

# MEMORIA IAC 2015



idom<sub>ADA</sub>



**30 años**  
Observatorio de Canarias









# MEMORIA 2015

INSTITUTO DE ASTROFÍSICA DE CANARIAS  
(IAC)

Edita

UNIDAD DE COMUNICACIÓN Y CULTURA CIENTÍFICA (UC3)  
INSTITUTO DE ASTROFÍSICA DE CANARIAS (IAC)

Fotografías

Daniel López y Pablo Bonet / IAC, SMM y autores

Imprime



# Índice general

---

7	<b>PRESENTACIÓN</b>	205	<b>ÁREA DE ENSEÑANZA SUPERIOR</b>
9	<b>CONSORCIO PÚBLICO IAC</b>	207	- Cursos de doctorado
13	<b>LOS OBSERVATORIOS DE CANARIAS</b>	208	- Seminarios científicos
14	- Nueva infraestructura	211	- Coloquios IAC
22	- Observatorio del Teide (OT)	212	- Becas
23	- Observatorio del Roque de los Muchachos (ORM)	213	- Tesis Doctorales
24	<b>COMISIÓN PARA LA ASIGNACIÓN DE TIEMPO (CAT)</b>	213	- XXVII Escuela de Invierno: "Astrofísica en Alta Resolución Temporal"
28	<b>ACUERDOS</b>	215	<b>ADMINISTRACIÓN DE SERVICIOS GENERALES</b>
30	<b>GRAN TELESCOPIO CANARIAS (GTC)</b>	219	- Gerencia Administrativa
33	<b>SUBDIRECCIÓN</b>	220	- Gerencia Operacional
35	- Observatorio del Roque de los Muchachos	221	- Ejecución del Presupuesto 2015
36	- Observatorio del Teide	222	- Recursos Humanos
37	- Operación de las Instalaciones Telescópicas	226	- Oficina de Proyectos Institucionales y Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI)
40	- Caracterización de los Observatorios de Canarias	234	- Grupo de Procesos
45	- Mantenimiento Instrumental	237	<b>UNIDAD DE COMUNICACIÓN Y CULTURA CIENTÍFICA (UC3)</b>
47	- Oficina Técnica para la Protección de la Calidad del Cielo (OTPC)	239	- Personal
50	- Centro de Astrofísica de La Palma (CALP)	239	- Comunicación interna
50	- Servicios Informáticos Comunes (SIC)	240	- Comunicación externa
54	- Biblioteca	243	- Seguimiento de eventos astronómicos
57	<b>ÁREA DE INVESTIGACIÓN</b>	245	- Ediciones impresas
60	- Estructura del Universo y Cosmología	247	- Vídeos
79	- El Universo Local	249	- Proyectos educativos
110	- Física de las Estrellas, Sistemas Planetarios y Medio Interestelar	252	- Exposiciones
135	- El Sol y el Sistema Solar	257	- Eventos especiales
149	- Instrumentación y Espacio	257	- Otros Proyectos de Divulgación Científica
180	- Otros	259	- Colaboraciones con el Museo de la Ciencia y el Cosmos
187	<b>ÁREA DE INSTRUMENTACIÓN</b>	261	- Otras colaboraciones
189	- Ingeniería	262	- Participación en Congresos
201	- Producción	262	- Visitas al IAC y a los observatorios
		265	<b>PUBLICACIONES</b>
		265	- Artículos en revistas internacionales con árbitros
		285	- Artículos de revisión invitados (Invited Reviews) y charlas invitadas (Invited Talks)
		286	- Comunicaciones a congresos internacionales

298 - Comunicaciones a congresos nacionales  
298 - Artículos en revistas internacionales  
sin árbitros y comunicaciones cortas  
299 - Artículos en revistas nacionales  
300 - Libros y capítulos de libros  
300 - Tesis doctorales  
  
303 REUNIONES CIENTÍFICAS

305 TIEMPO DE OBSERVACIÓN FUERA  
DE CANARIAS  
  
307 DISTINCIONES  
  
309 PERSONAL  
  
324 DIRECCIONES Y TELÉFONOS



# PRESENTACIÓN

---



**2**015 ha sido un año muy especial por varias razones, empezando por el 30 aniversario de la inauguración oficial de la sede central de nuestro instituto y de los Observatorios de Canarias. Tuvimos el honor de contar para la celebración de esta efeméride con la presencia de S.M. el Rey, Don Felipe VI, quien inauguró el Experimento QUIJOTE y otros seis telescopios robóticos en el Observatorio del Teide.

El IAC revalidó su acreditación como Centro de Excelencia “Severo Ochoa” por cuatro años más, una excelente noticia que nos anima a seguir trabajando para hacer la mejor ciencia y tecnología. No podíamos recibir mejor regalo coincidiendo con nuestro 30 aniversario.

Los Observatorios de Canarias siguen consolidando su estatus internacional atrayendo a investigadores de todo el mundo y a los grandes proyectos de telescopios internacionales. Así, por ejemplo, el Observatorio del Roque de los Muchachos fue seleccionado por el Consejo de Red de Telescopios Cherenkov (CTA) para acoger los 20 telescopios de esta red en el Hemisferio Norte, iniciándose las negociaciones para materializar esta instalación puntera. Y también se puso en este observatorio la primera piedra del prototipo del LST (*Large Size Telescope*) japonés, de 23 m, el mayor telescopio Cherenkov, en cuya ceremonia estuvo presente el premio nobel de Física 2015 Takaaki Kajita.

También fuimos organizadores locales de la Semana Europea de la Astronomía y las Ciencias del Espacio (EWASS) 2015, el mayor congreso anual de astronomía a nivel europeo que reunió en Tenerife a más de 1.200 astrónomos profesionales de más de 50 países, lo que lo convierte en el mayor congreso astronómico celebrado en España. En México participamos igualmente en el V Congreso Internacional “Ciencia con el GTC”, un telescopio que está produciendo importantes resultados científicos y que realiza un excelente servicio a la comunidad astronómica nacional e internacional.

El ritmo de proyectos y de nuestra producción científica siguió creciendo como muestra de la buena salud de la Astrofísica que se hace en el IAC y en sus observatorios. En 2015 se alcanzó la cifra de 440 artículos científicos publicados en revistas internacionales de prestigio con importantes hallazgos. Por ejemplo, el descubrimiento de un superjúpiter en una estrella de la vecindad solar, el exoplaneta más cercano del que se ha podido obtener una imagen y un espectro; la demostración de cómo se pudo originar una supernova de tipo Ia mediante la fusión de dos enanas blancas en el centro de una nebulosa planetaria; la detección de galaxias alimentándose directamente de gas de la red cósmica; o la demostración de que el Sol podría tener sus ejes magnético y de rotación desalineados, todo un desafío a los modelos de generación y evolución del campo magnético solar.

También destacan los desarrollos tecnológicos del IAC. Asistimos a la primera luz del instrumento HORS en el Gran Telescopio CANARIAS y el instrumento infrarrojo EMIR alcanzó la fase final de su proceso de integra-

ción. Además se prosigue con otros grandes proyectos de instrumentación astronómica que ponen de manifiesto las capacidades del IAC en este campo. De ese potencial surge *IACTec*, un centro puntero en instrumentación científica avanzada que se ubicará en el Polo Científico y Tecnológico de La Laguna, y donde desarrollaremos nuevos programas de investigación, principalmente en el ámbito de las tecnologías de captación y procesamiento de la luz y de las ondas electromagnéticas en general. Una apuesta por la colaboración entre el sector público y el privado para impulsar la transferencia de tecnologías en astrofísica, espacio y biomedicina.

Lo mismo cabe decir de la labor del Área de Enseñanza, que organiza el programa de Becas de Formación de Doctores en Astrofísica, entre ellas las del Programa de Colaboración con *La Caixa*, y el programa de Becas de Verano de Iniciación a la Investigación Astrofísica. Esta área acoge a estudiantes en formación de redes internacionales y, por supuesto, también en los estudios de posgrado (Máster y Doctorado), que han obtenido las menciones de “Excelencia” y “Hacia la Excelencia” en todas las convocatorias. En 2016 se leyeron un total de 16 tesis .

Como es habitual, tuvimos nuestra *Canary Islands Winter School of Astrophysics*, en esta XXVII edición dedicada a la Astrofísica en Alta Resolución Temporal. Esta especialidad estudia fenómenos que cambian muy rápido en el tiempo, en escalas de segundos o milisegundos, y que ocurren mayoritariamente en la cercanía de objetos compactos, como estrellas de neutrones o agujeros negros.

El personal de Administración ha seguido dando un servicio excelente, no sin esfuerzos, para que este centro, que crece cada día en actividad y complejidad, logre sus objetivos.

El IAC siempre ha hecho un gran esfuerzo en divulgación científica por considerarla uno de su fines y desde 2014 cuenta para ello con la Unidad de Comunicación y Cultura Científica (UC3). Muchos han sido los proyectos y actividades organizadas por este departamento. Destaca la producción y coordinación de la exposición “Luces del Universo”, en Tenerife y La Palma, con motivo del 30 aniversario, que pudieron visitar unas 20.000 personas. A lo largo del año, se llevaron a cabo otros proyectos, algunos innovadores de carácter transversal, como “Estrellas entre viñedos” o “Moda Cósmica”, y encuentros de divulgación en teatros. También se han incrementado las ediciones divulgativas del IAC y se ha empezado a editar una serie de vídeos –“IAC investiga”–, que resumen la actividad del IAC en sus diferentes líneas de investigación. Tras sus dos años de duración, el proyecto “SolarLab” finaliza con un gran impacto en la comunidad educativa. Y las jornadas de Puertas Abiertas en el Observatorio del Teide batieron récord de afluencia.

Por último, fuimos los anfitriones del Foro “100xCiencia”, que reunió en La Palma a los 20 centros de investigación de excelencia Severo Ochoa con prestigiosos divulgadores de la ciencia. Toda una experiencia de la que ambos colectivos, que debatieron sobre sus respectivas formas de trabajar, salieron beneficiados. Nos sentimos muy satisfechos por ello.

Rafael Rebolo  
*Director del IAC*

# CONSORCIO PÚBLICO

## “INSTITUTO DE ASTROFÍSICA DE CANARIAS”

---

**E**l Consorcio Público “Instituto de Astrofísica de Canarias” está integrado por la Administración del Estado (a través del Ministerio de Economía y Competitividad), la Comunidad Autónoma de Canarias, la Universidad de La Laguna y el Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

Esta fórmula jurídica de consorcio fue una avanzada solución administrativa, consecuencia de un pacto por el que las entidades implicadas, concentrando sus esfuerzos y evitando duplicidades innecesarias, se comprometieron a unificar objetivos y medios en un único ente, al que dotaron de personalidad jurídica propia. Se trataba de que el IAC fuese un centro de referencia, no sólo capaz de cumplir las responsabilidades derivadas de los Acuerdos Internacionales de Cooperación en materia de Astrofísica, en los cuales representa a España, sino además de ser palanca para el desarrollo de la Astrofísica en el país.

Cada uno de estos entes consorciados aporta algo esencial. La Comunidad Autónoma de Canarias: el suelo y, sobre todo, el cielo de Canarias; la Universidad de La Laguna: el Instituto Universitario de Astrofísica, germen del propio IAC; y el Consejo Superior de Investigaciones Científicas: su experiencia en relaciones

científicas internacionales. La Administración del Estado a través de el Ministerio de Economía y Competitividad, por su parte, no sólo contribuye con el mayor porcentaje al presupuesto del Instituto, sino que, además, lo engloba dentro de sus organismos públicos de investigación y lo proyecta en la comunidad científica nacional e internacional.

Especialmente importante es la participación internacional. Téngase en cuenta que la mayoría de las instalaciones telescópicas de los Observatorios del IAC pertenecen a otros organismos e instituciones de investigación europeas.

La participación de las instituciones de los diversos países en los Observatorios se realiza a través del Comité Científico Internacional (CCI). La contrapartida principal que se recibe por el “cielo de Canarias” es del 20% del tiempo de observación (más un 5% para programas cooperativos) en cada uno de los telescopios instalados en los Observatorios del IAC. Un porcentaje realmente significativo que una Comisión para la Asignación de Tiempo (CAT) reparte cuidadosamente entre las numerosas peticiones formuladas por los astrofísicos españoles.

El IAC lo integran:

- EL INSTITUTO DE ASTROFÍSICA (La Laguna - Tenerife)
- EL OBSERVATORIO DEL TEIDE (Izaña - Tenerife)
- EL OBSERVATORIO DEL ROQUE DE LOS MUCHACHOS (Garafía - La Palma)
- EL CENTRO DE ASTROFÍSICA DE LA PALMA (Breña Baja - La Palma)

Se estructura en áreas:

- Investigación
- Instrumentación
- Enseñanza Superior
- Administración de Servicios Generales

Órganos Directivos	Nº reuniones
<b>* CONSEJO RECTOR</b>	1
PRESIDENTE - Ministro de Economía y Competitividad	
VOCALES - Presidente del Gobierno de Canarias	
- Representante de la Administración del Estado	
- Rector de la Universidad de La Laguna	
- Presidente del CSIC	
- Director del IAC	
<b>* DIRECTOR</b>	
<b>Órganos Colegiados:</b>	<b>Nº reuniones</b>
<b>* COMISIÓN ASESORA PARA LA INVESTIGACIÓN (CAI)</b>	1
<b>* COMITÉ DE DIRECCIÓN (CD)</b>	36
- Consejo de Investigadores	3
- Comisión de Investigación	13
- Comisión de Enseñanza	4
- Comité de la Biblioteca	2
<b>* COMITÉ CIENTÍFICO INTERNACIONAL (CCI)</b>	2
SUBCOMITÉS - Servicios Comunes OT	2
- Servicios Comunes ORM	2
<b>* COMISIÓN PARA LA ASIGNACIÓN DE TIEMPO (CAT)</b>	
- Telescopios nocturnos (sala nocturna)	2
- Telescopios solares (sala diurna)	1

## REUNIONES CELEBRADAS

### Reunión del Consejo Rector

El Consejo Rector es el órgano supremo y decisorio del IAC, su máxima autoridad en materia administrativa y económica y a través del cual ejercen sus competencias en este instituto las distintas administraciones consorciadas: la Administración General del Estado, actualmente a través del Ministerio de Economía y Competitividad (MINECO), la Comunidad Autónoma de Canarias (CAC), la Universidad de La Laguna (ULL) y el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC).

El Consejo Rector del IAC se reunió el 24 de junio, presidido por Carmen Vela Olmo, secretaria de Estado de Investigación, Desarrollo e Innovación del Ministerio de Economía y Competitividad (MINECO), y con la asistencia de Juan Ruiz Alzola, director general de la Agencia Canaria de Investigación, Innovación y Sociedad de la Información, Antonio Martinón Cejas, rector de la Universidad de La Laguna, Marina Villegas Gracia, directora general de Investigación Científica y Técnica del Ministerio de Economía y Competitividad, Carlos Alonso Rodríguez, presidente del Cabildo Insular de Tenerife, Anselmo Pestana Padrón, presidente del Cabildo Insular de La Palma, y Rafael Rebolo López, Director del Instituto de Astrofísica de Canarias y Secretario del Consejo Rector. A la reunión también asistieron Carlos Martínez Roger, subdirector del IAC, que actuó como secretario de actas y Gema Esther Sotomayor, de los Servicios Jurídicos.

Al comienzo de la reunión, la secretaria de Estado también mantuvo un encuentro con algunos investigadores del IAC para intercambiar impresiones sobre el estado actual de la investigación en España y, en particular, en el IAC.

### Informe del Director

Comenzó la reunión con el informe de Rafael Rebolo, sobre la actividad científica y técnica realizada por



La secretaria de Estado con investigadores del IAC. Créditos: Iván Jiménez/IAC.



Durante la reunión del Consejo Rector del IAC. Créditos: Iván Jiménez/IAC.

el centro desde el último Consejo Rector de julio de 2014. Se abordaron temas relacionados con personal. A continuación se presentó un informe que recoge las recomendaciones de la Comisión Asesora de Investigación (CAI) del IAC.

### Grandes telescopios

El IAC continúa trabajando con los consorcios internacionales que persiguen desarrollar tres grandes instalaciones telescópicas y que han expresado su interés por situarse en los observatorios de Canarias. Uno de ellos sería el **Telescopio Liverpool 2 (LT2)**, de 4 m, el primer telescopio robótico de este tamaño.

En cuanto a la **red de telescopios Cherenkov (CTA)**, se informó al Consejo Rector de las negociaciones para la instalación en el Observatorio del Roque de los Muchachos. El IAC coordina las negociaciones con MINECO y con CTA-España.

Por su parte, el **European Solar Telescope (EST)** ha sido presentado al European Strategy Forum on Research Infrastructures (ESFRI) como proyecto liderado por España y coordinado por el IAC. ESFRI ha admitido la solicitud para su evaluación técnica.

El Director también informó de que el Science and Technology Facilities Council (STFC) del Reino Unido ha manifestado al IAC su interés por continuar la explotación científica del Grupo de Telescopios Isaac Newton durante la próxima década, pero reorganizando la gestión y operación de los telescopios WHT e INT.

### IACtec y CATELP

El director del IAC informó sobre el estado de **IAC-Tec**, el centro tecnológico que se ubicará en el Parque Científico Tecnológico de La Laguna, en el antiguo Hogar Gomero. El proceso de adjudicación de la obra de este centro aún se encuentra en trámite, si bien el 9 de marzo de 2015 se llevó a cabo la presentación pública del proyecto constructivo. La construcción de **IAC-**

Tec tiene un presupuesto global algo superior a los 4,5 millones de euros. IACTec se sitúa sobre una parcela de 4.730 m<sup>2</sup>, con una edificabilidad de 4.185 m<sup>2</sup>, en varias plantas.

El Consejo Rector también fue informado del estado actual de la posible instalación del Centro de Astrofísica y Tecnología (CATELP) de La Palma en el nuevo Espacio Científico y Tecnológico – Proyecto Antares. La razón es posibilitar el asentamiento de toda la comunidad astrofísica de La Palma en una única ubicación, garantizar la máxima conectividad de esta nueva sede con el entorno (incluyendo el ORM) y favorecer el futuro crecimiento del centro con la instalación de nuevas instituciones usuarias así como iniciativas empresariales altamente innovadoras. El IAC se mantendría como gestor e interlocutor con todas las instituciones instaladas en sus Observatorios de este nuevo Espacio Tecnológico.

El Consejo Rector ratificó finalmente 41 acuerdos: 31 a nivel nacional y 10 internacionales firmados desde la última reunión.

### Presupuesto

El Director presentó un proyecto de presupuesto para 2016, que fue aprobado, manteniendo aproximadamente el mismo nivel de gastos presupuestarios que en el ejercicio 2015 y siguiendo las previsiones del Plan cuatrienal aprobado por el Consejo Rector.

Carmen Vela del Olmo, destacó en rueda de prensa la labor realizada por el IAC en estos últimos 30 años tanto en materia científica, publicando en promedio más de un resultado diario en revistas especializadas, como en divulgación científica. Juan Ruiz Alzola, director general de la Agencia Canaria de Investigación, Innovación y Sociedad de la Información (ACIISI) del Gobierno de Canarias, también subrayó que la Astrofísica es el ámbito donde las Islas han desarrollado más ca-



De izquierda a derecha, Juan Ruiz Alzola, director general de la ACIISI, Carmen Vela del Olmo, secretaria de Estado de Investigación, Desarrollo e Innovación del MINECO, y Rafael Rebolo, director del IAC. Crédito: Iván Jiménez/IAC.

pacidades competitivas y donde mayores contribuciones se han hecho a la ciencia europea.

### Reuniones del Comité Científico Internacional (CCI)

El Acuerdo de Cooperación Astrofísica, firmado en La Palma el 26 de mayo de 1979 y suscrito con ocho países europeos, concede a los organismos firmantes una participación efectiva en la adopción de las decisiones a través del Comité Científico Internacional (CCI). Este comité mantuvo dos reuniones en 2015:

- La reunión número 73 del CCI se celebró el 19 de mayo en el Instituto de Astrofísica de Potsdam (Alemania).

En la reunión se presentaron informes sobre los avances en los telescopios nocturnos y solares de Alemania en el OT así como del telescopio Solar Sueco del ORM y el Proyecto CTA. También se presentaron informes sobre la marcha y las cuentas de ambos Observatorios.

El CCI acordó la concesión del tiempo de observación del Programa de TI 2015-16. El Director del IAC informó sobre los planes de celebración del 30 Aniversario de la Inauguración de los Observatorios de Canarias.

- La reunión número 74 del CCI, se celebró el 17 de noviembre en la Universidad de La Laguna, en Tenerife.

Además de los informes sobre varios telescopios y proyectos nuevos se estudió la propuesta de la Agencia Espacial Europea (ESA) de adherirse al Tratado Internacional mediante el cual se crearon los Observatorios Astrofísicos de Canarias. El CCI acogió muy favorablemente ésta propuesta e invitó a los representantes de ESA de proseguir con el proceso.

Los Administradores de los Observatorios presentaron los presupuestos de Servicios Comunes indiferenciados de ambos Observatorios que fueron aprobados por el CCI.



Miembros del CCI durante la reunión celebrada en la Universidad de La Laguna, Tenerife.



# LOS OBSERVATORIOS DE CANARIAS

## NUEVA INFRAESTRUCTURA

**S**u Majestad el Rey, D. Felipe VI, acompañado del presidente del Gobierno de Canarias, Paulino Rivero, y de la Ministra de Fomento, Ana Pastor, entre otras autoridades y personal del IAC, inauguró el 27 de junio, en el Observatorio del Teide, en Tenerife, los dos telescopios del Experimento QUIJOTE, liderado por el IAC, así como seis telescopios robóticos: Las Cumbres (LCOGT) y SLOOH (OTA) (EEUU), MASTER (Rusia), QES (Catar) y AMOS-CI (Eslovaquia). MAGEC (Mallorca, España).

### EXPERIMENTO QUIJOTE

El Experimento QUIJOTE, compuesto de dos telescopios de 2,5 m de diámetro instalados en el Observa-



S.M. el Rey, en las instalaciones del Experimento QUIJOTE atendiendo las explicaciones del director del IAC, Rafael Rebolo. Créditos: Luis Chinarro/IAC.

torio del Teide (Tenerife), es un experimento cosmológico que tiene como objetivo el estudio de la polarización del Fondo Cósmico de Microondas, en particular, de las condiciones en las que se desarrolló la inflación, una época de expansión muy rápida del Universo en sus orígenes.

QUIJOTE I, que opera desde 2012 en las frecuencias 11, 13, 17 y 19 GHz, está dedicado a caracterizar la polarización de la emisión de nuestra galaxia usando complejos mecanismos de modulación de la luz de microondas que funcionan a temperaturas criogénicas.

QUIJOTE II, recién instalado y que operará a 30 y 40 GHz, pretende caracterizar la polarización del fondo de microondas con el objetivo de detectar las huellas del nacimiento del Universo, en forma de ondas gravitacionales generadas una fracción de segundo después del Big Bang.

Es una colaboración científica entre el IAC, el Instituto de Física de Cantabria, el Departamento de Ingeniería de Comunicaciones de la Universidad de Cantabria, el Observatorio Jodrell Bank de la Universidad de Manchester (Reino Unido) y el Cavendish Laboratory de la Universidad de Cambridge (Reino Unido). Los telescopios han sido construidos por la compañía IDOM.



S.M. el Rey, con el equipo del Experimento Quijote, entre ellos el director del IAC, Rafael Rebolo, posando junto con Paulino Rivero, presidente del Gobierno de Canarias, Ana Pastor, ministra de Fomento, y Francisco Sánchez, director fundador del IAC. Créditos: Luis Chinarro (IAC).



Telescopios del Experimento QUIJOTE. Créditos: Daniel López/IAC.

## TELESCOPIOS ROBÓTICOS

Existen telescopios que pueden programarse o manejarse remotamente, de forma que ya no es necesaria la presencia del astrónomo “in situ”. Se diferencia entre los telescopios que se operan de forma remota (a través de internet) y los que están programados para trabajar dentro de los parámetros asignados (los robóticos). En el caso de los primeros, existe una persona

que decide el trabajo que debe realizarse, mientras que los robóticos hacen tareas rutinarias, como observar continuamente todo el cielo y objetos programados de antemano, sin la necesidad de supervisión continua.

Las Cumbres Observatory Global Telescope Network (LCOGT) es una red integrada de telescopios robóticos distribuidos alrededor del mundo para investigación profesional y ciencia ciudadana. Su interés



Izquierda: S.M. el Rey, atendiendo las explicaciones de las nuevas instalaciones robóticas del Observatorio del Teide durante su inauguración. Derecha: Responsables de las nuevas instalaciones robóticas durante su inauguración. Créditos: Luis Chinarro (IAC).



Uno de los telescopios de Las Cumbres Observatory Global Telescope Network (LCOGT), instalado en el OT.

abarca desde supernovas hasta planetas extrasolares. Con sede central en Goleta, California (EEUU), actualmente sus telescopios se encuentran en Haleakala (Hawai, EEUU), McDonald (Texas, EEUU), Cerro Tololo (Chile), Sutherland (Sudáfrica) y Siding Spring (Austra-

lia). En el Observatorio del Teide, en Tenerife, se han instalado dos telescopios de 0,40 m y está previsto que se instalen otros cuatro de este diámetro y tres de 1 m.

Los dos telescopios SLOOH - Optical Telescope Array (OTA), de 50 y 35 cm, en el OT desde 2004, forman parte de una red de pequeños telescopios robóticos emplazados en diversas localizaciones del planeta. Se trata de telescopios destinados a la divulgación que permiten a usuarios, a través de internet, controlarlos remotamente y obtener imágenes del cielo. Pertenecen a la Telescope Society, de Delaware (EEUU). Los OTA han obtenido 2,4 millones de fotos en tiempo real de más de 40.000 objetos celestes y han participado en numerosos descubrimientos con las principales instituciones astronómicas.

El Proyecto **MASTER**, del Instituto Astronómico de Sternberg de la Universidad de Moscú. M. V. Lomonosov (Rusia), consiste en ocho nodos repartidos por toda la superficie del planeta, cada uno dotado de dos telescopios en paralelo de 40 cm. El objetivo principal del Proyecto es medir la polarización y propiedades cromáticas de la emisión óptica inicial de rayos gamma (GRB) y realizar una única observación rápida de todo el cielo durante cada noche. Trata de resolver proble-



Los dos telescopios SLOOH – Optical Telescope Array (OTA), instalados en el OT.



La Nebulosa de Norteamérica, observada con el telescopio MASTER desde el OT, el 4 de junio de 2015.

mas fundamentales: búsqueda de la energía oscura mediante el descubrimiento y fotometría de supernovas, búsqueda de planetas extrasolares, efectos de microlentes, detección de los cuerpos de pequeñas dimensiones en el Sistema Solar y monitorizado de la basura espacial. Todos los telescopios MASTER pueden ser guiados mediante alertas para la observación de la emisión óptica inicial de las explosiones de rayos gamma simultáneamente, en varios filtros y en varios planos de polarización.

**QES (Qatar Exoplanet Survey)**, del Qatar Environment and Energy Research Institute (Catar) es un instrumento singular dedicado al estudio de tránsitos extraplanetarios en todo el cielo cuyo objetivo es la detección de exoplanetas calientes con masas en el rango entre Neptuno y Júpiter alrededor de estrellas de baja masa. En el Observatorio del Teide se han instalado 8 de estos telescopios de 0,1 m.

La instalación **AMOS-CI (All-sky Meteor Orbit System-Canary Islands)**, del Departamento de Astronomía, Física de la Tierra y Meteorología de la Universidad Comenius, Bratislavia (Eslovaquia), consta de dos conjuntos de cámaras que registran meteoros en la atmósfera, entre 120 y 80 km de altitud y en un rango que cubre cientos de km desde cada estación. Estas dos estaciones, una en Tenerife y otra en La Palma, permiten determinar su trayectoria exacta en la atmósfera y sus órbitas alrededor del Sol, lo que permite vincular a los meteoros con sus objetos progenitores.



El telescopio de CATAR QES (Qatar Exoplanet Survey) en el OT.



En primer plano la instalación eslovaca AMOS-CI (All-sky Meteor Orbit System-Canary Islands) en el OT.



El telescopio MAGEC (Majorca cAnary survey of the very fast movinG sky objECts) en el OT.

**MAGEC (Majorca cAnary survey of very fast movinG sky objECts)**, del Observatorio de Astronomía de Mallorca (España), es una instalación singular, dedicada al descubrimiento y seguimiento de objetos celestes que se desplazan relativamente rápido, mayoritariamente asteroides y cometas. Entre ellos se encuentra

los NEOs, asteroides de tamaño intermedio o grande que cruzan la órbita de la Tierra, siendo por lo tanto potencialmente peligrosos por la posibilidad de una colisión. Se compone de 5 telescopios, dos de 0,45 m, uno de 0,40 m, uno de 0,30 m y otro de 0,17 m.

## PRIMERA PIEDRA DEL PROTOTIPO DEL LST

El 9 de octubre tuvo lugar la ceremonia de primera piedra del mayor telescopio Cherenkov del Hemisferio Norte, el prototipo del LST (*Large Size Telescope*), de 23 m de diámetro, en el Observatorio del Roque de los Muchachos, en La Palma. El acto contó con la presencia del Premio Nobel de Física Takaaki Kajita.

Durante la misma, Fernando Clavijo, presidente del Gobierno de Canarias, descubrió una placa conmemorativa con el diseño y las principales características del telescopio. En ella intervinieron Rafael Rebolo, director del IAC; Takaaki Kajita, director del Institute for Cos-



Takaaki Kajita, director del Institute for Cosmic Ray Research (ICRR Tokio), durante su intervención en el acto de la primera piedra del prototipo del LST. Créditos: Antonio González/IAC.



Invitados y autoridades observando la placa conmemorativa de la primera piedra del prototipo del LST. Créditos: Antonio González/IAC

mic Ray Research (ICRR Tokio); Martín Taño, alcalde de Garafía; Anselmo Pestana, presidente del Cabildo de La Palma; Carmen Vela, secretaria de Estado de Investigación, Desarrollo e Innovación, y Kazuhiko Koshikawa, embajador de Japón.

El investigador principal del telescopio, Masahiro Teshima, miembro del ICRR Tokio y director del Instituto Max Planck de Física de Múnich, y Manel Martínez, miembro del IFAE y presidente del comité directivo del LST, explicaron las principales características del telescopio y su importancia en la investigación de los rayos gamma cósmicos.

Takaaki Kajita, Premio Nobel de Física de este año, afirmó que CTA (Cherenkov Telescope Array) “será realmente el proyecto científico clave en el campo de la astrofísica de altas energías y rayos cósmicos, y que debería llevarse a cabo con un esfuerzo común”.

El prototipo del LST será el primer telescopio de la red CTA cuando se concluya el acuerdo entre España y el consorcio CTA para que CTA-Norte se instale en el Observatorio del Roque de los Muchachos, en La Palma.

## EL JKT VUELVE A OPERAR, ESTA VEZ POR CONTROL REMOTO

Gracias a un acuerdo entre el consorcio de universidades de Estados Unidos SARA (*Southeastern Association for Research in Astronomy*) y el IAC, el telescopio Jacobus Kapteyn (JKT), tras más de una década de inactividad, ha sido transformado en un telescopio operado remotamente con fines científicos, educativos y de divulgación.

Al acto de reapertura, el 10 de octubre, asistieron Terry Oswalt, presidente de SARA, arropado por numerosos miembros de su comité de dirección; Rafael Rebolo, director del IAC, y autoridades y científicos relacionados con el proyecto.

La actualización de los sistemas del JKT para realizar operaciones remotas ha corrido a cargo de la empresa Astronomical Consultants and Equipment, de Tucson (Arizona, Estados Unidos).

El telescopio de 1 m Jacobus Kapteyn (JKT) fue encargado por el Reino Unido, Irlanda y los Países Bajos hace más de treinta años para formar parte del Observatorio del Roque de los Muchachos, en La Palma. El objetivo era aprovechar las excelentes condiciones atmosféricas de esta escarpada isla volcánica. Cambios en las prioridades de financiación del Grupo Isaac Newton (ING), al que pertenecía, determinaron el fin de sus observaciones tradicionales en 2003 y fue cedido al IAC en 2012.



Delegación y personal del IAC, ING y GTC, delante del telescopio Jacobus Kapteyn (JKT). Créditos: Daniel López/IAC

El acuerdo internacional entre el consorcio SARA y el IAC, así como la posibilidad de operación remota entre continentes que permite Internet, ha dado una nueva oportunidad de hacer ciencia a este telescopio. El personal del IAC tendrá tiempo de observación en el JKT y podrá establecer nuevos proyectos de colaboración con científicos de SARA que utilicen otros telescopios.

SARA es un consorcio de universidades, que ya opera por control remoto instrumentos situados en Arizona y Chile. Los centros participantes son los siguientes: Florida International University, Florida Institute of Technology, East Tennessee State University, Valdosta State University, Agnes Scott College, Ball State University, the University of Alabama, Butler University, Valparaiso University, Clemson University, Texas A&M University-Commerce, y Embry-Riddle Aeronautical University, además del IAC, que ahora también forma parte. SARA también colabora con la comunidad astronómica chilena y el Lowell Observatory, lo que les da acceso a un telescopio en Cerro Tololo (Chile).

Los astrónomos se sirven de estos instrumentos para investigar desde asteroides hasta cuásares. Asimismo se utilizan en las aulas, con la participación activa de los estudiantes, y en actividades de divulgación científica. La operación remota de los telescopios permite su uso inmediato, ahorrar costes en viajes y una gran flexibilidad en la repartición del tiempo de telescopio entre diversos proyectos.

El nuevo telescopio de La Palma aporta ventajas adicionales. Por un lado, SARA dispondrá de un instrumento en un sitio excelente para la observación astronómica. Por otro, su posición (longitud) permitirá observar durante 16 horas seguidas fenómenos astronómicos al encadenar las distintas infraestructuras del consorcio (cuando se hace de día en La Palma, se hace de noche en Arizona).

También presenta en su faceta educativa y de divulgación científica la ventaja añadida de las casi siete horas de adelanto respecto a la hora en el Este de los Estados Unidos.





# INSTITUTO DE ASTROFÍSICA DE CANARIAS

## Observatorio del Roque de los Muchachos

Superficie: 189 hectáreas  
 Altitud: 2.396 m.  
 Situación: Gran Canaria - Isla de La Palma  
 Longitud: 17°52' 24" Oeste  
 Latitud: 28°45' 34" Norte



Foto: Nuricki Sotomayor (IAC)

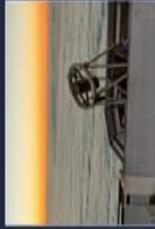


Foto: Nuricki Sotomayor (IAC)



Foto: Nuricki Sotomayor (IAC)



Foto: Nuricki Sotomayor (IAC)



Foto: Nuricki Sotomayor (IAC)

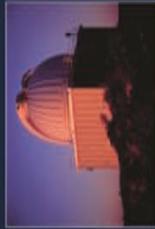


Foto: Nuricki Sotomayor (IAC)



Foto: Nuricki Sotomayor (IAC)



Foto: Nuricki Sotomayor (IAC)



Foto: Nuricki Sotomayor (IAC)



Foto: Nuricki Sotomayor (IAC)



Foto: Nuricki Sotomayor (IAC)

Nombre	Altitud (m)	Diámetro (m)	Superficie (m²)	Estado
Telescopio de 102 cm	2396	102	8167	Operativo
Telescopio de 194 cm	2396	194	7460	Operativo
Telescopio de 306 cm	2396	306	29243	Operativo
Telescopio de 358 cm	2396	358	40363	Operativo
Telescopio de 423 cm	2396	423	57883	Operativo
Telescopio de 70 cm	2396	70	3848	Operativo
Telescopio de 114 cm	2396	114	12792	Operativo
Telescopio de 130 cm	2396	130	16990	Operativo
Telescopio de 152 cm	2396	152	22464	Operativo
Telescopio de 183 cm	2396	183	26382	Operativo
Telescopio de 214 cm	2396	214	35812	Operativo
Telescopio de 245 cm	2396	245	47722	Operativo
Telescopio de 276 cm	2396	276	62112	Operativo
Telescopio de 307 cm	2396	307	79982	Operativo
Telescopio de 338 cm	2396	338	101332	Operativo
Telescopio de 369 cm	2396	369	126182	Operativo
Telescopio de 400 cm	2396	400	154532	Operativo
Telescopio de 431 cm	2396	431	186382	Operativo
Telescopio de 462 cm	2396	462	221732	Operativo
Telescopio de 493 cm	2396	493	260582	Operativo
Telescopio de 524 cm	2396	524	302932	Operativo
Telescopio de 555 cm	2396	555	348782	Operativo
Telescopio de 586 cm	2396	586	398132	Operativo
Telescopio de 617 cm	2396	617	451982	Operativo
Telescopio de 648 cm	2396	648	510332	Operativo
Telescopio de 679 cm	2396	679	573182	Operativo
Telescopio de 710 cm	2396	710	640532	Operativo
Telescopio de 741 cm	2396	741	712382	Operativo
Telescopio de 772 cm	2396	772	788732	Operativo
Telescopio de 803 cm	2396	803	869582	Operativo
Telescopio de 834 cm	2396	834	954932	Operativo
Telescopio de 865 cm	2396	865	1044782	Operativo
Telescopio de 896 cm	2396	896	1139032	Operativo
Telescopio de 927 cm	2396	927	1237782	Operativo
Telescopio de 958 cm	2396	958	1341032	Operativo
Telescopio de 989 cm	2396	989	1448782	Operativo
Telescopio de 1020 cm	2396	1020	1561032	Operativo
Telescopio de 1051 cm	2396	1051	1677782	Operativo
Telescopio de 1082 cm	2396	1082	1799032	Operativo
Telescopio de 1113 cm	2396	1113	1924782	Operativo
Telescopio de 1144 cm	2396	1144	2055032	Operativo
Telescopio de 1175 cm	2396	1175	2190782	Operativo
Telescopio de 1206 cm	2396	1206	2332032	Operativo
Telescopio de 1237 cm	2396	1237	2478782	Operativo
Telescopio de 1268 cm	2396	1268	2631032	Operativo
Telescopio de 1299 cm	2396	1299	2788782	Operativo
Telescopio de 1330 cm	2396	1330	2952032	Operativo
Telescopio de 1361 cm	2396	1361	3121782	Operativo
Telescopio de 1392 cm	2396	1392	3298032	Operativo
Telescopio de 1423 cm	2396	1423	3480782	Operativo
Telescopio de 1454 cm	2396	1454	3670032	Operativo
Telescopio de 1485 cm	2396	1485	3866782	Operativo
Telescopio de 1516 cm	2396	1516	4071032	Operativo
Telescopio de 1547 cm	2396	1547	4282782	Operativo
Telescopio de 1578 cm	2396	1578	4502032	Operativo
Telescopio de 1609 cm	2396	1609	4729782	Operativo
Telescopio de 1640 cm	2396	1640	4965032	Operativo
Telescopio de 1671 cm	2396	1671	5208782	Operativo
Telescopio de 1702 cm	2396	1702	5461032	Operativo
Telescopio de 1733 cm	2396	1733	5722782	Operativo
Telescopio de 1764 cm	2396	1764	6003032	Operativo
Telescopio de 1795 cm	2396	1795	6292782	Operativo
Telescopio de 1826 cm	2396	1826	6591032	Operativo
Telescopio de 1857 cm	2396	1857	6908782	Operativo
Telescopio de 1888 cm	2396	1888	7235032	Operativo
Telescopio de 1919 cm	2396	1919	7570782	Operativo
Telescopio de 1950 cm	2396	1950	7916032	Operativo
Telescopio de 1981 cm	2396	1981	8271782	Operativo
Telescopio de 2012 cm	2396	2012	8638032	Operativo
Telescopio de 2043 cm	2396	2043	9015782	Operativo
Telescopio de 2074 cm	2396	2074	9405032	Operativo
Telescopio de 2105 cm	2396	2105	9806782	Operativo
Telescopio de 2136 cm	2396	2136	10230032	Operativo
Telescopio de 2167 cm	2396	2167	10674782	Operativo
Telescopio de 2198 cm	2396	2198	11141032	Operativo
Telescopio de 2229 cm	2396	2229	11629782	Operativo
Telescopio de 2260 cm	2396	2260	12141032	Operativo
Telescopio de 2291 cm	2396	2291	12675782	Operativo
Telescopio de 2322 cm	2396	2322	13234032	Operativo
Telescopio de 2353 cm	2396	2353	13816782	Operativo
Telescopio de 2384 cm	2396	2384	14424032	Operativo
Telescopio de 2415 cm	2396	2415	15056782	Operativo
Telescopio de 2446 cm	2396	2446	15715032	Operativo
Telescopio de 2477 cm	2396	2477	16398782	Operativo
Telescopio de 2508 cm	2396	2508	17108032	Operativo
Telescopio de 2539 cm	2396	2539	17843782	Operativo
Telescopio de 2570 cm	2396	2570	18606032	Operativo
Telescopio de 2601 cm	2396	2601	19395782	Operativo
Telescopio de 2632 cm	2396	2632	20213032	Operativo
Telescopio de 2663 cm	2396	2663	21057782	Operativo
Telescopio de 2694 cm	2396	2694	21930032	Operativo
Telescopio de 2725 cm	2396	2725	22830782	Operativo
Telescopio de 2756 cm	2396	2756	23760032	Operativo
Telescopio de 2787 cm	2396	2787	24718782	Operativo
Telescopio de 2818 cm	2396	2818	25707032	Operativo
Telescopio de 2849 cm	2396	2849	26725782	Operativo
Telescopio de 2880 cm	2396	2880	27775032	Operativo
Telescopio de 2911 cm	2396	2911	28855782	Operativo
Telescopio de 2942 cm	2396	2942	29968032	Operativo
Telescopio de 2973 cm	2396	2973	31112782	Operativo
Telescopio de 3004 cm	2396	3004	32290032	Operativo
Telescopio de 3035 cm	2396	3035	33499782	Operativo
Telescopio de 3066 cm	2396	3066	34742032	Operativo
Telescopio de 3097 cm	2396	3097	36017782	Operativo
Telescopio de 3128 cm	2396	3128	37326032	Operativo
Telescopio de 3159 cm	2396	3159	38668782	Operativo
Telescopio de 3190 cm	2396	3190	40045032	Operativo
Telescopio de 3221 cm	2396	3221	41455782	Operativo
Telescopio de 3252 cm	2396	3252	42900032	Operativo
Telescopio de 3283 cm	2396	3283	44378782	Operativo
Telescopio de 3314 cm	2396	3314	45892032	Operativo
Telescopio de 3345 cm	2396	3345	47440782	Operativo
Telescopio de 3376 cm	2396	3376	49025032	Operativo
Telescopio de 3407 cm	2396	3407	50645782	Operativo
Telescopio de 3438 cm	2396	3438	52303032	Operativo
Telescopio de 3469 cm	2396	3469	54097782	Operativo
Telescopio de 3500 cm	2396	3500	55930032	Operativo
Telescopio de 3531 cm	2396	3531	57800782	Operativo
Telescopio de 3562 cm	2396	3562	59709032	Operativo
Telescopio de 3593 cm	2396	3593	61655782	Operativo
Telescopio de 3624 cm	2396	3624	63640032	Operativo
Telescopio de 3655 cm	2396	3655	65662782	Operativo
Telescopio de 3686 cm	2396	3686	67724032	Operativo
Telescopio de 3717 cm	2396	3717	69825782	Operativo
Telescopio de 3748 cm	2396	3748	71968032	Operativo
Telescopio de 3779 cm	2396	3779	74151782	Operativo
Telescopio de 3810 cm	2396	3810	76377032	Operativo
Telescopio de 3841 cm	2396	3841	78644782	Operativo
Telescopio de 3872 cm	2396	3872	80955032	Operativo
Telescopio de 3903 cm	2396	3903	83308782	Operativo
Telescopio de 3934 cm	2396	3934	85706032	Operativo
Telescopio de 3965 cm	2396	3965	88147782	Operativo
Telescopio de 3996 cm	2396	3996	90634032	Operativo
Telescopio de 4027 cm	2396	4027	93165782	Operativo
Telescopio de 4058 cm	2396	4058	95743032	Operativo
Telescopio de 4089 cm	2396	4089	98366782	Operativo
Telescopio de 4120 cm	2396	4120	101037032	Operativo
Telescopio de 4151 cm	2396	4151	103754782	Operativo
Telescopio de 4182 cm	2396	4182	106519032	Operativo
Telescopio de 4213 cm	2396	4213	109330782	Operativo
Telescopio de 4244 cm	2396	4244	112189032	Operativo
Telescopio de 4275 cm	2396	4275	115094782	Operativo
Telescopio de 4306 cm	2396	4306	118048032	Operativo
Telescopio de 4337 cm	2396	4337	121049782	Operativo
Telescopio de 4368 cm	2396	4368	124099032	Operativo
Telescopio de 4399 cm	2396	4399	127196782	Operativo
Telescopio de 4430 cm	2396	4430	130343032	Operativo
Telescopio de 4461 cm	2396	4461	133537782	Operativo
Telescopio de 4492 cm	2396	4492	136781032	Operativo
Telescopio de 4523 cm	2396	4523	140072782	Operativo
Telescopio de 4554 cm	2396	4554	143413032	Operativo
Telescopio de 4585 cm	2396	4585	146802782	Operativo
Telescopio de 4616 cm	2396	4616	150241032	Operativo
Telescopio de 4647 cm	2396	4647	153728782	Operativo
Telescopio de 4678 cm	2396	4678	157266032	Operativo
Telescopio de 4709 cm	2396	4709	160852782	Operativo
Telescopio de 4740 cm	2396	4740	164489032	Operativo
Telescopio de 4771 cm	2396	4771	168174782	Operativo
Telescopio de 4802 cm	2396	4802	171910032	Operativo
Telescopio de 4833 cm	2396	4833	175695782	Operativo
Telescopio de 4864 cm	2396	4864	179532032	Operativo
Telescopio de 4895 cm	2396	4895	183418782	Operativo
Telescopio de 4926 cm	2396	4926	187356032	Operativo
Telescopio de 4957 cm	2396	4957	191343782	Operativo
Telescopio de 4988 cm	2396	4988	195382032	Operativo
Telescopio de 5019 cm	2396	5019	199470782	Operativo
Telescopio de 5050 cm	2396	5050	203610032	Operativo
Telescopio de 5081 cm	2396	5081	207800782	Operativo
Telescopio de 5112 cm	2396	5112	212043032	Operativo
Telescopio de 51				

