com)

Dr Marc Balcells (ING – *ORM CSC*)  
Isaac Newton Group of Telescopes  
38700 Santa Cruz de La Palma  
La Palma - Canary Islands  
+34 922 425 403  
[balcells@ing.iac.es](mailto:balcells@ing.iac.es)

Prof John Baruch (BRT – *TEIDE CSC*)  
Head of the Cybernetics and Virtual  
Systems Department  
School of Informatics  
University of Bradford  
Bradford BD7-1DP  
United Kingdom  
+441 274 234 024  
[john@telescope.org](mailto:john@telescope.org)

Dr Chris Benn (ING - *SUCOSIP*)  
Isaac Newton Group of Telescopes  
Edificio Mayantigo, Apartado de  
Correos 321  
E-38780 Santa Cruz de la Palma  
La Palma - Canary Islands  
+34 922 425 432  
[crb@ing.iac.es](mailto:crb@ing.iac.es)

Dr Oscar Blanch (MAGIC – *ORM CSC*)  
MAGIC Safety and Operations  
Coordinator  
Institut de Física d'Altes Energies  
Building C-n, Campus UAB  
E-08193 Bellaterra (Barcelona)  
Spain  
+34 93 581 2839  
[blanch@ifae.es](mailto:blanch@ifae.es)

Prof Mike Bode (LT)  
Director  
Astrophysics Research Institute  
(LJMU)  
Liverpool Science Park, IC2  
Building  
146 Brownlow Hill  
Liverpool L3 5RF  
United Kingdom  
+441 512 312 919  
[mfb@astro.livjm.ac.uk](mailto:mfb@astro.livjm.ac.uk)

Dr Bernard Gelly (THEMIS – *TEIDE CSC*)  
THEMIS  
Instituto de Astrofísica de Canarias  
E-38200 La Laguna  
Tenerife - Canary Islands  
+34 922 314 280  
[BGelly@themis.iac.es](mailto:BGelly@themis.iac.es)

Dr Rob Hammerschlag (DOT)  
Astronomical Institute  
Princetonplein 5  
NL-3584 CC Utrecht  
The Netherlands  
+31-30-253-5220  
[R.H.Hammerschlag@astro.uu.nl](mailto:R.H.Hammerschlag@astro.uu.nl)

Dr Denis Mourard (INSU)  
Directeur Adjoint Scientifique  
Astronomie Astrophysique  
3, rue Michel Ange  
BP 287  
75794 Paris Cedex 16  
France  
+33 (1) 44 96 43 77  
[denis.mourard@cnsr-dir.fr](mailto:denis.mourard@cnsr-dir.fr)

Prof Manel Martínez (CTA-LST1)  
Coordinador CTA-España  
IAFE – Universidad Autónoma de  
Barcelona  
E 08193 BELLATERRA  
+34 931 720 687  
[martinez@ifae.es](mailto:martinez@ifae.es)

Sr Juan Martínez (ING)  
Isaac Newton Group of  
Telescopes  
Edificio Mayantigo, Apartado de  
Correos 321  
E-38780 Santa Cruz de la Palma  
La Palma - Canary Islands  
+34 922 425 414  
[juan@ing.iac.es](mailto:juan@ing.iac.es)

Dr Razmik Mirzoyan (MAGIC –  
*SUCOSIP*)  
MPI für Physik (Werner-  
Heisenberg-Institut)  
Föhlinger Ring 6  
80805 München  
Germany  
+49 89 32354 328  
[razmik@mppmu.mpg.de](mailto:razmik@mppmu.mpg.de)

Dr Emilio Molinari (TNG – *ORM*  
*CSC*)  
DIRECTOR INAF-TNG  
Fundación Galileo Galilei  
Rambla José Ana Fernández  
Pérez, 7  
38712 Breña Baja  
La Palma - Canary Islands  
+34 922 433 666  
[molinari@tng.iac.es](mailto:molinari@tng.iac.es)

Dr Casiana Muñoz-Tuñón (IAC –  
Chair *SUCOSIP*)  
Instituto de Astrofísica de  
Canarias  
E-38200 La Laguna  
Tenerife - Canary Islands  
+34 922 605 231  
[Casiana@iac.es](mailto:Casiana@iac.es)

Dr Alex Oscoz (IAC – *Teide* &  
*ORM CSC*)  
Instituto de Astrofísica de  
Canarias  
E-38200 La Laguna  
Tenerife - Canary Islands  
+34 922 605 242  
[aoscoz@iac.es](mailto:aoscoz@iac.es)