# OBSERVATORIO DEL TEIDE (OT)

- Superficie: 50 hectáreas
- Altitud: 2.390 m
- Situación: Isla de Tenerife (Islas Canarias/España)
- Longitud: 16° 30' 35" Oeste
- Latitud: 28° 18' 00" Norte

Diámetro (cm)	INSTRUMENTO	PROPIETARIO	Operativo (año)
20	SHABAR	IAC (E)	2010
30	Monitor de <i>seeing</i> automático (DIMMA)	IAC (E)	2010
30	Telescopio robótico Bradford	Univ. Bradford (RU)	2005
30	Telescopio EARTHSHINE	New Jersey Inst. Technology (EEUU)	2009
40 × 2	Red de telescopios ópticos (OTA)	Sociedad del Telescopio (EEUU)	2004
40 × 2	Telescopio MASTER	Univ. Moscú M.V.Lomonosov (R)	2015 *
40	Telescopio MAGEC	Obs. Astron. de Mallorca (E)	2015 *
45 + 2	Telescopio MONS	Univ. Mons (B)	1972
50	Telescopio solar de Torre al Vacío (VTT)	Inst. Kiepenheuer (A)	1989
70	Telescopio IAC-80	IAC (E)	1993
80	Telescopio solar THEMIS	CNRS (FR)	1996
90	Telescopio solar THEMIS	CNRS (FR)	1996
100	Telescopio OGS	IAC-ESA (E-Intern.)	1996
100	Telescopio SONG	Univ. Aarhus (D)	2013
120 × 2	Telescopios robóticos STELLA	IAC (E)	
150	Telescopio solar GREGOR	Inst. Potsdam (A)	2005 y 2008
		Inst. Kiepenheuer (A)	2012
		Univ. Gottingen (A)	
		Inst. Potsdam (A)	
155	Telescopio infrarrojo Carlos Sánchez (TCS)	IAC (E)	1972
40 × 2	LCOGT-Teide Node	LCOGT Network (EEUU)	2015 *
250	Telescopios de microondas QUIJOTE I y QUIJOTE II	IAC (E)	2012 y 2014
		Univ. Cambridge (RU)	
		Univ. Manchester (RU)	
		Inst. Física Cantabria (E)	
		Univ. Cantabria (E)	
	<u>Instrumentos en el LABORATORIO SOLAR</u>		
	- Espectrofotómetro integral MARK-I	Univ. Birmingham (RU)	1977
		IAC (E)	
	- Tacómetro de Fourier GONG-T	NSO (EEUU)	1996
	- Fotómetro estelar EAST	Univ. Tsing-Hua (T)	2006
	<u>Cámaras</u>		
	- CILBO	ESA (Intern.)	2011
	- XO	STSI (EEUU)	2012
	- AMOS-CI	Univ. Bratislava (Eslov.)	2014
	- QES	Fundación Catarí de Investigación (Q)	2016 *
			* Previsto
<p>A= Alemania, B= Bélgica; D= Dinamarca; E= España; Eslov.=Eslovaquia; EEUU= Estados Unidos; FR= Francia; IT= Italia; Q= Catar; R= Rusia; RU= Reino Unido; T= Taiwán; Intern.= Internacional</p>			
<p><b>SERVICIOS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Comunicaciones: Red IBERCOM, sistema de radio-enlace con estación de base y a bordo de vehículos, línea de datos a 34 Mbps.</li> <li>- Alojamiento: Residencia con 24 plazas.</li> <li>- Vehículo: 9 adscritos a las instalaciones telescópicas y 4 todo-terreno.</li> <li>- Energía: 3 centros de transformación con 660 KVA y 3 grupos electrógenos con 295 KVA.</li> <li>- Centro de visitantes: Aforo 43 personas.</li> <li>- Otras instalaciones: Zona de servicios, Garajes y Cuarto de Máquinas.</li> </ul>			

# OBSERVATORIO DEL ROQUE DE LOS MUCHACHOS (ORM)

- Superficie: 189 hectáreas
- Altitud: 2.396 m
- Situación: Isla de La Palma (Islas Canarias/España)
- Longitud: 17° 52' 34" Oeste
- Latitud: 28° 45' 34" Norte

Diámetro (cm)	INSTRUMENTO	PROPIETARIO	Operativo (año)
	SHABAR	IAC (E)	2010
	SuperWASP	Univ. Warwick (RU)	2004
20	Monitor de <i>seeing</i> automático (DIMMA)	IAC-UN (E-F)	2007
30	Monitor de <i>seeing</i> automático (DIMMA)	ING/STFC-NWO (RU-PB-E)	1994
45	Telescopio solar Abierto Holandés (DOT)	Fundación DOT (PB)	1997
97	Refractor solar (SST)	Univ. Estocolmo (S)	2002
100	Telescopio Jacobus Kapteyn (JKT)	IAC (E)	2015 *
100	Telescopio óptico SQFT	Univ. Warwick (RU)	2015 *
120	Telescopio MERCATOR	Inst. Sterrenkunde (B)	2002
		Univ. Leuven (B)	
200	Telescopio robótico Liverpool (LT)	Univ. John Moores Liverpool (RU)	2003
250	Telescopio Isaac Newton (INT)	STFC-NWO-IAC (RU-PB-E)	1984
256	Telescopio Nórdico (NOT)	Asoc. Científica NOT (D-FI-N-S-IS)	1989
350	Telescopio Nacional Galileo (TNG)	INAF (IT)	1998
420	Telescopio William Herschel (WHT)	STFC-NWO-IAC (RU-PB-E)	1987
1.040	Gran Telescopio CANARIAS (GTC)	GRANTECAN (E)	2008
		Univ. Florida (EEUU)	
		INAOE-UNAM (M)	
1.700 × 2	Telescopios Cherenkov MAGIC I y MAGIC II	Colaboración MAGIC *	2005 y 2008
2.300	LST1	Colaboración CTA-LST **	2017 *
	FACT (superficie espejo 9,5 m <sup>2</sup> )	Univ. Tokio (J)	
		Colaboración FACT ***	2011
	<u>Cámaras</u>		
	- CILBO	ESA (Intern.)	2011
	- AMOS-CI	Univ. Bratislava (Eslov.)	2014
			* Previsto

A= Alemania; B= Bélgica; BU= Bulgaria; C= Croacia; D= Dinamarca; E= España; EEUU= Estados Unidos; Eslov.=Eslovaquia; FI= Finlandia; IS = Islandia; IT= Italia; J= Japón; M= México; N= Noruega; P = Polonia; PB= Países Bajos; Q= Catar; RU= Reino Unido; S= Suecia; SZ=Suiza; Intern.= Internacional

\* **Colaboración WASP:** IAC-ING (E); Qatar Foundation (Q); Universidades de Cambridge, Keele, Leicester, Open, Queens Belfast, St. Andrews y Warwick (RU)

\*\* **Colaboración MAGIC:** Universidades de Dortmund y Würzburg, Inst. Max-Planck Física Múnich, DESY-Zeuthen (A); Inst. for Nuclear Research (BU), Inst. R. Boskovic, Universidades de Rijeka y Split (C); Universidades Complutense de Madrid, de Barcelona y Autónoma de Barcelona, Inst. Física d'Altes Energies, Inst. de Astrofísica de Canarias, Inst. de Astrofísica de Andalucía, Inst. de Ciencias de l'Espai, CIEMAT (E); Obs. Tuorla (FI); Universidades de Padua, Siena, Udine e Insubria, Inst. Nacional de Astrofísica (IT); Univ. Kioto y Consorcio japonés (J); Univ. Lodz (P); Inst. de Física de Partículas ETH (SZ)

\*\*\* **Colaboración FACT:** ETH, ISDC y EPFL (SZ); TU Dortmund y Univ. Würzburg (A)

## SERVICIOS

- Comunicaciones: Red IBERCOM, sistema de radio-enlace con estaciones de base y a bordo de vehículos, Línea de datos a 34 Mbps.
- Alojamiento: Residencia con 29 habitaciones (24 individuales y 9 dobles); Anexo con 27 habitaciones (6 individuales y 21 dobles).
- Vehículos: 3 todo-terreno, 1 turismo.1 camión (quitanieve y contra incendios) y 1 ambulancia.
- 4 Helipuertos.
- Otras instalaciones: Zona de Servicios con despachos, sala de reuniones con videoconferencia, Laboratorio de Electrónica, Taller de Mecánica, Almacén, Garajes, Grupos Electrónicos, Transformadores, Cuarto de Máquinas, Taller de Soldadura y Gasolinera.

# COMISIÓN PARA LA ASIGNACIÓN DEL TIEMPO (CAT)

## EN LOS OBSERVATORIOS DEL IAC

---

Entre los objetivos del IAC figura “promover la investigación astrofísica” y “fomentar las relaciones con la comunidad científica nacional e internacional”. La forma más directa que tiene el Instituto de actuar en tal sentido es facilitando el uso de tiempo de observación disponible en cada uno de los telescopios instalados en los Observatorios de Canarias. La asignación de tiempo de observación se realiza a través de la “Comisión de Asignación de Tiempo” (CAT), constituido por astrofísicos de probada cualificación, que se adscribe a las listas de candidatos elegibles según sus campos de investigación. Las normas sobre su composición y funcionamiento las fija el Consejo Rector del IAC.

El Presidente del CAT continúa actuando en delegación del Director del IAC. Además hay un representante del Comité Científico Internacional (CCI).

Cada uno de los tres Paneles de la nueva composición está formado por un Comisionado, un Vice-comisionado, un representante de la Subdirección General de Promoción e Infraestructuras Tecnológicas y Grandes Instalaciones del Ministerio de Educación y

Ciencia, en relación con el Programa de Mejora y Acceso a Grandes Instalaciones y tres vocales y especializados en un campo específico de la Astrofísica: el Panel de *Galaxias y Cosmología*, el de *Galaxias y Estrellas* y el de *Estrellas y Planetas*. El cometido de estos Paneles es reunirse para estudiar las propuestas de su especialidad, pre-evaluar las solicitudes y hacer llegar sus informes científicos al Presidente y Vicepresidente del CAT, por medio de sus respectivos Comisionados y Vice-comisionados, con el propósito de facilitarles su labor. Los tres Paneles se reúnen simultáneamente durante dos días consecutivos y los seis Comisionados y Vice-comisionados se reúnen a continuación con el Presidente y Vice-presidente durante dos días más.

Los miembros del CAT no permanecen en él más de 4 evaluaciones consecutivas (2 años). Al final de cada reunión semestral evaluadora se nombra el vocal correspondiente a la plaza que ha quedado vacante, de tal manera que vayan renovándose los vocales de uno en uno.



## SALA NOCTURNA

El CAT, en la sala nocturna, para los telescopios nocturnos, se reunió en dos ocasiones y asistieron a las reuniones:



- 18, 19, 20 y 21 de mayo (1)
- 23, 24, 25 y 26 de noviembre (2)

<b>Presidente</b>	Romano L.M. Corradi (IAC) (1) María Rosa Zapatero Osorio (CAB) (2)
<b>Vicepresidente</b>	María Rosa Zapatero Osorio (CAB) (1) Ignacio Trujillo Cabrera (IAC) (2)

### PANEL I: GALAXIAS Y COSMOLOGÍA (GACOS)

<b>Comisionado</b>	Jorge Sánchez Almeida (IAC) (1) Roser Pelló Descayre (Univ. de Toulouse, Francia) (2)
<b>Vice-comisionado</b>	Armando Gil de Paz (UCM) (1) Jorge Sánchez Almeida (IAC) (2)
<b>Vocales</b>	José A. López Aguerri (IAC) (1 y 2) Roser Pelló Descayre (Univ. de Toulouse, Francia) (1) José Muñoz Lozano (UV) (1) Carlos Hernández Monteagudo (CEFCA) (2) Armando Gil de Paz (UCM) (2)

### PANEL II: GALAXIAS Y ESTRELLAS (GAES)

<b>Comisionado</b>	Ana I. Gómez de Castro (UCM) (1 y 2)
<b>Vice-comisionado</b>	Pier Carlo Bonifacio (Univ. de París, Francia) (1 y 2)
<b>Vocales</b>	Inmaculada Domínguez Aguilera (UGR) (1 y 2) Ricardo Carrera Jiménez (IAC) (1 y 2) Jesús Maiz Apellaniz (CAB) (1) Minia Manteiga Outeiro (UDC) (2)

→

- 18, 19, 20 y 21 de mayo (1)
- 23, 24, 25 y 26 de noviembre (2)

#### PANEL III: ESTRELLAS Y PLANETAS (ESPLA)

<b>Comisionado</b>	Javier Licandro Goldaracena (IAC) (1) Carlos Abia Ladrón de Guevara (UGR) (2)
<b>Vice-comisionado</b>	Roi Alonso Sobrino (IAC) (1) Jonay González Hernández (IAC) (2)
<b>Vocales</b>	Jonay González Hernández (IAC) (1) Jorge Sanz Forcada (CAB) (1 y 2) M. Cruz Gálvez Ortíz (CAB) (1 y 2) Nicolas Lodieu IAC) (2)

Tatiana Karthaus, del IAC, como Secretaria.

## SALA DIURNA

El CAT, en la sala diurna, distribuyó el tiempo de observación de los telescopios solares. Se reunió en dos ocasiones y los participantes fueron:



26 de enero y 7 de marzo

<b>Presidente</b>	Andrés Asensio Ramos (IAC)
<b>Vocal del IAC</b>	Héctor Socas Navarro
<b>Vocales de la Comunidad Nacional</b>	Ramón J. Oliver Herrero (Univ. Islas Baleares) Neus Águeda (UB)
<b>Vocal Comité Científico Internacional</b>	Nazaret Bello González (KIS)

NOTA: Las resoluciones del CAT, con las propuestas seleccionadas, aparecen detalladas en las siguientes direcciones electrónicas:

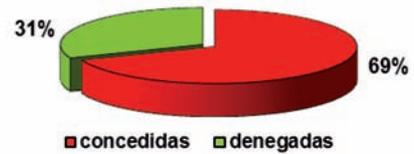
- telescopios solares: <http://www.iac.es/cat/pages/cat-solar/es/introducciasup3n.php>
  - telescopios nocturnos: <http://www.iac.es/cat/pages/cat-nocturno/es/presentacion.php>
- por lo que para evitar repeticiones no se incluirán en esta Memoria.  
(Información: Tatiana Karthaus, Secretaría del CAT).

## RATIOS DE SOBREPETICIÓN PARA EL TIEMPO ESPAÑOL EN LOS TELESCOPIOS NOCTURNOS DEL OT Y DEL ORM

GrafCAT

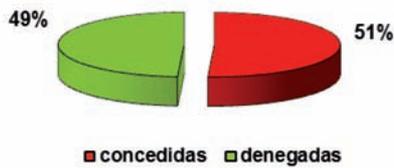
El ratio de sobrepetición expresa el número de noches solicitadas por cada noche concedida.

1.046,9 noches solicitadas en los telescopios nocturnos del ORM y OT



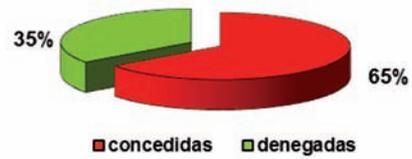
Ratio de sobrepetición 1,4 (140%)

168,6 noches solicitadas en el telescopio WHT (ORM)



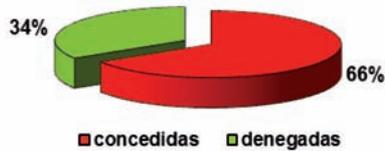
Ratio de sobrepetición 2 (200%)

152,3 noches solicitadas en el telescopio INT (ORM)



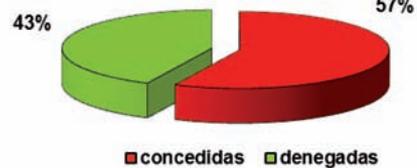
Ratio de sobrepetición: 1,5 (150%)

81,9 noches solicitadas en el telescopio NOT (ORM)



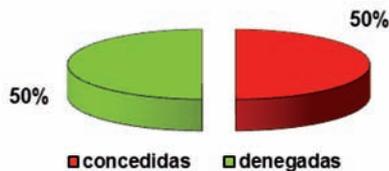
Ratio de sobrepetición: 1,5 (150%)

71,6 noches solicitadas en el telescopio LT (ORM)



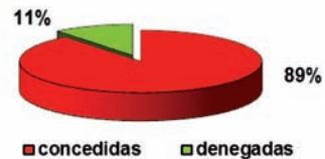
Ratio de sobrepetición: 1,8 (180%)

100,1 noches solicitadas en el telescopio TNG (ORM)



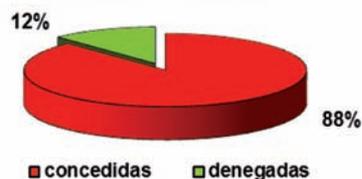
Ratio de sobrepetición: 2 (200%)

64,4 noches solicitadas en el telescopio MERCATOR (ORM)



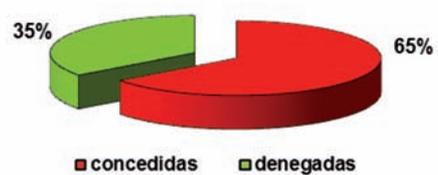
Ratio de sobrepetición: 1,1 (110%)

293,9 noches solicitadas en el telescopio GTC (ORM)



Ratio de sobrepetición 1,1 (110%)

114,1 noches solicitadas en el telescopio STELLA (OT)



Ratio de sobrepetición 1,5 (150%)

# ACUERDOS

## ACUERDOS INTERNACIONALES

**A** lo largo de 2015, se firmaron los siguientes Acuerdos Internacionales:

- Segunda enmienda al Protocolo de Cooperación entre el IAC y la Fundación para la Investigación de la Universidad de Florida (EEUU) al objeto de reforzar la cooperación relacionada con el Gran Telescopio CANARIAS (GTC) y su instrumentación. (Enero 2015).
- Acuerdo multilateral concerniente al suministro del instrumento WEAVE para el Telescopio William Herschel del ING, del Observatorio del Roque de los Muchachos. (Febrero 2015).
- Convenio de Colaboración entre el IAC y ESO para el desarrollo del Proyecto HARMONI para el E-ELT. (Marzo 2015).
- Acuerdo de Colaboración entre el IAC y la Universidad de Tokio (Japón), para la instalación y operación del prototipo de los telescopios de la Red Internacional CTA en el ORM. (Marzo 2015).
- Acuerdo de participación del IAC en el Cherenkov Telescope Array Observatory gGmbH como socio por parte de España. (Marzo 2015).
- Acuerdo entre el IAC y la Universidad de Warwick (Reino Unido), para la instalación del prototipo del Telescopio GOTO en el ORM. (Julio 2015).
- Contrato para la realización de software para el instrumento MIRADAS del Gran Telescopio CANARIAS GTC con la Universidad de Florida (EEUU). (Octubre 2015).
- Intercambio de Declaración de Intenciones con el Instituto de Investigación de Rayos Cósmicos (Universidad de Tokio – Japón) y el Instituto Werner Heisenberg de Física (MPI - Alemania) para cuatro telescopios CTA de 23 m en el ORM. (Octubre 2015).

## ACUERDOS NACIONALES

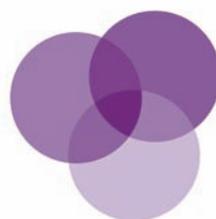
A lo largo de 2015, se firmaron los siguientes Acuerdos Nacionales:

- La Agencia Canaria de Investigación, Innovación y Sociedad de la Información ACIISI acordó conve-



El director de la ACIISI, Juan Ruiz Alzola, el director del IAC, Rafael Rebolo, y el director general de GRANTECAN S.A., Pedro Álvarez, durante la presentación de las actuaciones científicas programadas para el período 2014-2020 tras la firma de tres convenios de colaboración entre estas instituciones. Foto: Luis Chinarro (IAC).

- nios de colaboración con el IAC y GRANTECAN S.A. Se presentaron las actuaciones científicas que se llevarán a cabo en el Gran Telescopio Canarias (GTC) con la firma de tres convenios. Canarias aportará inversiones para este telescopio, uno de los referentes, reconocido mundialmente, de las grandes Instalaciones Científico-Técnicas Singulares del mapa nacional. (Enero 2015).
- El IAC firma el acuerdo Marco Estratégico Tenerife Violeta (METV). El IAC, suscribió el acuerdo que integrará a este centro en la Red Insular de Igualdad de Género Tenerife Violeta (RIIGTV), lo que pone a este instituto en la vanguardia del tra-



# METV

Marco Estratégico de Actuaciones  
en Políticas de Igualdad de Género  
**Tenerife Violeta**

bajo hacia la igualdad efectiva entre mujeres y hombres en la isla de Tenerife. El IAC hace así una apuesta decidida por las políticas de igualdad, con una serie de acciones que se llevarán a cabo en relación con esta materia. (Febrero 2015)

- La Asociación Española de la Industria de la Ciencia INEUSTAR ha negociado con el IAC un acuerdo de cooperación por tres años. El convenio marco entre ambas entidades prevé, entre otras acciones conjuntas, tanto en el ámbito nacional como internacional, las siguientes colaboraciones: asesoramiento científico-técnico en materias relacionadas con la Astronomía y afines para el desarrollo de proyectos de I+D+i, desarrollos tecnológicos, uso de infraestructuras y recursos, convenios de formación y actuaciones en materia de divulgación y comunicación.

Este convenio se establece en el contexto de la creación del futuro centro de tecnología "IACtec", en el Polo Científico y Tecnológico La Laguna, un nuevo espacio de cooperación tecnológica y empresarial que



De izquierda a derecha, Francisco Javier Cáceres, director general de INEUSTAR, Miguel Ángel Carrera, de AVS, S.L. y presidente de esta asociación, Rafael Rebolo, director del IAC, Juan Carlos Llorente, de GMV, Lander González Larrea, de SCIENTIFICA, S.L., y Carlos Martínez Roger, subdirector del IAC. Foto: Luis Chinarro (IAC).

aprovechará el conocimiento acumulado en el desarrollo de instrumentación científica avanzada y contribuirá al desarrollo industrial y comercialización de productos de alto valor añadido en Canarias. (Abril 2015)



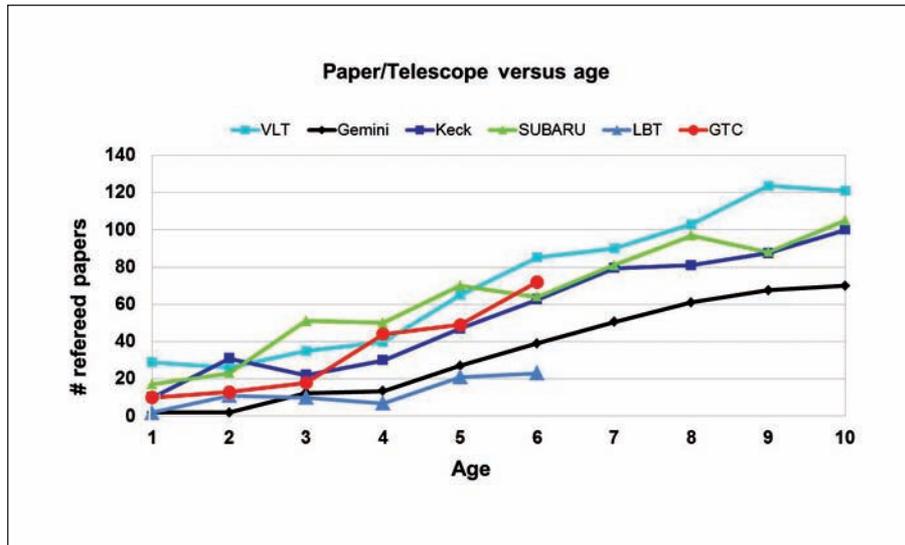
# GRAN TELESCOPIO CANARIAS (GTC)

---

**E**l Gran Telescopio Canarias (GTC) fue el primer proyecto de “gran ciencia” liderado por España, para ser instalado en nuestro territorio, además de un proyecto industrial de alto valor tecnológico con una importante participación de la industria de nuestro país. Está liderado por el Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC) y financiado por el Estado Español, a través del Ministerio de Educación y Ciencia, el Gobierno Autónomo de Canarias, a través de la Consejería de Educación, Cultura y Deportes, el Instituto de Astronomía de la Universidad Nacional Autónoma de México (IA-UNAM), el Instituto de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE) de Puebla (México) y la Universidad de Florida (EEUU).

A lo largo de los semestres 2015A (marzo a agosto 2015) y 2015B (septiembre 2015 a febrero 2016) se han completado siete años de operación del telescopio. Durante estos dos últimos semestres, el 78,9% del tiempo se ha dedicado a realizar programas de observación científica. El restante 21,1% del tiempo fue dedicado a actividades técnicas de mejora y ajustes del telescopio, especialmente aquellas necesarias para la puesta a punto de CIRCE y los trabajos sobre los accionamientos de las compuertas de observación de la cúpula. Algo más de un mes completo tuvo que dedicarse a esta mejora de la cúpula; durante este tiempo, la cúpula quedó inoperativa, por lo que no fue posible rea-





Representación del número de publicaciones en revistas internacionales con árbitro, basadas en datos tomados con los telescopios de mayor diámetro, cada año, en función de la “edad” de cada uno, contada esta a partir del año de primeras publicaciones. En el caso del telescopio GTC, el año 1 es el 2010.

lizar programas de observación. Ahora, con esta mejora, el telescopio GTC ya tiene acceso completo a todas las elevaciones, desde los 15 a los 90 grados.

El tiempo de observación durante esos dos semestres se ha destinado a atender las solicitudes de un total de 170 programas de observación de los que más de un 54,1% se han podido completar con éxito. Casi un 13,3% se dedicó a programas de tiempo garantizado de OSIRIS, CanariCam y CIRCE y a tiempo internacional del ORM (ITP). Un 2,0% se dedicó a completar el programa científico ESO/GTC. Y el resto, algo más del 84,8%, se consumió en programas competitivos de las tres comunidades a las que sirve el telescopio GTC: España, México y la Universidad de Florida.

El total de solicitudes de observación recibidas en tiempo abierto competitivo durante los dos semestres de 2015 fue de 195 solicitudes. Estas solicitudes totalizaron 2.654,4 horas de observación solicitadas. El factor de sobresuscripción (entendido como la relación entre el número de horas de observación solicitadas y el número de horas de observación ofrecidas) ha sido de 2,6.

En 2015 se han publicado un total de 72 artículos en publicaciones internacionales con árbitro basadas en datos tomados con el telescopio GTC. Desde el año 2010, fecha en la que se realizaron las primeras publicaciones científicas basadas en datos del telescopio GTC, se han publicado un total de 206 artículos. La figura compara estos números con lo que ha sido la historia de publicaciones de los mayores telescopios ac-

tualmente en operación (fuente: ESO publication statistics, versión julio 2010).

Durante 2015 se encuentran operativos los instrumentos OSIRIS, CanariCam y CIRCE, tras completar su puesta a punto a mediados de año.

A principios de 2016 se desinstalará CanariCam para poder instalar EMIR en el foco Nasmyth-A donde se espera recibirlo a principios de ese año. La actual planificación, y si se consiguen los fondos necesarios, contempla corregir los problemas de CanariCam con su cabeza fría y adaptarlo a un foco Cassegrain plegado, como estaba previsto desde los primeros años de su desarrollo. Este retorno de CanariCam a un foco del telescopio GTC está planificado para el año 2017.

También, a lo largo del año 2015 se realizan las siguientes actividades destacadas:

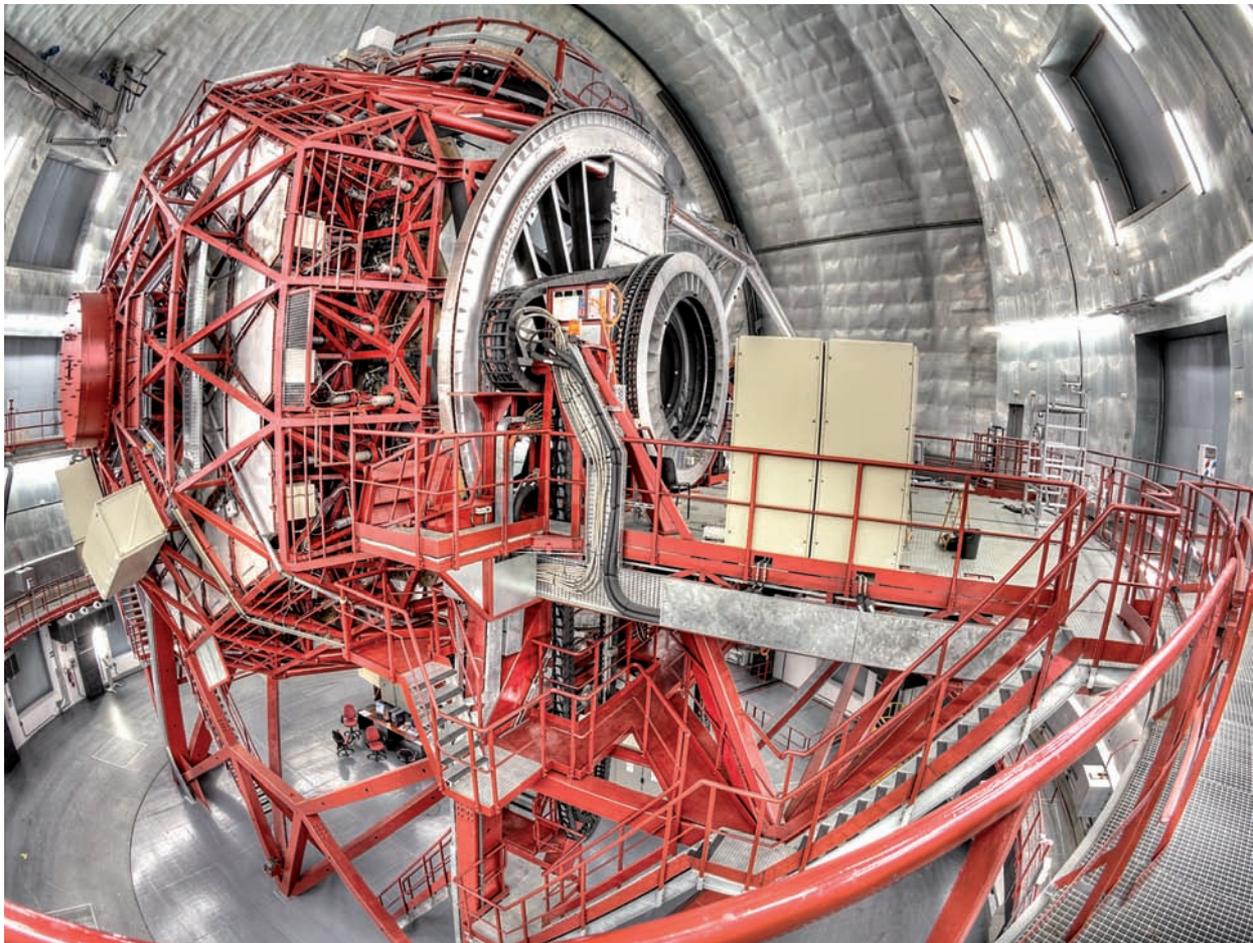
- Se realiza el grueso de las modificaciones al sistema de accionamiento de las compuertas de la cúpula. Con estas actuaciones se resuelven los problemas en la apertura de estas compuertas que limitaban el acceso a elevaciones superiores a los 80 grados o inferiores a 22 grados.
- Se realiza la puesta a punto del instrumento CIRCE, ofrecido como instrumento visitante por S. Eikenberry (UF) e instalado en el foco Cassegrain plegado E (FC-E) del telescopio GTC en diciembre de 2014, y se ofrece a la comunidad desde junio.
- En el mes de mayo de 2015 se instala el instrumento visitante ofrecido por C. Allende (IAC) bajo

el nombre de **HORS**. **HORS** es un espectrógrafo Echelle en el visible con resolución 25.000 alimentado por una fibra a ser colocada en el plano focal del telescopio, junto con **OSIRIS**. En los meses siguientes se inicia la puesta a punto de este instrumento. Se identifica la necesidad de modificaciones en la unidad de plano focal, por lo que la puesta a punto no se completará hasta el año 2016.

- En los meses finales del año 2015 se realizan las pruebas de EMIR como parte de su fase de aceptación en los laboratorios del IAC. Tras completar esta fase, en los primeros meses de 2016, se procederá a su traslado al Observatorio del Roque de los Muchachos para su instalación en el telescopio GTC.
- Tras completar su diseño, la Universidad Complutense de Madrid (UCM), junto con el consorcio que lidera, progresa en la construcción de **MEGARA** para su instalación en el telescopio GTC a finales de 2016.
- El Instituto de Astronomía de la UNAM (México), junto con el consorcio que lidera, avanza de forma

significativa en la fabricación del instrumento **FRIDA**. La UNAM tiene previsto completar **FRIDA** a finales de 2017.

- La Universidad de Florida (EEUU) ha completado este año 2015 el diseño final de **MIRADAS**. Ha iniciado también la fabricación de este instrumento que pretende completar en 2018. Su instalación en el telescopio GTC está planificada para mediados de 2019.
- El IAC, en colaboración con **GRANTECAN S.A.**, progresa en completar el sistema de Óptica Adaptativa del telescopio GTC para su instalación a lo largo de 2018.
- El Gobierno de Canarias concede al IAC una ayuda FEDER para abordar el desarrollo de un sistema de estrella guía laser para ampliar la cobertura de cielo del sistema de Óptica Adaptativa del telescopio GTC que desarrolla, junto con **GRANTECAN S.A.** Para facilitar la rápida ejecución de estos trabajos, la Agencia Canaria de Investigación, Innovación y Sociedad de la Información (ACIISI) concede al IAC un préstamo reembolsable a interés cero.



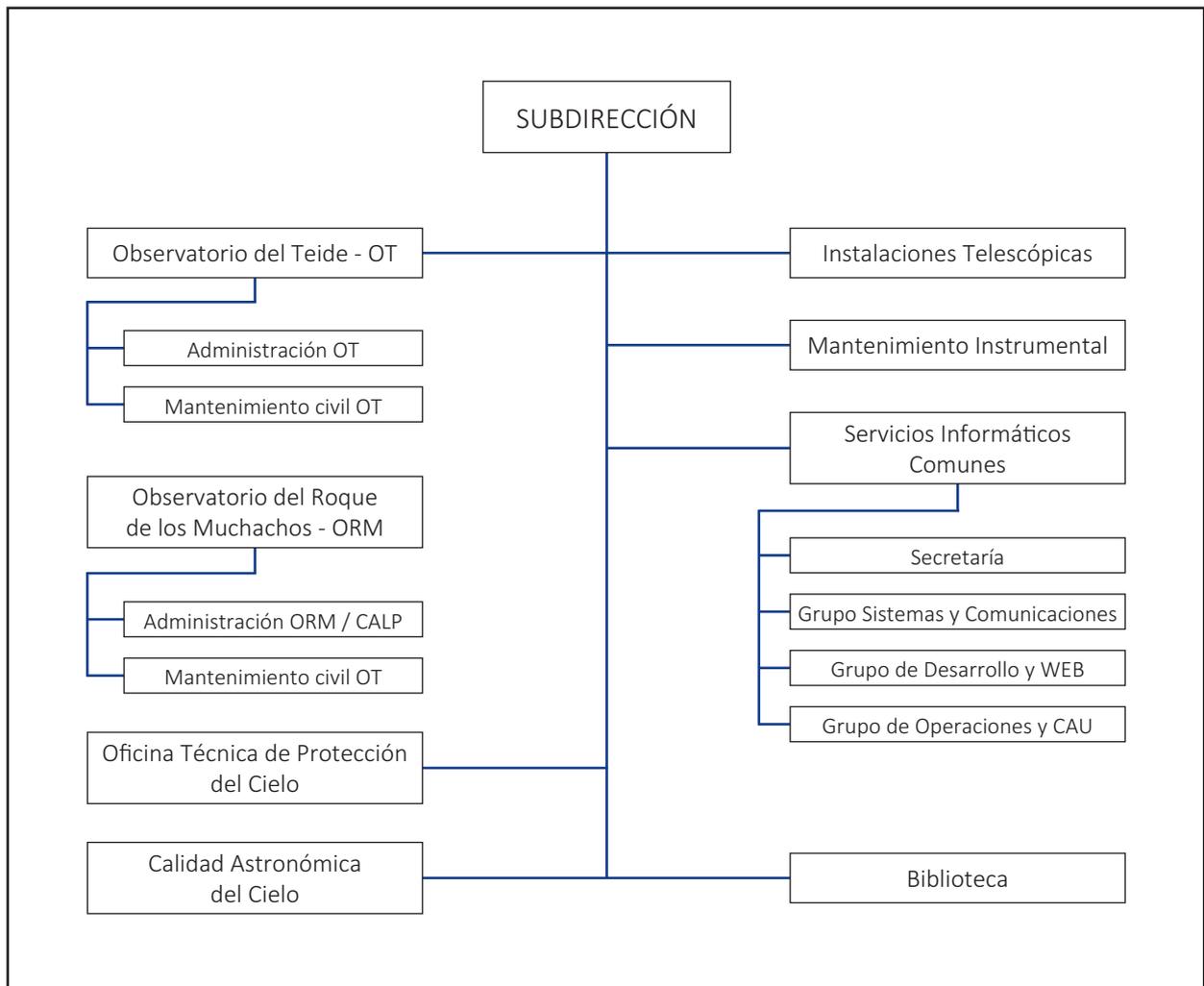


# SUBDIRECCIÓN

**E**l Consejo Rector (junio 2015), a propuesta del Director, aprobó la agrupación en la Subdirección de todas las unidades directamente relacionadas con la operación de los Observatorios de Canarias. De esta manera se asegura la máxima aproximación de las mismas a la Dirección del centro; una gestión activa de los acuerdos internacionales; y una coordinación óptima entre ambos observatorios, favoreciendo además sinergias entre las diferentes unidades de apoyo a las actividades en ambos emplazamientos.

Las distintas unidades que componen la Subdirección, son las siguientes:

- Observatorio del Roque de los Muchachos (ORM) (previamente en la Administración de Servicios Generales).
- Observatorio del Teide (OT) (previamente en la Administración de Servicios Generales).
- Operaciones de las Instalaciones Telescópicas (previamente en el Área de Investigación).
- Caracterización de los Observatorios de Canarias.
- Mantenimiento Instrumental (previamente en el Área de Instrumentación).
- Oficina Técnica para la Protección del Cielo OTPC (previamente en la Administración de Servicios Generales).
- Centro de Astrofísica de La Palma CALP (previamente en la Administración de Servicios Generales).
- Servicios Informáticos comunes (SIC).
- Biblioteca.



## OBSERVATORIO DEL ROQUE DE LOS MUCHACHOS (ORM)

---

**E**l número de visitantes que accedieron a las instalaciones del Observatorio durante el año 2015 fue de 7.857 personas. De ellas, 6.446 lo hicieron en alguno de los 228 días del año en que se organizaron Visitas Concertadas a través del contrato de servicios vigente con la empresa Astrocamp. Esta cifra supuso un aumento del número de visitantes del 11,4% respecto a 2014.

Los telescopios GTC y MAGIC fueron los más visitados al recibir más de 6.800 personas cada uno, suponiendo más del 86% del total de visitas recibidas por los telescopios, seguido del telescopio WHT con casi el 17% del total. Es de destacar asimismo la visita de 948 alumnos, en donde se incluye el Programa de divulgación llevado a cabo con alumnos de 4º de la ESO de todos los Centros Escolares de la isla de La Palma. Participaron en este programa 789 alumnos de 16 Colegios, contando con la colaboración de astrónomos de las diferentes Instituciones Usuaras del Observatorio que dieron las charlas en los colegios y efectuaron talleres y visitas guiadas en el propio Observatorio.

En cuanto a medios de comunicación, son de destacar los programas grabados en el Observatorio para las emisoras de televisión TVE, BBC, NHK, la cadena francesa France3 y la visita de un grupo de corresponsales de prensa europea en Madrid (*Le Monde, La Repubblica, ANSA, Süddeutsche Zeitung, Die Welt, Borsen y De Tijd*).

Los días 5 de abril y 6 de octubre de 2015 se celebraron las reuniones semestrales del Comité de Servicios Comunes del ORM bajo la presidencia de M. Balcells. El Administrador del ORM actuó como Secretario.

En relación a actividades llevadas a cabo en el Observatorio podemos resaltar las siguientes:

- Se realizaron trabajos en la cúpula del telescopio JKT; recolocación de la antena de Red Tetra desde el techo hasta el mástil de telecomunicaciones, además de las antenas de los operadores de telefonía móvil.
- Se han realizado diversas reuniones con el Cabildo Insular y el Ayuntamiento de Garafía para realizar seguimiento de los trabajos del Centro de Visitantes, que se prevé empiecen en el primer semestre de 2016.
- Se han llevado a cabo reuniones con Endesa y el Cabildo Insular de La Palma para la mejora y repotenciación de la línea eléctrica que suministra al ORM.
- Hubo varias estancias relacionadas con la formación de alumnos de distintas universidades, destacando los programas llevados a cabo por las universidades de Sheffield, Leyden, Oslo, Amsterdam, Lovaina, La Laguna y el Instituto Niels Bohr de Copenhague.
- Se realizaron diversos trabajos para la renovación y mejora de las seis habitaciones del Anexo #2, dotándolas de un nuevo sistema de detección automático de incendios, persianas eléctricas, nuevas puertas y ventanas e instalación de cerraduras electrónicas. Además se han efectuado reformas en los baños, con la instalación de los mismos en habitaciones que carecían de baño interior. Se sustituyeron las moquetas de la planta alta actualizándose la instalación eléctrica e incorporando además iluminación led.
- Se produjo durante el pasado año la visita del Project Manager de CTA y otros responsables de la instalación del prototipo del LST.
- En comparación con el año 2014, se registró una variación de -1,2% en el alojamiento de la Residencia y Anexos, siendo la media diaria de ocupación de 27,4 personas. El número total de habitaciones ocupadas ascendió a 9.568, tramitándose un total de 2.901 reservas para un total de 9.993 pernoctaciones.
- Se ha continuado con el programa de formación a personal del IAC y de diversas Instituciones Usuaras del Observatorio, en materia de Primeros Auxilios, Urgencias y Emergencias realizándose además simulacros de situaciones en esta materia.
- Por parte del Cabildo Insular de La Palma se licitó y adjudicó la obra del centro de Visitantes del Roque de los Muchachos que estará ubicado a 1 km del Observatorio en la carretera LP4 en dirección Garafía.

## OBSERVATORIO DEL TEIDE (OT)

### 30 Aniversario y Jornada de Puertas Abiertas

**S**u Majestad el Rey de España inauguró seis instalaciones robóticas en el Observatorio como parte de la celebración del 30 Aniversario de los Observatorios de Canarias. Estos telescopios fueron: QUIJOTE, AMOS-CI, LCOGT, MASTER, QES y MAGEC.

Las Jornadas de Puertas Abiertas se llevaron a cabo los días 3-4 de julio. Fueron financiadas conjuntamente por los Servicios Comunes y el IAC. El número total de visitantes fue de 3.475 personas (el viernes 3 de junio = 1.125 y sábado 4 de junio = 2.350), un 37% más que el año pasado (2.540 en 2014). Se visitaron los siguientes telescopios: IAC-80, TCS, Laboratorio Solar, QUIJOTE (IAC), THEMIS (CNRS-CNR) y OGS (ESA-IAC), VTT (KIS). Además se realizaron actividades educativas para

niños frente al telescopio MONS (empresa CienciaManía). SECAT Asociación de Aficionados de Astronomía instaló algunos telescopios solares para mostrar la fotosfera y cromosfera solar. En la cúpula de divulgación se proyectó la infografía full-dome “El mundo del anillo”, que recrea un viaje a un exoplaneta.

Alrededor de 60 personas trabajaron intensamente para que este año las puertas abiertas fueran un éxito. Debe tenerse en cuenta que había 20 voluntarios del Área de Investigación del IAC, 20 personas de subcontratas y asociaciones, 4 personas de la Unidad de Comunicación y Cultura Científica (UC3) del IAC, 5 miembros de las Instituciones Usuarias (THEMIS, VTT) y el personal de OT (8 personas).

Las Jornadas transcurrieron sin ningún tipo de incidencias.



Telescopios robóticos del Observatorio del Teide.

### Instalaciones robóticas

En junio 2015 se inauguraron cinco nuevas instalaciones robóticas (se puede ver su estado actual en la figura):

MASTER - Mobile Astronomical System of the Telescope-Robots - (2 x 40 cm, Univ. de Moscú, Rusia). Primera Luz junio de 2015. Operando con normalidad.  
 LCOGT - Las Cumbres Observatory Global Telescope network - ( 2 x 40 cm, LCOGT, EEUU). Primera Luz junio de 2015. Operando con normalidad.  
 MAGEC - Mallorca cAnary survey of very fast movinG

sky objECts - (2 x 45 cm, Obs. Astronómico de Mallorca - IAC). Primera Luz noviembre de 2015. En tareas de calibración y pruebas.

QES - Qatar Exoplanet Survey (8 x 0,2 m, Qatar Foundation, Qatar). Primera Luz septiembre de 2015. En tareas de calibración y pruebas.

AMOS-CI - All-sky Meteor Orbit System-Canary Islands - (fish-eye, Dpt. of Astronomy, Physics of the Earth and Meteorology, Comenius Univ., Bratislava, Eslovaquia). Primera Luz marzo de 2015. Operando con normalidad.

## OPERACIÓN DE LAS INSTALACIONES TELESCÓPICAS

A. Oscoz Abad.

P. J. Blay Serrano, J. Font Serra, M. Monelli, O. Zamora Sánchez, S. López González-Coviella, A. Pimienta de la Rosa, A. Bueno Bueno, A. Goded Merino, A.J. Prieto Antúnez, C. Protasio Esparó, J. Redondo Lorenzo, G. Coira de la Peña y J.J. Sanabria Cumbeño.

### INTRODUCCIÓN

El objetivo fundamental de este Proyecto es la correcta gestión de aquellas instalaciones pertenecientes al IAC en los Observatorios de Canarias, así como de la instrumentación propia del centro y de la parte de tiempo de observación que se disfruta en otros telescopios. Existen tres tipos de instalaciones: Instrumentos, Telescopios y Experimentos (ITE). En el primer grupo entrarían aquellos desarrollados por el IAC que estén en operación en la actualidad, tales como INTEGRAL, GHAFaS o LIRIS en el telescopio WHT, TIP o TIP-II en el telescopio VTT y GREGOR, CAIN-3 y FastCam en el telescopio TCS, CAMELOT y TCP en el telescopio IAC-80, etc. Los telescopios incluyen el TCS, IAC-80, MONS, el tiempo reservado para España en la OGS y las noches de servicio CAT en instalaciones extranjeras (telescopios TNG, INT y NOT). Con respecto a los experimentos, hay tres grupos: el complejo CMB, el Laboratorio Solar y los pequeños telescopios y experimentos (EAST, EARTHSHINE, DIMMA, XO, SHABAR, etc.). Los ITE sobre los que el proyecto tiene responsabilidad directa aparecen en la tabla que se muestra a la derecha.

Teniendo en cuenta esta variedad de instalaciones, los principales objetivos que se buscan son tres:

TELESCOPIO	INSTRUMENTOS	TELESCOPIO	INSTRUMENTOS
OT		ORM	
TCS	CAIN-3 FastCam	WHT	INTEGRAL LIRIS
IAC80	CAMELOT TCP	JKT	GHaFaS
OGS	SD CCD	DIMMA	
MONS		SHABAR	
VTT	TIP/TIP-II	SQM-LE	
QUIJOTE			
GREGOR	TIP-II		
Lab. Solar	MARK-I		
	GONG-T		
	EAST		
EarthShine			
XO			
TIZON			
DIMMA			
SHABAR			
SQM-LE			

Listado de todos los ITE.

- 1.- Lograr que las instalaciones funcionen de forma correcta durante los períodos disponibles para la comunidad astrofísica internacional.
- 2.- Adaptación continua de las instalaciones a las nuevas tecnologías y realización de mejoras que proporcionen a los astrónomos un entorno de trabajo más amigable.
- 3.- Maximizar el beneficio obtenido por los astrónomos usuarios de las ITE.

## HITOS

Primeras observaciones remotas con los telescopios TCS e IAC-80.

Retransmisión por primera vez en directo para el público de un tránsito de un exoplaneta.

Diversas observaciones para el programa S3T de la red europea de SST (basura espacial).

Mejoras substanciales del software Xparallax, de astrometrización de imágenes.

Caracterización, estadísticas y mejoras de CAMELOT y CAIN.

Nuevos buscadores en los telescopios TCS e IAC-80 con posibilidad de observación remota.

Desarrollo de un nuevo sistema de guiado para el telescopio TCS.

Observaciones de servicio: 58 noches en los telescopios TCS e IAC-80 más numerosas observaciones adicionales, 13,5 noches en el telescopio INT, 6 noches completas y 5 medias en el telescopio NOT, 2 noches en el telescopio TNG.

Colaboraciones, reparaciones y mejoras en DIMMAs, GONG, SONG, FastCam, Wide FastCam.

Representación en numerosos comités y grupos de trabajo internacionales.

## EVOLUCIÓN DEL PROYECTO

A lo largo de 2015 se han llevado a cabo numerosas actividades que implican distintas facetas del Proyecto.

### *Remotización, FOVIA y codificadores*

Las tareas llevadas a cabo en este aspecto han sido numerosas y muy fructíferas, y han conducido a la creación de una sala provisional de observación remota en el IAC.

Por un lado se ha trabajado para conseguir que los diversos ordenadores de control, usuario, FOVIA y de control de los instrumentos de los telescopios TCS e IAC-80, cada uno con un sistema operativo diferente y en ocasiones muy obsoleto, se pudieran manejar de manera remota. Finalmente se consiguieron realizar las primeras observaciones desde la sede central del IAC, y ahora el telescopio TCS se utiliza habitualmente de esta forma, mientras que al telescopio IAC-80 le faltan un par de detalles. Además, se optimizó el uso de las cámaras de gran campo de los buscadores de estos telescopios, de manera que también se pueden utilizar remotamente. Destacar la emisión en directo para el público en general, primera vez que lo hace un telescopio en todo el mundo, del tránsito de un exoplaneta desde el telescopio TCS, coincidiendo con la jor-



Observaciones remotas con el telescopio TCS desde la sede central del IAC.

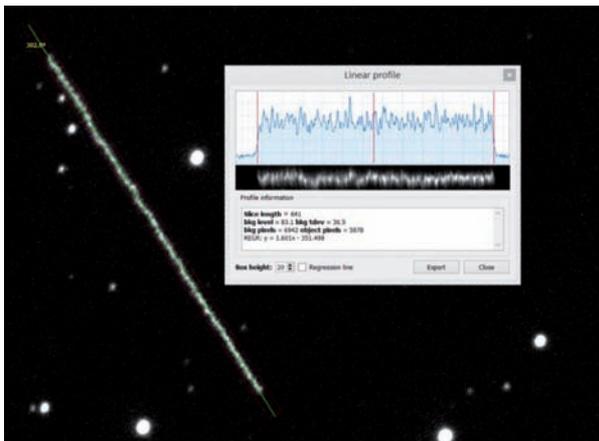
nada de inauguraciones de telescopios en el Observatorio del Teide. Otras observaciones remotas importantes han sido para un curso de profesores de astronomía en Noruega o desde la Universidad de York (Reino Unido), para que niños puedan ver cómo es un telescopio.

Entre los puntos que hacían que los telescopios TCS e IAC-80 no fuesen remotos, además del ya citado, estaban el guiado y los codificadores. En lo que respecta al guiado, en colaboración con los departamentos de Electrónica y Software del Área de Instrumentación y con la ayuda de un becario de verano, se ha desarrollado un nuevo sistema bajo LabView y sin las limitaciones por frame-grabber del anterior software. Este nuevo FOVIA ofrece unas prestaciones absolutamente superiores a su predecesor. El programa definitivo estará disponible en 2016. En cuanto a los codificadores, se ha adquirido, acondicionado, instalado y probado con éxito el primero de una nueva generación de ellos que sustituirá a los actuales.

Otras instalaciones con las que se han comenzado las pruebas son los tres telescopios de la red SARA, entre los que está el telescopio JKT, con cuyos responsables se ha colaborado activamente. Asimismo, se han iniciado los contactos con el ING para incluir al telescopio WHT entre los telescopios remotos.

### *SST y astrometrización*

A lo largo de 2015 se ha ejercido una intensa labor para que el telescopio IAC-80 entre dentro del programa S3T, perteneciente al programa europeo de Space Surveillance and Tracking, SST. Por ello, se han llevado a cabo multitud de observaciones de satélites en órbitas bajas y medias con el fin de determinar la respuesta del telescopio y la capacidad del mismo y del software asociado para este tipo de programas. Con el fin de mejorar las prestaciones, se han realizado importantes mejoras en tres campos:



Ejemplo del software de detección de trazas.

- El software propio de astrometrización, Xparallax, se ha mejorado de forma realmente significativa, pudiéndose utilizar ahora en distintos telescopios con diferentes configuraciones y siendo capaz de detectar y medir sin problemas y de forma automática las trazas de los objetos SST, algo francamente difícil.
- Solución de problemas de sincronización en el tiempo del telescopio IAC-80, que llegaban hasta diferencias de 2 segundos.
- Se ha generado una primera versión de un software de observaciones automáticas con CAMELOT, en el telescopio IAC-80.

#### Astrónomos de soporte, TOTs y Observadores

El personal del Proyecto ha efectuado 58 noches de servicio entre los telescopios TCS e IAC-80, más multitud de observaciones de servicio en noches en las que no había astrónomo. En lo que respecta al ORM, se ha prestado servicio en 27 noches, 13,5 en el telescopio INT, 6 enteras y 5 medias en el telescopio NOT y 2 en el telescopio TNG.

Los AS han instalado y dado soporte a diversos instrumentos en ambos Observatorios, como GHaFaS en el telescopio WHT.

En cuanto a la nueva documentación generada por los AS y los TOTs, destacan los siguientes: manual de instalación de GHaFaS, manual de CAMELOT, guías del Laboratorio Solar y de telescopios nocturnos para TOTs novatos, manual de cambio de redes en IDS, manual para apuntar y observar satélites en SST, guía sobre reseteo completo de CAMELOT, guía de observación remota con el telescopio TCS, manual de astrometrización, procedimiento de entrenamiento de TOTs y manual para observar con FastCam.

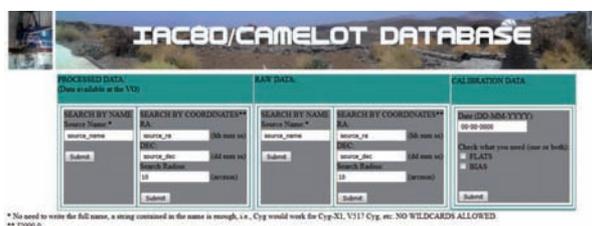
La formación del personal del Proyecto es fundamental por lo que, además de los cursos habituales y de las visitas de los TOT junto con los AS a telescopios del ORM, se han organizado diversas actividades: sesiones junto con Mantenimiento Instrumental para aprendizaje de CAIN-3; curso de Phyton; charlas a los TOT sobre instrumentos; curso de LabView para AS y TOTs y curso de prevención de riesgos laborales.

#### Software y Web

Este año se ha comenzado un proyecto muy ambicioso de cambio total de la web de instalaciones telescópicas. Se pretende que la nueva web sea un auténtico portal del astrónomo que contemple todos los telescopios, instrumentos y experimentos presentes en los Observatorios de Canarias y que ofrezca a los visitantes toda la información necesaria durante el proceso completo de observación. Además, de ello, se ha visto que las diversas webs institucionales y de los comités de asignación de tiempo de observación son confusas y repetitivas, por lo que se ha acordado con los responsables de ambos CAT's una reforma total de las mismas, integrándolas también en la de las instalaciones telescópicas. Al mismo tiempo, se han mejorado las prestaciones de estas páginas incluyendo, entre otras cosas, avisos automáticos a los astrónomos de la caducidad de sus propuestas de servicio.

En lo que respecta a software y utilidades para los astrónomos, el personal del Proyecto ha trabajado en una serie de iniciativas:

- Se ha desarrollado una base de datos a partir de todas las imágenes obtenidas con el telescopio IAC-80 desde diciembre de 2014 que permite realizar búsquedas a partir de una serie de parámetros de las mismas.
- Se ha mejorado mucho la pipeline de reducción de los datos de CAIN-3.
- Nueva versión del software de FastCam que elimina varios de los problemas.
- Se han solicitado dos estudiantes en prácticas de empresa para la mejora del software astronómico de las instalaciones.



Interfaz de usuario de la base de datos del telescopio IAC-80.

*Telescopios e instrumentos*

Detectores. En CAIN se han realizado numerosas pruebas y progresos para eliminar la aparición de imágenes corruptas de manera aleatoria. Asimismo, se ha realizado la mejor medida hasta la fecha de la linealidad del detector en sus cuatro cuadrantes. En CAMELOT se han realizado diversas pruebas para solucionar ciertos fallos con la selección de ventanas y se ha desarrollado un método novedoso y completo para controlar la calidad del detector. Tras contactar directamente con ANDOR, se ha encontrado un método para garantizar la linealidad de los detectores de FastCam y Wide FastCam. Por ahora se ha aplicado a este último, instrumento para el que también se ha avanzado en el software para usarlo directamente como sistema de guiado del telescopio TCS.

En el telescopio SONG, que ha realizado su primera llamada para propuestas de observación, se han realizado actuaciones de reparación de componentes, como la UPS, y se ha colaborado en la limpieza de sus espejos. Algo parecido se ha hecho con GONG, en donde se han realizado diversas reparaciones.

Los DIMMA han seguido siendo manejados por los TOTs, aparte de haber realizado diversos mapas de apuntado de los mismos.

*Objetivos de 2015 y grado de cumplimiento*

Actualización de FOVIA → Mucho.

Conseguir que FastCam o Wide FastCam puedan hacer de guiado del telescopio TCS → Algo.

Hacer que MERLIN sea instrumento de uso común del telescopio IAC-80 → Poco.

Avanzar en la remotización/robotización de distintos telescopios → Todo.

Iniciar el cambio de sistema de control de los telescopios TCS e IAC-80 → Todo.

Ejecutar las acciones del informe sobre pequeños telescopios → Mucho.

Dar apoyo al Proyecto de Calidad del Cielo en ambos Observatorios → Todo.

Mejoras en astrometrización y simuladores → Todo.

Continuar con la formación del personal del Proyecto → Todo.

Mejorar en la seguridad de las ITE → Todo.

Avanzar en el Proyecto de SST → Mucho.

## CARACTERIZACIÓN DE LOS OBSERVATORIOS DE CANARIAS

---

C. Muñoz-Tuñón

A.M. Varela Pérez, J.A. Castro Almazán y G. Lombardi.

Colaboradores del IAC: L.F. Rodríguez, A. Oscoz, E. Cadavid, J. Gmelch, J.M. Delgado, J. Calvo, N. Caon, J. Díaz Castro y Técnicos del OT (TOT's).

J. Vernin (Univ. de Niza, Francia); A. García Gil (AEMET); G. Pérez Jordán.

### INTRODUCCIÓN

La caracterización de la atmósfera por encima de los observatorios astronómicos se ha vuelto más y más importante durante las últimas décadas. La determinación adecuada y rigurosa de parámetros tales como la visión, tiempo de observación de utilidad, extinción, el brillo del cielo, contenido de vapor de agua, etc., es esencial para sacar el máximo provecho de un sitio de observación.

Por otra parte, la necesidad de que la comparación entre estos parámetros –junto con las condiciones

cada vez más exigentes para el sitio para albergar infraestructuras importantes– han sido el hilo conductor de las principales novedades de instrumentos y esfuerzos.

El principal objetivo sigue siendo la caracterización continua y la preservación de las condiciones astronómicas de los Observatorios de Canarias. Por lo tanto, el objetivo del Grupo de Cielo (*Sky Team*) del IAC es ofrecer siempre información actualizada y sacar el máximo provecho posible de las propiedades excepcionales del cielo para las observaciones astronómicas.

Las tareas específicas cubiertas son muy amplias y el equipo es muy activo en varios frentes, algunos de ellos se enumeran a continuación:

- Monitorear continuamente los parámetros atmosféricos relacionados con las observaciones astronómicas.
- Diseñar, desarrollar o implementar nuevos instrumentos y técnicas para la caracterización del sitio.
- Participar o liderar campañas internacionales de caracterización y/o selección de sitios para futuras infraestructuras.
- Participar activamente en los comités asesores en este campo.
- Publicar y difundir los resultados en diferentes foros especializados.
- Coordinar los esfuerzos institucionales para caracterizar y proteger el Cielo.
- Actuar como interlocutor en acuerdos formales relacionados con los organismos e instituciones, como la AEMET o el Comité Científico Internacional (CCI).
- Participar en las iniciativas internacionales en este campo.
- Ampliar el conocimiento del público en general, con el objetivo de que tomen conciencia de la importancia del conocimiento y protección del cielo.

## EVOLUCIÓN DEL PROYECTO

### *Medidas de seeing (DIMM-ORM y DIMM-OT)*

Se continúa la evaluación permanente de la calidad de imagen en los Observatorios de Canarias (ORM y OT) utilizando DIMMs (SDifferential Image Motion Monitors) basados en el monitor de seeing prototipo des-

arrollado en el IAC (Vernin and Muñoz-Tuñón, PASP, 1995). Estos DIMMs son robóticos, y aún están en fase de la completa automatización. Incorporan una serie de mejoras que suponen un salto cualitativo importante en su utilidad científica, entre ellas, su operación remota y por otro, el control automático de calidad de datos.

El DIMMA en el ORM (DIMMA-ORM) está localizado en Las Moradas (300 m al oeste del telescopio GTC), sobre una torre de 5 m (Figura izquierda). El DIMMA del OT (DIMMA-OT) está sobre una torre de 5 m entre la OGS y el centro de visitantes (Figura derecha).

Los Técnicos de Operaciones Telescópicas (TOTs) del IAC son los responsables de las observaciones. Los datos se almacenan y gestionan a través de SDAMA (*Sky Data Manager*) que se encarga de llevar los datos de cualquier instrumento actual (meteorología, vapor de agua precipitable, etc.) o futuro hasta sus directorios de almacenamiento local y a una base de datos MySQL.

El seeing está disponible en tiempo real en la página Web del IAC ([www.iac.es/site-testing/DIMMA\\_ORM](http://www.iac.es/site-testing/DIMMA_ORM) y [DIMMA\\_OT](http://www.iac.es/site-testing/DIMMA_OT)).

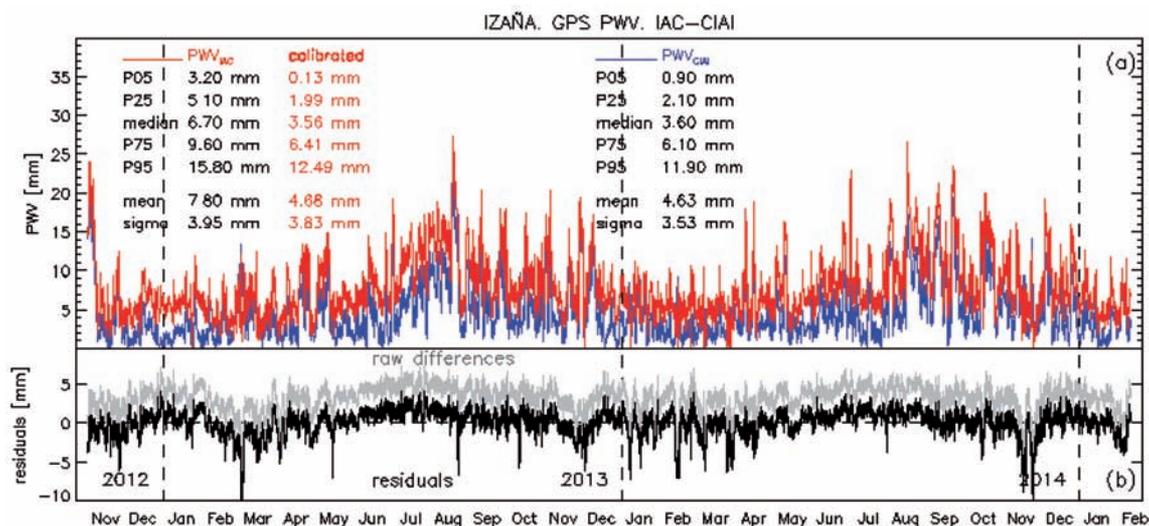
El mantenimiento de los DIMMAs es responsabilidad de Mantenimiento Instrumental (MI) del IAC. Se ha proporcionado toda la información necesaria al Departamento de Software del IAC para el soporte del mismo y para su implicación en la supervisión en el proceso de automatización del DIMM.

### *Meteorología (Automatic Weather Stations -AWS-)*

Se instaló un nuevo mástil de 15 m para la AWS\_ORM, por rotura del anterior en temporal, y se instalaron los sensores meteorológicos para esta estación y para la del OT (AWS\_OT). Está pendiente la puesta en marcha de ambas estaciones.



Izquierda: DIMM-ORM en las Moradas (ORM), a 300 m al oeste del telescopio GTC. Derecha: DIMM-OT instalado entre la OGS y el centro de visitantes.



PWV obtenido desde la antena geodésica GPS en Izaña. La serie 'IAC' está procesada con datos meteorológicos de modelo, mientras que la 'CIAI' usa datos locales.

#### Monitor de Vapor de agua precipitable (PWVMo)

El Equipo de Calidad del Cielo proporciona datos online del contenido de Vapor de Agua Precipitable (PWV) en tiempo real en el ORM desde 2001. Los datos forman parte de los inputs para el sistema de distribución de tiempo de los instrumentos IR del telescopio GTC, CanariCam y CIRCE. Las medidas se obtienen del análisis de los retrasos troposféricos inducidos en la señal GPS de la antena geodésica localizada en la azotea de los talleres del ORM, mediante el software NAPEOS de la ESA. Aunque la antena pertenece al Instituto Geográfico Nacional, los datos son públicos como parte de la red "European Terrestrial Reference System 89". La señal se procesa en tiempo casi real desde las órbitas rápidas y, posteriormente, se reanaliza con los valores de las órbitas definitivas.

La extracción de valores de PWV sigue el método propuesto por Bevis et al. (1992, 1994) con un procedimiento validado por García-Lorenzo et al. (2010). La validación mostró una excelente correlación en tendencias, pero un ligero sesgo 'húmedo' que debe ser calibrado. La versión actual del monitor no tiene disponible ninguna calibración y los datos se proporcionan con una nota de aviso. La calibración absoluta de la técnica GPS es materia de estudio dentro de las técnicas de prospección atmosférica. La siguiente generación del Monitor GOPS de PWV, que será liberada en 2016 incluyendo también el OT, ya incluirá una calibración válida. Los estudios y trabajos preliminares para llevarla a cabo se han desarrollado durante 2015. Alguno de estos estudios preliminares incluyen la in-

clusión de datos meteorológicos locales en el procesado, en sustitución de las salidas de modelo y la comparativa con el procesado independiente llevado a cabo por el Centro de Investigación Atmosférica de Izaña (CIAI -AEMet-) mediante el empleo de otro software (Bernese -Univ. de Berna-) equivalente a Napeos. La figura de la parte superior muestra un resultado preliminar de esta comparativa para Izaña.

#### Apoyo a CTA y TMT

El *Sky Team* colabora activamente en la preparación de informes técnicos, análisis y preparación de bases de datos, a demanda de los responsables para la selección de sitio para grandes infraestructuras telescópicas, tales como el CTA (*Cherenkov Array Telescope*), una nueva generación de telescopios para ver el Universo en rayos gamma de muy alta energía o más recientemente para el TMT (*Thirty Meter Telescope*). El ORM ha sido preseleccionado, junto con un escaso número de lugares del planeta, como posible candidato para albergar el TMT, Hawaii (EEUU) sigue siendo el primer candidato.

A principios de 2015 nos informan que el ORM opta por albergar el CTA Norte. Se prepara un informe técnico sobre las propiedades ópticas y meteorológicas del ORM que se entrega al *site testing working group* del CTA. El 15 y 16 de julio de 2015, el *Resource Board* del CTA decidió entrar en negociaciones de contratos detallados con la ESO y el IAC para la ubicación de CTA Sur en Paranal (Chile), y el CTA Norte en el ORM (La Palma, España).

### Visibilidad externa de datos on-line

Los datos de seeing y de vapor de agua en el ORM y los de seeing del OT están disponibles en tiempo real a través de la página Web del Proyecto ([www.iac.es/site-testing/DIMMA\\_ORM](http://www.iac.es/site-testing/DIMMA_ORM); [www.iac.es/site-testing/PWV\\_ORM](http://www.iac.es/site-testing/PWV_ORM); [www.iac.es/site-testing/DIMMA\\_OT](http://www.iac.es/site-testing/DIMMA_OT), respectivamente).

### Canarian Observatories Updates (CUpS)

Se promueve una reciente publicación on-line denominada *Canarian Observatories Updates* (CUpS), cuya intención es ser una plataforma para el intercambio de información científica y técnica obtenida en los Observatorios de Canarias (Más información en [www.iac.es/cups](http://www.iac.es/cups)).

### Otras acciones: participación en otros foros científicos

Participación en:

Comités del CCI (SUCOSIP o Subcomité de *Site Properties*) <http://www.iac.es/eno.php?op1=5&op2=134&lang=en>

Desde febrero 2013 se forma parte Red Española para Estudios de Contaminación Lumínica (REECL), creada en diciembre 2012. Esta Red pretende reunir a los diferentes grupos de investigación sobre contaminación lumínica que trabajan en España para facilitar la comunicación con vistas a potenciar la colaboración entre ellos. Está financiada por el Ministerio de Economía y Competitividad mediante la Acción Complementaria AYA2011-15808-E <http://guaix.fis.ucm.es/splpr>.

Participación en comités de evaluación en caracterización de la atmósfera para Astronomía. El *Sky Team* sigue siendo también un enlace institucional entre diferentes departamentos para coordinar cualquier esfuerzo encaminado a la caracterización y protección del cielo de Canarias. En particular se destaca para el CTA, EST y para la OTPC con la que se mantiene una permanente intervención (<http://www.iac.es/OTPC>).

## HITOS

Dentro del marco del *European Week of Astronomy and Space Science* celebrado en Tenerife en junio 2015, el grupo de Calidad de Cielo organizó el Special Meeting SM4-“Databases for the Characterization of Astronomical Observatories”, con expertos mundiales en el análisis de grandes bases de datos in situ, de satélites o de archivos climáticos, en el campo de la caracterización astronómica. Más información en la página Web del Proyecto [http://www.iac.es/proyecto/site-testing/index.php?option=com\\_content&task=view&id=1](http://www.iac.es/proyecto/site-testing/index.php?option=com_content&task=view&id=1)

23&Itemid=144. Más información en <http://eas.unige.ch/EWASS2015/>.

Actualmente se dispone de extensas bases de datos proporcionados por instrumentos a bordo de satélites y por otras instalaciones terrestres operados por agencias meteorológicas nacionales y parámetros globales compilados por los modelos climáticos globales. Un número de parámetros necesarios para el estudio de los sitios de observación existentes y potenciales. Ahora se puede acceder y analizar a través de bases de datos públicas.

Con esta reunión se pretende: analizar los resultados que validan las bases de datos para la caracterización astronómica y su uso para el análisis estadístico a largo plazo de estos parámetros con muestreos temporales de más de 10 años; explorar el uso de modelos de predicción tales como WRF para determinar los parámetros tales como vapor de agua y seeing para la para la optimización de la operación de telescopios.

Este simposio tiene como objetivo unir áreas complementarias de expertos en *site-testing*, meteorología, estadísticas, etc.

### Ground based Data at the Canarian Observatories and synergy with models

C. Muñoz-Tuñón, A.M. Varela, J.A. Castro Almazán, J. Vernin, C. Giordano y G. Perez Jordan.

Desde hace décadas, datos de óptica atmosférica y meteorología han sido medidos en el Observatorio del Roque de los Muchachos y más recientemente en el Observatorio del Teide. También existen estaciones meteorológicas automáticas instaladas en diferentes enclaves de los observatorios para proporcionar los valores estándares de la meteorología a nivel del suelo. Desde 2008, un monitor de vapor de agua proporciona datos en tiempo real. Estas y otras medidas muestran que en los observatorios canarios ya existe una extensa base de datos, que permiten su caracterización, y establecer programas de observación y de predicción. Además de la estadística de los datos, también pretendemos utilizar estas bases de datos para modelos de predicción, para por ejemplo, optimizar la operación de telescopios. Nuevas posibilidades y opciones de datos e instrumentos son bienvenidas para ser implementadas en los Observatorios de Canarias.

### Satellites and climate diagnostic archives for astronomical site selection and characterization

A.M. Varela y C. Muñoz-Tuñón.

Recientes estudios han explorado la utilidad de los datos satelitales y archivos de diagnóstico climático

(NCEP/NCAR) para determinar parámetros de interés en la selección astronómica de un sitio y en su caracterización y predicción. En particular, para determinar el contenido de aerosoles, cobertura de nubes, vapor de agua precipitable y otros parámetros relacionados con la turbulencia atmosférica y tendencias climáticas. Estos datos precisan ser interpretados críticamente atendiendo a la resolución espacial y temporal y a los canales espectroscópicos usados. Necesitan ser validados con datos obtenidos por instrumentos in situ. Se revisarán las contribuciones en este campo, centrándonos especialmente en factores de extinción atmosférica (aerosoles y nubes).

#### *On the use of Earth based global atmospheric data for astronomical site characterization*

J.A. Castro Almazán, C. Muñoz-Tuñón y A.M. Varela.

Uno de los aspectos interesantes en la caracterización astronómica es el establecimiento del comportamiento a largo plazo y la estabilidad de las variables atmosféricas. Las oscilaciones climáticas de baja frecuencia o la repetición de eventos extremos se detectan poco, a menos que se dispongan de un gran y continuado registro de datos. Además, la comparación entre los sitios requiere la más alta la calidad de la serie para asegurar la homogeneidad. Este tipo de datos atmosférico no está a menudo disponible en los observatorios astronómicos, menos aún para los nuevos sitios potenciales, los datos meteorológicos registrados están principalmente dedicados a apoyar la operación rutinaria y no para el registro climático y, por lo tanto, se imponen controles de calidad y requisitos de continuidad menos estrictos. En este trabajo se analiza el uso series de datos meteorológicos registrados en los observatorios atmosféricos a gran altitud para la caracterización del sitio astronómico, así como los que contribuyen al programa *Global Atmosphere Watch* (GAW) de la *World Meteorological Organization* (WMO). Hay 22 GAW en observatorios a altura superior a 2000 msnm en todo el mundo, y más de 40 sitios astronómicos permanentes. El uso de los datos de la GAW se complementa con otros conjuntos de datos, como los proporcionados por la red de agencias estatales y por programas de radiosondeos atmosféricos, y pueden completar los requisitos principales para una caracterización total del sitio e inter-comparación. Trabajos previos detallados deben llevarse a cabo para garantizar las correlaciones, el rango de homogeneidad y el impacto de factores locales.

#### *Flying above Ali site in western Tibet: preliminary results*

J. Vernin, M. Chadid, C. Giordano, C. Muñoz-Tuñón, L. Liu, Y. Yao, Y. Wang y H. Wang.

WRF modelos 3D no hidrostáticos de meso-escala se han utilizado en este trabajo. El observatorio astronómico de Ali está en el oeste del Tibet, a una altura de 5.100 msnm. Se ha analizado una simulación de un año completo, proporcionando información detallada de parámetros meteorológicos como la presión, la temperatura, humedad y velocidad de viento en un área de 60 x80 km<sup>2</sup> en torno a Ali, y desde el suelo hasta 20 km. Se estudia la variación estacional de estos parámetros así como el vapor de agua precipitable (PWV) que es el principal parámetro para la caracterización en IR. Se ha determinado la turbulencia atmosférica usando el modelo Trinquet-Vernin proporcionando un estudio estadístico del seeing, ángulo isoplanático y tiempo de coherencia. De este primer año de estudio, Ali parece ser un muy prometedor potencial sitio astronómico con muy buen seeing y bajo PWV excepto en verano.

#### *Actividad docente*

Se ha impartido un curso de 20 horas de Iniciación a la Astronomía: Astroturismo, dentro del programa Universidad para Mayores del Vicerrectorado de Extensión Universitaria de la Universidad de La Laguna. Ampliado con 50 horas de actividades externas y vistas al Museo de la Ciencia y el Cosmos, al ORM, al OT y al IAC.

Se imparte el 50% de la asignatura Electrónica y Óptica en Astrofísica de 4º del Grado de Física de la Universidad de La Laguna.

Dirección, organización e impartición de un Curso de Monitores Starlight para Nova Scotia (Yarmouth, Canadá) de 60 horas, y un curso de Monitores Starlight, en Trevinca (Galicia) de 46 horas.

#### *Otras actividades y divulgación*

- Se ha respondido a consultas requeridas por grupos externos relacionados con la caracterización de sitio y se ha dado apoyo y respuesta a otros colectivos a través de la Unidad de Comunicación y Cultura Científica (UC3), inicialmente Gabinete de Dirección, del IAC y de la prensa, radio y televisión.
- Realización de una consultoría "The Development of Astro-Tourism at the Acadian Skies & Mi'kmaq Lands" Starlight Reserve & Destination", Nova Scotia (Canadá).

- Auditoría para la Certificación de Reserva y Destino Starlight del Parque Nacional de las Islas Atlánticas (Galicia).
- Charla Invitada sobre “Mujeres Estelares” en las Jornadas sobre Mujeres Tecnólogas y Científicas celebrada en la Universidad de La Laguna.
- Participación en el evento “Moda Cósmica. Llévate puesto el Cielo” celebrado en la Laguna.
- Charla Invitada sobre “Criterios de calidad de los cielos e implicación de la contaminación lumínica para la ciencia y el disfrute astroturístico”, en la II Conferencia Internacional de Astroturismo.
- Charla Invitada sobre “El firmamento como recurso natural. Características de nuestro cielo. Fuerteventura: Reserva Starlight”, en la Jornada Interpretación del Mirador Astronómico de Sica-sumbre, Fuerteventura.
- Charla para los alumnos de 4º del grado de Física de la Universidad de La Laguna bajo el título: “Caracterización Astronómica: parámetros e instrumentación. búsqueda de los mejores sitios para la observación astronómica”.
- Participación en la primera edición del Acto ‘TecnDÍA’ (“Día de nuestra Tecnología”) del IAC. Casino de La Laguna.
- Impartición de la charla “El Universo y yo” en el IES Barranco Grande.
- Day time Cloud Cover at Teide Observatory; J.A. Castro Almazán, A.M. Varela y C. Muñoz-Tuñón. CUPs 1-2015 (<http://www.iac.es/adjuntos/cups/CUps2015-1.pdf>)
- Artículo en la sección “Crónicas de Astromanía” de El País ([http://elpais.com/agr/cronicas\\_de\\_astromania/a/](http://elpais.com/agr/cronicas_de_astromania/a/)) y en el blog de divulgación del IAC “Vía Láctea s/n” (<http://www.iac.es/blog/vialactea/>): “¡Hasta mi criada haría un trabajo mejor!”.
- Artículo en la sección “Crónicas de Astromanía” de El País ([http://elpais.com/agr/cronicas\\_de\\_astromania/a/](http://elpais.com/agr/cronicas_de_astromania/a/)) “Por encima de las nubes”.
- Artículo en el blog de divulgación del IAC “Vía Láctea s/n” (<http://www.iac.es/blog/vialactea/>): “El non plus ultra de las bestias”.
- Participaciones periódicas en el podcast de radio de actualidad y divulgación científica “Coffee Break” (<http://www.podcastcoffeebreak.org>).
- Participación en las Jornadas de Igualdad de Género para alumnos de secundaria, organizadas por la Universidad de La Laguna (OT, Tenerife) con la charla titulada: “Mujeres en Astronomía”.
- Uno de los miembros del equipo es responsable del Servicio MultiMedia (SMM) del IAC, coordinando los trabajos relacionados con animación 3D, fotografía y diseño gráfico, que solicita el personal del IAC bien para actividades de divulgación como para congresos científicos, exposiciones, reportajes para instrumentación, etc.

## MANTENIMIENTO INSTRUMENTAL

---

E.J. Cadavid Delgado, J.A. Morrison Price, J.J. González Nóbrega, J.E. García Velázquez y P.A. Ayala Esteban.

### INTRODUCCIÓN

**E**n el año 2015 el Servicio de Mantenimiento Instrumental, como en los años anteriores, realizó las labores normales que tiene asignadas. En este año, dando seguimiento a los trabajos de sustitución de los viejos codificadores, trabajamos en la remotización de los telescopios nocturnos (TTNN) y el control de las cúpulas. También hay que destacar los trabajos realizados en los DIMMA del OT y del ORM.

En mayo de 2015, el servicio dejó de depender del Área de Instrumentación pasando a Subdirección.

### HITOS

Nuevo controlador de las cúpulas de los telescopios TCS e IAC-80. Seguimos el desarrollo del nuevo controlador de las cúpulas utilizando un PIC. Ya se terminó la programación de la parte correspondiente a los movimientos de la compuerta y la ventana y se comprobó su funcionamiento. Se está trabajando en el control de giro y comunicaciones con el PC de Control. En varias ocasiones hubo que detener los trabajos para trabajar en otros asuntos con mayor prioridad.

Nuevos codificadores para los TTNN. Localizamos un modelo nuevo de codificador que sustituirá los antiguos. Se diseñó una nueva interfaz para el montaje mecánico, la electrónica y se probó, dejándolo instalado en el eje de declinación del telescopio IAC-80. Una vez realizadas las comprobaciones, se diseñó la interfaz definitiva, se adquirieron los componentes y empezamos los montajes y pruebas en el Taller.

Remotización de los TTNN. Se adquirieron varios switch KVM que permiten tanto controlar remotamente el teclado y el ratón de un ordenador como ver el monitor. Por medio de este dispositivo se pueden controlar los ordenadores del telescopio. Además, como el control de la cámara de TV de autoguiado es manual hubo que crear un software en LabView que permitiese controlar los movimientos, su ganancia y ponerla en *standby*. La primera parte ya está operativa y falta terminar el software de control de la cámara. En lo que se refiere a los movimientos, cada telescopio tiene un sistema propio y habrá que desarrollar dos versiones.

Instalación de la estación meteorológica del DIMMA-ORM en la nueva torre. En la tormenta de febrero de 2014 se desplomó la antigua torreta de la es-

tación meteorológica del DIMMA-ORM. Se instaló una nueva y torreta y reinstalamos los equipos.

También se han instalado los sensores de viento de la estación meteorológica del OT, pero falta terminar el cableado que no se pudo hacer por las condiciones meteorológicas.

Se preparó un plan de mantenimiento preliminar de los DIMMA.

### EVOLUCIÓN DEL PROYECTO

Durante el año 2015 se facturaron a los proyectos un total de 6.098 horas. La distribución por proyectos se ve en el Gráfico I.

Como siempre, el Proyecto Operación de las Instalaciones Telescópicas del IAC fue el más importante. En el Gráfico II vemos cómo se distribuyeron los trabajos. La diferencia entre los telescopios TCS y el IAC-80 se debe principalmente a los cambios de equipo que, con excepción de la instalación del Sensor De Frente De Onda, solo se realizaron en el primero. El apartado "Varios" refleja los tiempos empleados en las actividades comunes tales como la remotización de los telescopios, los nuevos codificadores, etc.

Gráfico I

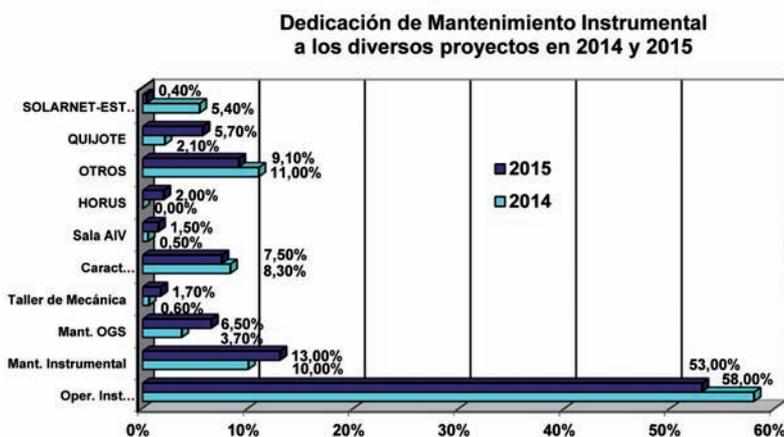
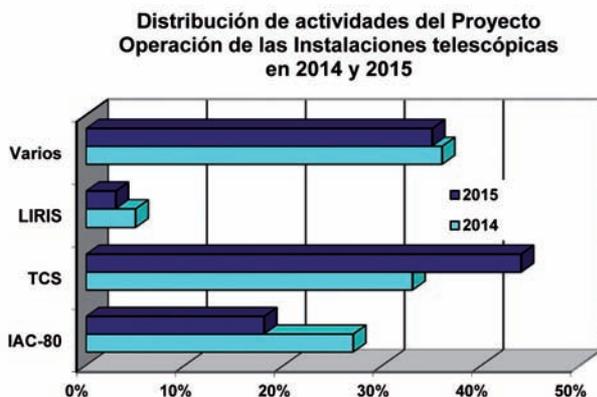


Gráfico II



Con relación a los demás proyectos, debemos resaltar los trabajos realizados en los DIMMA de ambos Observatorios y, en particular, la instalación de las estaciones meteorológicas. Se detecta un problema con la caída de comunicaciones con el DIMMA-ORM, que parece relacionado con caídas de energía. Aún se está estudiando la mejor solución.

También, a solicitud de Producción, participamos directamente en trabajos de cableado de los instrumentos de QUIJOTE I y II y HORUS.

Cuanto al servicio de Mantenimiento Instrumental, no hay grandes novedades. Se sigue pendiente de que EMIR desocupe la zona de almacén de la Sala de AIV para proceder al traslado de la Planta de Aluminizado.

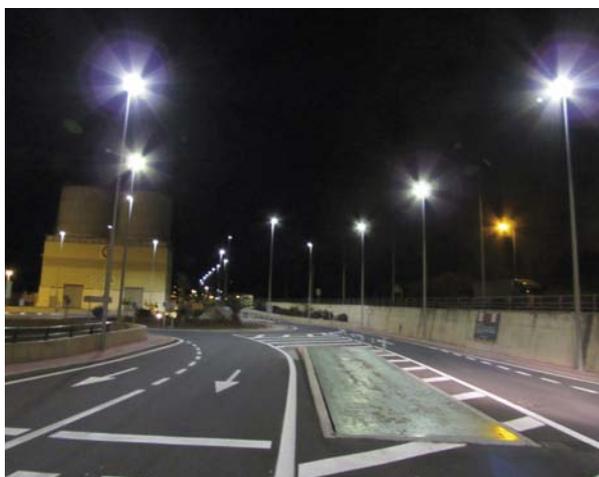
## OFICINA TÉCNICA PARA LA PROTECCIÓN DE LA CALIDAD DEL CIELO (OTPC)

La OTPC ha continuado con las labores de emisión de informes técnicos e inspección a instalaciones de alumbrado. En el 2015 se han realizado 166 inspecciones, se han formulado 34 denuncias y se han resuelto 25. La mayoría de inspecciones y denuncias son en instalaciones de alumbrado con nuevas tecnologías LED de luz azulada y sin los preceptivos informes técnicos del IAC y de letreros luminosos encendidos después de las 24 h o por excesivo brillo. La colaboración de la Consejería de Industria, al amparo del Reglamento RD.1890/2008, continúa siendo nula, por lo que *cada vez resulta más difícil hacer cumplir la Ley*. Los registros de salida se han reducido un 35% (195) y los de entrada, en un 25% (93), el número de correos electrónicos para consultas fue de 506 mensajes (347 en consultas de instalaciones y 159 de luminarias). Prácticamente, la totalidad de los proyectos recibidos para realizar informes han sido de forma digital en PDF, por

lo que se ha implantado perfectamente este procedimiento y reducido drásticamente el uso del papel.

La inactividad desde 2013 en las funciones de la Consejería de Industria del Gobierno de Canarias, respecto a las infracciones en los alumbrados de exteriores, al amparo del Reglamento RD.1890/2008, está haciendo peligrar el buen mantenimiento de la calidad astronómica.

El Proyecto ANTARES del Cabildo de La Palma no se ha iniciado aún en lo que respecta al alumbrado exterior de la Isla. Este año se ha empezado a instalar la tecnología LED PC-ÁMBAR con las limitaciones elaboradas por la OTPC que fueron presentadas en el SU-COSIP. Hemos tenido algunos problemas en su funcionamiento por la incorrecta programación de los equipos electrónicos y por la inviabilidad de reducir algunos flujos al estar técnicamente limitados en estos equipos (no previsto por el suministrador de luminarias) y



Izquierda, calle con LEDs incorrectos 4.000°K (luz neutra). Derecha, calle con LEDs PC-ÁMBAR, Los Sauces (correctos).

hemos tenido que dedicarle mucho tiempo hasta dar con la solución.

En el OT, continúa funcionando el ASTMON de forma adecuada desde 2011 y, sin embargo, el instalado en el ORM en el 2014 ha dado fallos por el uso la CCD que ya disponía la OTPC (por abaratar costes). No sabemos cuándo podremos reparar este instrumento al no disponer de recursos de momento.

No ha habido denuncias por invasión del espacio aéreo protegido en ambos Observatorios (solo consultas por el uso de drones) ni por sobrepasar los niveles de campo eléctrico.

En noviembre se realizaron medidas del fondo de campo electromagnético en el OT así como la comprobación de posible ruido de microondas en el experimento QUIJOTE provenientes del nuevo radioenlace Meteorológico-IAC. No se detectaron nuevas señales fuera de límite reglamentario y tampoco emisiones del radioenlace en el QUIJOTE.

## LABORES REALIZADAS POR LA OTPC DURANTE 2015

### Divulgación

- Participación en el XLI Symposium Nacional de Alumbrado del CEI. Badajoz, mayo 2015.
- Participación en el 28th CIE Session del Comité Internacional de Iluminación. Manchester (Reino Unido), junio-julio 2015.
- Participación en la elaboración y borrador final de la Guía contra de Luz Intrusa y Contaminación Lumínica en el Comité Técnico Internacional TC5.28 del CIE. Manchester (Reino Unido), julio 2015.
- Charla en el Colegio Oficial de Arquitectos de Canarias, delegación de Tenerife, con el título "La Ley del Cielo de Canarias: legislación, aplicación y experiencias". S/C de Tenerife, octubre 2015.
- Se impartió un curso básico de "Iluminación y prevención de la contaminación lumínica". Fuerteventura, noviembre 2016.
- Charla en la VIII Jornadas de Astronomía TEFÍA-2015 sobre "Introducción de la Contaminación Lumínica: qué es y cómo evitarla". Fuerteventura, octubre 2015.
- Participación en "IAU GA Site Protection Focus Meeting (FM#21 on "Mitigating Threats of Light Pollution") con la ponencia "Site protection Experience and Updated Regulations in the Canary Islands Observatories". Hawái (EEUU), agosto 2015.
- Presentación de dos poster durante el Symposium de la IAU en Hawái (EEUU) sobre "The Spanish

Network for Light Pollution Studies: Interdisciplinary science of the dark side of light" y "Site Protection Experience and Updated Regulations in Canary Islands Observatories".

- Participación en el Comité 50 de la IAU celebrado durante el Symposium de la IAU en Hawái (EEUU), agosto 2015.
- Presentación de ponencias en las III Jornadas sobre la Protección y Calidad del Cielo con los títulos "Efectos Adversos de la Luz Artificial", "Fundación Starlight" e "Introducción de la Contaminación Lumínica: qué es y cómo evitarla", celebrado en La Universidad de La Laguna marzo 2015.
- Ponencia en las Jornadas sobre Contaminación Lumínica y reunión de la Red Española de Estudio sobre Contaminación Lumínica, con el título "Nuevas tecnologías LED para iluminación sostenible", celebradas en la Universidad de Santiago de Compostela, el septiembre de 2015.
- Charla sobre Experiencia en la Protección de los Observatorios y Renovación de las Normas en las Islas Canarias, celebrado en el Hotel Silken Atlántida, Philips. S/C de Tenerife, junio de 2015.
- Reunión con los expertos de Philips en Madrid para resolver los problemas de LED PC-ÁMBAR en La Palma, febrero 2015.
- Reunión con el Comité Español de Iluminación y el IDAE del MIET para la elaboración de la Guía de uso de LEDs en alumbrado de exteriores.
- Participación en la Semana de La Luz con motivo del año Internacional de La Luz. La Orotava, noviembre 2015.

### Colaboraciones

Se continúa colaborando con el Comité Internacional de Iluminación (CIE) para la actualización de la recomendación sobre instalaciones de iluminación en el entorno de los observatorios astronómicos. Igualmente, se continúa colaborando con la iniciativa STARLIGHT.

A nivel nacional, somos miembros de la Red Española de Estudio sobre Contaminación Lumínica (REECL) en la que participan varias universidades españolas y otras instituciones nacionales.