Dr Juan Carlos Pérez Arencibia  
(*Secretary ORM CSC*)  
ORM Site Manager  
Centre of Astrophysics in La  
Palma  
Cuesta de San José, s/n  
San Antonio - Breña Baja 38712  
La Palma - Canary Islands  
+34 922 425 710  
[jcperez@iac.es](mailto:jcperez@iac.es)

Dr Don Pollacco (*SuperWASP*)  
Warwick University  
Gibbet Hill Road  
Coventry  
CV4 7AL  
United Kingdom  
+44 (0)24 765 23965  
[d.pollacco@warwick.ac.uk](mailto:d.pollacco@warwick.ac.uk)

Ms Saskia Prins (MERCATOR –  
*ORM CSC*)  
Mercator Telescope  
Edificio Mayantigo  
C/- Alvarez de Abreu, 70, 2º  
E-38700 Santa Cruz de La Palma  
La Palma - Canary Islands  
+34 922 425 412  
[Saskia.Prins@ster.kuleuven.be](mailto:Saskia.Prins@ster.kuleuven.be)

Mr Dirk Raback (LT– *ORM CSC*)  
Observatorio del Roque de los  
Muchachos  
Apartado de Correos 303  
38700 Santa Cruz de La Palma  
La Palma - Canary Islands  
+34 922 405 571  
+34 616 168471  
[dr@astro.livjm.ac.uk](mailto:dr@astro.livjm.ac.uk)

Dr Juerg Rey (ING)  
Isaac Newton Group of  
Telescopes  
Edificio Mayantigo  
Apartado de Correos 321  
E-38700 Santa Cruz de La Palma  
La Palma - Canary Islands  
+34 922 425 421  
[juerg@ing.iac.es](mailto:juerg@ing.iac.es)

Professor Göran Scharmer  
Director SST  
The Institute for Solar Physics  
AlbaNova University Center  
Institute for solar physics  
10691 Stockholm  
Sweden  
+46-8-5537 8532  
[scharmer@astro.su.se](mailto:scharmer@astro.su.se)

Dr Miquel Serra-Ricart (*Secretary*  
*Teide CSC*)  
Teide Observatory Site Manager  
Instituto de Astrofísica de  
Canarias  
E-38200 La Laguna  
Tenerife - Canary Islands  
+34 922 605 364 / +34 922 329 124  
[mserra@iac.es](mailto:mserra@iac.es)

Dr Michael Sigwarth (KIS – *Teide*  
*CSC*)  
Kiepenheuer Institut  
Schöneckstr. 6  
D-79104 Freiburg  
Germany  
+497 613 198 184  
[msiq@kis.uni-freiburg.de](mailto:msiq@kis.uni-freiburg.de)

Dr Robert Smith (LT– *SUCOSIP*)  
Astrophysics Research Institute  
(LJMU)  
Liverpool Science Park, IC2  
Building  
146 Brownlow Hill  
Liverpool L3 5RF  
United Kingdom  
+441 512 312 919  
[ris@astro.livjm.ac.uk](mailto:ris@astro.livjm.ac.uk)

Prof Iain Steele (LT-Director)  
Astrophysics Research Institute,  
Liverpool Science Park, IC2  
Building  
146 Brownlow Hill  
Liverpool L3 5RF  
United Kingdom  
[ias@astro.livjm.ac.uk](mailto:ias@astro.livjm.ac.uk)