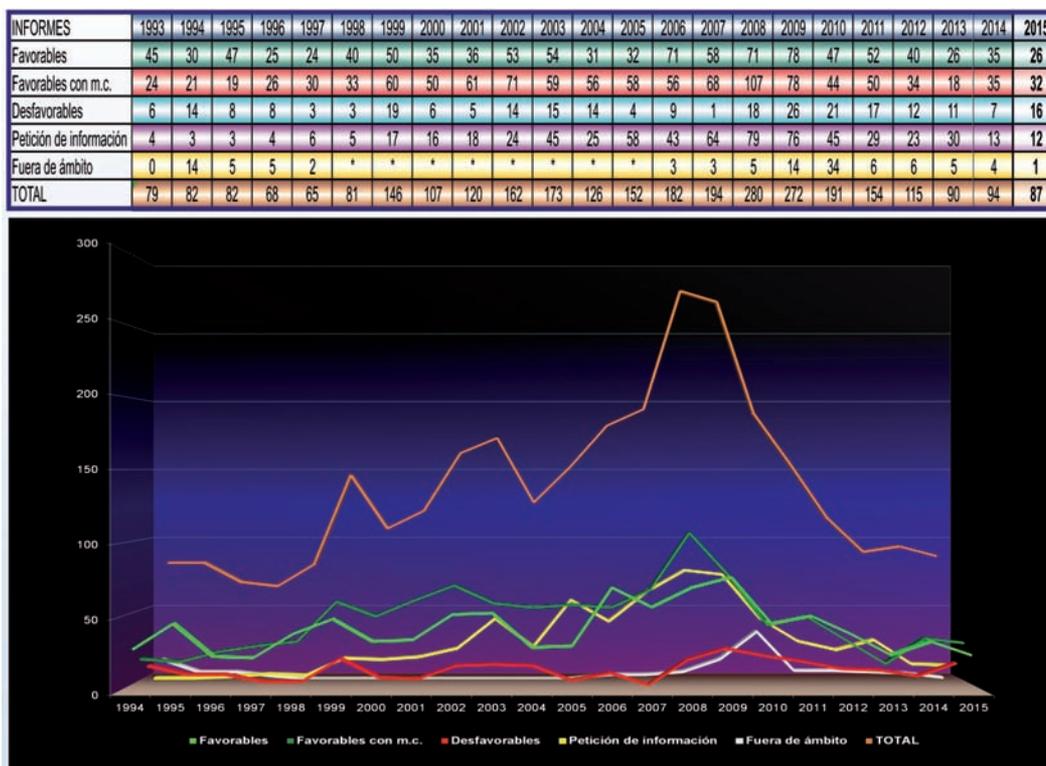
### Medidas, Control y Calidad

Medidas del fondo del cielo: Se continúa con las medidas usando el foto-diodo en el OT y ORM y el "All Sky" ASTMON en el OT.

### INSTALACIONES DE ALUMBRADO EXTERIOR



### EVOLUCIÓN DE INFORMES TÉCNICOS 1994-2015



Datos y gráficos de evolución de inspecciones, denuncias e informes técnicos.

## CENTRO DE ASTROFÍSICA DE LA PALMA (CALP)

---

En la actualidad, las Instituciones Usuarias que utilizan las instalaciones del CALP de forma permanente son las siguientes: IAC, GTC y MAGIC. Destacan, además, la continuidad de los convenios firmados con la empresa Canalink y el Gobierno de Canarias, para operar, respectivamente, instalaciones de comunicaciones y una estación medioambiental de medición de la calidad del aire.

Se colaboró de forma activa en diversas tareas relacionadas con divulgación, cursos y congresos (Foro

100xCiencia), celebrados en La Palma. En ese sentido, se fomentó la visita de centros escolares de la Isla que imparten ciclos formativos de informática al Nodo de Supercomputación La Palma ubicado en el CALP.

Se han realizado en las instalaciones del CALP diversos cursos de capacitación en primera intervención, emergencias sanitarias y riesgos laborales, dirigidos a personal del IAC y de las Instituciones Usuarias del ORM.

## SERVICIOS INFORMÁTICOS COMUNES (SIC)

---

### *Monitorización, gestión, actualización e instalación*

- A lo largo del año se ha seguido monitorizando y gestionando todo el equipamiento que tenemos, además de revisar el estado del mismo. Una de las actividades habituales es ir actualizando diferentes servicios, ya sea el hardware, software o ambas. Dentro de las actualizadas tenemos entre otros los servicios VMWare, SAP, servicio Web, gestor de equipamiento Cisco, gestor de logs.
- Siguiendo la política de actualizar al menos una vez al año los equipos con sistema operativo Linux, se procedió a preparar la instalación del Fedora 21. Una vez probado y comprobado con el SIE de Investigación, se procedió a su instalación en más de 260 equipos de sobremesa.
- También durante este año se han instalado dos equipos con sendas tarjetas de vídeo NVidia Tesla para el uso de GPU. Siendo en el IAC los primeros sistemas que se instalan de estas características, que tienen una capacidad de cálculo tan grande.

### *REdIRIS*

- Se ha seguido trabajando con RedIRIS para la incorporación a la red de las nuevas instituciones afiliadas a RedIRIS, para lo que ha sido necesario ir incorporado nuevo equipamiento en la sede de La Laguna. También se está colaborando para la

conexión de algunos proyectos internacionales desde el ORM, como es el "The Gravitational Wave Optical Transient Observer (GOTO)", con conexiones al Reino Unido e Australia. Además RedIRIS eligió Tenerife para realizar sus Jornadas Técnicas anuales, y el GSC estuvo en el comité organizador además de ayudar y participar en la celebración del evento.

### *Observatorio del Teide - OT*

- En el OT se ha colaborado y ayudado en la implantación de las redes de comunicaciones de los nuevos telescopios e instrumentos. Además se ha ayudado en los trabajos de reparación de la red de fibras en el Observatorio. También se ha colaborado en la definición e implantación de las comunicaciones de las diferentes reformas que se han realizado en la sede de La Laguna.

### *Gestión de eventos*

- Se ha continuado con la implantación de la herramienta de gestión de eventos GRAYLOG, donde se están centralizando los eventos que emiten los diferentes servicios en producción. La incorporación de los servicios es paulatina y, además, se está mejorando la facilidad de uso para los administradores incorporando las consultas que más habitualmente se hacen.

### *Almacenamiento centralizado*

- El sistema de almacenamiento centralizado está llegando a su límite de capacidad de ampliación y también le quedan pocos años de mantenimiento. Por esta razón, se han estudiado todos los problemas que pueden surgir, además de las necesidades de los usuarios y las posibles alternativas. Para explicarlos, se han realizado diferentes informes, reuniones con los grupos implicados y una charla/debate dirigida a todos los investigadores.

### *Cortafuegos*

- Al cluster de cortafuegos que ya estaba gestionando todas las redes, se le ha incluido el servicio de gestión de las conexiones de VPN de los usuarios. Para ello, se ha cambiado el sistema de conexión y las cuentas de usuarios que se estaban utilizando.

### *Copias de seguridad*

- El equipamiento del sistema de copias de seguridad en cinta está viejo, y se ha actualizado el servidor por otro un poco más nuevo, pero se ha mantenido la misma versión de software y librerías. Además se siguen modificando las políticas de backup para mejorar el uso y funcionalidad de las librerías.

### *VoIP*

- El sistema de telefonía VoIP está completamente implantado, y se ha empezado a ejecutar la primera fase para actualizar el software que gestiona la telefonía a una versión más reciente que tenga más funcionalidades y que además facilite la integración con el Expressway que permite realizar videollamadas.

### *Gestión de incidencias*

- En el primer trimestre del año, se migró el software de gestión de incidencias que usa el SIC. El programa que se usaba tenía más de 10 años y se ha optado por OTRS, un paquete gratuito que está bastante implantado en el mundo y que además de la gestión de las incidencias se puede adaptar para realizar una gestión integrada con el equipamiento y los servicios y así poder implementar procesos de ITIL.

### *Supercomputación*

- En supercomputación se ha seguido ayudando a los investigadores del IAC a usar el superordenador TeideHPC, además de dar soporte a los usuarios que tiene el superordenador LaPalma. A mediados de año se definió el Plan Estratégico del superordenador LaPalma dentro de la RES.

### *Esquema Nacional de Seguridad (ENS)*

- Se continuó con la implantación del Esquema Nacional de Seguridad (ENS). Revisando la definición de activos con cada uno de los responsables del mismo. También se realizó una auditoría de seguridad sobre los servicios.

### *LOPD*

- Tanto con SAP como con el sistema de registro de logs (Envision) se siguen tomando las acciones necesarias para poder realizar los controles que exige la LOPD. Este año se ha terminado de elaborar un folleto informativo sobre confidencialidad, protección de datos y código de conducta informático para entregar a las nuevas incorporaciones del IAC, lo cual ya se está haciendo.

### *Varios*

- Durante este año se ha procedido a virtualizar el servicio ofrecido por el VIRGO Data Center (VDC) del Proyecto VIRGO del satélite SOHO. Estaba instalado en un equipo físico que llevaba más de 20 años operativo (bajo Unix) y dando servicio. Se procedió a su adecuación a una máquina virtual bajo Linux.
- Se impartió el curso "Gestión de Comunicaciones Unificadas de Cisco" con una duración de 56 horas. También se asistió a las Jornadas Técnicas de RedIRIS.
- Se ha colaborado con la organización de la Transvulcania para ayudar en la retransmisión en directo del evento.
- Se ha mejorado el sistema de informes mensuales sobre el uso de las impresoras y también la aplicación de equipos encendidos.
- Se han estudiado diferentes sistemas de impresión, buscando uno que permitiera la impresión desde Linux con autenticación. Pero no se ha encontrado ninguno que cumpliera con nuestras necesidades.
- En el mes de agosto finalizó el contrato de B. Popescu y queríamos agradecer su colaboración y

dejar patente su alto grado de preparación, capacidad de trabajo, compromiso con el trabajo y su preparación.

## ANÁLISIS Y DESARROLLO (GAD)

### *Mantenimiento SAP*

- Apoyo a los Consultores, Usuarios Claves y Propietarios de los Procesos en la implementación de las modificaciones priorizadas por el Grupo de Procesos del IAC. Módulos de Recursos Humanos (HCM), Finanzas (FI/CO), Presupuestaria (EA-PS), Proyectos (PS), Compras (MM), Subvenciones (GM/Justificaciones) y en desarrollos (Firmas, Emisión de Facturas, Justificación Externa, Listados OC. Informe de Proyectos), módulo de Viajes (FI-TV) y de Inventario (MM-IM).
- Recursos Humanos (HCM): Modificaciones a raíz de los Tipos especiales contratos (Director, Administrador SSGG). Nuevo recibo de nómina y envío del mismo por correo electrónico al personal del IAC. Desarrollo del Listado de Estimación de Costes de Personal para Presupuestaria y HCM.
- Finanzas y Presupuestaria (FI/CO, EA-PS): Modificación del desarrollo a medida de Emisión de Facturas. Modificar los listados estándar para incluir activos fijos, número factura, órdenes de Observatorios.
- Compras (MM): Cambios en la solicitud de pedidos y pedidos en SAP de forma que se pueda realizar la solicitud sin comprometer presupuesto.
- Proyectos: Colaboración en la finalización de los informes de Proyectos (detallado, medio y básico) con la empresa desarrolladora (Roadmap).
- Viajes (FI-TV): Mejora de la integración con presupuestaria, añadiendo imputación a varios proyectos. Derivación automática posición presupuestaria.
- Añadir campos adicionales en la solicitud de Orden de Desplazamiento de Viajes: Pantalla Datos IAC (viaje sin coste, destino principal). Adecuación a los requerimientos por parte de la Intervención: itinerario, destino principal, detalles del viaje, etc. (continúa 2016).
- Sistema y Basis (GEN): Colaboración con los SAP Basis (Grupo de Sistemas y Software) en las tareas de actualización de sistemas y versiones (subida al Stack 17 de SAP ERP 6.0).
- Estudio de la migración de los datos del Solution Manager de SAP al software del Centro de Atención al Usuario (OTRS). (Continúa en 2016).

- Apoyo a los Usuarios Claves y Propietarios de los Procesos en los cambios de los distintos módulos a través de los grupos de Mejora Continua (Recursos Humanos, Proyectos, Compras y Finanzas/Presupuestaria).
- Apoyo en las labores técnicas de cuadro y cierre de ejercicio 2015 en SAP (Presupuestaria y Recursos Humanos).
- Apoyo y desarrollo de los roles para los distintos usuarios de SAP de todos los módulos. Mantenimiento y procesado de incidencias de SAP en productivo de todos los módulos.

### *Administración electrónica*

- Apoyo técnico para los procesos de Factura Electrónica (FACE) y Registro Electrónico (GEISER-Gestión Integrada de Servicios de Registro) impuestos por la AGE.

### *Proceso del CAT*

- Para el CAT Nocturno: Importación en la aplicación de los tiempos concedidos y comentarios a las concesiones por parte de la Comisión de Asignación de Tiempos.
- Implementación de los cambios para incluir el nuevo tiempo Internacional Time Programme (ITP) del Comité Científico Internacional (CCI): larga duración por defecto, combinación de todos los telescopios disponibles, límite de 2 años, eliminación de campos no aplicables. Traducción del PDF al inglés.
- Ampliación de tiempos de Larga Duración (Large Programme) para el Gran Telescopio CANARIAS (GTC) para otros tipos de tiempo (CAT Español, tiempos especiales de GTC).
- Finalización de la migración y entrada en productivo con el nuevo motor de Base de Datos de Microsoft SQL Server.
- Adquisición de la licencia del servidor de aplicaciones Oracle Weblogic y configuración de la aplicación en desarrollo y producción.
- Actualización del software del sistema de Gestión de Incidencias y trabajos del GAD (Atlassian JIRA v7.0).

### *Cursos*

- En el 2015 se realizó el curso a medida del 24 al 27 de noviembre (inc.): "Developing Applications with Java EE 6 on WebLogic Server 12c".

### Colaboración en proyectos

- Apoyo a Axa Corpore en la realización de la Consultoría de la LOPD en lo relativo a las aplicaciones mantenidas por el Departamento.

### Apoyo a las Áreas

- Proceso trianual del Comité de Asignación de Tiempos CAT nocturno del IAC (2 convocatorias de nocturno + 1 extendida, 1 de solar), apoyo a los procedimientos de Seguridad y Salud del IAC (Comisión de Emergencias), a la Comisión de Formación Continua del IAC (COF), supervisión de la conexión directa con los técnicos del Control Horario (Spec) y a los desarrolladores de software de órdenes a talleres (empresa Avantic) para el Área de Instrumentación.

### Tareas continuas

- Mantenimiento de las aplicaciones mientras sean sustituidas por la entrada en producción de SAP.
- Mantenimiento de los servidores de BD y de aplicaciones que dan soporte a los desarrollos que son mantenidos por el Departamento. Establecimiento de las estrategias de recuperación oportunas en colaboración con los demás departamentos del SIC.
- Supervisión de la organización de la Sala de Servidores del IAC.

- Mantenimiento de licencias y actualización de software de desarrollo para los entornos de acceso a datos (Visual Studio, .NET, Access, Oracle ASP).
- Preparación de las aplicaciones de Administración de Servicios Generales para el ejercicio Contable 2015 no cubiertas por SAP (Registros, Inventario, Terceros de la Analítica).
- Atención al usuario, resolución de incidencias relativas a las más de 50 aplicaciones mantenidas directamente por el Departamento.

## CENTRO DE ATENCIÓN AL USUARIO Y OPERACIONES

- Gestión de congresos, gestión íntegra de compras informáticas del IAC (46% de las compras realizadas por el SIC para todo el IAC, valorada en 315.740,33 €), gestión de portátiles de préstamo, mantenimiento de equipos informáticos (sin mantenimiento de equipos de empresa externa, reutilizando equipos rotos), equipos audiovisuales en el Aula (sin mantenimiento externo), gestión de telefonía IP, visitas rutinarias a los observatorios (una vez a la semana en el ORM y una vez al mes en el OT), visitas bisemanales al departamento de astrofísica y CCA.
- Creación y gestión de más de 5.100 incidencias, de las cuales poco más de 4.700 (92,15%) han sido resueltos directamente por el SIC.

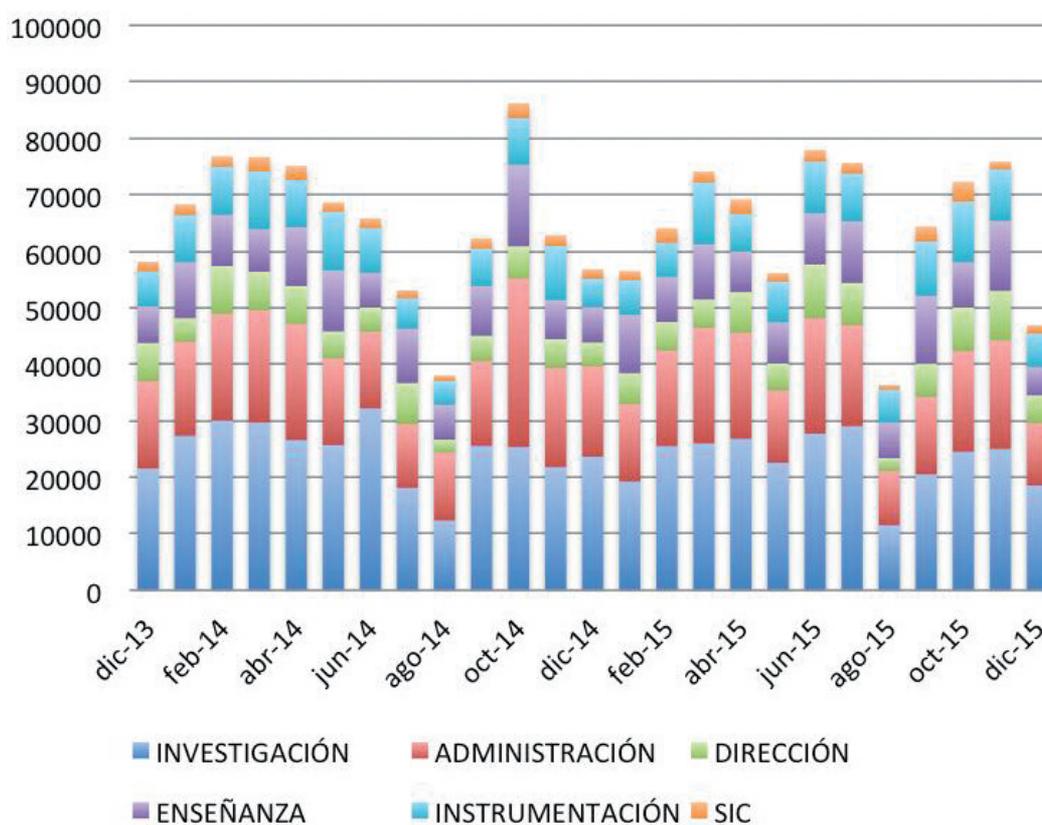


Número de incidencias abiertas y cerradas en el año 2015.

## IMPRESORAS

Las medidas tomadas a partir de febrero del 2014 para reducir el consumo de impresiones en las impresoras del IAC están dando resultados tendiendo a dis-

minuir el número de copias. De todas formas sigue habiendo picos de impresión, que suelen coincidir con eventos del IAC tales como tesis, congresos, etc.



Copias por Áreas hechas en las impresoras del IAC, de diciembre de 2013 a diciembre de 2015.

## BIBLIOTECA

**E**n 2015, la Biblioteca ha seguido ofreciendo a los usuarios sus servicios habituales adquiriendo libros, revistas y otras publicaciones requeridas por los usuarios, prestando libros, ofreciendo acceso on-line a revistas, manteniendo la Web de la Biblioteca, informando y atendiendo a los usuarios, etc.

Se ha seguido con la política de adquisición establecida en 2012 por el Comité de Dirección para centrarse en la Astrofísica y buscando el mayor ahorro posible, aunque procurando no dejar de ofrecer a los usuarios un acceso fácil a las publicaciones que necesiten.

En la renovación de revistas, ha sido necesario hacer un nuevo ajuste debido a los incrementos de precios de las editoriales y del coste adicional que ha supuesto la variación desfavorable del cambio del Euro frente al Dólar. Por ello, en lugar de contratar los paquetes completos de revistas de *American Institute of Physics*, *American Physical Society* y *Optical Society of America*, se han renovado aquellos títulos que más usos tienen contratándolos en la modalidad solo on-line para ahorrar algo más.

La colaboración con la Biblioteca del *Isaac Newton Group of Telescopes* (ING) ha continuado y se han re-

novado las suscripciones conjuntas IAC-ING a varias revistas importantes, aunque no se ha podido negociar ninguna nueva licencia conjunta.

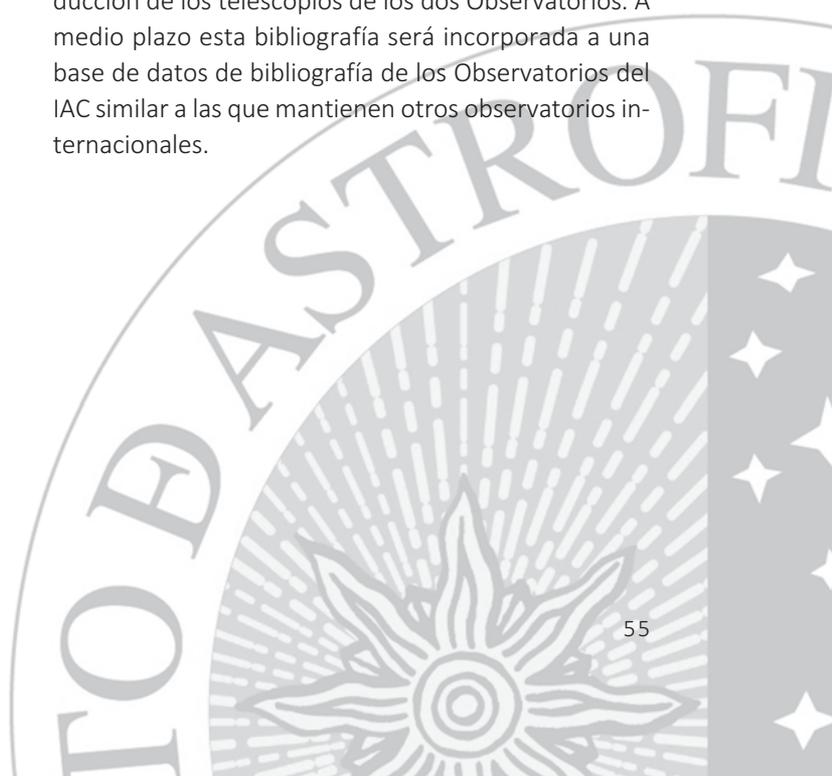
En las adquisiciones de libros, se ha seguido comprando libros en formato electrónico, renovando la suscripción a la SPIE *Digital Library*, que permite el acceso a toda la colección de SPIE *proceedings* fundamental para los proyectos de desarrollo de instrumentos del IAC y a las series: “IAU Symposium and Colloquium Proceedings Series”, “Astronomical Society of the Pacific Conference Proceedings” y “European Astronomical Society Series”. Además, ha adquirido la colección de libros electrónicos de Física y Astronomía de 2015 de la editorial Springer así como las de los años 2009, 2010 y 2011, de forma que actualmente disponemos de esa colección desde 2009 hasta 2015. También se han comprado libros en papel, normalmente a petición de usuarios.

La Biblioteca mantuvo su relación con la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT) participando en la licencia nacional que permite el acceso a las bases de datos de ISI *Web of Knowledge*. Además, en septiembre, participó en la reunión organizada por la FECYT con los responsables de las bibliotecas de los Organismos Públicos de Investigación (OPI) dependientes del MINECO para avanzar en el modelo de contratación de una licencia nacional a las revistas de la editorial Elsevier, Science Direct. El grupo nombró al responsable de la Biblioteca del INIA representante de los OPIs para que participe en las negociaciones de la licencia junto con la FECYT, la CRUE y el CSIC. Dichas negociaciones empezaron en diciembre y pueden prolongarse hasta final de septiembre de 2016. En caso de llegar a un acuerdo, la licencia nacional de Science Direct sería por un periodo de 3 años, de 2016 a 2018. Una licencia nacional interesa, por un lado, para que todo el mundo puede acceder a todo, siempre y cuando cada biblioteca mantenga las suscripciones a las revistas que le interesa, y, por otro, porque podrá suponer un pequeño ahorro para cada institución.

Este año se ha realizado el control de libros en préstamo y se ha completado el inventario de revistas en papel, aprovechando para redistribuir las revistas en los expositores así como en el archivo de revistas y colocando nuevos letreros para facilitar la localización de las publicaciones. No obstante, la inundación sufrida a finales de noviembre en una zona de la sala de revistas ha afectado una parte de las colecciones, que han tenido que ser retiradas de los estantes intempestivamente y puestas a secar en una cámara climática. Los daños podrán ser evaluados a principios de 2016 y es previsible que para evitar futuros incidentes tenga que ser considerada una reestructuración de la sala.

A mediados de año, se instaló en una zona de la sala de revistas un prototipo de sala de control remoto de telescopios para que el grupo de operaciones de telescopios pudiera realizar pruebas con los telescopios IAC-80, TCS y JKT. Esta instalación es provisional puesto que, si funciona bien, tendrán que añadirse más puestos de control para más telescopios y será necesario ocupar un espacio más amplio y más adaptado a este uso.

Finalmente, como viene siendo habitual en los últimos años, la Biblioteca ha colaborado con otras Áreas y/o Departamentos del IAC en temas bibliográficos y bibliométricos. Aparte de recopilar los indicadores de calidad de la producción del IAC para los informes de evaluación del programa de excelencia Severo Ochoa, también ha preparado otros indicadores para incluir en la propuesta para renovar la acreditación de excelencia. Asimismo, ha continuado ayudando en la actualización de la base de datos de la producción científica del IAC, IACPub mantenida por el área de Investigación. También, ha empezado a recopilar los datos de producción de los telescopios de los dos Observatorios. A medio plazo esta bibliografía será incorporada a una base de datos de bibliografía de los Observatorios del IAC similar a las que mantienen otros observatorios internacionales.





Daniel López / IAC

# ÁREA DE INVESTIGACIÓN

**C**orresponde al Área de Investigación la “elaboración y desarrollo de Proyectos de Investigación en el campo de la Astrofísica y en áreas relacionadas con ella”. A fin de cumplimentar sus objetivos, el Área tiene una estructura organizativa, de gestión y de servicios enfocada a facilitar y encauzar el desarrollo de la actividad investigadora.

El Área está encabezada por el **Coordinador de Investigación** como responsable directo de las actividades de investigación del IAC. El **Consejo de Investigadores** es el órgano asambleario del Área y en él están presentes todos los Doctores que realizan su actividad investigadora en el Centro, con una antigüedad de al menos seis meses en el IAC. Tiene como máximas atribuciones el proponer el nombramiento (y, en su caso, el cese) del Coordinador, así como valorar sus informes de Gestión y los de las comisiones que de él dependen.

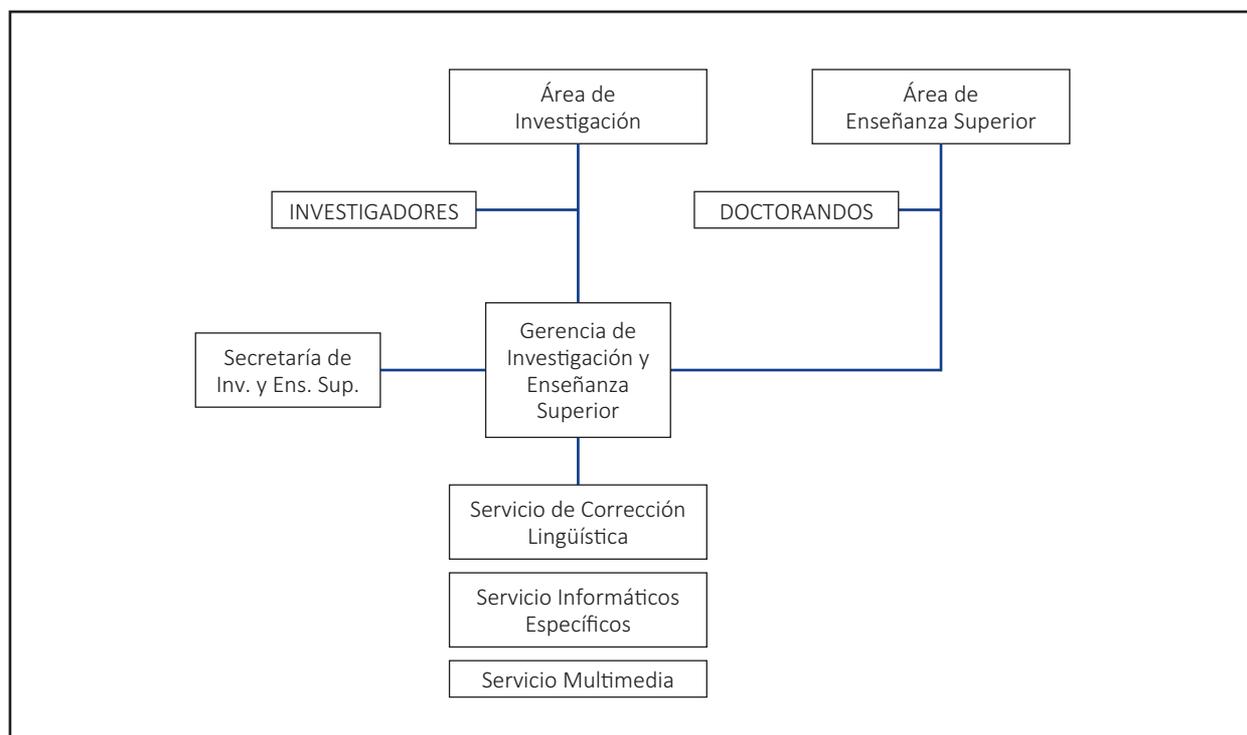
Para asistir al Coordinador en el desempeño de sus funciones, existe la **Comisión de Investigación**, que él mismo preside, y de la que forman parte el Director del Departamento de Astrofísica de la Universidad de La Laguna, cinco doctores del centro, uno de ellos elegido por los estudiantes de Doctorado, y la Gerente de Investigación. Si bien es éste un órgano consultivo del Coordinador –para estudiar todos los asuntos relativos a la investigación y proponer las resoluciones pertinentes a los órganos competentes– éste lleva a través de la misma una dirección colegiada del Área de Investigación.

La organización del Área se apoya en la Secretaría y cuatro Servicios. La **Gerencia**, que dirige la Secretaría, tiene como misión asistir al Coordinador en sus funciones y llevar a cabo, bajo sus directrices, la gestión interna del Área. La **Secretaría** (compuesta por tres administrativos) asiste al Coordinador y a la Gerente en las tareas administrativas y de gestión, a la vez que ofrece apoyo al personal investigador.

Los Servicios del Área comprenden la **Operación de las Instalaciones Telescópicas del IAC**, los **Servicios Informáticos Específicos**, el **Servicio Multimedia** y el **Servicio de Corrección Lingüística**.

### OPERACIÓN DE LAS INSTALACIONES TELESCÓPICAS

Se lleva a cabo de modo estructurado y en colaboración con el Área de Instrumentación y la propia Administración del Observatorio. Los objetivos de esta unidad son optimizar el uso de los telescopios y la instrumentación específica, posibilitar la máxima explotación científica de las observaciones y apoyar el acceso a las instalaciones de científicos de la comunidad nacional e internacional. Se estructura en un “Jefe de Operaciones de las Instalaciones Telescópicas” (JOT), astrónomo experimentado, y a su cargo están los “Operadores” de los telescopios (Oper), los “Técnicos de Operaciones Telescópicas” (TOT) (en formación) y los “Astrónomos de Soporte”, (AS) investigadores contratados con dedicación preferente (70%) a labores concretas relacionadas con las instalaciones telescópicas del IAC en el OT y el ORM y con las noches de servicio CAT para otras instalaciones, en telescopios, instrumentación y el apoyo a los astrónomos necesario para que obtengan el máximo partido. Los avances en este servicio pueden encontrarse en el informe del correspondiente Proyecto de Investigación.



## SERVICIOS

- **Servicios Informáticos Específicos (SIE)**. Su cometido es la instalación, mantenimiento y asistencia al usuario, en lo que concierne a todo el software de uso astronómico. El Servicio cuenta con un astrónomo responsable y gestor del mismo, y la adscripción de un investigador postdoctoral y un ingeniero que dedican una buena parte de su tiempo a estas labores de soporte.
- **Servicio MultiMedia (SMM)**. Ofrece apoyo a los usuarios en todo lo referente a temas gráficos, tratamiento de imágenes, elaboración de ilustraciones o pósters y trabajos de vídeo o de infografía 3D. El Servicio está compuesto por tres técnicos especializados y es coordinado por un efectivo de plantilla al cargo.
- **Servicio de Corrección Lingüística (SCL)**. Se encarga de la revisión de textos de investigación astrofísica en lengua inglesa, destinados a ser publicados en revistas especializadas del campo. El servicio está formado por un técnico especializado.

## ACTIVIDAD INVESTIGADORA

Finalmente, la actividad netamente investigadora en el IAC se estructura en **Proyectos de Investigación** que actualmente se engloban en seis líneas de investigación temática y que abarcan la mayoría de campos de la Astrofísica tanto teórica como observacional o instrumental. Las Líneas de Investigación actuales en el IAC son: Estructura del Universo y Cosmología; El Universo Local; Física de las Estrellas, Sistemas Planetarios y Medio Interestelar; El Sol y el Sistema Solar; Instrumentación y Espacio; y Otros.

Cada uno de 37 proyectos individuales, actualmente vigentes, está dirigido y gestionado por un “Investigador Principal” (IP) y aglutina la dedicación formal (total o parcial) de investigadores pre- y post-doctorales del IAC. Las vinculaciones y colaboraciones con investigadores de otros centros están reconocidas e incentivadas.

El personal adscrito al Área (con relación contractual) se eleva a 132 personas, además de 20 Investigadores Afiliados y 3 doctores con el status de “Colaborador” adscritos al Área, quienes participan en distintos proyectos.

Durante el año 2015 se solicitaron 15 proyectos de investigación dirigidos por investigadores del IAC, en el marco del Plan Estatal de Investigación Científica y Técnica y de Innovación 2013-2016, por un total de 6.642.743 €. Asimismo, se incorporaron al IAC 17 investigadores postdoctorales a través de los proyectos del Plan Nacional.

Igualmente ha habido una intensa actividad de Seminarios y Coloquios en el Área. A lo largo de este año, 4 investigadores de reconocido prestigio internacional de otras instituciones han sido invitados a dar un Coloquio en el IAC (una charla con una estancia de algunos días para favorecer la discusión), y otros 63 investigadores han impartido Seminarios, Charlas y *Breaking News*.

Finalmente, cabe destacar que durante 2015 se ha alcanzado la cifra de 440 artículos científicos publicados en revistas internacionales contempladas en SCI. La gran mayoría de estos artículos han sido publicados en las revistas más prestigiosas de la especialidad.



## ESTRUCTURA DEL UNIVERSO Y COSMOLOGÍA

---

### ANISOTROPÍA DEL FONDO CÓSMICO DE MICROONDAS (P/308605)

R. Rebolo López.

J.A. Rubiño Martín, C.M. Gutiérrez de la Cruz, R. Génova Santos, S. Iglesias Groth, F. Poidevin, H. Lietzen, A.E. Peláez Santos, R. Vignaga y D. Tramonte.

Colaboradores del IAC: R. Hoyland.

A. Lasenby (Univ. de Cambridge, Reino Unido); L. Piccirillo, B. Watson, R. Davis, R. Davies, C. Dickinson, J. Chluba (Univ. de Manchester, Reino Unido); E. Martínez, P. Vielva, D. Herranz, B. Barreiro (IFCA, Santander); M. de Petris, L. Lamagna, E. Battistelli, A. Cruciani, G. Luzzi (Univ. de Roma, Italia); C. Hernández-Montea-gudo (CEFCA); J. Macías (LPSC, Grenoble, Francia); R. Sunyaev (MPIA, Garching, Alemania); C. Martins (CAUP); Planck Consortium.

### INTRODUCCIÓN

El Proyecto persigue determinar las variaciones espaciales en la temperatura del Fondo Cósmico de Microondas (CMB, de sus siglas en inglés) y en su Polarización en un amplio rango de escalas angulares que van desde pocos minutos de arco hasta varios grados. Las fluctuaciones primordiales en la densidad de materia, que dieron origen a las estructuras en la distribución de materia del universo actual, debieron dejar una huella impresa en el Fondo de Microondas en forma de irregularidades en la distribución angular de su temperatura. Experimentos como el de COBE (galardonados dos de sus investigadores principales con el Premio Nobel de Física de 2006) o el de Tenerife han mostrado que el nivel de anisotropía a escalas angulares de varios grados está en torno a  $10^{-5}$ . La obtención de mapas del Fondo de Microondas a varias frecuencias y con sensibilidad suficiente para detectar estructuras a estos niveles es fundamental para obtener información sobre el espectro de potencias de las fluctuaciones primordiales en densidad, la existencia de un periodo inflacionario en el universo muy temprano y la

naturaleza de la materia y energía oscuras. Más recientemente, el satélite WMAP ha conseguido mapas del Fondo Cósmico de Microondas que han permitido establecer cotas sobre múltiples parámetros cosmológicos con precisiones mejores que el 10%. El Proyecto concentra sus esfuerzos en realizar medidas a más alta resolución espacial y sensibilidad que las obtenidas por este satélite. En el pasado se utilizó el experimento interferométrico Very Small Array (VSA). También el Experimento COSMOSOMAS, cuyo objetivo era, además de la medida de las anisotropías del CMB, la caracterización de los contaminantes galácticos. En la actualidad, la actividad de este Proyecto se centra en la explotación científica de los datos del satélite *Planck* y del Experimento QUIJOTE.

En la primera mitad del año 2009 tuvo lugar el lanzamiento del satélite *Planck*, de la Agencia Espacial Europea, en cuya carga útil se ha participado aportando, entre otras cosas, el sistema de control digital y procesado de datos de uno de los dos instrumentos del satélite y la programación del software de a bordo para control del instrumento. Nuestro equipo participa plenamente en la explotación científica de datos que van a mejorar en sensibilidad y resolución los mejores datos disponibles sobre el Fondo Cósmico de Microondas. Las nuevas medidas permitirán refinar las cotas sobre múltiples parámetros cosmológicos y quizás descubrir nuevos fenómenos en las etapas más tempranas del Universo. El satélite ha permitido también realizar medidas de polarización, aunque no fue el objetivo con el que fue diseñado. El Proyecto comienza una nueva fase con la que se pretende explorar el potencial de estas medidas para extraer información sobre inflación y la amplitud de los modos tensoriales asociados con ondas gravitacionales primordiales. Nuestro grupo ha participado de manera activa en los dos grupos de artículos con resultados cosmológicos (2013 y 2015), así como en varias otras publicaciones relacionadas con la caracterización de contaminantes galácticos y con el estudio el efecto Sunyaev-Zel'dovich en cúmulos de galaxias.

Nuestro grupo ha liderado el desarrollo y la explotación científica del Proyecto QUIJOTE, que complementa al satélite *Planck* explorando un rango de fre-

cuencias (entre 10 y 42 GHz). Este Proyecto persigue obtener medidas de carácter único para conocer la polarización de los procesos de emisión galácticos (principalmente emisión sincrotrón y anómala) y mejorar la corrección que precisa el satélite Planck para separar la señal de origen cosmológico. Los mapas a 30 y 40 GHz que obtenga el Proyecto corregidos de emisión Galáctica permitirán establecer cotas muy restrictivas a la amplitud de los modos B en la señal polarizada del Fondo Cósmico de Microondas y restringir la escala de energía asociada con la Inflación primigenia. En 2015 se publicó en *Monthly Not. of the R. Astron. Soc.* el primer artículo de QUIJOTE, con datos del experimento MFI (10-20 GHz), y se desarrolló el segundo artículo, que se enviará para ser publicado a principios de 2016.

Para más información sobre el Proyecto, puede visitarse su página Web: <http://www.iac.es/project/cmb>.

## HITOS

Se obtuvieron más de 5.000 horas de datos con el instrumento MFI del Experimento QUIJOTE. En junio de 2015 se publicó el primer artículo con resultados científicos de QUIJOTE, en el que presentamos el modelado más preciso de la emisión anómala de microondas obtenido hasta el momento, con 13 puntos dominados por este tipo de emisión en la nube molecular de Perseo. También se obtuvieron las primeras cotas sobre la polarización de este fenómeno en el rango 13-20 GHz. Durante 2015 se desarrolló el segundo artículo científico de QUIJOTE, que será enviado a publicar a principios de 2016. En este artículo obtuvimos los límites superiores más precisos obtenidos hasta el momento sobre la fracción de polarización de este fenómeno:  $<0,39\%$  a 17 GHz, utilizando QUIJOTE, y  $<0,22\%$  a 41 GHz, utilizando datos de WMAP.

En 2015 se envió a publicar el segundo conjunto de artículos con resultados cosmológicos de Planck. El resultado más importante es la cota superior obtenida sobre los modos-B en la polarización del Fondo Cósmico de Microondas:  $r < 0,12$ . Este valor se obtuvo combinando los datos del Keck Array/BICEP2 con los de Planck. Los datos de Planck fueron esenciales para determinar la contaminación introducida por la emisión polarizada del polvo interestelar, y así refutar la detección inicial derivada de los datos sólo de BICEP2. Los datos de Planck han permitido la caracterización más precisa de la polarización del polvo interestelar en todo el cielo.

Se ha publicado un artículo en *Physical Review Letters* en el que se encontró una señal de efecto Sunyaev-Zel'dovich cinético a partir de la cual se determinó una

cantidad de bariones alrededor de galaxias compatible con toda el contenido bariónico esperado en el Universo local hasta redshift 0,12. Éste es un resultado de especial relevancia porque anteriormente sólo la mitad de los bariones en el Universo local había sido identificada utilizando medios “convencionales”.

## EVOLUCIÓN DEL PROYECTO

La investigación del grupo en el contexto del Fondo Cósmico de Microondas se ha centrado principalmente en el análisis y explotación de los datos del Experimento QUIJOTE y, en menor medida, en la participación en las actividades del Consorcio Planck. La operación, programación y gestión de observaciones de QUIJOTE, y la caracterización, inspección diaria, calibración, reducción y procesado básico de los datos resultantes, junto con su explotación científica, y la de los datos del satélite Planck, ha consumido la mayor parte del tiempo.

Durante 2015 se acumularon un total de 5.287 h de datos con el *Multi-Frequency Instrument* (MFI). Este instrumento proporciona información sobre la polarización de procesos de emisión Galáctica en cuatro frecuencias entre 10 y 20 GHz. La mayor parte de los datos tomados están relacionados con los dos principales objetivos científicos del Proyecto. Por un lado, unas 700 h se invirtieron en el modo NOMINAL de observación, cubriendo todo el hemisferio norte ecuatorial. Estas observaciones serán dedicadas al estudio de los contaminantes Galácticos en baja frecuencia. Por otro lado, unas 2.000 h se invirtieron en los llamados “campos cosmológicos”, en los que con los futuros instrumentos de QUIJOTE a más alta frecuencia trataremos de encontrar o restringir la señal cosmológica resultante de la inflación conocida como “modos B”. Además de las rutinarias observaciones de calibración, el resto de tiempo se invirtió principalmente en observar distintas regiones Galácticas, en particular algunos remanentes de supernova (IC443, W44), la región del Fan, la región del Haze alrededor del centro de la Galaxia, o las nubes moleculares de Taurus. Las 200 h invertidas en la región del SNR W44, que también abarca las regiones HII W43 y W47, nos permitió realizar un exhaustivo estudio, en intensidad total y en polarización, de las emisiones sincrotrón, libre-libre y de la conocida como “emisión anómala de microondas”. En 2015 se publicó, en *Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, el primer artículo con resultados científicos de QUIJOTE. En él presentamos un estudio de la emisión anómala de microondas en la nube molecular de Perseo, y se presentaron las primeras cotas sobre la polarización de esta

emisión en el rango 12-20 GHz. Aparte de estos resultados científicos, en 2015 se lograron mejoras importantes en el desarrollo e implementación de la estrategia global de calibración del experimento, y en la definición de la “pipeline” general de procesado de datos.

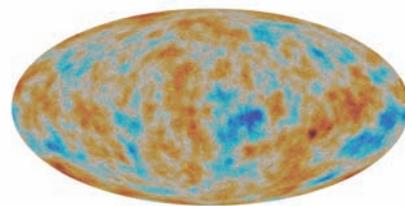
Entre 2014 y 2015 se publicaron los primeros artículos con resultados cosmológicos del satélite *Planck*, los correspondientes al “data release 1”. En 2015 se envió a publicar el segundo conjunto de artículos con resultados cosmológicos, basados en el “data release 2”, que contiene la importante novedad de incluir datos de polarización. Entre las contribuciones más relevantes se encuentran las nuevas cotas sobre el índice del espectro de las fluctuaciones primordiales en densidad y la determinación de la constante de Hubble, el refinamiento de las cotas sobre las densidades de materia y energía en el Universo y las cotas impuestas sobre la masa de los neutrinos. Se han impuesto cotas más restrictivas a la desviación de la gaussianidad en el fondo cósmico de microondas y confirmado varias anomalías inicialmente detectadas por el satélite WMAP (ej. la denominada “Cold Spot”). En 2015 se está trabajando en mejorar la determinación de la profundidad óptica de la reionización, lo cual tiene un impacto importante sobre el resto de los parámetros cosmológicos. También, en combinación con los datos del Experimento *Keck Array*/BICEP2, se ha logrado la mejor cota sobre los modos B obtenida hasta el momento ( $r < 0.12$ ), algo que ha sido posible gracias a una buena determinación de la contaminación introducida por el polvo interestelar en la región inicialmente observada por el Experimento BICEP2.

Además de los resultados cosmológicos, *Planck* ha producido también resultados sobre ciencia Galáctica y sobre cúmulos de galaxias, proyectos donde nuestro grupo tiene una fuerte involucración. En lo que respecta a la ciencia Galáctica el resultado más importante es la determinación de las propiedades en polarización de la emisión de polvo térmico intergaláctico, para lo que se ha utilizado principalmente el canal de 353 GHz de *Planck*. Esto ha permitido obtener la cota sobre los modos B mencionada anteriormente. También se ha publicado un artículo en el que se discute la polarización del sincrotrón en grandes escalas, para lo cual se han utilizado los datos a baja frecuencia del LFI. Asimismo se ha estudiado, en este mismo artículo, las propiedades en intensidad y polarización de la emisión conocida como “Haze” alrededor del centro de nuestra Galaxia, y que se cree que podría estar producida por procesos de aniquilación de materia oscura. En lo que respecta a la ciencia sobre cúmulos de galaxias, se ha publicado un nuevo catálogo de cúmulos selecciona-

dos a través de su efecto Sunyaev-Zel’dovich, a partir del cual se han derivado además implicaciones cosmológicas. Por otro lado, se ha seguido liderando dentro del grupo un proyecto dedicado al seguimiento en el óptico, mediante imagen y espectroscopía, de los cúmulos identificados en los mapas de *Planck*.

En paralelo, se ha trabajado en colaboración con otros grupos en proyectos relacionados. En colaboración con investigadores de la Universidad La Sapienza (Roma), se ha publicado un artículo donde se presenta una caracterización de la emisión anómala de microondas en la región HII RCW175, y se ha enviado a publicar otro en el que se estudia este mismo fenómeno en el remanente de supernova 3C396. También se han publicado dos artículos donde se presenta un estudio sobre la evolución de la temperatura del CMB con el *redshift*, utilizando medidas del SZ en posiciones de cúmulos. En un tercer artículo (que fue enviado a publicar en 2015 y finalmente será publicado en 2016), se combinaron estas medidas con determinaciones de la distancia de luminosidad y de la distancia diamétrica angular (la conocida como “relación de Etherington”) para poner restricciones sobre el modelo cosmológico. Finalmente, se publicaron dos artículos (uno de ellos en *Physical Review Letters*) en los que se caracterizó la componente bariónica previamente no identificada en el Universo Local, y que se encuentra en estructuras difusas de baja masa y temperatura intermedia alrededor de galaxias y en los filamentos que conectan a los cúmulos de galaxias.

Se han desarrollado técnicas para identificar galaxias submilimétricas ultraluminosas que puedan permitir trazar la evolución con el tiempo de las moléculas complejas de carbono bien sea midiendo emisión de PAHs como función del desplazamiento al rojo o la medida del bump UV en 217,5 nm. Estos rasgos son los más significativos y accesibles a alto *redshift* que pueden permitir trazar la evolución del carbono hacia formas complejas moleculares, fullerenos, PAHs. etc. Se ha colaborado con el profesor J. Usón (profesor invitado de la Fundación Serra) para el estudio de la emisión anómala de microondas en algunas de estas galaxias magnificadas por lentes gravitatorias.



Mapa de la polarización del Fondo Cósmico de Microondas obtenido por el satélite *Planck*.

## ASTROFÍSICA RELATIVISTA Y TEÓRICA (P/308806)

E. Mediavilla Gradolph.

M. Serra Ricart, A. Oscoz Abad, R. Scarpa y C. Fian.

E. Falcó (Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics, EEUU); E. Simonneau (IAP, Francia); L. Popovic (Obs. Astronómico Belgrado, Yugoslavia); R. Gil-Merino (Univ. de Cantabria); C.S. Kochanek (Univ. de Ohio, EEUU); V. Motta (Univ. Valparaiso, Chile); P. Gómez (ESAC); T. Mediavilla, O. Ariza (UCA); C. González-Morcillo (UCLM); J. Jiménez (UGR).

### INTRODUCCIÓN

#### *Lentes Gravitatorias*

El estudio de las lentes gravitatorias proporciona poderosas herramientas para medir diversos parámetros cosmológicos, tales como la constante de Hubble, la densidad de materia del Universo o la constante cosmológica. La constante de Hubble se puede obtener a partir del retraso entre las curvas de luz de dos imágenes de un sistema múltiple de QSOs y de una estimación de la masa del objeto que actúa como lente. Desde 1995, el grupo de Lentes Gravitatorias está llevando a cabo un seguimiento fotométrico de varios sistemas lente para obtener estimaciones fiables de la constante de Hubble. Por otro lado, para determinar Omega y Lambda se estudia, en colaboración con el grupo de lentes gravitatorias del CfA, la incidencia estadística de sistemas múltiples de QSOs en una muestra de radiofuentes adecuadamente seleccionada.

Otra de las aplicaciones de las lentes gravitatorias es el estudio de la materia oscura en galaxias a partir de la detección de eventos de microlensing. Varios de los programas que se desarrollan en este Proyecto están relacionados con la materia oscura directamente o a partir del estudio de los modelos de lente gravitatoria: detección de eventos de microlensing en las curvas de luz de los sistemas bajo seguimiento fotométrico, estudio teórico y observacional de la influencia del microlensing en las líneas de emisión de los QSOs en el óptico y en rayos X y observaciones espectroscópicas en 2D de los sistemas lente conocidos. La detección de eventos de microlensing y su análisis teórico constituyen, también, una herramienta poderosa para el estudio de las regiones no resueltas en los núcleos activos de galaxias y cuásares.

#### *Cúmulos de galaxias, evolución de estructuras a gran escala y cosmología*

El estudio de la abundancia relativa de los cúmulos de galaxias es muy importante para conocer el contenido de materia del Universo y determinar correctamente los parámetros relacionados con su geometría y evolución. Particularmente interesante es el estudio de sistemas de galaxias de baja masa que no pueden ser identificados a partir de la emisión en rayos X típicas de los grandes cúmulos. Se propone el uso de algoritmos innovadores, como el de Voronoi, para identificar con fiabilidad sistemas de galaxias a partir de imágenes antes de recurrir a su confirmación espectroscópica.

Otro objetivo de este programa es tratar analíticamente la evolución gravitatoria de un campo de fluctuaciones de densidad, de forma que sea posible, entre otras cosas, obtener la estadística del campo actual dado el inicial. A este fin hay que desarrollar, por un lado, aproximaciones Lagrangianas, válidas hasta la formación de cúmulos, y, por otro lado, aproximaciones que permitan tratar la formación de cúmulos.

El estudio del crecimiento de estructuras primordiales en el Universo que pueden dar lugar a las estructuras que hoy observamos, tales como supercúmulos, filamentos y vacíos, es uno de los temas de mayor interés en la Cosmología actual. El trabajo se centra en aspectos teóricos y fenomenológicos de la evolución no lineal de las fluctuaciones de densidad, intentando aplicar en lo posible métodos analíticos que puedan favorecer la comprensión de los procesos que tienen lugar en la formación de estas estructuras.

#### *Altas energías*

Varios miembros del Proyecto han tenido la oportunidad de participar en el seguimiento fotométrico de objetos muy energéticos, como supernovas o GRBs. El interés del seguimiento de las supernovas radica en su papel de candelas calibrables. Por otro lado, tras la confirmación de su naturaleza extragaláctica, los GRB presentan gran interés para la Astrofísica relativista.

### HITOS

El estudio de tres eventos de alta magnificación en las curvas de luz del cuásar cuádruple Q2237+0305 revela la presencia de "estructura fina" en la parte central del perfil de magnificación, relacionada con la región más interna del disco de acreción que gira alrededor del agujero negro supermasivo central. La variación del brillo del borde interno del disco de acreción, inducida por efectos relativistas, puede explicar la forma y ta-

maño de la estructura fina. Esta es la primera detección directa de una estructura, probablemente la órbita circular estable más interna, con un tamaño de  $\sim 3$  radios de Schwarzschild en el disco de acreción de un cuásar. El seguimiento fotométrico con futuros telescopios de miles de cuásares sometidos al efecto lente gravitatoria permitirá estudiar el entorno del horizonte de sucesos de agujeros negros supermasivos en cientos de cuásares distribuidos en un amplio rango de *redshifts* ( $0,5 < z < 5$ ).

## EVOLUCIÓN DEL PROYECTO

En 2015 se han publicado (2015ApJ...799..149J y 2015ApJ...806..251J) los resultados de dos estudios, basados en el efecto microlente, sobre la distribución de materia oscura en galaxias lente y el tamaño de los cuásares. Estos trabajos analizan una muestra de sistemas lente gravitatoria con datos en el óptico y en rayos X. Los resultados más relevantes han sido el estudio de la relación entre tamaño en rayos X del disco de acreción y masa del agujero negro en cuásares (los resultados apoyan una relación lineal) y el análisis del perfil radial de materia oscura en galaxias. En esta misma línea de investigación, se han completado otros dos estudios estadísticos sobre la variabilidad atribuida a microlensing en 2237 y en 1004. Una novedad interesante del estudio sobre 1004 es que se han analizado los histogramas experimentales de microlensing obtenidos a partir de las curvas de luz, con dos técnicas nuevas basadas en los tests de Pearson. También se ha completado el análisis de la espectroscopía obtenida con los telescopios MMT, Magellan y VLT de 0435, 2230 y 2149. Los resultados apoyan la tendencia general de que los cuásares tienen discos de acreción con cambios menos acusados de temperatura que las predicciones del modelo clásico de disco fino y que esta discrepancia se acentúa por el hecho de que los discos son substancialmente mayores de lo esperado según este modelo teórico. En 0435 y 2230, se han encontrado muestras de variabilidad inducida por el efecto microlente en las líneas de emisión de CIV y CIII] que podrían estar asociadas a una región más pequeña que la emisora de líneas anchas, probablemente el disco de acreción. Esta hipótesis se ve reforzada por la existencia de dos pequeños picos amplificados por el efecto microlente a ambos lados de la línea de CIII] en 2230 que podrían ser los dos picos de un disco en rotación Kepleriana.

Se ha organizado y ampliado la base de espectroscopía de cuásares en sistemas lente. Se ha comenzado a hacer un análisis comparativo de los espectros de la

base de datos para objetos de los que se dispone de más de una época de observación con idea de analizar estadísticamente la variabilidad atribuida a microlensing en el continuo y en las líneas de emisión. En los pocos objetos analizados hasta el momento, la variabilidad de las líneas de emisión está por debajo de la relación señal/ruido excepto en 0435, en el que la imagen A parece estar sometida a microlensing no solo en el continuo sino también en las líneas de emisión. Este análisis anticipa el trabajo que se piensa llevar a cabo con las observaciones ya asignadas en el telescopio WHT.

Se han desarrollado códigos basados en el “Inverse Polygon Mapping” para estudiar la distribución de probabilidad de las magnificaciones inducidas por subestructuras de materia oscura en los halos de las galaxias (efecto mililente). La idea es combinar muchos mapas de tamaños manejables compensando la baja estadística de la distribución espacial de los halos en cada mapa con el promedio de las distribuciones de probabilidad asociadas a cada mapa. Esta herramienta ha sido imprescindible para llevar a cabo el estudio sobre abundancias y masas de las subestructuras a partir de la estadística de anomalías en los modelos de lente gravitatoria de sistemas cuádruples de cuásares. Los estudios preliminares indican una dependencia limitada con el tamaño y una abundancia por debajo del 10%.

Se ha continuado con los estudios sobre la estadística de cáusticas que permitieron determinar un tamaño aproximado para el disco de acreción en 2237 y la velocidad peculiar de la galaxia lente (2015ApJ...798..138M) con un nuevo trabajo (2015ApJ...814L..26M) basado en el análisis detallado de tres eventos de alta magnificación candidatos a cruce por cáustica. Las curvas de luz de los tres eventos presentan estructura fina en la parte central que podría estar relacionada con el borde interno de un disco de acreción y se ajustan bien a un modelo de disco de acreción relativista con “redshift” gravitatorio y “beaming”. Se ha ampliado el concepto de cruce por cáustica al menos restrictivo de “Peak Over Threshold” que permite extender la aplicación de los estudios llevados a cabo en 2237 a otros objetos para los que existen curvas de luz en el óptico.

## SIMULACIÓN NUMÉRICA DE PROCESOS ASTROFÍSICOS (P/300313)

F. Moreno-Insertis.

J. Trujillo Bueno, A. Asensio Ramos, H. Socas Navarro, D. Fabbian, E. Khomenko, I. Arregui Uribe-Echevarria, D.E. Nóbrega Siverio y C. Guennou.

K. Galsgaard (Niels Bohr Institute/Univ de Copenhague, Dinamarca); J. Martínez Sykora (Lockheed Martin Solar and Astrophysical Lab., EEUU); V. Hansteen (Univ. de Oslo, Noruega); E. Priest (Univ. St. Andrews, Reino Unido); A. Nordlund (Univ. de Copenhague, Dinamarca); N. Shchukina (Obs. de Kiev, Ucrania); J. Stepan (Astronomical Inst. ASCR, Ondrejov, República Checa); M. Madjarska (Obs. Armagh, Reino Unido); L. Belluzzi (Obs. de Locarno, Suiza); T. del Pino (HAO, Colorado, EEUU).

### INTRODUCCIÓN

La simulación numérica mediante códigos complejos de ordenador es una herramienta fundamental en la investigación física y en la técnica desde hace décadas. El crecimiento vertiginoso de las capacidades informáticas junto con el avance notable de la matemática numérica ha hecho accesible a los centros de investigación de tamaño medio esta rama de la investigación, a caballo entre la física teórica y la física experimental. La astrofísica no es una excepción a lo anterior, habiéndose desarrollado desde finales de los 70 una especialidad de la misma, la astrofísica computacional, que ha permitido llegar a comprender gran variedad de fenómenos inaccesibles a la investigación teórica pura y dar cuenta de observaciones hasta entonces inexplicadas. Su mayor campo de aplicación en las décadas pasadas han sido los fenómenos (magneto) hidrodinámicos y de dinámica de gases en multiplicidad de entornos cósmicos, por ejemplo los interiores y atmósferas estelares y planetarios y el medio interestelar, incluyendo magnetoconvección y dínamo, discos de acreción, evolución de nebulosas planetarias, explosiones y restos de supernova, etc. La incorporación a las simulaciones numéricas de las ecuaciones del transporte radiativo, ocurrida ya en décadas pasadas, ha permitido dotar de mayor realismo a los estudios de procesos hidrodinámicos en fotosferas y cromosferas estelares.

El presente Proyecto quiere apoyar el desarrollo en el IAC de la investigación astrofísica basada en el uso

de grandes códigos numéricos que requieren el uso de ordenadores masivamente paralelos y su enlace con los resultados de observación. Objetivo general de este Proyecto es la realización de cálculos de física de fluidos cósmicos y de transporte radiativo. La temática de dichos cálculos se centrará en:

- fenómenos de dinámica de gases magnetizados en interiores y atmósferas estelares.
- transporte de radiación y señales de polarización en líneas espectrales en base a modelos atómicos y moleculares realistas y los efectos Hanle y Zeeman.
- comparación de resultados teórico/numéricos con datos de observación.

Este Proyecto es especialmente relevante a la vista de la involucración, cada vez mayor, del IAC en las redes de supercomputación nacionales y europeas y, en general, en grandes iniciativas de instalación de superordenadores.

### HITOS

Mediante un modelo numérico 3D realista de magnetoconvección solar se ha reproducido y explicado la emergencia de pequeños tubos magnéticos en el interior de gránulos en la fotosfera solar que había sido observada en el Sol con muy alta resolución espacial por diferentes investigadores en los pasados 10 años. Dichas observaciones (por ej. las de Centeno et al. 2007, o las de Martínez-González & Bellot 2009), realizadas con datos del satélite *Hinode*, mostraban a partir de datos espectropolarimétricos cómo aparecían estructuras aparentemente con forma de tubo o arco magnético en el interior de celdas granulares que, en muchos casos, sobrevivían a la vida de gránulos individuales. El modelo realista de magnetoconvección 3D ha sido realizado usando el código de magnetohidrodinámica y radiación (RMHD) Bifrost, que es el código numérico más avanzado que hay actualmente para estudiar fenómenos que involucran capas del Sol desde la parte alta de la zona de convección hasta la corona; de hecho, en el modelo se incluyen desde 2.500 km por debajo de la superficie solar hasta 10.000 km en la corona. Gracias a la alta resolución espacial del modelo y a que incorpora transporte radiativo detallado a nivel fotosférico y cromosférico, se ha podido estudiar el origen subsuperficial de dichos tubos, localizando dos tipos de procesos que los causan. Más allá de esto, se ha podido explicar la aparición de estructuras en forma de capa magnética justo por encima de las celdas gra-

nulares cuando se cumplen ciertas condiciones físicas en el momento de la llegada de estructuras magnéticas a la superficie. Los resultados están siendo publicados en la revista *The Astrophysical Journal*.

## EVOLUCIÓN DEL PROYECTO

### *Erupciones y emisiones de plasma en la corona solar*

- Chorros, espículas y plasmoides en una simulación numérica realista (D Nóbrega Siverio y F. Moreno-Insertis con J. Martínez Sykora)

Los prometedores resultados preliminares obtenidos a lo largo de 2014 referentes a la formación de *cool surges* (“oleadas frías”) en la atmósfera solar han sido extendidos y completados en 2015. Estas oleadas corresponden a fenómenos observados llamados H $\alpha$  surges (“oleadas de H $\alpha$ ”) o macroespículas. En nuestro caso, las oleadas resultan de la reconexión entre un sistema magnético coronal y el plasma magnetizado ascendente desde el interior solar tras de un episodio de emergencia de flujo a través de convección granular. Entre otras cosas, hemos podido explicar el origen de diferentes poblaciones de plasma que constituyen el fenómeno de oleada fría por primera vez en la literatura. También, se ha conseguido una nueva visión de las estructuras de choque que se anteponen espacialmente tanto a la región de la oleada como a los chorros de rayos X asociado a las mismas. Este trabajo ha sido llevado a cabo usando el código Bifrost (Gudiksen et al 2011), que es un código realista de magnetohidrodinámica y radiación (RMHD) con el que se pueden estudiar con alta resolución espacial y temporal los fenómenos dependientes del tiempo que involucran a capas de plasma desde el interior solar hasta la corona. Un artículo de investigación en la revista *The Astrophysical Journal* ya ha sido aceptado para publicación y aparecerá publicado en la primera mitad de 2016.

- Terminación de un módulo de *Super Time Stepping* (STS) para el código Bifrost (D. Nóbrega Siverio con J. Martínez Sykora)

Se ha continuado trabajando en un módulo Fortran con vistas a la implementación de técnicas de *Super-Time-Stepping* (STS) para el uso de los términos de difusión ambipolar y de Hall en la Ley Generalizada de Ohm en el código Bifrost. En 2015 se logró superar diferentes dificultades que aparecieron en la implementación de este módulo. La terminación del mismo se va a conseguir en los primeros meses de 2016.

- Física coronal estudiada mediante un código MHD idealizado sobre la base de observaciones de satélite (F. Moreno-Insertis con K. Galsgaard y M. Madjarska)

Se ha iniciado una nueva línea de investigación de fenómenos coronales en colaboración con la Universidad de Copenhague y del Observatorio de Armagh. El objetivo es estudiar diferentes fenómenos coronales (chorros, erupciones y los brillantamientos conocidos como puntos brillantes de Rayos X) usando el código tridimensional de Galsgaard y Nordlund (1996). En este proyecto estamos tomando como base para la evolución temporal patrones de velocidad fotosférica tomados directamente de observaciones fotosféricas de alta resolución espacial. Los fenómenos obtenidos mediante modelado numérico se están comparando con las observaciones relevantes de Rayos X y Extremo Ultravioleta procedentes de los satélites SDO e Hinode.

- Cavidades y serpentinas coronales (C. Guénou)

Las cavidades y las así llamadas serpentinas coronales son estructuras relacionadas estrechamente con las eyecciones de masa coronal (CME, por sus siglas en inglés), que son enormes emisiones de material y energía desde la corona hacia la heliosfera. La comprensión clara de estas estructuras asociadas a las CME va a ayudar de manera importante en la explicación tanto del equilibrio pre-eruptivo de estas últimas como de los mecanismos que dan lugar a sus erupciones. Las observaciones no distinguen puntos a lo largo de la línea de visión, de modo que es difícil determinar en detalle la estructura tridimensional de estos objetos. Una forma de deducirla es mediante el método llamado Tomografía Rotacional Solar (SRT). En este método, se estima la geometría 3D del plasma a partir de imágenes del EUV y de luz blanca tomadas desde diferentes puntos de vista. Se pueden entonces deducir las propiedades físicas a partir de reconstrucción usando diferentes longitudes de onda. Hemos aplicado esta técnica a una asociación excepcional de cavidad y serpentina de gran escala, que permaneció visible durante aproximadamente un año. Hemos encontrado que la temperatura de la cavidad es extremadamente estable a lo largo del tiempo y que es esencialmente la misma (o ligeramente superior) que la de la pseudoserpentina que la rodea. Se observaron dos regímenes de propiedades térmicas de la cavidad: durante los primeros cinco meses de observación encontramos un plasma altamente multi-térmico y un menor déficit de densidad, mientras que en el resto del tiempo observamos exactamente el comportamiento opuesto. En esta se-

gunda fase la pseudoserpentina se volvió estable y disminuyó lentamente de tamaño.

### ***Magnetoconvección, campo magnético de pequeña escala y transporte de radiación***

- Determinación de las abundancias químicas solares (J. Trujillo Bueno y N. Shchukina)

Se ha atacado este problema usando modelos 3D de la fotosfera solar en calma procedentes de una simulación de magnetoconvección de última generación con acción dínamo de pequeña escala en que el flujo magnético neto es cero. Uno de estos modelos 3D tiene magnetización despreciable, mientras que el otro viene caracterizado por una intensidad de campo promedio de 160 Gauss en la fotosfera baja. Se llevó a cabo síntesis espectral para un conjunto amplio de líneas de Fe I sobre la base de esos modelos 3D, teniendo en cuenta el efecto indirecto causado por los cambios de estructura de densidad y temperatura fotosféricas inducidos por el campo magnético así como el efecto directo asociado con el ensanchamiento Zeeman de los perfiles de intensidad. Se llegó a la conclusión de que si el magnetismo de la fotosfera solar en calma fuera producido sobre todo por el efecto dínamo de pequeña escala, su impacto en la determinación de la abundancia solar del hierro sería despreciable (N. Shchukina & J. Trujillo Bueno 2015, A&A, 579, A112).

- Magnetoconvección y campo magnético de pequeña escala (F. Moreno-Insertis con J. Martínez Sykora y Viggo Hansteen)

Se ha estudiado en detalle el origen de los misteriosos tubos de flujo magnético de pequeño tamaño que se observan emergiendo en el interior de las celdas granulares solares. Diferentes observaciones fotosféricas y cromosféricas a partir de 2007 (básicamente basadas en datos de alta resolución de la misión espacial *Hinode*) habían revelado la aparición de señales polarimétricas que sugerían la emergencia de tubos magnéticos con forma de arco en el interior de celdas granulares (como los publicados por Centeno 2007, Martínez-González & Bellot 2009). Las observaciones permitieron identificar las señales con claridad, pero su naturaleza detallada y su origen seguían siendo desconocidos y requerían un estudio teórico. En nuestro proyecto se ha explorado la interacción entre celdas de convección y campo magnético mediante modelado magnetohidrodinámico tridimensional detallado usando el código Bifrost. Para ello se ha desarrollado un experimento de magnetoconvección que incluye

capas desde la parte superior del interior solar hasta la corona. En el experimento se han podido identificar numerosos episodios de emergencia de tubos magnéticos a través del interior de gránulos. La síntesis espectral a posteriori ha revelado que esos tubos producen señales polarimétricas semejantes a las de los estudios observacionales. Además, y quizá de manera más importante, se ha podido determinar el origen de esos tubos en dos posible procesos, a saber, o bien su formación en niveles profundos (por debajo de 1.000 km de profundidad desde la superficie) o bien el reprocesado de campo magnético fotosférico que ha sido atrapado en los pasillos y vértices intergranulares y arrastrado hacia el interior solar. Finalmente, se ha podido identificar la formación de capas de flujo magnético que cubren gránulos enteros (Moreno-Insertis, Martínez-Sykora y Hansteen).

### ***Inferencia Bayesiana de parámetros físicos y comparación de modelos en el marco de la sismología de la atmósfera solar***

- Inferencia Bayesiana. (I. Arregui, A. Asensio y R. Soler)

Se ha diseñado un método de inferencia Bayesiana para la determinación del perfil transversal de la densidad en tubos de flujo con oscilaciones transversales amortiguadas en el tiempo. La inferencia se realiza para tres modelos alternativos para la estructura de densidad a través de las guías de onda. Se concluye que el perfil adoptado afecta significativamente a la inferencia obtenida. Una comparación Bayesiana de modelos no posibilita discriminar entre los mismos. Sin embargo, se pudo obtener una inferencia promediada, pesando cada inferencia individual con la evidencia para cada modelo. Es la primera aplicación a la sismología de la atmósfera solar en la que se utilizan los tres niveles del análisis Bayesiano: inferencia, comparación de modelos y promediado de modelos.

- Método Bayesiano de comparación de modelos (I. Arregui)

Se ha diseñado y aplicado un método Bayesiano de comparación de modelos para la estructura de la densidad del plasma a lo largo de estructuras finas de protuberancia, comparando predicciones teóricas de tres modelos teóricos alternativos con observaciones de razones de periodos en oscilaciones con presencia de múltiples armónicos. Los resultados indican que una distribución de densidad con la masa concentrada en la parte central de los tubos de flujo aporta la explicación

más plausible a la hora de entender las periodicidades encontradas.

### *Otros resultados referentes a ondas en la atmósfera solar*

- Dislocaciones en ondas que se propagan (I. Arregui, A. López Ariste, M. Luna, E. Khomenko)

Se ha realizado un estudio teórico de soluciones dislocadas de las ecuaciones de la magnetohidrodinámica y sus consecuencias para las observaciones de ondas en la atmósfera solar. Las dislocaciones, lugares geométricos del espacio en los que la fase no está definida, han sido predichas por la teoría e identificadas en observaciones en la superficie del Sol y en la corona. El estudio de dislocaciones en el Sol indica que el modelo matemático de la MHD es apropiado. El modelado y observación de dislocaciones en la atmósfera solar proporciona información acerca de las propiedades del medio en el que se propagan las ondas.

- Propagación de ondas en arcadas coronales con un punto nulo (E. Khomenko, I. Santamaría, M. Collados)

Usando el código Mancha se ha estudiado la propagación de ondas desde las capas subfotosféricas hasta la corona para una estructura de campo magnético con forma de arcada que incluye un punto nulo. Se ha concluido que la energía acústica alcanza la corona preferentemente en el interior de los tubos de flujo. La mayoría de la energía magnética se concentra por debajo de la región de transición solar debido a la refracción y transformación de las ondas magnéticas.

- Calentamiento coronal (I. Arregui)

En el contexto del problema del calentamiento de la atmósfera solar mediante la disipación de ondas de naturaleza magnetodinámica, se ha realizado una revisión invitada para la Royal Society de Londres, que ha sido publicada en sus *Philosophical Transactions*.

## EXPERIMENTO QUIJOTE CMB (P/401199/03)

J.A. Rubiño Martín.

R. Rebolo López, A.E. Peláez Santos, R. Génova Santos, C.M. Gutiérrez de la Cruz, R. Vignaga, F. Poidevin y D. Tramonte.

Colaboradores del IAC: M.F. Gómez Reñasco, R. Hoyaland, M. Aguiar González, V. Sánchez de la Rosa, T.A. Viera Curbelo, A. Vega Moreno y M.R. Pérez de Taoro.

Becarios de verano y estudiantes colaboradores: J. Cózar (Ingeniero Mecánico contratado en prácticas), E. Hernández Suarez, Y. Martín Hernando, A. Mato Martínez y M. Núñez Cagigal (Ingenieros colaboradores); C. Padilla Hernández (Becaria de verano).

### INTRODUCCIÓN

Se pretende desarrollar un experimento denominado QUIJOTE-CMB (QUIJOTE CMB experiment), con el objetivo de caracterizar la polarización del Fondo Cósmico de Microondas (FCM) y otros procesos de emisión galáctica y extra-galáctica en el rango 10-42 GHz y a grandes escalas angulares (1 grado de resolución). Las medidas de QUIJOTE complementarán a baja frecuencia y corregirán de contaminación galáctica las que obtenga el satélite *Planck*. Serán las más sensibles obtenidas para caracterizar la polarización de la emisión sincrotrón y anómala de nuestra galaxia.

El experimento consta de dos fases. En la primera fase, financiada completamente y actualmente en construcción, se ha instalado un primer telescopio (QT-1) y se construirán dos instrumentos intercambiables en su plano focal. El primer instrumento, denominado Instrumento Multi-Frecuencia (MFI), tiene cuatro frecuencias de detección (11, 13, 17 y 19 GHz), y tuvo su primera luz en noviembre de 2012. El segundo instrumento QUIJOTE, que constará de 31 receptores a 30GHz, ha sido diseñado para alcanzar la sensibilidad necesaria para detectar una componente de ondas gravitacionales primordial si ésta tuviera una razón tensorial a escalar de  $r=0,1$ . Dicha componente de ondas gravitacionales deja su impronta en el espectro de potencias de la polarización del CMB en forma de los denominados "modos-B". La detección de dichos modos-B abriría un camino extraordinario para esclarecer la física de la época inflacionaria.

La segunda fase de QUIJOTE contempla la construcción de un segundo telescopio (QT-2), ya instalado

en el Observatorio del Teide, y un tercer instrumento a 42 GHz, el FGI. Esta segunda fase está financiada en gran medida por el Proyecto Consolider 2010 “Exploring the Physics of Inflation (EPI)”

(<http://www.epi-consolider.es>)

Para alcanzar los objetivos científicos, los mapas finales del Experimento cubrirán un área de unos 5.000 a 10.000 grados cuadrados, y alcanzarán un nivel de sensibilidad de 3-4 microK por haz tras un año de operación en el Observatorio del Teide en las bajas frecuencias (11-19GHz), y 1 microK por haz tras dos años de observación tanto con el segundo instrumento (a 30GHz) como con el tercero (a 42 GHz).

Además del IAC, en el Proyecto QUIJOTE también participan el IFCA (Santander), el Departamento de Ingeniería de Comunicaciones (DICOM, Santander), las universidades de Manchester y Cambridge (Reino Unido). Una información actualizada del Proyecto puede encontrarse en la página web

<http://www.iac.es/project/cmb/quijote>.

## HITOS

### Febrero:

Se instala la fibra óptica en la junta rotatoria del segundo telescopio QUIJOTE, quedando definitivamente listo para el comisionado.

Se fabrican dos bocinas prototipo para el FGI.

### Marzo:

IX Reunión del Consorcio QUIJOTE y reunión de ingeniería (TGI & FGI First Pixel, Integration and Tests), en el IAC (La Laguna, Tenerife).

### Mayo:

Primera integración parcial y ciclado del instrumento de 30 GHz (TGI) con 16 de los 31 polarímetros en su interior.

### Junio:

Integración completa (28 polarímetros) del TGI. Temperaturas de operación verifican especificaciones. Transporte del TGI al OT.

Primer artículo de QUIJOTE aceptado para publicación.

Acto de inauguración del experimento QUIJOTE en el Observatorio del Teide.

### Septiembre:

Instrumento TGI de vuelta al IAC.

### Noviembre:

Parada del mantenimiento del MFI.

## EVOLUCIÓN DEL PROYECTO

A continuación, se detallan los resultados obtenidos durante 2015 en cada uno de los aspectos técnicos del Proyecto QUIJOTE. Nótese que los resultados relacionados con aspectos científicos de QUIJOTE se presentan en el informe del Proyecto P/308605.

El equipo del Proyecto agradece a todas las Áreas del IAC su disposición, a veces más allá de sus estrictas obligaciones, para el buen desarrollo del mismo, y especialmente al personal de Mantenimiento (MOT) y de Operaciones Telescópicas en el OT.

### Desarrollo global del Proyecto

El experimento QUIJOTE es una instalación múltiple del Observatorio del Teide que comprende, hasta la fecha, un edificio de doble cúpula corrediza que alberga dos telescopios y dos instrumentos. Un tercer instrumento se encuentra en fabricación. Durante el año 2015, el grueso del trabajo de ingeniería se ha concentrado en la integración y pruebas del segundo instrumento (TGI). Además, se han realizado otras actividades importantes de mejora de los equipos en operación.

### MFI (Instrumento Multi-Frecuencia)

El Instrumento Multi-Frecuencia, después de tres años de operación, ha obtenido más de 13.300 horas de observación. Durante el mes de diciembre de 2015, se realizó una parada para labores de mantenimiento: cambio de cabeza fría, cambio del mylar en las ventanas de las bocinas, revisión y limpieza de los armarios de electrónica, etc. El instrumento se trasladó a la Sala de AIV del IAC y se aprovechó la apertura del instrumento para instalar nuevos híbridos de 90° en las bocinas 2, 3 y 4 (véase Figura 1). El objetivo de estos componentes es duplicar de forma efectiva el número de canales dis-



Figura 1. Mantenimiento y mejoras del MFI en la sala AIV del IAC. Diciembre 2015.

ponibles para hacer medidas de polarización con alta sensibilidad. Esta solución ya ha sido probada, con éxito, en la bocina 1 del instrumento.

### *TGI (Segundo instrumento de QUIJOTE)*

Durante la primera mitad del año, se terminaron de fabricar, integrar y probar todos los elementos y subsistemas que componen el instrumento, criostato, cadenas polarimétricas, armarios de electrónica y el software de control y adquisición de datos, procediendo a continuación con el ensamblaje, integración y pruebas de verificación del sistema completo. La primera integración parcial y ciclado térmico del conjunto, se realizó con 16 píxeles (cadenas polarimétricas completas), obteniéndose una temperatura de 29 K en la etapa de los amplificadores criogénicos (LNAs), 9 K por encima del máximo especificado. En el siguiente mes, se ensamblaron el resto de píxeles, sacrificándose una de las 31 posiciones para mejorar los contactos térmicos del interior del criostato, entre la cabeza fría y la base de los amplificadores (LNAs). De esta manera se consiguió en junio una primera integración total del instrumento (28 píxeles de 30, por fallo en algunos LNAs) y se alcanzó en el ciclado una temperatura de 15 K en los LNAs, mejorando en 5K la especificación (véase la Figura 2).

Tras el éxito de esta integración, se trasladó el instrumento al Observatorio del Teide (Figura 3) con objeto de realizar en primer lugar la calibración de los polarímetros y posteriormente instalar el TGI en el foco del telescopio QT2. Durante el proceso de calibración en el Observatorio se produjeron algunos problemas, siendo el más grave de ellos la detección de daños en alguno de los LNAs. Finalmente se decidió bajar el instrumento de nuevo a la Sala de AIV en el IAC, para detectar la causa de los fallos en los amplificadores, puesto que los elementos dañados son una pieza crítica del sistema. Como resultado de la batería de pruebas realizadas, tanto en el IAC como en el DICOM (Canta-



Figura 2. TGI en fase de AIV. La imagen muestra en detalle el interior del TGI con 28 polarímetros montados y los enlaces térmicos adicionales.

bria), se concluyó que la naturaleza del fallo era eléctrica y se diseñaron e implementaron placas de protección de picos de potencia en las entradas de los LNAs, en los racks de los módulos frontales. También se desmontaron todos los píxeles para poder extraer los LNAs y enviarlos al DICOM, donde se integrarán diodos de protección extra en la entrada y salida de los chips



Figura 3. Vista frontal y trasera del TGI en el recinto QUIJOTE, en el Observatorio del Teide, junio 2015.

MMIC. Una vez realizado este trabajo, se pretende llevar a cabo un primer comisionado en el Observatorio con solo tres píxeles. Una vez comprobado que las protecciones funcionan, se procederá a instalar el resto de los píxeles.

### QT2 (Segundo Telescopio QUIJOTE)

El software de control para el segundo telescopio de QUIJOTE fue adaptado y probado durante los primeros meses del año. El telescopio está operativo, y en disposición de recibir el instrumento TGI.

### FGI (Tercer instrumento de QUIJOTE)

El instrumento FGI se compone de 30 polarímetros que serán integrados en el mismo criostato del TGI. Se fabricaron y probaron dos bocinas prototipo del FGI en la empresa cántabra UTILMEC (Figura 4), y una vez verificadas se inició el proceso de fabricación en serie de las distintas piezas. En el DICOM se fabrican los elementos del módulo posterior (BEM), mientras que en el IAC se fabrica la opto-mecánica de los polarímetros, a excepción de orto-modos y polarizadores que fueron fabricados en UTILMEC. Por otro lado se han adquirido a lo largo del año los elementos comerciales que completan las partes integrantes de los polarímetros, guías-



Figura 4. Bocinas prototipo del FGI.

onda, bridas, adaptadores coaxiales, piezas rigidizadas, cables, etc.

### Instrumento de un polarímetro para la Universidad Witwatersrand

Durante el año 2015 se mantuvieron conversaciones con el grupo de Cosmología de la Universidad Witwatersrand (Johannesburgo, Sudáfrica). Finalmente, a finales de 2015 se firmó un acuerdo de colaboración en base al cual la Universidad de Wits contrata al IAC la fabricación de un instrumento con un solo polarímetro, de características similares a uno de los píxeles del MFI, y que será entregado en Sudáfrica en diciembre de



Experimento QUIJOTE en el Observatorio del Teide. Créditos: Daniel López/IAC.



Figura 5. Parte del equipo de QUIJOTE, en la sala de control de los telescopios en el Observatorio del Teide, durante la inauguración de la instalación.

2016. El objetivo es usar este píxel en una antena de 7,6 m que está disponible en el Hartebeesthoek Radio Astronomy Observatory (<http://www.hartrao.ac.za>).

El Observatorio se encuentra a 1.440 m de altura sobre el nivel del mar, y a 25°53' de latitud Sur. Con dicho píxel, se pretende probar la transparencia de la atmósfera y la ausencia de contaminación por radio-

frecuencia en dicho Observatorio. Si los datos obtenidos tuvieran la calidad necesaria, se plantearía un acuerdo más amplio para replicar el Experimento QUIJOTE completo en aquellas latitudes, según el cual la Universidad de Wits entraría a formar parte de la colaboración QUIJOTE.

*Otras actuaciones en el recinto QUIJOTE*

Con objeto de la inauguración de las instalaciones del experimento QUIJOTE, y coincidiendo con el 30 aniversario de los Observatorios de Canarias, se acondicionó la sala de control del recinto QUIJOTE como sala de visitas, no solo para este evento concreto sino para la recepción de los diversos visitantes del Observatorio (Figura 5). Para separar los telescopios QT1 y QT2, y así poder realizar tareas de ingeniería y mantenimiento en uno de ellos sin necesidad de detener las observaciones en el otro, se instaló una valla separadora con puerta entre ambas áreas, dentro de la sala de telescopios. En el almacén anexo al edificio QUIJOTE se instaló una red de abastecimiento de aire seco para toda

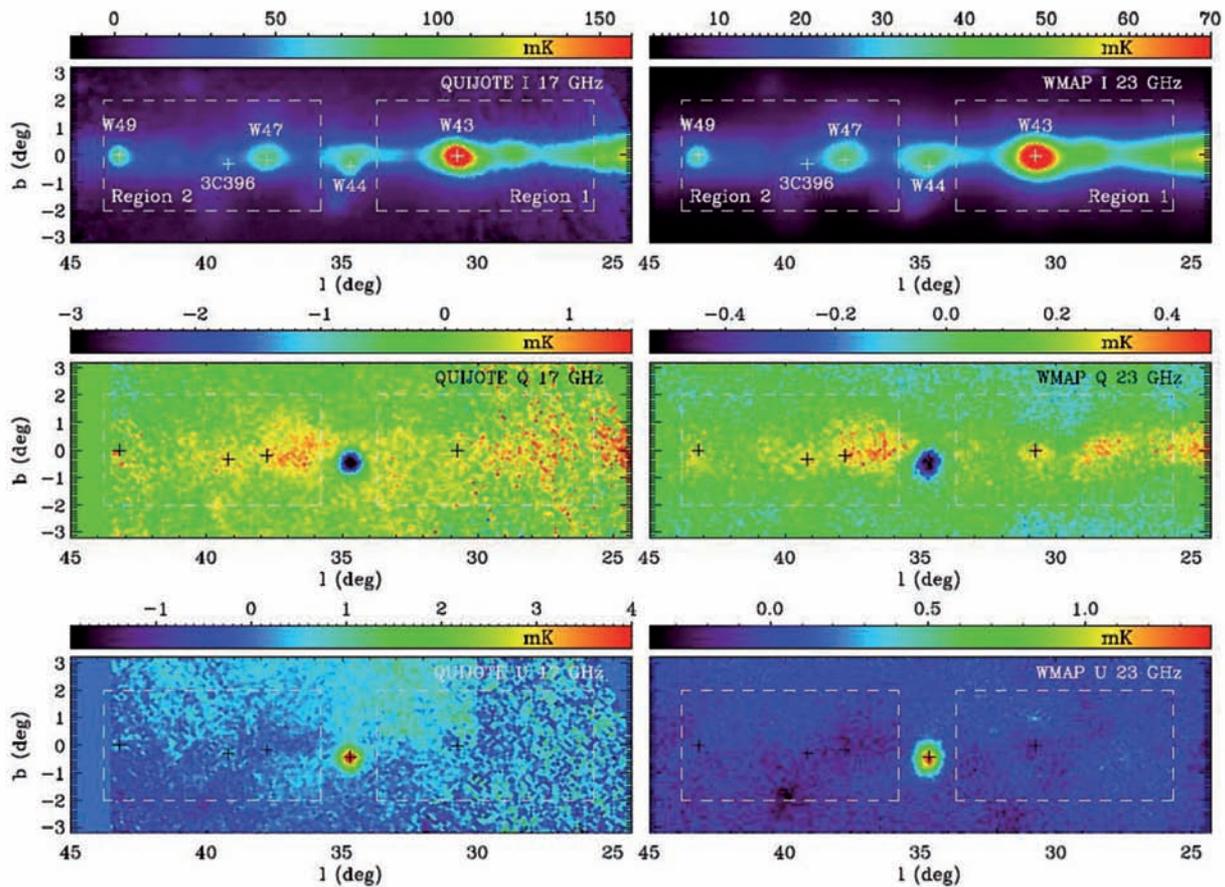


Figura 6. Mapas de QUIJOTE a 17GHz en la región centrada en  $l=35^\circ$  (columna izquierda), en comparación con los mapas de WMAP a 23 GHz (columna derecha). Por filas, se presentan los resultados de intensidad (arriba), Stokes Q (centro) y Stokes U (abajo).

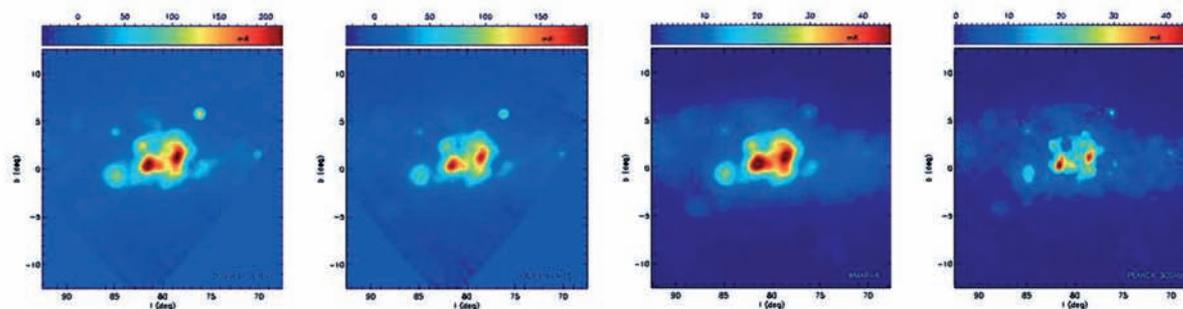


Figura 7. Región de Cygnus, situada en el plano galáctico ( $b=0^\circ$ ) y longitud galáctica  $l=80^\circ$ . De izquierda a derecha, se muestran los mapas de intensidad de QUIJOTE a 11GHz y 13 GHz, el mapa de WMAP a 23GHz, y el mapa de PLANCK a 30 GHz.

la instrumentación del Experimento. Dos compresores, una secadora y un depósito componen esta instalación que suministra tanto a los instrumentos como al freno neumático del QT2, y que fue cofinanciada con el programa de fondos FEDER para infraestructuras.

#### *Operación científica del MFI y resultados con QUIJOTE*

Durante 2015 se ha avanzado en los aspectos relacionados con la calibración y la caracterización del instrumento MFI. Estos avances han permitido empezar a preparar las primeras publicaciones con los resultados científicos. En este momento, tenemos 8 artículos en preparación, el primero ya ha sido aceptado (Genova-Santos et al. 2015) y el segundo ya ha sido enviado.

La primera publicación de QUIJOTE fue descrita en el informe del año pasado y el artículo correspondiente fue aceptado en junio de 2015. La segunda publicación de QUIJOTE está relacionada con el estudio de la emisión polarizada en tres regiones Galácticas: W43, W44 y W47, y muestra la capacidad de QUIJOTE para medir emisión polarizada difusa. Los mapas de QUIJOTE en esta región (véase Figura 6) cubren 250 grados cuadrados, y corresponden a 110 h de observación en la región, con una sensibilidad de  $40 \mu\text{K/haz}$  en polarización. La polarización del remanente de supernova W44 se detecta claramente en los mapas, así como una contribución de polarización difusa del plano galáctico.

Otro de los trabajos que está en preparación lleva a cabo un estudio de la región galáctica conocida como "Cygnus". La Figura 7 muestra una comparación de los mapas de QUIJOTE con los obtenidos por WMAP y PLANCK en la región. En el caso de QUIJOTE, se han usado unas 100 h de observación.

## COSMOLOGÍA CON TRAZADORES DE LA ESTRUCTURA A GRAN ESCALA DEL UNIVERSO (P/301203)

J.A. Rubiño Martín.

R. Rebolo López, J.E. Betancort Rijo, M. López Corredoira, R. Génova Santos, S. Iglesias Grot, R. Barrena Delgado, H. Lietzen, A. Streblyanska, A.E. Peláez Santos, M. Pellejero Ibáñez, A. Ferragano y D. Tramonte.

Colaboradores del IAC: V. Sánchez de la Rosa, J.J. Díaz García y O.M. Túbio Araújo.

F. Atrio-Barandela (Univ. de Salamanca); S. Patiri (CONICET); A.J. Cuesta Vázquez (Univ. de Yale, EEUU); A.D. Montero Dorta (IAA); F. Prada (IFT/IAA); M.A. Sánchez Conde (Univ. de Stanford, EEUU); S. Gottlaber (Astrophysical Inst. Potsdam, Alemania); A. Klypin (Univ. de Nuevo México, EEUU); Sylos-Labini (Fermi Center, Roma, Italia); C. Hernández-Monteagudo (CEFCA); A. Pérez Garrido, A. Díaz Sánchez, I. Villo, R. Toledo (UPCT, Cartagena), Fulvio Melia (Univ. de Arizona, EEUU), F.D. Albareti, F. Sembolini (Univ. Autónoma Madrid), Liang Yu (Univ. Tsinghua, China), F. Kitaura, J. Muecket (Leibniz Inst. for Astrophysics, Alemania); E. Saar, M. Einasto (Tartu Obs., Estonia); G. Luzzi (Univ. La Sapienza, Roma, Italia), Planck Collaboration y el Consorcio EUCLID.