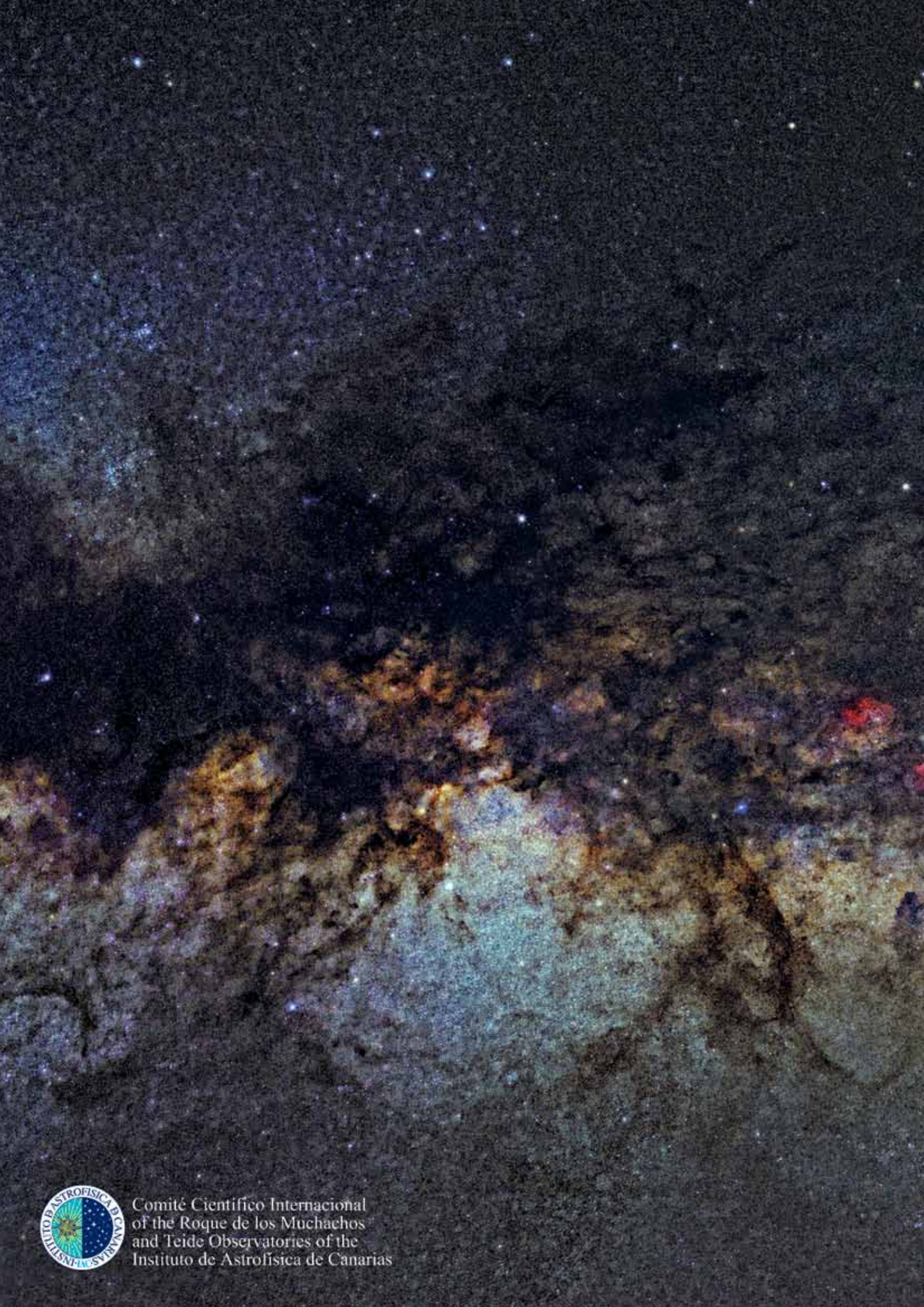
Prof Klaus G. Strassmeier  
(*STELLA*)  
Leibniz-Institut für Astrophysik  
Potsdam (Germany)An der  
Sternwarte 16  
D-14482 Potsdam  
Germany  
+493 317 499 295 (office)  
+493 317 499 223 (secretary)  
[kstrassmeier@aip.de](mailto:kstrassmeier@aip.de)

Dr Jean Vernin (INSU - *SUCOSIP*)  
Université de Nice  
Département d'Astrophysique  
Parc Valrose  
06034 Nice CEDEX  
France  
+33 492 076 353  
[vernin@unice.fr](mailto:vernin@unice.fr)

Dr Michael Weber (*STELLA* –  
*Teide CSC*)  
Astrophysical Institute Potsdam  
An der Sternwarte 16  
D-14482 Potsdam  
Germany  
+493 317 499 351  
[mweber@aip.de](mailto:mweber@aip.de)

Prof. H. Van Winckel (MERCATOR)  
Instituut voor Sterrenkunde, K U  
Leuven  
Celestijnenlaan 200 D  
B-3001 Leuven  
Belgium  
+3216 327 036  
Fax: +3216 327 999  
[hans.vanwinkel@ster.kuleuven.be](mailto:hans.vanwinkel@ster.kuleuven.be)

Dr Valentina Zitelli (INAF -  
*SUCOSIP*)  
Osservatorio Astronomico di  
Bologna  
Via Ranzani 1  
40127 Bologna  
Italy  
+39 051 2095739  
+39 3337538768  
[valentina.zitelli@oabo.inaf.it](mailto:valentina.zitelli@oabo.inaf.it)



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