## INTRODUCCIÓN

El Fondo Cósmico de Microondas contiene la información estadística de las semillas que van a dar lugar a la formación de estructuras en nuestro Universo. La contrapartida natural en el Universo Local del CMB es la distribución de las galaxias que surgen como resultado del crecimiento gravitatorio de aquellas peque-

ñas fluctuaciones de densidad primigenias. La caracterización de la distribución de inhomogeneidades a gran escala en el Universo actual proporciona pues una herramienta poderosa, y complementaria al CMB, para determinar el origen y contenido material de nuestro universo, su ritmo de expansión a lo largo de la historia y el proceso detallado de ensamblaje de las grandes estructuras. Su estudio permitirá, en los próximos años, responder a tres de las grandes cuestiones abiertas en la Cosmología actual:

- ¿Qué es la materia oscura, y cuál es su contribución precisa al contenido energético del Universo?
- ¿Qué es la energía oscura y cuáles son sus efectos dinámicos a lo largo de la historia del Universo?
- ¿Existe evidencia de variación de las constantes fundamentales de la Física a lo largo de la historia del Universo?

Para poder contribuir a dar respuesta a estas preguntas, en este Proyecto se usarán distintos trazadores de la estructura a gran escala del Universo:

- La distribución y agrupamiento a gran escala de las galaxias, y su evolución con el tiempo. El espectro de potencias ( $P(k)$ ) y la función de correlación a dos puntos ( $\xi(r)$ ) de la materia contienen ciertos rasgos geométricos asociados a escalas características en el Universo, como el horizonte en la época de la igualdad, o el horizonte acústico en la superficie de último “scattering”. En particular, este último determina la escala BAO, asociada a oscilaciones acústicas de los bariones.
- La distribución de los grandes vacíos en el Universo. Tanto la estadística de grandes vacíos, como la expansión de los mismos, proporciona una herramienta complementaria para determinar la densidad de materia ( $\Omega_m$ ) y la ecuación de estado de la energía oscura.
- La distribución y abundancia de cúmulos de galaxias en el Universo, así como su evolución con el tiempo. La función de masas de cúmulos de galaxias depende tanto de la densidad de materia ( $\Omega_m$ ) como de la amplitud ( $\sigma_8$ ) del espectro de potencias. La evolución temporal de la función de masas  $n(M,z)$  está gobernada por el crecimiento de estructuras en el Universo, con lo que es sensible a la ecuación de estado de la energía oscura.
- El ISW (efecto Sachs-Wolfe integrado). La expansión acelerada del Universo, debida a la energía

oscura, hace decaer los pozos de potencial gravitatorio a gran escala en el Universo cercano ( $z < 1$ ). Este efecto se caracteriza por la existencia de una correlación no nula entre la densidad numérica de galaxias y la temperatura del CMB a grandes escalas angulares (por encima de varios grados).

- Observables (ej. rasgos espectrales) que permitan trazar la variabilidad de las constantes fundamentales de la naturaleza.

En este Proyecto se usarán, entre otros resultados, el catálogo de cúmulos de galaxias que obtenga el satélite *Planck* y los resultados obtenidos con el cartografiado BOSS (SDSS-III) y eBOSS (SDSS-IV). Además, se participará en el Proyecto DESI, y se iniciará la preparación científica para explotación de los datos del futuro satélite EUCLID (ESA).

Como complemento a estos estudios observacionales, desde el punto de vista teórico se trabajará con las propiedades de la estructura a gran escala del Universo y en diferentes entornos para poder entender cómo influye la materia oscura y la energía en la formación y evolución de las diferentes estructuras. El desarrollo de modelos analíticos y su comparación con las simulaciones y grandes surveys permitirán entender algunos aspectos de los procesos físicos que determinan el agrupamiento de la materia bariónica.

Finalmente, este Proyecto contempla aspectos de desarrollo instrumental, asociados a la participación del IAC en los desarrollos para el satélite EUCLID y para el Proyecto DESI. EUCLID es una misión de la ESA, que ha sido aprobada dentro del programa Cosmic Vision 2020-2025 y que planea realizar un survey con tecnología probada que con gran precisión determinará, entre otras cosas, la geometría del Universo y las propiedades dinámicas de la energía oscura. La misión se lanzará en 2019 y constará de dos instrumentos, uno en modo imagen en el visible (VIS) y otro instrumento infrarrojo (NISP), con un canal de imagen y otro espectroscópico. El IAC tiene el compromiso de contribuir al desarrollo del ICU (*Instrument Control Unit*) del NISP. En este Proyecto participa también la Universidad Politécnica de Cartagena (UPCT). DESI (*Dark Energy Spectroscopic Instrument*) es un Proyecto dedicado al estudio del efecto de la energía oscura en la expansión del Universo. Obtendrá espectros en el óptico para 10 millones de galaxias y cuásares. El IAC participa en el Proyecto con la construcción de la placa focal del instrumento.

Una información más actualizada del proyecto puede encontrarse en la página web <http://www.iac.es/proyecto/lss/pages/es/home.php>.

## HITOS

Publicación de los resultados de *Planck* asociados a la misión completa. Entre otros, estos resultados incluyen el PSZ2 (segundo catálogo de cúmulos Sunyaev-Zeldovich) y las implicaciones cosmológicas derivadas del mismo.

Finalización del programa ITP13-08 y publicación de los primeros resultados científicos. Inicio del programa 128-MULTIPLE-16/15B.

Elaboración de los artículos de cosmología asociados al DR11 y DR12 de BOSS.

IPDR de la ICU de EUCLID finalizada. Inicio de actividades en preparación de la CDR.

## EVOLUCIÓN DEL PROYECTO

A continuación, se detallan los resultados más relevantes del Proyecto durante este año, agrupados por experimentos.

### PLANCK

Se ha publicado el PSZ2, el segundo catálogo de cúmulos de galaxias detectados por *Planck* usando el efecto Sunyaev-Zeldovich. PSZ2 contiene 1.653 entradas, de las cuales 1.203 son cúmulos ya confirmados.

Usando una sub-muestra de 439 objetos del PSZ2, se han obtenido las implicaciones cosmológicas a partir de la abundancia de cúmulos de galaxias. Para ello, se han usado tres calibraciones de masa independientes. Los resultados obtenidos muestran diversos grados de tensión con los resultados de CMB primordiales para  $\Omega_M$  y  $\sigma_8$ , en función de la calibración que se usa en cada caso. Cuando se combinan los resultados de CMB y de cúmulos, hay una ligera preferencia por valores no nulos para la masa de los neutrinos.

Se ha obtenido el mapa del parámetro de Comptonización del todo el cielo a partir de los datos de *Planck*. Como parte de la tesis doctoral de D. Tramonte, se ha estudiado y caracterizado la función de probabilidad 1-PDF del efecto Sunyaev-Zeldovich térmico en dicho mapa. Se ha implementado el cálculo numérico de dicha función para un modelo cosmológico dado, y se ha realizado una comparación detallada con los datos de PLANCK, para obtener un valor de  $\sigma_8 = 0.77 \pm 0.02$ . Dicho valor ha sido publicado en los artículos de la colaboración *Planck*.

Se han continuado las tareas de seguimiento y caracterización en el óptico de nuevos cúmulos de galaxias detectados por el satélite *Planck*. En 2013 fue apro-

bado un programa ITP (ITP13-8 - “The *Planck* SZ galaxy clusters: building a reference sample for Cosmology”, IP. J.A. Rubiño), en el que se concedieron más de 80 noches de observación durante dos años, repartidas en los telescopios INT, WHT, TNG y GTC. Dicho programa finalizó en el mes de agosto y los primeros resultados ya se han publicado durante el año. Además, se ha iniciado un nuevo programa largo, 128-MULTIPLE-16/15B (“Optical validation of the *Planck* PSZ2 catalogue: the northern sky sources”), también de 2 años de duración en los telescopios INT, TNG y GTC, para caracterizar el PSZ2. Este trabajo forma parte de la tesis doctoral de A. Ferragamo.

Se ha publicado el estudio detallado de una muestra de 99 cúmulos de galaxias observados por *Planck* y por el interferómetro AMI (Cambridge, Reino Unido). Las detecciones de AMI permiten validar las detecciones de dichos cúmulos, imponer mejores restricciones a la posición de los mismos y verificar las estimaciones de *Planck* de flujo y tamaños angulares de dichos objetos.

Estudio de la evolución de la temperatura del CMB con el *redshift*. Se trata de comprobar si la dependencia  $T_{\text{cmb}}(z)$  está de acuerdo con la predicción del modelo  $\Lambda$ CDM. Estrictamente, se trata de un estudio de carácter cosmológico. Sin embargo, la técnica para llevarlo a cabo está relacionada con la estructura a gran escala en el Universo, pues se utiliza estimaciones de  $T_{\text{cmb}}$  en posiciones de cúmulos de galaxias, haciendo uso del efecto Sunyaev-Zeldovich. Utilizando esta técnica, Génova-Santos ha contribuido a dos artículos en los que se mide la temperatura del CMB en la posición de hasta 480 cúmulos de galaxias hasta *redshift*  $z=1$ . También ha sido aceptado un artículo (<http://arxiv.org/abs/1511.04335>) en el que se combina esta técnica con medidas de la relación entre la distancia angular y la distancia de luminosidad, para imponer restricciones aún mejores.

Caracterización de la distribución de bariones en el universo local. El objetivo es tratar de determinar dónde se localiza la mitad de los bariones que aún no han sido identificados observacionalmente en el Universo Local. Una técnica para tratar de encontrar estos bariones, en estructuras filamentosas difusas en el medio intercumular, es mediante el efecto Sunyaev-Zeldovich. Génova-Santos ha liderado un artículo en el que se establecen límites a la señal del efecto Sunyaev-Zeldovich térmico, y ha contribuido a otro artículo, publicado en *Physical Review Letters*, en el que se encuentra una señal alrededor de galaxias de BOSS que sería consistente con la detección de todos los bariones en el Universo hasta  $z=0,12$ .

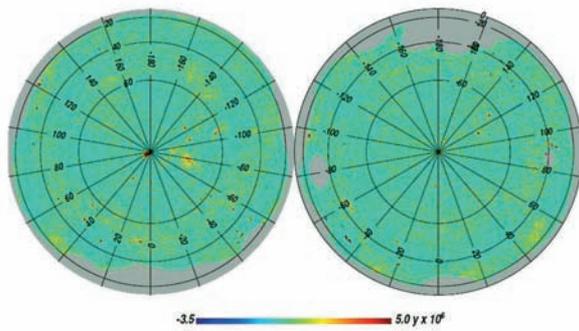


Figura 1. Mapa reconstruido de la señal SZ en todo el cielo, a partir de los datos de Planck. Para más detalles, véase Planck Collaboration XXII (2015).

### BOSS (SDSS-III) Y eBOSS (SDSS-IV)

En el sub-grupo de “galaxy clustering” de BOSS, se ha usado la función de correlación a dos puntos y el espectro de potencias que se obtiene con los datos de BOSS DR12 para obtener restricciones sobre los parámetros cosmológicos. Los resultados han sido publicados en Auburg et al. (2015). Hay dos nuevos artículos de la colaboración BOSS, en preparación, y que forman parte de la tesis doctoral de M. Pellejero, que se publicarán en 2016.

Por las contribuciones científicas anteriores y de años previos, el grupo también es co-autor del artículo principal de DR11 y 12 (Alam et al. 2015).

A. Streblyanska ha trabajado en el grupo de trabajo de QSO de SDSS-III, ayudando en la selección de targets, comprobando las propiedades en rayos X de las fuentes seleccionadas y preparando los catálogos finales de la colaboración (DR10, DR12).

H. Lietzen finalizó la búsqueda de supercúmulos de galaxias en los nuevos datos de BOSS. El principal resultado en la detección de un nuevo sistema, denominado “BOSS Great Wall”, que consiste en dos grandes paredes de diámetros 186 y 176 Mpc/h. Como un todo, el sistema consiste en 830 galaxias con un *redshift* promedio de  $z=0,47$ . La masa estimada del sistema es de  $2 \times 10^{17}$  Msolar/h. Los resultados han sido enviados a publicación en *Astronomy & Astrophysics*.

### EUCLID

Dentro del Consorcio EUCLID, el IAC y la UPCT tienen la responsabilidad de proporcionar la Unidad de Control Electrónico (ICU) del instrumento infrarrojo (NISP), incluyendo los modelos de vuelo y los correspondientes modelos de ingeniería. Durante 2015 se ha

continuado trabajando para en el cierre de las actividades relacionadas con el iPDR (PDR del instrumento en su conjunto) para la conclusión del hito asociado a la revisión. Los trabajos llevados a cabo a lo largo del año, a parte de los ya mencionados enfocados al cierre del hito de IPDR, han ido dirigidos a la preparación de la revisión de diseño crítico de la unidad y del instrumento en su conjunto (CDR Critical Design Review). Esta revisión, prevista inicialmente para junio de 2015, ha sido retrasada un año. Las actuales previsiones apuntan a que la revisión de los subsistemas, incluida la ICU, finalizará a lo largo del primer trimestre de 2016 y que luego tendrá lugar la revisión crítica de todo el instrumento NISP en su conjunto en junio de 2016. El hito más relevante del proyecto durante 2015 ha sido la preparación de la información necesaria a nivel CDR para cuya superación se ha trabajado en:

- Afianzamiento de los requerimientos aplicables a la ICU.
- Congelación de las interfaces entre la ICU y el instrumento.
- Colaboración con la industria aeroespacial para la elaboración de una propuesta técnica a nivel adecuado para la CDR. Interactuando con CRISA para asegurar la compatibilidad del diseño en desarrollo frente a la posible evolución de requerimientos impuestos por el grupo NISP. Y en el análisis de la propuesta técnica de CRISA dando soporte con simulaciones y estudios técnicos para fundamentar la propuesta técnica.
- Colaboración con los responsables del consorcio EUCLID para la definición de la electrónica de soporte en tierra EGSE. Tanto los simuladores como los equipos de test.

Del 15 al 18 de septiembre se celebró en el IAC el “NISP System Week”. Durante estas reuniones de trabajo se hizo una puesta al día del estado de desarrollo de la ingeniería del instrumento y se revisaron las interfaces de los trabajos realizados por diferentes grupos/disciplinas. Igualmente se ha reajustado la planificación, cuyo aspecto más relevante es el retraso del CDR, y se aplican medidas correctoras de acuerdo con el estado del trabajo.

### Otras actividades

Se ha trabajado en el test de tipo Alcock-Paczynski para la aplicación al pico BAO en la distribución a gran escala y en el ajuste de modelos no-estándar tipo “ $R_h=ct$ ” (en colaboración con F. Meliá).

Colaboración con F.D. Albareti et al. para el estudio de la evolución de la constante de estructura fina haciendo uso de espectros de cuásares del cartografiado SDSS-III/BOSS-DR12, de lo cual se ha publicado un artículo.

Se han invitado al IAC a F. Meliá (Univ. de Arizona, EEUU, trabajo sobre tests cosmológicos) y A. Heiblum (Univ. de Cambridge, Reino Unido, trabajo sobre historia y filosofía de la cosmología, y cosmologías alternativas).

Se ha invitado a estudiante de doctorado L. Yu (Univ. de TsingHua, China), para trabajar en el proyecto de determinación de estadísticas de vacíos, y su futura aplicación a datos de cartografiados como SDSS-III. Este trabajo se ha llevado a cabo en colaboración con J. Betancort.

Como parte del trabajo de tesis de D. Tramonte, se ha trabajado en mejorar la descripción de la función condicional de masas en entornos bajo-densos y sobre-densos. El formalismo se ha comparado con simulaciones numéricas realizadas en el IAC, proporcionando una descripción muy precisa de los resultados. El artículo se enviará para su publicación en 2016.

## ASTROFÍSICA NUMÉRICA: FORMACIÓN Y EVOLUCIÓN DE GALAXIAS (P/301502)

C. Dalla Vecchia.

I. Martínez Valpuesta, M. Stringer y P. Alonso Palicio.

A. Sánchez, O. Gerhard (MPE, Garching, Alemania) S. Khochfar (Royal Obs., Edinburgo, Reino Unido); I. McCarthy, R. Crain (John Moores Univ., Liverpool, Reino Unido); S. Kay (Univ. de Manchester, Reino Unido); J. Schaye (Obs. de Leiden, Países Bajos); K. Saha (IUCAA, Pune, India).

### INTRODUCCIÓN

Entre las cuestiones fundamentales en Astronomía y Astrofísica están la formación y evolución de galaxias. Las escalas de tiempo y tamaño son tan astronómicas que su observación en galaxias individuales es imposible. Solo con el uso de simulaciones numéricas es posible entender la formación de estructuras cósmicas dentro del actual marco cosmológico.

Los principales procesos físicos que rigen la formación y evolución de galaxias son gravedad, hidrodinámica,

gas cooling, formación estelar, evolución estelar, y SN y BH feedback, todos ellos no lineales y por ello difícil de describir con modelos puramente analíticos. Otros modelos, los semi-analíticos, se basan en simulaciones de materia oscura únicamente y por tanto están, como éstas, sesgados. Por todo esto, las simulaciones cosmológicas hidrodinámicas son la mejor herramienta para realizar los “experimentos controlados” de formación y evolución de galaxias.

Tras tres décadas de mejoras en las simulaciones numéricas, solo ahora los trabajos teóricos han podido reproducir simultáneamente las propiedades observadas de las galaxias y del medio interestelar (ej. EAGLE, Schaye et al. 2015, *MNRAS*, 446, 521; *ILLUSTRIS*, Vogelsberger et al., 2014, *Nature*, 509, 177). En particular, las funciones de luminosidad y de masa de las galaxias, las relaciones entre tamaño y masa, entre metalicidad y masa y muchas otras propiedades están reproducidas en un amplio rango de masas de galaxias.

A día de hoy, el estudio de galaxias en grupos y cúmulos no está muy extendido, sin embargo estas estructuras son excelentes laboratorios para estudiar mergers, interacciones, “tidal stripping” y “ram-pressure stripping.” Estos procesos físicos son claves para dar forma a las galaxias que observamos, pero todavía no se sabe cómo se combinan para dar lugar a la actual población de galaxias en grupos y cúmulos. Además muy poco esfuerzo se ha puesto en estudiar la evolución secular con simulaciones auto-consistentes de formación de galaxias, y mucho más tiene que hacerse para unir la evolución secular con la evolución general de galaxias. Nuevos resultados en estos campos serán útiles para muestreos de galaxias presentes y futuros tales como MANGA, WEAVE, GAIA y EUCLID.

### HITOS

Se requieren modelos numéricos fiables para entender la física de la evolución de las galaxias. Sin embargo, las simulaciones son limitadas por la resolución. La mayor parte de la física simulada se modela con recetas de “sub-cuadrícula”. Los procesos físicos son altamente no lineales, y es prácticamente imposible lograr la convergencia mediante la variación de la resolución. La colaboración EAGLE, de la cual el investigador de este Proyecto es miembro, ha contribuido a un importante paso adelante en la astrofísica numérica: se mostró que la calibración del modelo numérico es necesaria para que coincida con las relaciones observadas. En el caso de la evolución de la población de gala-

xias, tanto la función de masa estelar como la relación entre masa y tamaño de las galaxias tienen que ser ajustadas con el fin de proporcionar un ajuste fiable a muchos otros observables.

Las propiedades de las galaxias con masa estelar por debajo del *knee* de la función de masa estelar se rigen en gran medida por la retroalimentación asociada con la formación de estrellas, mientras que las de galaxias más masivas están también controladas por la retroalimentación de acreción en sus agujeros negros centrales. Ambos procesos deben ser eficientes con el fin de reproducir la población de galaxias observadas. En general, las simulaciones que han sido calibradas para reproducir la función de masa estelar a bajo *redshift* aún no forman galaxias realistas, pero el requisito adicional de que el tamaño de las galaxias sea aceptable conduce a un acuerdo con una gran gama de observables.

Para proporcionar un contexto cosmológico cuantitativo al trabajo observacional en curso sobre las historias de formación y localización de galaxias masivas, una muestra de sistemas excepcionalmente compactos en la simulación BOLSHOI fueron localizados y estudiados, utilizando parámetros estructurales de la materia oscura de una verdadera galaxia masiva (NGC1277) como base de nuestros criterios de trabajo. Más del 80 por ciento de los objetos en esta categoría son subestructuras de grupos más masivos o cúmulos de galaxias, y la probabilidad de una subestructura masiva dada siendo esta compacta aumenta significativamente con la masa de la estructura de acogida; llegando a ~30 por ciento para los grupos más masivos en la simulación. Estudiando el seguimiento de los principales precursores de esta submuestra retrocediendo hasta  $z = 2$ , todos ellos eran estructuras distintas con radios de escala y densidad representativa de la población en su conjunto en esta época. Lo que caracteriza sus historias, además de convertirse en su mayoría en subestructuras, es que casi todos han experimentado por debajo del promedio de acreción de masa desde  $z = 2$ ; un tercio de ellos apenas retiene, o incluso pierde masa durante 10 Gyr.

## EVOLUCIÓN DEL PROYECTO

### *Simulaciones cosmológicas de alta resolución de la evolución de grupos y cúmulos de galaxias*

Este Proyecto pretende entender la evolución de la función de luminosidad en grupos y cúmulos de galaxias. Se centra en la evolución de galaxias enanas, en el rango de masas donde las diferencias entre cúmulos son mayores. Para llevarlo a cabo, fue diseñado un con-

junto único de simulaciones cosmológicas tanto de grupos como de cúmulos individuales. Las simulaciones usan el modelo de evolución de galaxias de EAGLE. Por desgracia, *TeideHPC* no era adecuado para correr las simulaciones, ya que el acuerdo dentro del IAC y el ITER contempla un número limitado de horas de computación. Las simulaciones están siendo ejecutadas en el superordenador *MareNostrum* desde el segundo semestre de 2015. Para estas simulaciones han sido asignadas 4.000.000 horas de cálculo a través del programa nacional para proyectos numéricos.

### *Estudio de la evolución de la función de luminosidad de las galaxias en cúmulos y la formación y evolución de galaxias enanas en grupos y cúmulos*

Dentro de un proyecto principal en colaboración con el Imperial College de Londres, se está desarrollando un estudio piloto de la función de masa y luminosidad de las galaxias en cúmulos. El Proyecto hace uso de la base de datos pública de EAGLE. Las herramientas para el análisis se han desarrollado y la investigación científica está progresando. Estas herramientas se emplearán en el estudio de los cúmulos de galaxias mencionados anteriormente. Este Proyecto se lleva a cabo en colaboración con J.A. López Aguerri y la participación de M. Hunter-Gordon del ICL, y se finalizará con la redacción de una tesis que ya se está desarrollando.

### *Estudio de la evolución secular de galaxias usando simulaciones cosmológicas de la colaboración EAGLE*

La mayor parte del trabajo se ha concentrado en la inclusión de la física de bariones en modelos de evolución secular de las galaxias aisladas. Esto ha permitido comprender el efecto de la formación de estrellas y la evolución estelar (supernovas, enriquecimiento químico, etc.) en el desarrollo de barras galácticas, el flujo de gas a través de la barra, el establecimiento de gradientes de metalicidad en el bulbo y en el disco de la Vía Láctea. Se ha producido material suficiente para escribir un artículo. Este trabajo era necesario antes de iniciar el uso de las simulaciones de la colaboración EAGLE, ya que proporciona la comprensión física de los efectos complejos de la física de bariones sobre la evolución de la estructura interna de las galaxias.

### *Estudio de la evolución de las galaxias compactas utilizando simulaciones cosmológicas de la colaboración EAGLE*

Se han desarrollado dos proyectos. El primero utiliza la simulación cosmológica de materia oscura BOLSHOI para caracterizar la evolución del halo y del en-

torno de la galaxia NGC1277. El proyecto fue en colaboración con I. Trujillo (Stringer et al. 2015). El segundo proyecto fue en la interpretación teórica para un artículo observacional sobre la evolución de galaxias rojas compactas de alto *redshift* (de la Rosa et al.). El uso de la simulación EAGLE se ha pospuesto debido a un proyecto similar desarrollado por un estudiante en la colaboración.

### *Simulaciones de la estructura a gran escala del Universo para la estimación de los errores en la medida de los datos de BOSS y EUCLID*

Este Proyecto se finalizó con la publicación del artículo Grieb et al. (2016). Las simulaciones empleadas ahora se utilizan dentro de la Colaboración EUCLID para la comparación de diferentes estimadores de la matriz de covarianza.

## EL UNIVERSO LOCAL

---

### ESTUDIOS CINEMÁTICOS, ESTRUCTURALES Y DE COMPOSICIÓN, DE LOS MEDIOS INTERESTELARES E INTERGALÁCTICOS (P/308603)

J.E. Beckman.

A. Camps Fariña, A. Serrano Borlaff, J. Font Serra y F. Tabatabaei.

Colaboradores del IAC: E. Casuso Romate, J. H. Knapen, S. Erroz Ferrer, B. García Lorenzo, M. López Corredoira e I. Martínez Valpuesta.

L. Gutiérrez Albores, M. Rosado, A. Rodríguez, P. Velázquez (UNAM, México); P. Erwin, D. Willman (MPIE, Alemania); M. Querejeta, G. van de Ven (MPIA, Heidelberg, Alemania); P. Amram (Obs. de Marsella, Francia); S. Comerón, S. Díaz (Univ. de Oulu, Finlandia).

### INTRODUCCIÓN

El objetivo básico del Proyecto es investigar la evolución de las galaxias mediante el entendimiento de la interacción del medio interestelar y las estrellas. La técnica principal que utiliza el grupo es la cinemática bidimensional de galaxias enteras observada por nuestro instrumento GHaFaS, un interferómetro Fabry Perot en el telescopio WHT del ORM. Combinamos los datos de GHaFaS con imágenes fotométricas propias, con ACAM en el mismo telescopio, con una variedad de fuentes de imágenes en el infrarrojo y el ultravioleta, y con mapas de líneas de emisión en los rangos de radio y milimétrico para explorar los efectos, y los parámetros fí-

sicos que determinen el ritmo de formación y la función de masas de las estrellas según la localización de su formación en las galaxias.

En la fase actual del Proyecto, los aspectos dinámicos que se están explorando son básicamente dos: la estructura resonante de los discos y las barras y los efectos de las zonas de formación de estrellas masivas en su entorno mediante los vientos estelares y las supernovas. Además, en preparación para la exploración de la formación de las galaxias en épocas anteriores, se está estudiando cómo las interacciones entre galaxias estimulan y condicionan la formación estelar en ellas antes de su fusión. En el futuro, los trabajos se extenderán, lógicamente, en dos direcciones: “hacia fuera” a galaxias con  $z$  creciente y “hacia dentro” al aplicar nuestra metodología al estudio de los procesos interestelares en las zonas de formación de estrellas masivas en la galaxia M33 del Grupo Local, en el contexto del Proyecto de galaxias del contrato Severo Ochoa.

### HITOS

La determinación, usando una combinación de observaciones en el óptico y en el radio milimétrico, de dos regímenes de nubes moleculares, que dan lugar a dos regímenes de regiones HII. Las más masivas están ligadas por su propia gravedad; en galaxias en interacción crecen por acreción de gas, y producen grandes cantidades de estrellas masivas. Por debajo de una masa crítica las nubes, y las regiones HII se vinculan por la presión exterior. Las condiciones de formación estelar son diferentes en los dos regímenes dando lugar a un mecanismo de variar la función inicial de masas de las estrellas formadas. Las observaciones son de GHa-

FaS en el telescopio WHT en Halfa y de ALMA en CO. (Zaragoza-Cardiel et al. *MNRAS*, 451, 130, 2015).

El descubrimiento de una triple superburbuja alrededor de un cúmulo de estrellas OB en la galaxia M33. Son tres burbujas concéntricas en expansión, con velocidades de decenas de km/s y radios del orden de 10-20 pc. La más grande es la más lenta. Diagnóstico usando razones de líneas en emisión nos dice que se trata de tres supernovas sucesivas, separadas por intervalos de solamente 10.000 años. Los parámetros del sistema nos ofrecen pistas de gran valor sobre la naturaleza inhomogénea del medio interestelar, y sobre los parámetros de retroalimentación en los discos de las galaxias.

Hemos producido un escenario teórico que explica la distribución del momento angular entre las poblaciones de galaxias en la cual el efecto Coriolis entre los “vacíos” de gran escala es un factor importante. El modelo reproduce mejor que anteriormente las distribuciones de galaxias espirales y elípticas en función de su posición con respecto a las paredes de los vacíos. (Casuso, E., Beckman, J.E. *MNRAS*, 449,291, 2015).

## EVOLUCIÓN DEL PROYECTO

La investigación dentro del Proyecto en 2015 avanzó en cuatro líneas concretas: el uso de la cinemática interna del gas ionizado en galaxias para diagnosticar la física alrededor de las etapas iniciales y finales de las estrellas masivas, estudios de las propiedades del polvo interestelar en las zonas de formación de estrellas masivas, estudios de la estructura y la cinemática de los discos y los bulbos de las galaxias para dilucidar su evolución, y estudios de los campos magnéticos en las galaxias como factores contribuyentes de su estructura y evolución.

La cinemática interna del gas ionizado se ha usado para dos tipos de trabajos significativos. El primero fue la compleción de una línea potente donde se ha comprobado una dicotomía clara entre las nubes moleculares con masas más grandes que una masa crítica de 106,5 masas solares y las menos masivas. Usando el criterio de virialidad hemos mostrado que las mayores están en equilibrio virial, y por tanto ligadas por su propia gravedad, en contraste a las nubes con masas menores. Quizás más sorprendente, cuando un cúmulo de estrellas masivas nace dentro de las nubes más grandes que la masa crítica convirtiendo su entorno en una Región HII, la nube no se rompe, sino que se mantiene unida, aunque una parte importante del gas se ioniza o se disocia en gas atómico. Las nubes menos masivas tampoco se rompen, pero se mantienen por la presión

de la columna del gas externa del disco de su galaxia. Comparando la fenomenología en galaxias aisladas y en galaxias en interacción encontramos que la dicotomía ocurre en ambas configuraciones, pero con mayor incidencia en las interactivas, como era predecible. Este juego de resultados se ofrece a los especialistas en la teoría de la formación estelar para explicar la dependencia de la función inicial de masas estelares de las condiciones en sus nubes placentales. (Zaragoza-Cardiel et al. dos publicaciones en 2015, más una contribución a los proceedings del Simposio de la IAU 309, más dos contribuciones a los proceedings de la Asamblea General de la IAU, 2015). El segundo trabajo basado en la cinemática interna del gas ionizado en escalas galácticas ha sido la aplicación del método desarrollado dentro del grupo para detectar y caracterizar las superburbujas de gas en expansión alrededor de los cúmulos de estrellas masivas (estrellas OB). No solamente se han obtenido mapas de este tipo de sistemas a través de las fases de cuatro galaxias, sino que se han podido inferir las masas, las energías cinéticas y estimar sus edades, comparándolas con las edades de las estrellas en los cúmulos. En algunos casos hemos detectado dos burbujas concéntricas, indicativas de las explosiones de dos supernovas en el cúmulo, y en un caso específico en M33 hemos detectado 3 burbujas concéntricas, cuyas tamaños difieren entre sí inversamente con sus velocidades de expansión. Usando datos de la literatura, se ha comprobado la existencia de restos de supernova en el cúmulo mediante observaciones en rayos-X y en el radio continuo. Combinando observaciones con GHaFaS e ISIS en el telescopio WHT hemos demostrado que las razones de líneas de emisión de las tres cáscaras en expansión son características de gas en choque, mientras que las líneas emitidas por la Región HII son características de zonas de fotoionización, verificando la naturaleza de las cáscaras como restos de supernovas. Las masas acumuladas en las cáscaras son casi dos órdenes de magnitud que las eyecta de las propias supernovas, comprobando que se componen de gas interestelar barrido y la presencia de grumos densos de gas en el medio interestelar alrededor de las estrellas OB. El Proyecto está acumulando los datos necesarios para formular los modelos de retroalimentación necesarios para explicar la evolución de los discos de las galaxias en general. (Camps Fariña et al. 2015, también en contribuciones al Simposio de la IAU 309 y en los *proceedings* de la Asamblea General de la IAU 2015).

Se ha hecho también un progreso significativo con el fenómeno de los antitruncamientos de los discos, descubierto por nuestro grupo en 2005. Ahora se re-

conoce que alrededor de 25% de todas las galaxias con discos muestran este fenómeno, en contra a la “sabi-duría convencional” anterior que todos los discos están truncados. Su presencia como la forma más común en las galaxias S0 se cuantificó mediante la comparación de las relaciones de escala entre las longitudes de escala de sus componentes y el brillo superficial en el punto de cambio de pendiente del brillo entre el disco interior y el disco exterior con los resultados de simulaciones de galaxias en fusión en un artículo publicado en 2014. Este año (en colaboración con C. Eliche-Moral de la UCM), se ha generalizado el trabajo a galaxias a lo largo de toda la secuencia de Hubble en un nuevo artículo que muestra que los antitruncamientos se podrían haber producido por las fusiones de galaxias de masas similares con un contenido significativo de gas interestelar (Eliche-Moral et al. 2015, *MNRAS* mas Eliche-Moral et al., *proceedings* de la Asamblea General de la IAU). El año 2015 vio un avance en una línea que representa otro logro del grupo: el reconocimiento de la importancia de los pseudobulbos, concentraciones de luz en los centros de las galaxias con perfiles de brillo exponenciales, en la evolución de las galaxias en general. Hasta ahora, la comunidad ha considerado que una galaxia podría contener un bulbo: una concentración de estrellas de forma esferoidal que marca una fase muy temprana en la evolución de una galaxia con disco, o un pseudobulbo: que debe ser el resultado de la evolución secular de una galaxia durante toda su vida, donde gas se migra al centro por procesos de anisotropía dinámica, y allí forma una concentración de estrellas. En una publicación de 2015, en colaboración con investigadores de Instituto Max Planck de Física Extraterrestre (Erwin et al.), se ha comprobado la coexistencia de bulbos y pseudobulbos en las galaxias S0 (las lenticulares) y en las galaxias espirales, usando una combinación de métodos fotométricos y cinemáticos. Este, al contrario de lo que uno podría suponer, no introduce confusión en los escenarios evolutivos, sino que ayuda a mejorar nuestro entendimiento de la evolución de las galaxias en general.



## FORMACIÓN Y EVOLUCIÓN DE GALAXIAS: OBSERVACIONES INFRARROJAS Y EN OTRAS LONGITUDES DE ONDA (P/308610)

I. Pérez Fournon.

P.I. Martínez Navajas, R. Marques Coelho Chaves, A. Streblyanska, D. Fadda, H. Dannerbauer y K. Harris.

Colaboradora del IAC: A. Streblyanska.

Principales colaboraciones internacionales en las que participa el grupo: Herschel SPIRE, HerMES, Herschel-ATLAS, SPICA, SAFARI, SWIRE, SERVS, DEEPDRILL, SDSS-III, SDSS-IV, VISTA VHS, etc.

### INTRODUCCIÓN

El grupo desarrolla varios proyectos extragalácticos en diferentes rangos del espectro electromagnético utilizando satélites y telescopios en tierra para estudiar la evolución cosmológica de las galaxias y el origen de la actividad nuclear en galaxias activas. En el aspecto instrumental, este grupo forma parte del consorcio internacional que ha construido el instrumento SPIRE del Observatorio Espacial Herschel y del consorcio europeo que desarrolla el instrumento SAFARI para el telescopio espacial infrarrojo SPICA de las agencias espaciales ESA y JAXA.

Los proyectos principales en 2015 han sido:

- Estudios extragalácticos con el Observatorio Espacial Herschel, principalmente los del Proyecto HerMES, “Key Project” de tiempo garantizado del Consorcio SPIRE.
- Observaciones de seguimiento con el telescopio GTC, WHT, ALMA, IRAM 30 m, HST, Spitzer y otros grandes telescopios de galaxias distantes seleccionadas en el infrarrojo y en ondas mm/submm.
- Participación en el desarrollo del instrumento SAFARI, la contribución europea al telescopio espacial infrarrojo SPICA.
- Sloan Digital Sky Survey III y IV: galaxias emisoras Lyman Alfa.
- Estudios de galaxias con desplazamientos al rojo muy altos utilizando datos públicos del Proyecto HST Frontier Fields y seguimiento espectroscópico con el telescopio GTC.

## HITOS

En 2015 se ha continuado la contribución a la explotación científica multi-rango de varios proyectos del Observatorio Espacial Herschel, que incluyen los mayores proyectos de tiempo garantizado (HerMES) y de tiempo abierto (Herschel-ATLAS). Los resultados publicados en 2015 incluyen observaciones de ALMA de galaxias seleccionadas en los cartografiados de Herschel (Bussmann et al. 2015), el estudio del campo de la galaxia Herschel más distante (Laporte et al. 2015) y de la contribución de galaxias infrarrojas al fondo de radiación infrarrojo (Viero et al. 2015).

## EVOLUCIÓN DEL PROYECTO

Las actividades principales del grupo en 2015, en el marco de los proyectos del Observatorio Espacial Herschel, han estado orientadas a observaciones de seguimiento de galaxias Herschel a desplazamiento al rojo alto con los telescopios GTC, WHT y otros, incluyendo diferentes instalaciones en los rangos de radio, mm y submm, ALMA entre ellas. Se ha contribuido a varias publicaciones del Proyecto HerMES.

Se han liderado varios proyectos de observaciones de galaxias con los telescopios HST, Spitzer, GTC y WHT, incluyendo la fase final de un programa de larga duración en el telescopio WHT.

Este año, en el marco del Proyecto SDSS, se ha iniciado un estudio de lentes gravitacionales y galaxias emisoras Lyman Alfa, con un programa aprobado en el telescopio HST y otro relacionado en el telescopio GTC.

A final de 2013 se iniciaron varios estudios de galaxias de desplazamiento al rojo muy altos ( $z > 8$ ) utilizando datos públicos del HST y Spitzer del Proyecto HST Frontier Fields lo que dio lugar a la primera publicación basada en los HST Frontier Fields. En 2015 se han publicado nuevos resultados (Laporte et al. 2015). Se ha comenzado un estudio de galaxias lejanas en uno de los Frontier Fields utilizando el modo de espectroscopía multi-objeto de OSIRIS.

Se ha participado en el desarrollo del instrumento SAFARI de SPICA y de un posible nuevo instrumento para SPICA, una cámara multi-banda para el infrarrojo lejano. También se ha contribuido a la propuesta de SPICA como misión M5 de la Agencia Espacial Europea, principalmente en el grupo de trabajo sobre evolución de galaxias.

## GRUPO DE ESTUDIOS DE FORMACIÓN ESTELAR GEFE (P/309201)

C. Muñoz-Tuñón.

M. Miluzio, R. Calvi, J. Sánchez Almeida, N. Castro Rodríguez, R.H. Hinojosa Goñi, A.M. Varela Pérez, P. Arrabal Haro, A. Lumbreras Calle, J.M. Rodríguez Espinosa, N. Caon, J.A. López Aguerra, D. Reverte Payá y A. del Olmo García.

R. Amorin Barbieri (INAF, Roma, Italia); G. Tenorio Tagle, S. Silich, D. Rosa (INAOE, México); J. Palous, R. Wunsch (Academia de Ciencias, Rep. Checa); P. Planesas (OAN, Madrid); M. Huertas Company (EPIC, Francia); B. Elmegreen, D. Elmegreen (IBM, EEUU); J. Méndez Abreu (Univ. St. Andrews, Reino Unido), C. Farina (ING - La Palma), M. Filho (Univ. de Oporto, Portugal), P. Pérez González (UAM), A. Cava (Obs de Ginebra, Suiza), equipo ESTALLIDOS (<http://www.iac.es/project/GEFE/estallidos/>).

## INTRODUCCIÓN

El Proyecto interno GEFE se encuentra enmarcado en el proyecto coordinado, ESTALLIDOS, financiado por el Plan Nacional desde el año 2001. El equipo en el IAC fue impulsor y coordinó la colaboración en las tres primeras ediciones, desde 2001 hasta 2010. En el año 2010 se concedió nuevamente financiación para una cuarta edición de ESTALLIDOS (ESTALLIDOS IV), a desarrollarse desde el 2011 hasta el 2013 (AYA2010-21887-C04).

El Proyecto externo AYA2010-21887-C04 obtuvo prórroga de ejecución hasta diciembre del 2014.

Se ha vuelto a solicitar prórroga para el año 2015 con el objeto de participar en las pruebas y comisionado del instrumento EMIR. La financiación de ESTALLIDOS IV prorrogada para 2015 se ha empleado en la contratación de un postdoc para trabajar en EMIR. ESTALLIDOS volvió a obtener financiación externa en el Proyecto ESTALLIDOS V (AYA2013-47742-C4-2-P) para los años 2014-2016. En el Proyecto GEFE se trabajará en base al caso científico del Proyecto ESTALLIDOS V.

Partimos del estudio de la física de las regiones de formación estelar locales para entender las galaxias más distantes y los starbursts (SB) más extremos.

El propósito principal de este enfoque es la investigación de la interrelación de la FE masiva con el gas, el polvo y el contenido estelar en galaxias, caracterizando

el proceso de FE en galaxias con valores extremos de masa, luminosidad, metalicidad y densidad de entorno, para así hallar soluciones a cuestiones clave en la formación y evolución de las galaxias.

Combinaremos observaciones de SB (espectrofotometría desde tierra y observaciones espaciales) junto con nuestros modelos teóricos autoconsistentes. Se ha estructurado nuestra investigación alrededor de cuatro objetivos:

- Interrelación entre FE masiva y el Medio Interestelar en galaxias.
- Laboratorios locales para entender la formación de galaxias de disco.
- Papel del entorno en la FE masiva y la evolución de las galaxias.
- SB extremos en el Universo.

ESTALLIDOS está también preparado para contribuir al desarrollo de un conjunto de instrumentos astrofísicos con responsabilidad formalmente adquirida a nivel de equipos tanto instrumentales como científicos.

Los principales resultados esperados incluyen:

- Explicar la evolución química de las galaxias en 2D usando la combinación de espectroscopía de campo integral y modelos completamente bidimensionales.
- Estimar la fracción de FE que puede esperarse de la acreción de gas primordial en galaxias con FE, una cota de relevancia única para las simulaciones cosmológicas de formación de galaxias.
- Descifrar de qué forma el entorno puede afectar a la FE en galaxias a lo largo del tiempo, prestando especial atención al desencadenamiento de estallidos violentos de FE en las galaxias con metalicidades más bajas.
- Explicar cómo SB muy compactos y masivos pueden evolucionar en el denominado modo de retroalimentación positiva, dando cuenta de los SB extremos, así como la retroalimentación por FE en galaxias locales, análogas a las presentes en el Universo primigenio.

El Proyecto, en su quinta edición, representa la evolución natural de los cuatro casos científicos anteriores de ESTALLIDOS.

## HITOS

*VIMOS espectroscopía de campo integral de galaxias compactas azules (BCD) I. Propiedades morfológicas, diagnóstico de líneas de emisión y cinemática.*  
(Cairós, L.M.; Caon, N.; Weilbacher, P.M.)

Las galaxias compactas azules (BCG) son ricas en gas, de baja luminosidad, sistemas de baja metalicidad que sufren una explosión violenta de la formación de estrellas. Estas galaxias ofrecen una oportunidad única para investigar la formación sincronizada de muchas estrellas y sus efectos sobre la evolución de las galaxias en un entorno relativamente simple. Los estudios espectrofotométricos con resolución espacial de los BCG a diferente  $z$ , son esenciales para comprender el papel de los procesos de retroalimentación del brote estelar sobre la evolución cinemática y química de las galaxias. Se realizó un estudio espectroscópico de campo integral de una muestra de los BCG, con el propósito de explorar la morfología, la cinemática, la extinción de polvo y los mecanismos de excitación de su medio interestelar. Se observaron ocho BCGs con la unidad de campo integral VIMOS en el telescopio VLT en el azul y rojo en modo de alta resolución. En un muestreo espacial de  $0''$  y *dotbelow*; 67 por spaxel, cubrimos aproximadamente  $30'' \times 30''$  en el cielo, con un rango de longitud de onda de 4.150 a 7.400 Å. A partir de estos datos se han construido mapas bidimensionales del continuo y la emisión de líneas, así como los cocientes de líneas, la extinción y mapas cinemáticos. El resultado ha sido un atlas con los flujos de línea de emisión y emisión de continuo incluyendo no sólo los starburst sino también de la galaxia.

*Starburst en galaxias enanas producidos por el impacto de nubes de baja metalicidad de la Cosmic Web*  
(Sánchez Almeida, J.; Elmegreen, B. G.; Muñoz-Tuñón, C. et al.)

Los modelos de formación de galaxias predicen que la acreción de gas de la red cósmica controla la formación de estrellas a la historia cósmica del Universo. Excepto en ambientes muy densos donde las fusiones de galaxias son también importantes, las galaxias se alimentan de las corrientes de gas frío (cold flows) que desde la red cósmica penetran en sus halos de materia oscura. A pesar de estas predicciones no son ambiguas, el apoyo observacional ha sido indirecto hasta el momento. En el trabajo se presenta la evidencia espectroscópica para este proceso en las galaxias extremadamente pobres en metales (XMPs) del Universo Local, a través de brotes estelares localizados asociados al gas

que tiene baja metalicidad. Los análisis de la abundancia detallada basada en los espectros ópticos del telescopio GTC de 10 XMPs demuestran que las galaxias mismas tienen metalicidades solares (alrededor del 60%, en promedio), mientras que las grandes regiones de formación estelar que dominan su luz integrada tienen mucha menor metalicidad (6% solar). Dado que el gas se mezcla en una escala de tiempo de rotación (unos pocos cientos Myr), las inhomogeneidades de metalicidad observadas sólo son posibles si el gas pobre en metales cayó en el disco recientemente. Si esta interpretación es correcta, las XMPs (Extreme Metal Poor) trazan el gas de red cósmica en su entorno, por lo que las sondas para examinar sus propiedades.

*Supernovas y sus ondas expansivas en la evolución temprana de Cúmulos Globulares Galácticos*  
(Tenorio-Tagle, G.; Muñoz-Tuñón, C.; Silich, S.; Cassisi, S.)

El trabajo se centra en los inicios de la evolución de los cúmulos globulares Galácticos y muestra por qué sólo parte de los productos inyectados por supernovas quedan retenidos dentro de estos. Ello ocurre únicamente en los casos de cúmulos masivos con una masa  $M > 10^6 M_{\odot}$ . Cúmulos menos masivos no presentan contaminación alguna con el material inyectado por supernovas. Se muestra la evolución de ondas de choque evolucionando en un medio con un alto gradiente en densidad. Bajo estas condiciones, los remanentes de supernova se aceleran al encontrar el fuerte gradiente en densidad. Ello causa su ruptura y la liberación tanto de su energía como de sus metales al medio que rodea los cúmulos. Esto evita, tanto el desmantelamiento como la contaminación del gas que quedó tras la formación de la primera generación de estrellas. Sólo remanentes de supernova producidos por explosiones en el centro de nubes masivas, y que por evolucionar en un medio de muy alta densidad no llegan a encontrar el gradiente en densidad, quedarán retenidos dentro del cúmulo. En estos casos, el material procesado se mezclará con el que quedó de la primera generación de estrellas y podrá dar lugar a una segunda generación que muestre contaminación en hierro.

## EVOLUCIÓN DEL PROYECTO

El Proyecto GEFE, que comenzó en 1998, fue la semilla de la colaboración ESTALLIDOS. ESTALLIDOS es un proyecto coordinado, que se estableció en el año 2001 que ha sido renovado y financiado por el Plan Nacional en ediciones sucesivas. ESTALLIDOS está ahora en su

quinta edición y en el participamos cuatro nodos: el IAC, IAA, UAM y CIEMAT (el CAB también participa, aunque no como nodo).

Los objetivos y planificación científica de ESTALLIDOS V son el marco de trabajo del Proyecto GEFE para los años 2014, 2015 y 2016. Están desglosados en este epígrafe tomados del proyecto del Plan Nacional.

Además, ESTALLIDOS IV ha tenido prórroga de ejecución hasta final del 2015. Durante 2015 se ha contratado un postdoc, M. Miluzzio, que trabajará en la ciencia de ESTALLIDOS con EMIR y colaborará con el equipo de EMIR probando el software de análisis y reducción y participando en el comisionado del instrumento en La Palma. Su trabajo lo hará en colaboración con N. Caon.

Las galaxias tadpoles son galaxias con aspecto cometa en las que la formación estelar está desplazada del centro óptico. En este tema colaboramos con D. y B. Elmegreen. Según algunos modelos teóricos podrían tratarse de galaxias disco con formación estelar desplazada del centro. Así se ha confirmado con observaciones. Se exploró la hipótesis enlazando además objetos de las clases a alto y bajo desplazamiento al rojo con idéntico resultado. Además han resultado ser extremadamente pobres en metales (XMP de las siglas en inglés "Extreme Metal Poor"). Incluimos en el plan para el 2013 y 2014 el estudio de las galaxias extremadamente pobres en metales. Se ha obtenido tiempo en los telescopios GTC y WHT y en radiotelescopios. En este tema se ha iniciado una colaboración internacional en la que participan las Universidades de Nueva York y Oporto. El resultado más importante es que los brotes de formación de estrellas que vemos ahora en las "XMP galaxies" están siendo alimentados por la caída de material primigenio. Es la primera evidencia observacional de Cold flows en el Universo Local. El estudio detallado de las galaxias XMP está siendo muy exitoso y en el año 2014 se publicó un artículo para *Astronomy & Astrophysics Review* titulado "Star Formation sustained by pristine gas accretion".

También hemos continuado el programa de medir la distribución espacial y velocidades del gas frío, neutro y molecular en XMP, para ellos se estableció una colaboración con expertos de la Universidad de Oporto. En 2013 se publicó el primer trabajo analizando el contenido de gas neutro (Filho et al, 2013) y en 2014 se completó otro trabajo comparando las simulaciones numéricas de la web cósmica con la distribución de las galaxias XMP del Universo Local.

Durante 2015 se han encontrado nuevos objetos, analizado datos complementarios de Hidrógeno neutro y observado con el HST.

B. y Elmegreen nos visitaron gracias a la financiación de la Fundación Jesús Serra y el Proyecto Severo Ochoa. La colaboración con nuestros colegas americanos está ya completamente establecida y su visita ha animado a avanzar con líneas paralelas en la línea que empezamos aquí- ahora también contamos con el HST para el estudio de las galaxias de baja metalicidad.

Se obtuvo tiempo de observación con el telescopio GTC para detectar la emisión en Halfa del gas de la red cósmica que puede estar alimentando las galaxias XMP. Para ello se propuso realizar imagen profunda en banda estrecha con OSIRIS alrededor de uno de los objetos de la muestra. Se pospone hasta el 2016 la reducción y el análisis de estos datos. En una línea complementaria ya se ha llevado a cabo la inspección visual de la muestra completa de galaxias XMP (*Extremely metal-poor*) en el catálogo del Proyecto IAC Stripe 82. Se han encontrado estructuras inusuales y objetos difusos posiblemente vinculados a las galaxias. Estos objetos podrían ser candidatos para próximas observaciones.

Presentamos nuestro trabajo en un conjunto de charlas invitadas y un póster en el congreso que se celebró en Spinetto en el mes de junio.

También existe un trabajo paralelo que hace uso de la espectroscopía de campo integral para el estudio de las galaxias. Cairos, Caon & Weillbacher (2015, *Astronomy & Astrophysics* 577, A21) han publicado el artículo "VIMOS integral field spectroscopy of blue compact galaxies. I. Morphological properties, diagnostic emission-line ratios, and kinematics", donde se estudia una muestra de 8 galaxias compactas azules observadas con el espectrógrafo de campo integral VIMOS, en el telescopio VLT3 (Paranal, Chile), analizando su morfología, flujos y cocientes de las líneas de emisión, parámetros físicos del gas ionizado y su cinemática.

La mayoría de las galaxias presentan morfologías diversas y en general irregulares, con múltiples brotes de formación estelar. Los mapas de extinción también son irregulares y muestran una cantidad importante de polvo. Los diagramas diagnósticos sugieren una ionización producida por fotones UV de estrellas calientes, aunque en seis objetos también los choques contribuyen en las regiones externas. Los campos de velocidad del gas varían de patrones de rotación regular a muy complejos e irregulares. La dispersión de velocidad es en general pequeña, con los valores mínimos coincidentes con los máximos en emisión.

Un estudio preliminar de los datos revela la presencia de una fuerte correlación espacial entre la tasa de formación estelar (derivada del flujo en la línea de emisión Halfa) y la metalicidad (derivada del cociente

[NII]/Halfa). Se va a analizar más en detalle esta correlación, calculando los mejores ajustes para cada objeto, e interpretar los resultados en base a los modelos de "inflow", enriquecimiento y evolución del Medio Interestelar ya desarrollados por el grupo de trabajo.

Del estudio de objetos con formación estelar extrema, surgió un subapartado al que queremos dar más y más relevancia. Es el Proyecto ALBA, coliderado por J.M. Rodríguez Espinosa y R. Guzmán (Univ. de Florida, EEUU). Estamos utilizando el cartografiado profundo de SHARDS, para encontrar emisores Lyman alfa desde  $z=3$  hasta  $z=6.5$ . Con ello tratamos de construir funciones de luminosidad de emisores dependientes de  $z$ . La base de datos de SHARDS combinada con observaciones con el telescopio GTC ha permitido encontrar dos galaxias emisoras próximas, que parecen estar ligadas, a un  $z$  mayor que 5. La publicación, en el *MNRAS Letters* apareció en el año 2014. A partir de ahí se sigue analizando el survey de SHARDS para búsqueda de nuevos objetos, también se han realizado observaciones con el telescopio GTC.

Un bloque importante de ESTALLIDOS, son los AGNs. El estudio de la estructura de las galaxias activas en la parte central y su relación con la formación estelar es el tema del Proyecto ESO/GTC que está liderado por A. Alonso Herrero con una participación muy importante de C. Ramos Almeida. Este Proyecto ESO/GTC disfruta de muchas horas de tiempo garantizado del telescopio GTC con CanariCam. La entidad de este trabajo nos ha llevado a plantearlo como un proyecto interno separado y que está liderado por C. Ramos Almeida. Sigue siendo una parte central del Proyecto ESTALLIDOS V.

En noviembre se organizó un workshop específico sobre Feedback. Del 10 al 14 de noviembre nos reunimos en el IAC un equipo de 15 investigadores para discutir el impacto y disparo de la formación estelar masiva. Participaron nuestros invitados Severo Ochoa, B. y D. Elmegreen y G. Tenorio Tagle. También vinieron con motivo del workshop otros expertos como: J. Palous, R. Wunsh y S. Silich. Tuvimos la posibilidad de invitar a otros grupos a participar y así lo hicieron, por ejemplo, A. Vazdekis o I. Trujillo. Expertos de otros campos como S. Cassisi también intervinieron y ya hemos comenzado proyectos comunes. Fue un éxito y creemos que el modelo de workshop, en cierta medida novedoso, es excelente para avanzar y favorecer colaboraciones.

Este año nos visitó nuestro colaborador G. Tenorio Tagle, que becado por la Fundación Jesús Serra y Severo Ochoa estuvo en el IAC seis meses. De su visita surgieron nuevos temas cuyos resultados han apare-

cido publicados. Se trata de la aplicación de la hidrodinámica del positive feedback a la formación de los cúmulos globulares.

Se ha continuado con el Proyecto ENCIENDE desarrollando actividades encaminadas a llevar la Ciencia a la enseñanza primaria.

En adelante se describen los objetivos genéricos para los próximos años. Están desglosados aquellos que son responsabilidad del IAC, tomados literalmente del Proyecto ESTALLIDOS V (AYA2013-47742-C4-2-P).

El objetivo principal es investigar la interacción de la formación estelar masiva (SF) con el gas, polvo y estrellas en las galaxias, revelando cómo la SF funciona en situaciones extremas de la masa de la galaxia, luminosidad, metalicidad y el entorno. El proyecto intenta resolver cuestiones clave para entender la formación y evolución de las galaxias.

1.- *Interacción entre la formación de estrellas masivas y el medio interestelar en las galaxias.*

2.- *Los laboratorios locales para la comprensión de la formación de galaxias de disco.*

Análogos locales de formación de disco primitivo. Los metales son producidos por las estrellas, por lo tanto, las galaxias extremadamente pobres en metales (XMP) serían objetos primitivos. Son raros en el Universo Local y se han explotado ampliamente como herramientas en la cosmología, pero sólo como cápsulas de tiempo del universo temprano (ej. para medir la abundancia del He primordial, Pagel et al. 1992, o para fijar la “ejecta” de las estrellas de pop III, ej., Thuan y Izotov 2005). Planeamos usar estos singulares objetos como laboratorios para el estudio de la formación de discos: un proceso crítico que se produce principalmente en alto desplazamiento al rojo, pero que no pueden ser estudiados en detalle en ese momento. Papaderos et al. (2008) y Morales-Luis et al. (2011) descubrieron que las galaxias XMP tienden a tener forma de cometas o renacuajo, con una cabeza brillante de formación estelar en una cola tenue. Este resultado es sorprendente y puede reflejar una relación de metal-morfología de las galaxias enanas. El mecanismo físico responsable de esta morfología particular es desconocido y podría ser el resultado de diferentes procesos. En particular, la cabeza de la tadpole puede ser resultado de la acumulación directa de la caída de gas prístino (cold-flow), penetrando el halo de materia oscura y que golpea un disco preexistente (Sánchez Almeida et al. 2013). Esta es una hipótesis interesante ya que las simulaciones cosmológicas predicen que los cold-flows son el mecanismo principal que dirige la formación de

las galaxias (Dekel et al 2009; Genel et al 1012). Se va a estudiar esta distribución de material primordial y creemos que las galaxias XMP ofrecen un laboratorio ideal –y cercano.

Evolución de los gradientes de metalicidad en discos: ajustando la caída de material.

3.- *El papel del entorno en la formación estelar y la evolución de las galaxias.*

La formación de estrellas en los cúmulos de galaxias. El entorno HI de XMPs.

Ya que las XMPs son laboratorios locales para estudiar el ensamblaje de los discos, sus entornos deben caracterizarse por filamentos de gas frío que caen sobre las galaxias. La búsqueda de este proceso de alimentación de gas se puede llevar a cabo observacionalmente mediante la búsquedas en surveys profundos en HI y en radio, y también buscando estructuras filamentosas de bajo brillo superficial en Halfa.

La agrupación de galaxias con SF.

4.- *Starbursts extremos en el Universo.*

El estudio comenzará con sistemas masivos y compactos que van desde las galaxias cercanas que muestran Súper Stellar Clusters (SSC) hasta galaxias “clumpy” hasta  $z = 1$ , incluyendo los “green peas”. Algunos SSC están en Starbursts cercanos (Melo et al., 2005), otros en fusiones como la antenas o Arp 220 y en las galaxias infrarrojas luminosas locales (LIRGs). Las galaxias Submilimétricas Galaxias (SMG) son el extremo de la formación estelar masiva. Las SMGs están normalmente enterradas en polvo (siendo objetivos ideales para EMIR) y contribuyen fuertemente al pico de densidad de SF en  $z \sim 2$ . Los Starbursts que albergan AGN, o viceversa, son también de vital importancia. Se los puede ver con desplazamientos al rojo más grandes y son cruciales para entender el “SF feedback” y la posible inhibición de la SF debido a los AGNs. A desplazamiento al rojo aun mayor se estudiará SF en “Lyman break Galaxies (LBG) y “Lymanalpha Emitters” (LAE). Planteamos:

Retroalimentación de la formación estelar en estallidos masivos y compactos. Vamos a estudiar a la población cercana de SSC, las galaxias clumpy y las galaxias “green peas”, todos ellos objetos con tasa de SF específica (SFR) muy alta. Los supercúmulos estelares (SSC) tienen masas estelares de alrededor de un millón de masas solares o más en volúmenes con radio típico de unos pocos pc. En un rango de masa superiores nos interesan cúmulos masivos y compactos (hasta cien millones de masas solares en cientos de pc) de-

tectados en cartografiados profundos (UHDF, GOODS y COSMOS).

¿Cómo, cuánto y dónde la formación estelar está presente en AGN? Vamos a: estudiar los mecanismos de activación para ambos SF y la Actividad Nuclear en Galaxias; probar el Toro de Dusty modelo unificado para AGN (ver Ramos Almeida et al. 2011a); analizar la conexión SF-AGN; estudiar la influencia de las interacciones en el inicio de la actividad nuclear (Ramos Almeida et al. 2011a, 2012, 2013), y que incluirá una muestra de radio-AGN para ver si también muestran SF.

Identificación y caracterización de las fuentes Lyman-alfa. La línea de emisión Lyman-alfa se convierte en uno de los pocos marcadores que pueden utilizarse para estimar la SFR en las galaxias de formación estelar a alto corrimiento al rojo. Desafortunadamente, los fotones Lyman-alfa se ven afectados por un proceso de transferencia de radiación bastante complejo a lo largo del gas neutro que rodea la región Starburst, de modo que derivar sus propiedades intrínsecas no es fácil (Hayes et al. 2010, 2011). Comenzamos hace unos años un estudio piloto sobre Universo Lyman-alfa locales que emiten las galaxias (2009) Östlin, y tenemos la intención de completar el Proyecto LARS (muestra de referencia Lyman-alfa) en los próximos años, con el fin de cuantificar la dependencia de la fracción de escape Lyman-alfa en el propiedades (morfología, la abundancia de HI y el polvo, metalicidad o estatales evolutiva) de la galaxia anfitriona. Se quiere mejorar la calibración de este marcador.

## POBLACIONES ESTELARES EN GALAXIAS (P/309403)

S. Hidalgo Rodríguez.

A. Aparicio Juan, E. Lagioia, A. Rosenberg González, S. Murabito, M. Simioni, M. Bettinielli. M. Monelli y S. Sökmen.

Colaboradores del IAC: C. Gallart Gallart, M. Monelli y R. Carrera Jiménez.

E. Valente (ESO, Garching, Alemania), J. Alonso, D. Minniti, M. Zoccali (PUC, Chile); N. Arimoto (NAOJ, Japón); S. Beaulieu (Univ. Waterloo, Canadá); R. Buonanno, F. Fusco (Univ. de Roma Tor Vergata, Italia); S. Cassisi, A. Pietrinferri (INAF-Téramo, Italia); L. Carigi (IA-UNAM, México); J.M. Carrasco, C. Jordi, F. Figueras (Univ. de Barcelona, España); K. Freeman (Research School of As-

tronomy & Astrophysics, Australia); E. Kirby (Univ. de California, EEUU); E. Lokas (Centro Astronómico Nicolaus Copernicus, Polonia); A. Milone (Australian National Univ.); T. Mineikis, D. Narbutis (Vilnius Astronomical Obs., Lituania); A. Monachesi (Univ. de Michigan, EEUU); S. Okamoto (KIAA-PKU, China); A. Piatti (Obs. Astronómico de Córdoba, Argentina); V. Nascimbeni, G. Piotto (Univ. de Padua, Italia); E. Skillman (Univ. de Minnesota, EEUU).

## INTRODUCCIÓN

El objetivo general del Proyecto es el estudio de la estructura, historia evolutiva y proceso de formación de galaxias a través de sus poblaciones estelares resueltas, tanto a partir de fotometría como espectroscopía. El Proyecto puede dividirse en cuatro líneas principales:

### *Historia de formación estelar en el Grupo Local*

El objetivo de esta línea es la caracterización de la estructura espacio-temporal de las galaxias del Grupo Local mediante la observación de sus estrellas individuales. Un objetivo fundamental es la determinación de las historias de la formación estelar (HFE) detalladas y extendidas a toda la historia evolutiva de la galaxia con objeto de determinar el grado de importancia que los procesos cosmológicos (tales como la reionización o self-shielding) o locales (barrido de gas por supernovas, fuerzas de marea, migración estelar) tuvieron en su formación.

### *Multipoblaciones estelares en cúmulos globulares*

De forma contraria al paradigma clásico, hay evidencias de que los cúmulos globulares (CG) albergan más de una población estelar de diferente composición química. Observaciones fotométricas de los CG usando el HST muestran fuertes evidencias de múltiples secuencias principales en el DCM. El objetivo de la línea es caracterizar dichas multipoblaciones en CG.

### *Formación y estructura de la Vía Láctea*

Esta línea tiene como eje principal el estudio del disco de la Vía Láctea a través de los cúmulos abiertos y de los datos que proporcionará GAIA (espacio) y el survey VVV (telescopio Vista). Este tipo de datos van a dar una oportunidad única de conocer la historia de formación estelar en el disco galáctico (GAIA) y en el bulbo (VVV). En este marco, es necesario adecuar las herramientas desarrolladas por el grupo para el análisis de poblaciones estelares al tipo de datos que suministrarán tanto GAIA como VVV.

### *Evolución estelar y diagrama color-magnitud sintético*

El grupo está trabajando en el desarrollo de una nueva librería de evolución estelar. Hay una necesidad en la comunidad científica de mejorar la confianza y exactitud de la computación de modelos estelares mediante la incorporación de las últimas mejoras en el campo de la Física tales como la Ecuación de Estado, nuevos cálculos en tablas de opacidades o en secciones nucleares efectivas.

## HITOS

Usando datos del telescopio Blanco (Chile), se ha descubierto un Anillo de Einstein en la constelación de Sculptor (Canarias Einstein Ring). Este anillo ha sido observado espectroscópicamente con el telescopio GTC para obtener la distancia y masa de sus componentes. Es un anillo casi completo (aprox. 300 grados). La galaxia lente es una galaxia masiva de tipo temprano situada a *redshift* 0,58 mientras que la galaxia fuente es una galaxia con brote de formación estar situada a *redshift* 1,2

Usando datos de ACS@HST del Proyecto ISLAND se ha obtenido la fotometría e historia de formación estelar de seis galaxias satélites de M31: And I, And II, And III, And XV, And XVI, And XXVIII. Los resultados apuntan a que estas galaxias pararon su formación estelar antes que otras galaxias enanas aisladas del Grupo Local, lo que mostraría un efecto de la galaxias host, M31, sobre la formación estelar de sus satélites.

## EVOLUCIÓN DEL PROYECTO

A lo largo de 2015, el Proyecto se ha desarrollado de la siguiente forma:

### *Docencia*

Se han impartido las asignaturas “Física Galáctica” y “Técnicas Computacionales Básicas” del Máster de Astrofísica de la Universidad de La Laguna ULL (A. Aparicio, S. Hidalgo). Además se ha impartido un curso de Python de seis horas en el Observatorio de Téramo (S. Hidalgo). Se ha finalizado y presentado la tesis de F. Fusco (A. Aparicio) cotutelada entre la ULL y La Sapienza-Tor Vergata en Roma, con calificación máxima de Sobresaliente Cum Laude. Se ha continuado con la dirección de tesis de S. Murabito (S. Hidalgo), M. Bettinelli (S. Hidalgo) y M. Simioni (A. Aparicio). Se ha comenzado una nueva dirección de tesis con E. Sokmen (A. Aparicio, S. Hidalgo). Se han dirigido dos proyectos de prácticas externas a los estudiantes de la Facultad de Matemáticas R. González y V. Macía, presentado sus

resultados en el Departamento de Análisis Matemático de la Facultad de Ciencias (Sec. Matemáticas) de la ULL (S. Hidalgo). Se ha dirigido un proyecto de becario de verano del estudiante C. Cruz (A. Aparicio, S. Hidalgo). Se ha presentado el Proyecto Fin de Máster de Astrofísica de P. Arrabal Haro (S. Hidalgo) sobre la creación de modelos de evolución química para galaxias enanas. Se ha dirigido el proyecto Fin de Grado de Matemáticas (S. Hidalgo) del estudiante C. Cruz, presentado con éxito en la Facultad de Ciencias (Sec. Matemáticas).

La Coordinación del Área de Enseñanza y la Dirección del Departamento de Astrofísica ha ocupado la mayor parte de la actividad de A. Aparicio.

### *Investigación*

Usando datos del HST en el proyecto ISLAND (IP. E. Skillman), se ha obtenido la fotometría e historias de formación estelar de seis galaxias satélites de M31: And I, And II, And III, And XV, And XVI, And XXVIII (S. Hidalgo). Los resultados apuntan a que estas galaxias pararon su formación estelar antes que otras galaxias enanas aisladas del Grupo Local.

Se ha comenzado a trabajar con un conjunto de 48 Cúmulos Globulares observados en bandas UV (F275W, F336W) y óptica (F438W, F606W, F814W) con el HST. El objetivo es el análisis de la rama de gigantes roja (RGB) para encontrar trazas de multipoblaciones (E. Lagioia).

Se ha comenzado a trabajar con la fotometría del disco de la Vía Láctea obtenida con el telescopio ESO-VVV (Chile) en el marco de la tesis de E. Sokmen.

Se ha obtenido la historia de formación estelar de las galaxias Ursa Minor y Draco en el marco de la tesis de F. Fusco. Los resultados apuntan a que en estas galaxias ha existido un solo brote de formación estelar muy temprano (F. Fusco).

Se ha finalizado la fotometría de las galaxias de la tesis de S. Murabito, ocho observadas con el telescopio INT y cuatro con el HST (S. Murabito).

Se ha avanzado en el análisis de la distribución radial de poblaciones estelares en el cúmulo globular NGC2808 donde se ha usado el código IAC-pop para mejorar el nivel de precisión para poder diferenciar las multipoblaciones del cúmulo (M. Simioni).

Se ha realizado la fotometría de la galaxia enana de Sculptor y Sextans para la tesis de M. Bettinelli.

En imágenes obtenidas de la galaxia de Sculptor con el telescopio Blanco en Cerro Tololo (Chile), se ha descubierto un anillo de Einstein (Canarias Einstein Ring) que es el segundo más completo observado hasta el momento. Se obtuvo un espectro del anillo usando el

telescopio GTC y se ha enviado una *letter* que está en proceso de *referee* (Bettinelli).

Se ha publicado un artículo sobre la distribución de poblaciones estelares en la galaxia enana de Fornax (A. del Pino) donde los resultados apuntan a que la galaxia sufrió una fusión importante con otra galaxia a *redshift* 1.

Se han publicado varios artículos sobre las multipoblaciones en cúmulos globulares en el marco de la colaboración del Proyecto “The Hubble Space Telescope UV Legacy Survey of Galactic Globular Clusters” (IP G. Piotto).

Se ha escrito un artículo sobre la comparación de los efectos de la reionización sobre las galaxias enanas y las predicciones realizadas por diferentes modelos (A. Aparicio, S. Hidalgo). Se ha encontrado que en las regiones más externas de algunas galaxias enanas, la reionización podría haber parado la formación estelar.

Se asistió al congreso EWASS 2015 celebrado en La Laguna, donde se presentaron varias contribuciones: posters sobre el trabajo de tesis de S. Murabito, M. Bettinelli y M. Simioni y una charla de A. Aparicio y S. Hidalgo sobre los efectos de la reionización en las galaxias enanas.

Se asistió al congreso “The Local Group Astrostatistic Conference” en Ann Arbor, EE.UU. (A. Aparicio, S. Hidalgo), donde se presentó una charla sobre los gradientes en las galaxias enanas (S. Hidalgo) y un póster sobre el código IAC-pop/Minniac (A. Aparicio).

Se han realizado varias estancias en otros centros de investigación: A. Aparicio, M. Bettinelli y M. Simioni en la Universidad de Padua en el marco de la dirección y desarrollo de las tesis y S. Hidalgo en el Observatorio de Teramo en el marco del desarrollo de una librería de evolución estelar.

Se ha terminado el cómputo de la librería de evolución estelar IAC-BaSTI (S. Hidalgo) para un rango amplio de masas solares (0,1 a 9). La nueva librería será publicada en el primer cuatrimestre de 2016.

Se han impartido seminarios en Teramo, Roma, Padua y Pisa sobre la obtención de la historia de formación estelar usando poblaciones resueltas (S. Hidalgo).

## MORFOLOGÍA Y DINÁMICA DE LA VÍA LÁCTEA (P/309405)

M. López-Corredoira.

F. Garzón López, N.D. Castro Rodríguez, A.L. Cabrera Lavers, P. Compère, T.J. Mahoney y C.M. Gutiérrez de la Cruz.

P.L. Hammersley (ESO, Garching, Alemania); C. González Fernández (Univ. de Cambridge, Reino Unido); J. Molgó Sendra (GRANTECAN S.A., La Palma), T. Guver (Sabanci Univ., Turquía); S. Bilir, S. Karaali (Dept. Astronomy & Space Sciences, Estambul, Turquía), I. Negueruela (Univ. de Alicante); F. Figueras (Univ. de Barcelona).

### INTRODUCCIÓN

El Proyecto se estructura en dos partes, diferenciadas pero complementarias: morfología y dinámica. El estudio detallado de la morfología de la Vía Láctea pretende proveer una base de datos de distribución estelar en las regiones más alejadas y extintas de nuestra galaxia, mediante el desarrollo de modelos semiempíricos a partir de la información contenida en dichos catálogos. Por otra parte, los análisis cinemáticos y dinámicos pretenden hacernos entender el origen de esos rasgos que observamos.

El grupo ha utilizado la combinación de datos propios (que incluirán en el futuro observaciones espectroscópicas con GRANTECAN/EMIR) con los catálogos públicos (DENIS, 2MASS, UKIDSS, VISTA en infrarrojo cercano o SDSS en visible). Se cuenta con información detallada de la distribución estelar de las poblaciones dominantes en una amplia zona de cielo, abarcando diferentes componentes estructurales: bulbo triaxial, barra larga, disco, brazos espirales, etc. Los componentes de gas y polvo son también objeto de estudio en infrarrojo, o en microondas (estudios de contaminación galáctica al Fondo Cósmico de Microondas, por ej. con WMAP o PLANCK). El grupo de investigación se ha integrado también en el nodo español de GAIA con la idea de orientar parte de nuestro trabajo en el aprovechamiento científico de la misión y, en concreto, en la identificación y estudio de poblaciones estelares a gran escala en la Galaxia.

### EVOLUCIÓN DEL PROYECTO

F. Garzón, A. Cabrera-Lavers, N. Castro-Rodríguez han dedicado la mayor parte de su tiempo a proyectos

relacionados con el telescopio GTC y su instrumento en desarrollo EMIR. T. Mahoney dedica su tiempo fundamentalmente como editor de lenguaje en el IAC. P. Compère sigue trabajando en su tesis pero ya no trabaja en el IAC.

Algunos detalles del desarrollo y resultados del Proyecto:

Red clump stars: durante 2015, se ha seguido manteniendo la colaboración con el grupo de S. Bilir en la Univ. de Estambul (Turquía) en el ámbito del uso de las estrellas del red clump en el infrarrojo cercano como trazadoras de la estructura galáctica y la extinción interestelar. Fruto de dicha colaboración se ha producido una publicación: Gokce et al. (2015, PASA, 32, 12). Se ha invitado a A. Ozdonmez, estudiante de doctorado de S. Bilir, a realizar una estancia en el IAC del 28 de junio al 3 de julio, en los cuales se le introdujo en el uso de las estrellas de red clump para trazar la extinción interestelar a una serie de Novas cercanas, con el fin de caracterizar esta población.

J. Molgó Sendra ha comenzado sus trabajos de cara a la consecución de una tesis doctoral en el tema del disco de la Galaxia, bajo la supervisión de M. López Corredoira.

Visita de M. López Corredoira a la Universidad de Barcelona, para colaborar con el grupo de F. Figueras sobre los movimientos de las estrellas en la dirección perpendicular al plano Galáctico. También, M. López Corredoira ha sido parte (como presidente) del tribunal de la tesis de H. Abedi en Barcelona.

F. Garzón y M. López Corredoira y el colaborador J. Molgó participan de la colaboración con el grupo de I. Negueruela (Univ. de Alicante) para el análisis de cúmulos abiertos en brazos espirales.

F. Garzón y M. López-Corredoira participan en la colaboración de SDSS-III y en la futura explotación científica de la misión GAIA.

Otras publicaciones: se han escrito otros artículos y realizado otras participaciones en congresos (Ver PUBLICACIONES CIENTÍFICAS).

## EVOLUCIÓN DE GALAXIAS EN CÚMULOS (P/300424)

J.A. López Aguerri.

R. Barrena Delgado, C. Muñoz Tuñón, S. Zarattini, I. Agulli, C. Zurita Espinosa, C. Dalla Vecchia y W. Boschin.

E.M. Corsini (Univ. de Padua, Italia); J.M. Vilchez, J. Iglesias (IAA); C. del Burgo, E. Jiménez Bailon (UNAM, México); N. Napolitano (Obs. de Capodimonte, Italia); M. Girardi, S. Borgani (Univ. de Trieste, Italia); A. Biviano (Obs. Astronómico de Trieste, Italia); V. Debattista (Univ. de Lancashire, Reino Unido); E. D'Onghia (Univ. Wisconsin-Madison, EEUU); M. Moles (Centro de Estudios de Física de Aragón); M. de Santos Lleo (ESA); M. Arnaboldi (ESO, Alemania); O. Gerhard (MPIA, Alemania); R. Sánchez Janssen (NRC Herzberg Inst. of Astrophysics, Canadá); M. Huertas-Company (Obs. de París, Francia); J. Méndez Abreu (Univ. St. Andrews, Escocia); A. Diaferio (Univ. de Turín, Italia).

### INTRODUCCIÓN

Las estructuras en el Universo, a todas las escalas de masa, se han formado de una forma jerárquica y principalmente producidas por fusiones de galaxias. Sin embargo, esta formación jerárquica de las galaxias puede ser modulada por el entorno en el cual se crean y evolucionan. Mientras que las galaxias de campo presentan una evolución pasiva, los cúmulos de galaxias son entornos de muy alta densidad donde las galaxias interactúan unas con otras y con el gas intracumular caliente (ICM). Además, la dinámica de los cúmulos está dominada por la alta densidad y cantidad de materia oscura presente en los mismos y que provoca elevados potenciales gravitatorios. Por todo ello, los cúmulos de galaxias son sistemas complejos con múltiples componentes (galaxias, ICM, materia oscura) que evolucionan de manera acoplada. La mezcla de todas estas componentes, así como sus interacciones, hacen de los cúmulos de galaxias laboratorios ideales donde estudiar una gran variedad de fenómenos que provocan que la evolución de galaxias en estos entornos de alta densidad sea muy diferente a la de las galaxias de campo.

Es bien conocido desde las primeras observaciones de cúmulos, que las propiedades de las galaxias que se encuentran en entornos de alta densidad son diferentes de las que se encuentran aisladas. Probablemente la relación morfología-densidad (Hubble & Humason 1931, *Astrophysical Journal*, 74, 43; Dressler 1980, *As-*

*trophysical Journal*, 236, 351) sea la principal evidencia observacional que apunta a una diferente evolución de las galaxias en cúmulos. Esta relación establece que la densidad local de galaxias y el tipo morfológico no son cantidades independientes, así la población de galaxias presente en cúmulos está dominada por galaxias de tipo temprano, principalmente elípticas y lenticulares. Otras dos propiedades observacionales que diferencian el contenido estelar de cúmulos y campo viene dado por la presencia de las galaxias centrales luminosas (BCG; Rines et al. 2007, *Astrophysical Journal*, 665, L9) y la existencia de la luz difusa intracumular (ver Aguerri et al. 2005, *Astronomical Journal*, 129, 2585). Las BCGs están íntimamente ligadas con las propiedades del cúmulo que las alberga (Lin & Mohr 2004, *Astrophysical Journal*, 617, 879), se localizan en el fondo del pozo de potencial cumular y además tienen luminosidades que correlacionan con la luminosidad y masa total del cúmulo. Evidencias observacionales y teóricas sugieren que estas BCGs se forman a través de fusiones de galaxias más pequeñas. Durante este proceso, gran cantidad de estrellas pueden ser desligadas dando lugar a la luz difusa intracumular (De Lucia & Blaizot 2007, *Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, 375, 2; Murrante et al. 2007, *Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, 377, 2). Esta componente puede dar cuenta de entre un 5% y un 25% de la luminosidad total de un cúmulo y sus propiedades están ligadas a las de las BCGs (ver Castro-Rodríguez et al. 2009, *Astronomy & Astrophysics*, 507, 621). Por otro lado, la cantidad de hidrógeno neutro (HI) presente en las galaxias con disco también representa una indicación de la diferente evolución de galaxias en entornos de alta densidad. De hecho, las galaxias presentes en entornos cumulares presentan una deficiencia de HI en sus discos con respecto a las galaxias de campo, siendo esta deficiencia mayor cuando nos acercamos al centro del cúmulo (Solanes et al. 2001, *Astrophysical Journal*, 548, 97).

Estas diferencias observacionales entre las galaxias de campo y en cúmulos se conocen desde las primeras observaciones que se hicieron en cúmulos hacia la mitad del siglo XX. Esto sugirió desde un principio que dichas diferencias entre galaxias de campo y cúmulos eran debidas a diferentes procesos de formación. Sin embargo, desde la aceptación general de las teorías jerárquicas como los modelos preferidos que explican la formación de estructuras, en los cuales las galaxias brillantes se forman por fusiones e interacciones, se ha puesto toda la atención en los mecanismos que pueden transformar galaxias de tipo tardío (dominantes en campo) en tipo temprano (dominantes en cúmulos). Estos mecanismos evolutivos se pueden separar en dos

categorías: las interacciones gravitatorias entre galaxias y el potencial cumular, y las interacciones hidrodinámicas entre el medio interestelar de las galaxias y el ICM. Los principales mecanismos propuestos hasta ahora son: fricción dinámica (Chandrasekhar 1943, *Astrophysical Journal*, 97, 255; Binney & Tremaine 1987, *Galactic Dynamics*), esta afecta a objetos moviéndose en el seno de una distribución de partículas, por tanto es efectiva en entornos de alta densidad para galaxias masivas que no orbiten a gran velocidad; fusiones e interacciones de marea entre pares de galaxias (Binney & Tremaine 1987), estas afectan tanto al gas, como a las estrellas y la materia oscura dependiendo de las ligaduras entre las distintas componentes; interacciones de marea entre galaxias y el potencial del cúmulo, estas pueden perturbar las galaxias induciendo cambios morfológicos como la formación de barras o el engrosamiento de los discos, sus efectos son mayores cuanto más masivo sea el cúmulo y cuanto más cercana al centro de este se encuentre la galaxia; *harassment* (Moore et al. 1996, *Nature*, 379, 613; Moore et al. 1998, *Astrophysical Journal*, 495, 139; Moore et al. 1999, *Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, 304, 465), este se basa en el efecto combinado de multitud de encuentros cercanos de alta velocidad entre galaxias y la interacción con el potencial global del cúmulo, sus efectos dependen de la frecuencia colisional, la intensidad de las interacciones individuales, del potencial del cúmulo y de la distribución de materia de las galaxias; *ram-pressure stripping* (Gun & Gott 1972, *Astrophysical Journal*, 176, 1; Quilis et al. 2000, *Science*, 288, 1617), esta presión de arrastre se basa en que el medio interestelar de las galaxias presentes en un cúmulo pueda ser arrancado por el ICM cuando estas pasan a altas velocidades a través de él, de esta manera se intenta explicar la transformación de galaxias espirales en lenticulares; estrangulamiento (Larson et al. 1980, *Astrophysical Journal*, 237, 692), este proceso se basa en que la interacción hidrodinámica de la galaxia con el ICM combinada con las fuerzas de marea del cúmulo son capaces de eliminar las reservas de gas existentes en los halos de galaxias espirales, de esta manera, se frena la retroalimentación de gas en los discos frenando la formación estelar y convirtiendo las galaxias espirales en lenticulares.

Todos estos mecanismos provocan transformaciones morfológicas en las galaxias. El objetivo de este Proyecto es estudiar la formación y evolución de las galaxias en estos entornos densos. Se pretende entender en qué entorno domina cada uno de estos mecanismos y cuál/es de estos mecanismos de transformación de galaxias es el que domina la evolución de los diferentes

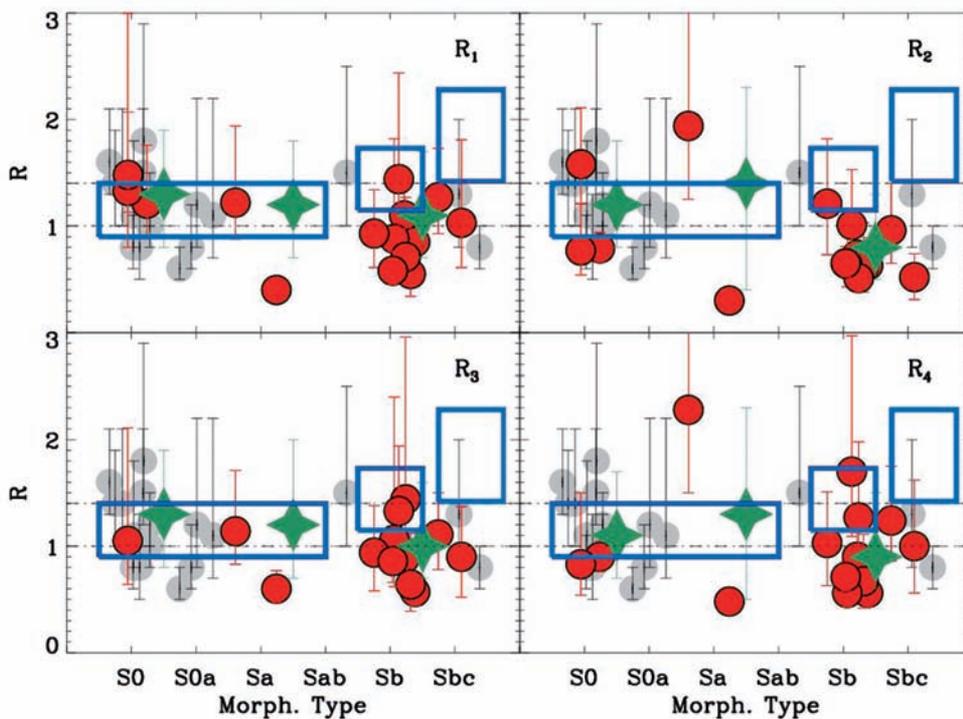
tipos de galaxias (tanto brillantes como enanas) en los cúmulos. Cuantificar observacionalmente la eficiencia de estos mecanismos no es un tarea sencilla ya que muchos de ellos actúan a la vez, lo hacen según escalas de tiempo muy diferentes, y en regiones del cúmulo también diversas. Sin embargo, como se comentó anteriormente, hay una serie de evidencias observacionales que pueden ser directamente contrastadas: distribución morfológica de las galaxias de los cúmulos; función de luminosidad; luz difusa (cantidad y distribución); presencia de subestructura; propiedades de las galaxias enanas y brillantes; propiedades del medio gas caliente intracumular. Todos estos observables nos pueden dar información sobre la relación entre entorno y evolución galáctica. Estas son las cantidades que queremos medir en este Proyecto para muestras amplias de cúmulos de galaxias.

## HITOS

Durante el año 2015 podemos destacar como principales hitos los siguientes resultados obtenidos dentro de este Proyecto:

### *Patrón de velocidad de barras a lo largo de la secuencia de Hubble*

El patrón de velocidad de las barras ( $\omega_{\text{bar}}$ ) se define como la velocidad de rotación de la barra y determina su dinámica. Diferentes métodos han sido desarrollados para la medida de  $\omega_{\text{bar}}$ . El método no-paramétrico propuesto por Tremaine & Weinberg (1984, *Astrophysical Journal*, 282, L5; TW) y basado en medidas de cinemática estelar es el más preciso. Este método se ha aplicado hasta la fecha a 17 galaxias, la mayoría de tipos SB0 y SBa. En el presente estudio se ha ampliado la muestra de galaxias y se ha aplicado el método TW a una muestra nueva de 15 galaxias barradas que cubren un rango morfológico amplio desde SB0 hasta SBbc. Combinando nuestro análisis con datos de la literatura, se investigó el patrón de velocidades de un total de 32 galaxias. Esta muestra final permite estudiar la dependencia de  $\omega_{\text{bar}}$  con el tipo de Hubble. Usando datos del cartografiado CALIFA se determinó los mapas de velocidad estelar y se midió  $\omega_{\text{bar}}$  usando el método TW. Los datos de campo integral como los de CALIFA resuelven importantes problemas



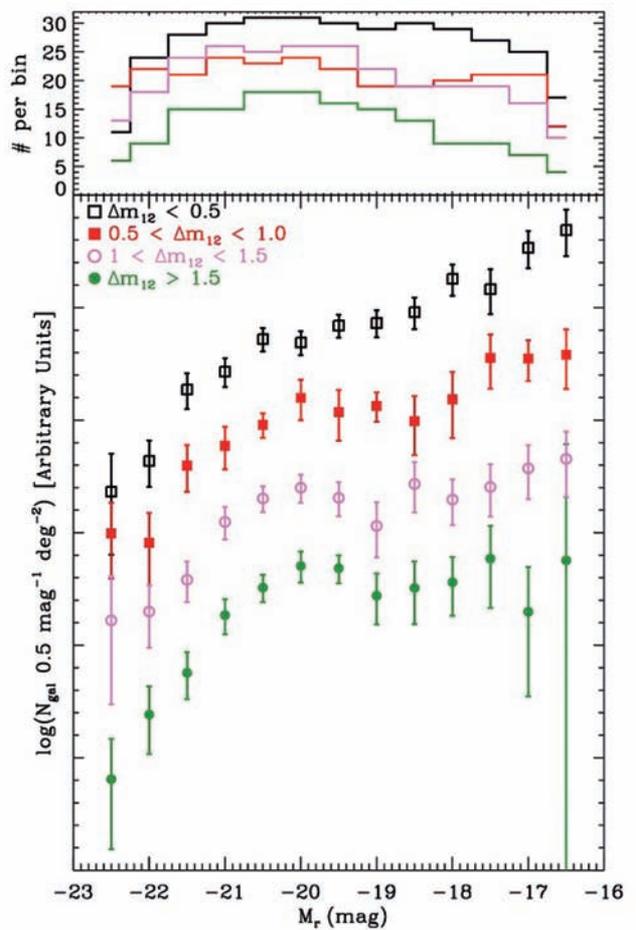
Valores del parámetro  $\mathcal{R}$  en función del tipo de Hubble para todas las galaxias con patrón de velocidades medido mediante el método de TW. Los puntos grises representan galaxias de la literatura compiladas por Corsini (2011), el cual excluye la muestra de Rautiainen et al. (2008), indicada en la figura con rectángulos azules. Los símbolos rojos representan valores de  $\mathcal{R}$  de nuestra muestra de galaxias de CALIFA. Las estrellas verdes representan valores medios de  $\mathcal{R}$  para galaxias de tipos SB0-SB0/a, SBa-SBab, y SBb-SBbc con  $\omega_{\text{bar}}$  determinado mediante el método de TW. Los rectángulos azules representan los valores medios y la dispersión (ancho del rectángulo) de  $\mathcal{R}$  obtenidos por Rautiainen et al. (2008). Por motivos de claridad, los valores de  $\mathcal{R}$  se han movido ligeramente respecto al tipo de Hubble.

que se dan con datos de rendija larga cuando se aplica el método de TW, resultado una determinación de  $\omega$  más precisa. Además, se ha derivado el parámetro  $\mathcal{R}$  el cual se determina mediante el cociente entre el radio de corrotación y el radio de la barra. De acuerdo con este parámetro, las barras se pueden clasificar en rápidas ( $\mathcal{R} < 1.4$ ) y lentas ( $\mathcal{R} > 1.4$ ). Para todas las galaxias medidas  $\mathcal{R}$  es compatible, dentro de sus incertidumbres, con que las barras sean rápidas. No se puede excluir (al 95% C.L.) la solución de barra rápida para ninguna de las galaxias analizadas. Además, no se ha observado ninguna tendencia significativa entre  $\mathcal{R}$  y el tipo morfológico de las galaxias. Los resultados indican que, independientemente del tipo de Hubble, las barras se han formado y evolucionado como rotadores rápidos. Este resultado observacional pone importantes restricciones a la formación y evolución de barras propuesto por las simulaciones dinámicas.

*Relación Lx-Lopt entre cúmulos fósiles y no-fósiles  
Dependencia de la función de luminosidad con el grado de fosilidad de cúmulos de galaxias*

En la naturaleza se observan agrupaciones de galaxias que presentan un amplio rango de diferencias de magnitudes entre sus dos galaxias más brillantes ( $\Delta m_{12}$ ). Así, hay sistemas en los que dicha diferencia de magnitudes es cercana a cero (ej. el cúmulo de Coma), en el otro extremo de la distribución, las mayores diferencias de magnitud corresponde a los sistemas llamados fósiles. La distribución observada de diferencias de magnitudes puede ser consecuencia del decaimiento orbital de galaxias tipo  $M^*$  en halos masivos y el crecimiento asociado de los objetos centrales. Como resultado, a primer orden la amplitud de dicha diferencia de magnitudes puede ser una aproximación de la edad dinámica de los sistemas de galaxias. Sistemas fósiles y no-fósiles podrían tener diferentes poblaciones de galaxias las cuales se deberían de reflejar en sus funciones de luminosidad. En este trabajo, por vez primera, se ha estudiado la dependencia de los parámetros de la función de luminosidad con el  $\Delta m_{12}$  usando datos del proyecto Fossil Group Origins (FOGO). Se construyó una función de luminosidad híbrida para 102 grupos y cúmulos de galaxias  $az \leq 0.25$  usando datos fotométricos de SDSS-DR7 *redshifts* de los surveys SDSS-DR7 y FOGO. Este último survey contribuyó con  $\sim 1.200$  nuevos *redshifts* en 34 candidatos a sistemas fósiles. Se calculó la función de luminosidad conjunta de todos los sistemas y se dividió la muestra en función de sus valores del parámetro  $\Delta m_{12}$ . Las funciones de luminosidad resultantes se ajustaron me-

diante funciones de Schechter y se estudió la dependencia de sus parámetros. Se encontró tendencias en los parámetros de las funciones de luminosidad con los valores de  $\Delta m_{12}$ . En particular, cuanto mayor es la diferencia de magnitudes de los sistemas más débil es la magnitud característica de su función de luminosidad. Se encontró también que los sistemas con mayor valor de  $\Delta m_{12}$  presentan funciones de luminosidad más planas en su parte débil. Las diferencias encontradas en la parte brillante de las funciones de luminosidad pueden ser explicadas por la fusión de galaxias de tipo  $M^*$  con las galaxias centrales de los sistemas como conse-



Panel inferior: Funciones de luminosidad de sistemas con diferentes diferencias de magnitud entre sus dos galaxias más brillantes. Los cuadrados negros abiertos representan sistemas con  $\Delta m_{12} \leq 0,5$ , los cuadrados rojos llenos son sistemas con  $0,5 < \Delta m_{12} \leq 1,0$ , los círculos violetas abiertos indican sistemas con  $1 < \Delta m_{12} \leq 1,5$ , y los círculos verdes rellenos son sistemas con  $\Delta m_{12} \geq 1,5$ . Las cuatro funciones de luminosidad se han movido una cantidad arbitraria por motivos de representación. Panel superior: histograma mostrando el número de sistemas que han contribuido en cada bin de magnitudes. El código de color es el mismo que el del panel inferior.

cuencia de la fricción dinámica que sufren este tipo de galaxias. Por el contrario, las diferencias en la parte débil de las funciones de luminosidad no pueden ser explicadas por este tipo de mecanismos. Otros procesos, como ruptura de galaxias enanas en tempranos estadios evolutivos del sistema u órbitas más excéntricas de las galaxias enanas, tienen que ser invocadas para explicar estas diferencias.

## EVOLUCIÓN DEL PROYECTO

Este Proyecto se ha convertido en los últimos años en un proyecto interdisciplinar que combina observaciones, simulaciones y desarrollo instrumental con el fin de estudiar la formación y evolución de las galaxias en entornos de alta densidad de galaxias. Los diferentes objetivos que se propusieron para 2015 han dado los siguientes resultados:

### *Cartografiados espectroscópicos profundos en cúmulos cercanos*

La espectroscopía profunda en cúmulos de galaxias es una herramienta clave para entender la formación y evolución de estos sistemas de galaxias. En particular, poder observar espectroscópicamente galaxias enanas ( $M_r = -16.0$ ) permite entender la formación y evolución de los halos de baja masa presentes en los cúmulos de galaxias. Debido a que estos objetos son de bajo brillo superficial, sólo en cúmulos de galaxias cercanos se pueden realizar este tipo de observaciones. Miembros de este proyecto están liderando el desarrollo de un nuevo espectrógrafo de gran campo para el telescopio WHT llamado WEAVE. Este instrumento será ideal para realizar un gran cartografiado espectroscópico de cúmulos de galaxias cercanos. Miembros de este Proyecto están coordinando tal estudio con miembros del equipo científico del instrumento WEAVE. Hasta la llegada de WEAVE al telescopio (primera mitad de 2018) el presente Proyecto ha comenzado a estudiar un número reducido de cúmulos de galaxias con la instrumentación de la que se dispone actualmente en telescopio de tipo 8 m (VIMOS@VLT) y 4 m (AF2@WHT). Este trabajo constituye la tesis de I. Agulli que se encuentra en su último año. Hasta ahora se han conseguido observaciones espectroscópicas profundas de los cúmulos de A85, A2151 (Cúmulo de Hércules) y A426 (Cúmulo de Perseo). Uno de los observables que se quiere caracterizar con estos surveys es la función de luminosidad de galaxias en cúmulos.

El estudio de la función de luminosidad (LF) de las galaxias es crucial para entender la formación y la evolución de las galaxias en entornos de distintas densida-

des. Los cartografiados espectroscópicos profundos nos brindan la oportunidad de obtener la LF de galaxias en cúmulos hasta el rango de las galaxias enanas. Hasta la fecha hemos estudiado dos cúmulos cercanos: A85 y A2151. Los datos espectroscópicos fueron obtenidos con los instrumentos VIMOS@VLT y AF2@WHT, respectivamente. Los resultados obtenidos hasta ahora en el cúmulo de A85 indican que la LF de este cúmulo no presenta un exceso de galaxias enanas respecto a funciones de luminosidad de campo como habían predicho estudios sobre funciones de luminosidad hechas con datos puramente fotométricos. La única variación en la función de luminosidad de A85 respecto a la de campo es la naturaleza de las galaxias. Mientras la parte débil de la LF de A85 está dominado por galaxias rojas en campo se observan que son las enanas azules las que dominan a magnitudes débiles. Además hemos realizado un profundo estudio de la subestructura y las diferentes poblaciones de galaxias en este cúmulo. Se ha obtenido la dependencia radial de la LF, encontrando que sólo las galaxias de magnitud intermedia son las que presentan una variación radial. Por el contrario las galaxias enanas no presentan tal variación. Los resultados han sido reflejados en un artículo que está en proceso de arbitraje (Agulli et al. 2016, *MNRAS*).

Además de A85, se ha analizado los datos obtenidos para el cúmulo de Hércules (A2151). Este cúmulo cercano presenta una secuencia roja a baja masa que aún no está formada. Es la primera vez que se observa este fenómeno en cúmulos cercanos. Esto nos permitirá poner restricciones sobre los mecanismos que producen el enrojecimiento de las galaxias enanas en cúmulos.

### *Sistemas de grupos fósiles: Proyecto FOGO*

Se denominan sistemas fósiles o grupos fósiles de galaxias a cúmulos o grupos que presentan una galaxia central muy dominante en luminosidad. En particular, estos sistemas tienen galaxias centrales que son al menos dos magnitudes más brillantes que la segunda galaxia en luz del cúmulo. Estas galaxias centrales tan dominantes albergan una amplia fracción de las estrellas presentes en el cúmulo. Cosmológicamente, estos sistemas son importantes ya que se piensa que son reliquias del universo primitivo. Durante los últimos años, el grupo ha estado caracterizando ese tipo de sistemas de galaxias. Para ello se nos concedió en el periodo 2008-2010 un proyecto internacional en el Observatorio del Roque de los Muchachos. Este proyecto, denominado FOGO, cuenta con un grupo de 20 investigadores internacionales y liderado por el IP. Dentro de

este proyecto se ha realizado la tesis doctoral del S. Zarattini, la cual fue defendida en el Departamento de Astrofísica de la Universidad de La Laguna en mayo de 2015.

Los principales resultados alcanzados durante 2015 han sido:

Estudio de la función de luminosidad en sistemas fósiles: Se estudió, por vez primera, la dependencia de la función de luminosidad con la diferencia de magnitudes entre la primera y segunda galaxias ( $m_{12}$ ) de un conjunto de sistemas. Los datos obtenidos indican que conforme aumenta dicha diferencia de magnitudes las funciones de luminosidad presentan parámetros  $M^*$  más débiles y  $\alpha$  más pequeño. La diferencia en  $M^*$  se puede explicar debido a la ausencia de galaxias de tipo  $M^*$  en sistemas de con grandes  $m_{12}$ . Esto se interpreta como una canibalización de este tipo de galaxias por la galaxia central de estos sistemas. Sin embargo, los sistemas con  $m_{12}$  alto presentaban pendientes menores de sus funciones de luminosidad. Es decir, un menor número de galaxias enanas. Esto no se preveía en los modelos de formación de los sistemas fósiles, ya que la fricción dinámica de las galaxias enanas es muy pequeña y no se fusionan con la galaxia central. Estos resultados se han publicado en Zarattini et al., 2015, *Astronomy & Astrophysics*, 565, 116.

Subestructura de los sistemas fósiles: Se ha estudiado por vez primera de una forma sistemática la subestructura de galaxias en grupos y sistemas fósiles. Al contrario de lo esperado, no todos los sistemas fósiles se encuentran relajados. Se ha encontrado que los sistemas fósiles presentan el mismo tipo de subestructura que los sistemas no fósiles y se encuentran en el mismo tipo de entornos. Este resultado pone de manifiesto que estos sistemas pueden estar acretando galaxias al contrario de lo que sugerían las simulaciones. Por lo cual el grado de fosilidad debe de estar ligado a otras características físicas de los sistemas en lugar de su edad dinámica. Los resultados se han publicado en el artículo: Zarattini et al. 2016, *Astronomy & Astrophysics*.

Formación y evolución de las galaxias centrales en sistemas fósiles: La formación de las galaxias centrales de los sistemas fósiles es una pieza clave para entender su formación y evolución. Datos espectroscópicos profundos tomados con el telescopio GTC nos han mostrado que para una de las galaxias centrales de estos sistemas presenta una población estelar rejuvenecida en su parte central. Lo cual indica que esta galaxia ha podido tener una fusión hace unos 5-6 Gyr. Esto pone de manifiesto que la formación de estas galaxias ha po-

didido extenderse en el tiempo durante un periodo más largo que el previsto por las simulaciones numéricas de este tipo de sistemas. Estos resultados se presentaron en la tesis doctoral de S. Zarattini defendida en mayo de 2015. Se está escribiendo un artículo que recoja estos resultados.

Propiedades de la componente intracumular en sistemas fósiles. Datos propios del proyecto FOGO obtenidos con el satélite SUZAKU han mostrado que los sistemas fósiles y no fósiles comparten las mismas relaciones de escala de rayos-X. Esto implica que las propiedades físicas del gas caliente intracumular de los sistemas fósiles y no-fósiles son similares. Este estudio amplió considerablemente la muestra de sistemas fósiles estudiados en la literatura. Será un referente en el futuro para estudios similares de este tipo de sistemas. Los resultados se publicaron en Kuntt et al, 2015, *MNRAS*, 454, 161

#### *Propiedades de componentes galácticas y entorno*

Durante 2015 hemos continuado el estudio sobre propiedades de determinadas componentes galácticas. Algunas de ellas relacionadas con el entorno. En particular hemos tratado dos estudios relacionados con las barras presentes una amplia población de galaxias disco.

Patrones de velocidad en galaxias barradas de distintos tipos de Hubble: Uno de los parámetros más difíciles de determinar en las galaxias barradas es el patrón de velocidad de la barra. Esto es la velocidad angular con la que la barra rota en el disco de la galaxia. Hasta ahora se habían medido patrones de velocidad, sobre todo, en galaxias de tipo temprano. Usando datos del cartografiado ALHAMBRA se han podido medir patrones de velocidad en galaxias de tipo tardío. Los resultados obtenidos constituyen una de las mejores medidas de estos parámetros físicos presentes en la literatura. Se ha obtenido que no hay una variación del patrón de velocidades con el tipo morfológico de las galaxias. Independientemente del tipo de galaxia, el radio de corrotación se encuentra a una distancia de 1,0-1,2  $R_{bar}$ , siendo  $R_{bar}$  el radio de la barra de las galaxias. Los resultados han sido publicados dentro de la colaboración ALHAMBRA y constituyen uno de los artículos denominados "core" (Aguerri et al. 2015, *Astronomy & Astrophysics*, 576, 102).

Formación de barras con interacciones: Las barras aparecen en más del 50% de las galaxias masivas cercanas. Su formación se puede deber a causas internas de los discos de galaxias o a interacciones con otras galaxias cercanas. Las interacciones rápidas son frecuen-

tes en sistemas como los cúmulos y grupos de galaxias. Se ha estudiado mediante simulaciones numéricas N-body la formación y evolución de las barras producidas por interacciones rápidas de galaxias. Durante 2015 se ha completado el análisis de las simulaciones, se ha escrito y enviado un artículo a la revista *Astronomy & Astrophysics*, el cual está en proceso de arbitraje. Los resultados obtenidos ponen de manifiesto que las barras que se crean por interacciones presentan unas etapas evolutivas diferentes a las que se crean por procesos internos. En particular, su formación es más dilatada en el tiempo y se presentan durante un mayor lapso temporal como barras lentas. Estos resultados servirán a los observadores para determinar si las barras que detectan son producidas por interacciones o por causas internas.

#### Proyecto WEAVE

El espectrógrafo WEAVE es un instrumento de nueva generación que se está diseñando y construyendo para el telescopio WHT. Este instrumento va a combinar un gran campo (2 grados de diámetro) con una gran capacidad de obtención de espectros (1.000 fibras por apuntado). El instrumento está siendo desarrollado por un consorcio internacional en el cual el IAC tiene una importante involucración. En particular el IP de este proyecto es Co-IP del Proyecto WEAVE. Se espera que el instrumento este en el telescopio a finales del 2017 y desarrolle grandes cartografiados de galaxias y estrellas durante un periodo de 5 años. Este Proyecto es un proyecto estratégico para el telescopio WHT y para el IAC. El IAC es uno de los socios mayoritarios del Consorcio WEAVE y tiene asignados importantes paquetes instrumentales con una inversión de unos 3,5 M€.

El IP del presente proyecto es Co-IP de WEAVE y es miembro del grupo ejecutivo del instrumento, que es el comité que lleva el día a día del mismo. Durante 2015 se han estado diseñando y construyendo importantes paquetes instrumentales asignados al IAC dentro del consorcio. En particular, la unidad de translación del nuevo foco primario del telescopio WHT, el equipo de almacenaje y manejo del instrumento, adquisición de óptica para el nuevo foco primario del telescopio WHT, motores y electrónica asociada para el espectrógrafo y foco primario, y fabricación del sistema de retractores de fibras. Estos paquetes de trabajo se han desarrollado con la colaboración de industria especializada.

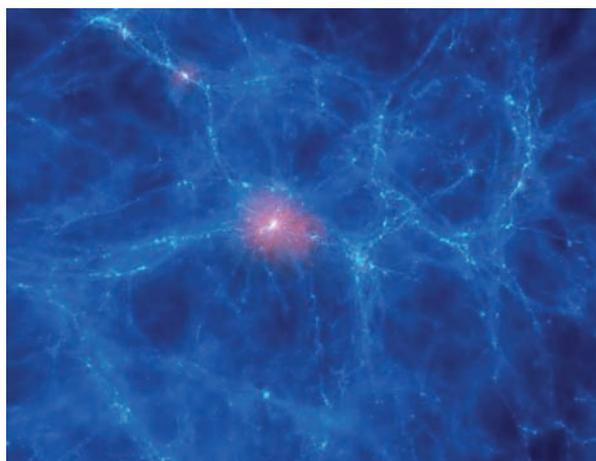
Unos de los paquetes que se están desarrollando para el instrumento WEAVE es el paquete de software

denominado "Advance Processing System" (APS). Este paquete está siendo desarrollado por C. Allende y C. Zurita. Este paquete medirá una serie de parámetros físicos de los objetos que se observen en todos los cartografiados que haga el instrumento WEAVE. Estos parámetros estarán disponibles para la comunidad WEAVE y serán esenciales para la ciencia que produzca WEAVE. Durante 2015 se ha pasado satisfactoriamente el FDR (*final desing review*) de este paquete. Se está ahora desarrollando el software de cada uno de los subpaquetes que lo integran.

El grupo científico de WEAVE consta de unos 150 investigadores pertenecientes a los países miembros del Consorcio. De ellos unos 50 tienen afiliación a algún centro de investigación español. El IP del proyecto coordina los cartografiados relacionados con cúmulos de galaxias. Durante 2015 se desarrollaron estos cartografiados y se realizó una primera planificación de los diferentes cartografiados. Este plan fue evaluado por un comité científico externo al Proyecto.

#### Simulaciones numéricas de cúmulos de galaxias: Proyecto EDGE

Este Proyecto trata de estudiar en detalle la evolución de la función de luminosidad de las galaxias en cúmulos y la formación de las galaxias de baja masa mediante simulaciones numéricas. Se trata de resimular a muy alta resolución un conjunto de cúmulos cercanos. Estas simulaciones serán únicas en su clase y serán fundamentales para el desarrollo de la ciencia relacionada con cúmulos de galaxias que llevará a cabo los cartografiados del instrumento WEAVE. Durante 2015 se han realizado una planificación de estas simulaciones. Se han corrido simulaciones de materia oscura de muy alta resolución que servirán de base para introducir y resimularlas incluyendo los bariones en ellas.



## CENTROS DE GALAXIAS A ESCALAS DE PARCSECS Y TÉCNICAS DE ALTA RESOLUCIÓN ESPACIAL (P/300621)

A.M. Prieto Escudero.

J.A. Acosta Pulido, A. Streblyanska, J.A. Fernández Ontiveros, E. Mohd Noh-Velastin y G. Rodríguez Coira.

Colaboradores del IAC: J.J. Díaz García, P. López Ramos, J. Patrón Recio J. Nadolny, J. Marco de la Rosa y F. Tabatabaei.

J.A. Fernández Ontiveros (IAPS, Roma, Italia); M. Mezcua (Canadá); A. Rodríguez-Ardila (LNA, Brasil); K. Tristram (ESO, Chile); A. Burkert, L. Bachmann (LMU, Munich, Alemania); S. Mazzalay (MPE, Munich, Alemania); M. Schartmann (CfAS, Univ. Swinburne Univ., Australia); N. Haering (MPIA, Heidelberg, Alemania); G. Bruzual (Morelia, México); P. Mínguez, L. Reb (ULL); A.C. Raiteri, M.I. Carnerero (Obs. de Torino, Italia).

### INTRODUCCIÓN

Proyecto enfocado al estudio en el IR del núcleo de las galaxias más cercanas con resoluciones espaciales en el rango de 1 a 10 pc. Estas resoluciones espaciales, accesibles con los grandes telescopios de tierra usando técnicas frontera de observación, son comparables, por primera vez, a las que se obtienen rutinariamente con HST en el óptico y VLBI en radio.

Los objetivos de este Proyecto son:

Desarrollar un grupo líder en el IAC especializado en técnicas de alta resolución espacial en el IR, específicamente en Óptica Adaptativa, Estrellas Guí Láser, Interferometría Speckle y Óptica. Para ello, este equipo está involucrado en el desarrollo del primer instrumento de Óptica Adaptativa para el telescopio GTC, FRIDA <http://www.iac.es/proyecto/frida/>, en la definición de programas estratégicos de observación con láser en el telescopio GTC con GTCOA y en la definición y desarrollo de instrumentación de Óptica Adaptativa futura para el telescopio VLT, ERIS

<http://www.eso.org/~mschoell/ERIS/>

Utilizar estas técnicas para el estudio de centros de galaxias, y sus manifestaciones energéticas, con resoluciones espaciales por debajo de 100mas. Para ello, el equipo desarrolla los siguientes proyectos:

- Proyecto PARSEC: “The central PARSEC of galaxies” <http://www.iac.es/project/parsec/main/index.ph>

p. Estudio del centro de galaxias más cercanas y brillantes utilizando datos de resolución espacial comparable: radio con VLA, IR con Óptica Adaptativa e interferometría óptica, y óptico con HST.

- Proyecto PAIS: Particle Accelerators In Space <http://www.iac.es/proyecto/jets-and-hotspots-in-radiogalaxies/main/index.php>. Estudio de jets y hot-spots en galaxias. El programa explora los procesos físicos que dan lugar a emisión óptica en jets y hot-spots, usando datos con alta resolución espacial procedentes de los telescopios VLA, HST y VLT.

### EVOLUCIÓN DEL PROYECTO

#### *Proyecto PARSEC*

Se continúa el estudio del centro de las galaxias más cercanas usando muy alta resolución espacial a lo largo de todo el espectro electromagnético. Las resoluciones espaciales alcanzadas son del orden de 10 pc en torno al agujero negro. Con estas resoluciones se ha mapeado la distribución del material en el entorno del agujero negro y se identifican los canales a través de los cuales el material circula y se asienta en el disco de acreción (grupo PARSEC completo).

En 2015 se han publicado 8 artículos en revistas con árbitro (A.M. Prieto, M. Mezcua, J.A. Fernández-Ontiveros, L. Bachmann, A. Burkert, K. Tristram, J. Acosta Pulido).

Se han preparado solicitudes de financiación (y han sido otorgadas) para la estudiante de doctorado L. Moth (estancia en ESO, 3 meses, trabajar con VLTI data of AGN, septiembre-diciembre 2016), y para G. Rodríguez (asistencia al VLTI\_ESO School in Bonn, agosto 2015): A. Prieto.

Se ha dirigido el trabajo “beca de verano 2015” de A. Hernández (Univ. de Salamanca): The IR nucleus of Andromeda (A. Prieto, A. Streblyanska).

Participación como miembros LOC de la sesión EWAS 2015 -SP09 (La Laguna): Low Accretion physics in the Universe (M. Mezcua, J.A. Fernandez-Ontiveros).

SOC member de EWAS 2015, La Laguna: M. Mezcua.

Se ha continuado con el programa de monitorizado fotométrico de blázares en colaboración con la red WEBT-GASP usando los telescopios IAC-80 y TCS. Los datos obtenidos se incluyeron en dos publicaciones de la red [Infrared properties of blazars: putting the GASP-WEBT sources into context, Raiteri et al, 2014; MAGIC gamma-ray and multi-frequency observations of flat spectrum radio quasar PKS 1510-089 in early 2012, Aleksić et al, 2014] (J. Acosta Pulido)

### Proyecto FRIDA

Se continúa con el desarrollo del instrumento de Óptica Adaptativa para el telescopio GTC, FRIDA. Se continúa la revisión y puesta al día de los documentos de calibración, *commissioning*, modos de observación de FRIDA. Se está desarrollando la primera versión del software de ETC de FRIDA para lo que se ha subcontratado una empresa de Software SHIDIX con fondos de SO 2011 (J. Acosta Pulido, A. Prieto).

Se participa en el seguimiento del desarrollo de GTC-AO en el IAC (A. Prieto).

Se solicita financiación a la convocatoria de MINECO de proyectos de infraestructura 2015: 500 KE para compra de detector Hawaii 2RG (A. Prieto, J. Patrón, J.J. Díaz).

#### Proyectos externos con Óptica Adaptativa

Se continúa con el seguimiento del instrumento ERIS de Óptica Adaptativa para el telescopio VLT (A. Prieto es miembro del ESO -ERIS *science committee*).

## HUELLAS DE LA FORMACIÓN DE LAS GALAXIAS: POBLACIONES ESTELARES, DINÁMICA Y MORFOLOGÍA (P/300624)

J. Falcón Barroso.

M. Balcells Comas, F. Pinna, I. García de la Rosa, J. Fliri, M. Cebrián Renau, M.K. Seidel, , M. Prieto Muñoz, B. Röck, J. Román García, I. Martín Navarro, J. Falcon Barroso, A. Vazdekis Vazdekis e I. Trujillo Cabrera.

Colaboradores del IAC: C. Ramos Almeida y A. Asensio Ramos.

J. Gorgas, N. Cardiel, A. Gil de Paz, P. Pérez-González (UCM), V. Quilis (Univ. de Valencia), J. Cenarro (CEFCA), N. Arimoto (NAOJ, Japón), S. Cassisi (Obs. de Teramo, Italia), P. Coelho (IAG-USP, Brasil), F. Buitrago, E. Marmol Queralto (ROE, Reino Unido), R. Peletier (Kapteyn Inst., Países Bajos), I. Ferreras (UCL, Reino Unido), R.E. Carrasco (Gemini, Chile), C. Conselice (Univ. de Nottingham, Reino Unido), G. van den Ven (MPIA, Alemania), R.R. de Carvalho (INPE/DAS, Brasil), F. La Barbera (Obs. de Capodimonte, Italia).

### INTRODUCCIÓN

Entender la formación y evolución de las galaxias es, sin duda alguna, uno de los grandes retos de la Astro-

nomía actual. La acumulación observacional de datos de gran calidad en los últimos años permite explorar con gran detalle las propiedades de las galaxias cercanas y con creciente precisión la naturaleza de estos objetos a  $z \sim 1$ . Sin embargo, a día de hoy no existe un consenso de cómo se produce la evolución desde la población de objetos lejanos hasta las galaxias actuales. La razón principal para este disenso es la intrínseca complejidad del fenómeno de la formación de las galaxias. De hecho, dentro del paradigma actual, la formación y evolución de las galaxias se entiende como resultado de una combinación compleja de agrupamientos jerárquicos, disipación de gas, fusiones y evolución secular. Mientras que la gravedad guía el ensamblaje de las estructuras cósmicas, el gas se enfría en el centro de los halos de materia oscura y forma un disco, que adquiere momento angular a través de los torques de marea producidos por las estructuras cercanas. El gas finalmente se enfría y forma estrellas. Una vez se han formado estas galaxias primigenias, se espera que las fusiones entre ellas dé lugar a la población de objetos tanto espirales como elípticos que observamos en la actualidad. En función de qué tipo de componente sea dominante (gas o disipativa frente a estrellas o no disipativa) durante la fusión de las galaxias, el resultado de los mecanismos de fusión puede ser muy distinta.

Una historia de formación compleja, como la que se espera describa la evolución de las galaxias, necesita de un acercamiento multidisciplinar para ser entendida. Este análisis debe englobar las poblaciones estelares, la dinámica de los diferentes constituyentes de las galaxias y un estudio morfológico cuantitativo de su estructura. Para ello nuestro grupo consta de personal con experiencia en simulaciones cosmológicas, estudios dinámicos, análisis de las poblaciones estelares y propiedades de las galaxias con desplazamiento al rojo hasta  $z \sim 3$ . Nuestra meta es alcanzar en los próximos años una visión consistente de la evolución de las galaxias en la última mitad de la edad del Universo.

Dentro de este esquema, las tres líneas maestras llevadas a cabo en nuestro grupo son:

#### Modelos de síntesis de poblaciones estelares

- Desarrollo de modelos de poblaciones estelares
- Métodos de análisis para el estudio de poblaciones estelares en galaxias
- Universalidad de la IMF versus a la teoría IGIMF

#### Evolución cósmica de galaxias

- Poblaciones estelares en cúmulos de galaxias
- Evolución de galaxias masivas

- c. Espectro-fotometría de galaxias en SDSS
- d. Simulaciones numéricas de galaxias masivas

*Procesos de evolución secular en galaxias cercanas*

- a. Desvelar la naturaleza de bulbos y barras en galaxias
- b. Estudio de las partes externas de galaxias espirales
- c. Formación y evolución de galaxias elípticas enanas

**HITOS**

*Halos de galaxias masivas*

(Publicado en: Riuz, P.; Trujillo, N.; Mármol-Queraltó, *MNRAS*, 454, 1605)

Se ha usado el SDSS DR10 para mostrar que el número de satélites de galaxias masivas depende fuertemente del tipo morfológico. Este resultado sugiere que las galaxias elípticas masivas se encuentran en halos de materia oscura más masivos que los halos de las galaxias espirales masivas. Además, se muestra que los halos de las galaxias espirales son mucho más eficaces para formar galaxias que los correspondientes a las elípticas a una masa fijada.

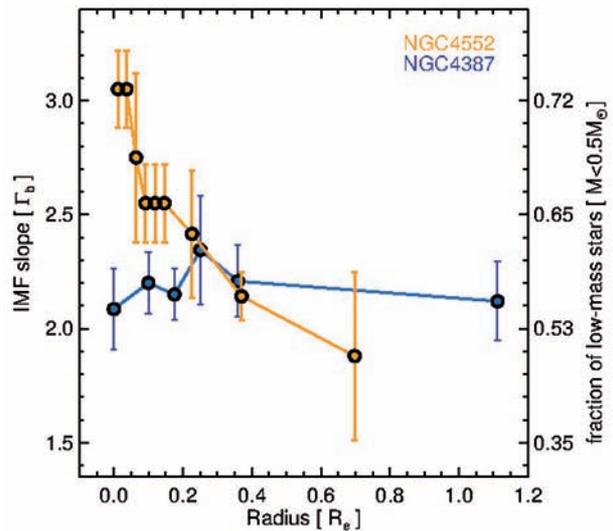
*Modelos de poblaciones estelares*

(Publicado en: Vazdekis, A.; Coelho, P.; Cassisi, S.; Ricciardelli, E.; Falcón-Barroso, J.; Sánchez-Blázquez, P.; Barbera, F. La; Beasley, M.A.; Pietrinferni, A., 2015, *MNRAS*, 449, 1177)

Se ha publicado la última versión de los modelos de poblaciones estelares MILES que ahora incluyen la posibilidad de variar la abundancia de elementos alfa como el Mg. Estos son los únicos modelos con capacidad para predecir espectros de poblaciones estelares a resolución moderadamente alta con la posibilidad de variar la abundancia relativa [Mg/Fe], por lo que son muy valiosos para interpretar los datos de las galaxias masivas. Los modelos MILES constituyen una referencia estándar para los estudios de poblaciones estelares a bajo desplazamiento al rojo dado su amplio cubrimiento de metalicidad, edad y abundancias de elementos alfa, así como la incorporación de varias formas funcionales para la función inicial de masas estelar (FIM). Estos modelos pueden descargarse y manipularse mediante la página web, muy fácil de usar (<http://miles.iac.es/>).

*Función inicial de masas*

(Publicado en: Martín-Navarro, I.; Barbera, F. La; Vazdekis, A.; Falcón-Barroso, J.; Ferreras, I., 2015, *MNRAS*,



Variación radial de la FIM en una galaxia elíptica masiva (NGC4552) (en naranja) y en una galaxia de baja masa (NGC4387) (en azul). La FIM de NGC4552 está dominada por estrellas de muy baja masa en su región central, mientras que NGC4387 no muestra una variación significativa.

447, 1033 - Martín-Navarro, I.; Vazdekis, A.; La Barbera, F.; Falcón-Barroso, J.; et al., 2015, *ApJ*, 806, 31 - Martín-Navarro, I.; La Barbera, F.; Vazdekis, A.; Ferré-Mateu, A.; Trujillo, I.; Beasley, M.A., 2015, *MNRAS*, 451, 1081)

Se ha mostrado en varios artículos que la FIM varía radialmente dentro de las galaxias elípticas masivas, por lo que esta propiedad no sólo no es universal sino que representa una propiedad local. Al contrario que en las galaxias pequeñas, se encuentra que las regiones centrales de las masivas están dominadas por estrellas de muy baja masa (menor que la mitad de la masa solar), mientras que en las partes externas se asemeja a la FIM estándar de nuestra galaxia. Adicionalmente, se ha mostrado que la variación de la FIM no está relacionada con la abundancia relativa de [Mg/Fe] y tampoco con la dispersión de velocidades, pero sí lo hace con la metalicidad total local. La naturaleza variable de la FIM constituye en la actualidad un tema muy candente en el que el IAC ha tomado el liderazgo.

**EVOLUCIÓN DEL PROYECTO**

*Galaxias masivas*

Se ha hecho una investigación pionera explorando la IMF de galaxias masivas a  $z \sim 1$ . Se encuentra que la IMF de estas galaxias no ha cambiado en los últimos 8 Ga (Martín-Navarro et al. 2015).

Se ha explorado la IMF de la galaxia masiva reliquia NGC1277. Tiene una IMF bottom-heavy a lo largo de toda su extensión radial, apuntando a un único evento de formación muy rápido (Martín-Navarro et al. 2015).

Se ha mostrado teóricamente que las galaxias reliquias masivas en simulaciones residen en exceso los entornos muy ricos (Stringer et al. 2015).

Se ha descubierto que las galaxias masivas reliquias tienen agujeros negros supermasivos más masivos que lo esperado por la masa de la galaxia (Ferré-Mateu et al. 2015).

Se ha explorado el canal de crecimiento de las galaxias masivas desde  $z \sim 1$ . Los resultados son compatibles con un crecimiento debido a fusiones (Peralta de Arriba et al. 2015)

Se ha estudiado la abundancia de galaxias satélites alrededor de galaxias masivas. Se ha encontrado el sorprendente resultado de que el número de satélites es un factor cuatro mayor en galaxias elípticas que en galaxias espirales de igual masa (Ruiz et al. 2015).

Se ha trabajado en los satélites de galaxias masivas en los datos de SHARDS para constreñir los mecanismos de cese de formación estelar.

Se ha realizado una estancia de dos meses en la UCM para incluir los datos de Stripe82 en la base de datos de Rainbow, gestionada por P. Pérez-González.

Se ha confirmado que una fracción sustancial de las galaxias E-S0 masivas se formaron en  $0,8 < z < 1,5$  vía fusiones mayores, y que el cambio de pendiente en las cuentas numéricas de galaxias en el filtro K a 17,5 magnitudes es un vestigio de ese definitivo y tardío ensamblaje de las galaxias masivas E-S0.

Se ha llevado a cabo un estudio dedicado a la comprobación de la hipótesis de que las galaxias compactas masivas a alto *redshift* hayan sobrevivido en el centro de galaxias actuales, tanto elípticas como de disco. Se lo ha enviado a la revista *MNRAS* para su publicación. Se ha respondido a las primeras sugerencias del revisor y en estos momentos se está esperando la respuesta del editor.

#### *Modelos de poblaciones estelares*

Se defendió satisfactoriamente una tesis doctoral en la UCM, donde se incluye la reducción de espectros de la reciente expansión de la biblioteca estelar MILES.

Se envió un artículo en el que se presentan las estrellas de carbono de la nueva biblioteca estelar XSL, observada con el instrumento X-shooter en el telescopio VLT.

Se publicaron dos trabajos, en donde se modelizan las poblaciones estelares en el rango espectral cubierto

por las bandas J,H,K, mediante el uso de la biblioteca de espectros estelares empíricos IRTF.

Se publicaron las predicciones de los modelos de poblaciones estelares MILES con abundancias de elementos alfa, como el Mg o el O, variable con respecto a la característica del entorno solar (escalado solar). Estos modelos representan un hito en el campo y son particularmente útiles para interpretar las galaxias masivas.

Se han completado los cálculos de nuevos modelos en el rango UV. Para ello se ha empleado una biblioteca estelar empírica obtenida con el HST. Dichos modelos son muy útiles para interpretar las galaxias lejanas y las contribuciones de poblaciones jóvenes a la luz integrada.

Se han enganchado todos estos modelos con los publicados en el rango infrarrojo para alcanzar el cubrimiento espectral 1.680-50.000 Angström, todo mediante bibliotecas empíricas, a diferencia de otros modelos.

Se ha unificado los modelos de poblaciones estelares de brote único en el infrarrojo entre 8.150 y 50.000 Angström con los modelos basados en la biblioteca de MILES en el rango óptico. Se ha calculado varios colores que combinan bandas del infrarrojo cercano con las del óptico. Se ha enviado un artículo. A continuación, se ha identificado y definido varios nuevos índices de líneas en el infrarrojo.

#### *Función inicial de masas*

Se ha podido acotar por primera vez la forma funcional de la IMF para las estrellas de muy baja masa. Los resultados obtenidos descartan las FIM de pendiente única.

Se publicó un artículo en el que se mostró que la IMF estimada en las galaxias elípticas no está correlacionada con las abundancias relativas [Mg/Fe].

Se mostró, mediante argumentos de evolución química fundamentales, la necesidad de que la FIM haya variado con el tiempo: sesgada a las estrellas masivas al principio y a las de muy baja masa posteriormente.

#### *Bulbos, barras y discos de espirales*

Se ha mejorado la caracterización de las propiedades dinámicas y poblaciones estelares de galaxias barradas (y no barradas) cercanas.

Se ha establecido que la formación de gran parte de la masa estelar en las barras se formó a *redshifts* anteriores a 3 (Seidel et al. 2015).

Se ha desarrollado una técnica nueva para descubrir la presencia de barras en galaxias de canto por

medio de datos cinemáticos, que además se ha permitido establecer el nivel de rotación cilíndrica en dichas galaxias y la Vía Láctea (Molaeinezhad et al. 2015).

Se ha avanzado en la caracterización de las propiedades cinemáticas de galaxias que están en distintas fases de interacción (Barrera-Ballesteros et al. 2015).

Se sigue trabajando en la caracterización cinemática de la muestra de 300 galaxias del survey de CALIFA. Los tres artículos describiendo los resultados están en un estado muy avanzado.

Se ha completado el análisis de la cinemática y de las poblaciones estelares de la muestra de BaLROG (*Bars in Low Redshift Optical Galaxies*).

Se ha terminado una publicación de *MNRAS* sobre el estudio cinemático enfocando en la cinemática de las estrellas y del gas de estas galaxias y además presentando nuestro método para medir fuerzas de barra en nuestra muestra comparando con los resultados del S4G. Se ha presentado este trabajo en la AAS en EEUU en una charla en enero.

Se han estudiado las curvas de rotación de CALIFA utilizando métodos bayesianos como trabajo de Máster (F. Pinna).

#### *Galaxias enanas y galaxias ultra-difusas (UDGs)*

Se ha publicado la primera determinación de la masa dinámica de un UDG en el cúmulo de Virgo.

Se ha llevado a cabo y publicado un estudio teórico de la formación de galaxias enanas en cúmulos de galaxias.

Se está escribiendo un artículo sobre el número de satélites en galaxias similares a la Vía Láctea tanto en masa estelar como en morfología visual a bajo *redshift* y la comparación de los resultados obtenidos con el Grupo Local.

Se está trabajando en la reducción de datos ultra-profundos del telescopio GTC para la galaxia NGC0493, de la cual también se han obtenido datos usando la red de Las Cumbres.

Se ha desarrollado un código de rectificación de imágenes del IAC Stripe82. Se ha desarrollado un código de búsqueda de UDGs.

## LAS GALAXIAS BARRADAS: EVOLUCIÓN Y CONSECUENCIAS (P/300724)

J.H. Knapen.

B. Röck, B. Dullo, T. Martinsson, F. Tabatabaei y C. Martínez Lombilla.

L. Athanassoula, A. Bosma (Marsella, Francia); R. Buta (Univ. de Alabama, EEUU); E. Laurikainen, H. Salo, S. Comerón, J. Laine (Univ. de Oulu, Finlandia); E. Brinks, M. Sarzi (Univ. de Hertfordshire, Reino Unido); P. James, C. Collins, I. Stelle, L. Kelvin (Univ. Liverpool John Moores, Reino Unido); E. Schinnerer, M. Querejeta (MPIA, Alemania); R. Peletier, M. Verheijen (Groningen, Países Bajos); B. Elmegreen (IBM, EEUU); D. Elmegreen (Vassar, EEUU); R. Beswick (Univ. de Manchester, Reino Unido); I. McHardy (Univ. Southampton, Reino Unido); B. Madore, M. Seidel (Carnegie, EEUU); A. Gil de Paz (UCM); J.R. Sánchez-Gallego (Univ. de Kentucky, EEUU); S. Laine (IPAC), S. Erroz (ETH, Zurich, Suiza); J. Lee (STScI, EEUU); J. Graine (Univ. de Burdeos, Francia); C. Kramer (IRAM); Bhatnager (NRAO, EEUU), S.A. Mao (MPIFR), R. J. Kennicutt (IOA, Cambridge, Reino Unido).

## INTRODUCCIÓN

La mayoría de las galaxias en el Universo Local tienen barra y por las imágenes del Telescopio Espacial Hubble (HST), sabemos que la proporción de galaxias barradas no ha variado mucho durante los últimos 8 mil millones de años ( $z \sim 1$ ). Dado que las barras son desviaciones de un potencial gravitatorio axisimétrico, tienen importantes consecuencias para la dinámica y la evolución de las galaxias en las que están. En este Proyecto se estudia la estructura y la evolución de las barras galácticas, y las consecuencias de su existencia para temas tan variados como la distribución y las propiedades del medio interestelar, la formación estelar y la estructura de sus galaxias. En primer lugar, se investigarán las propiedades fundamentales de las barras en función del desplazamiento al rojo, analizando muestras de galaxias barradas y de galaxias no barradas, procedentes de las imágenes del Hubble. Se utilizaron imágenes en el infrarrojo cercano, obtenidas con Spitzer y telescopios en tierra, para estudiar las barras cercanas. En segundo lugar, se estudiarán algunas de las consecuencias de las barras, en particular cómo están relacionadas con la evolución secular de las galaxias. Incluye el estudio detallado de anillos galácticos, y de las propiedades de las barras en las galaxias lenticulares

en comparación con las que están en galaxias espirales. En tercer lugar, se estudiará la estructura, la cinemática y la evolución de los discos galácticos basándose en imágenes de galaxias cercanas y con desplazamientos al rojo de hasta 1.

## HITOS

*JK*

Publicación de dos artículos de primer autor sobre las relaciones entre la formación estelar y las interacciones en galaxias.

Publicación de una serie de artículos detallando el proceso de obtención, reducción, y análisis avanzado de los datos del survey S4G.

Liderazgo de la organización del congreso EWASS 2015, celebrado en junio del 2015 en La Laguna con 1200 participantes.

*FT*

Liderazgo de un estudio del campo magnético a gran escala en las galaxias. Por primera vez, encontramos evidencia observacional de que los campos magnéticos son estacionarios en las galaxias de hoy en día. También mostramos que la estructura de los campos magnéticos se ha hecho más ordenado en las galaxias que rotan más rápidamente y son más masivas. Este estudio se publicará en breve en la revista *Astrophysical Journal Letters*.

Organización de una sesión especial en el congreso EWASS, Junio 2015 en La Laguna: 'La física detrás de la correlación radio-IR'.

Publicación de tres otros artículos en revistas con árbitro.

Participación en el Libro de Ciencia para SKA, con 3 artículos.

*BD*

Se inició un estudio a varias longitudes de onda (óptico, infrarrojo cercano y radio) de una muestra grande de 280 galaxias cercanas.

Se está finalizando un artículo corto sobre tres de estas 280 galaxias que tienen unas propiedades nucleares particularmente interesantes.

Se está trabajando en otro artículo donde argumentamos que se debería redefinir las relaciones de escala para los centros de las galaxias más masivas de tipo temprano.

*TM*

Publicación de ocho artículos en revistas con árbitro. Uno de ellos como primer autor, sobre imagen en

radio de las galaxias espirales que forman parte del "DiskMass Survey".

*CM*

Comienzo de la tesis "La estructura y evolución de las galaxias y sus regiones centrales".

Selección de unas 50 galaxias cercanas de canto en Stripe82 (imagen multibanda) y análisis del efecto de la PSF para UGC01040 con perfiles de brillo superficial radiales y verticales. Comienzo del estudio del color (g-r, r-i) y de la masa de la galaxia mediante mapas de brillo superficial, color, M/L y de densidad estelar de masa en diferentes resoluciones.

Desarrollo de técnicas para aumentar la señal a ruido y el brillo superficial límite en imágenes de SDSS.

Colaboración durante 2 semanas con S. Comerón en la Universidad de Oulu (Finlandia) para desarrollar un código que descompone las componentes de disco grueso y disco fino en perfiles de luminosidad de galaxias muy inclinadas.

*MC*

Publicación de un artículo de primer autor sobre el papel de las barras en la alimentación de los AGN.

*BR*

Una contribución enfatizada de las estrellas de la Rama Asintótica Gigante no es capaz de explicar todos los índices de líneas en el infrarrojo cercano medidos de galaxias elípticas de forma exhaustiva. Sino, hace falta una proporción mayor de las abundancias relativas de [C/Fe] y [Na/Fe] en comparación con el entorno solar para poder reproducir los índices de líneas observados en las galaxias. Estas variaciones en la composición química están asociadas con las historias diferentes de la formación estelar en entornos galácticos diferentes (cúmulos de galaxias y galaxias del campo).

## EVOLUCIÓN DEL PROYECTO

*JK*

Publicación de dos artículos de primer autor sobre las relaciones entre la formación estelar y las interacciones entre galaxias. Encontramos que las interacciones efectivamente llevan a un incremento de la actividad de formación estelar, pero que ese incremento es reducido, y no ocurre en todas las galaxias que interaccionan.

Publicación de una serie de artículos detallando los procesos de reducción de datos y análisis avanzado del *Spitzer Survey of Stellar Structure in Galaxies*.

Liderazgo en la organización de la semana Europea de la astronomía y las ciencias del espacio (*European Week of Astronomy and Space Sciences*), en junio, en La Laguna, un congreso con 1.200 participantes.

*FT*

Publicación de un artículo de primer autor sobre una relación empírica entre los campos magnéticos a gran escala y la masa dinámica de las galaxias.

Otras publicaciones en revistas con árbitro con títulos “Measuring star formation with resolved observations: the test case of M 33 ‘ y ‘[C II] 158  $\mu$ m Emission as a Star Formation Tracer”, y tres artículos para el libro de la ciencia de SKA.

Organización de una sesión especial sobre la física detrás de la correlación radio-IR en el congreso EWASS, en junio, en La Laguna.

*BD*

Desde que me uní al grupo de investigación, hace unos seis meses, he estado involucrado en las siguientes tareas/actividades:

Realización de una investigación minuciosa de las regiones centrales de una muestra de 280 galaxias cercanas y sus conexiones con las propiedades globales galácticas en el contexto de los proyectos LeMMINGs. Para ello, se han analizado imágenes de archivo del HST en óptico e infrarrojo cercano de todas estas galaxias. El siguiente paso fue reducir y analizar datos de radio interferometría a partir del cartografiado ‘e-MERLIN’, con el objetivo de conseguir un entendimiento más profundo sobre el origen y la formación de esta muestra de galaxias.

He realizado visitas a colaboradores de la Universidad de Manchester (Reino Unido) y he aprendido acerca de la interferometría con e-Merlin, así como las herramientas de reducción de sus datos.

IP de la propuesta de observación DDT2015-069 (9 de enero de 2016) con el WHT/ISIS/ACAM. Esta propuesta fue aceptada por el Comité de Tiempo de Observación y ha sido llevada a cabo con la colaboración de JK y CM. El objetivo era delimitar la distribución de la formación estelar en tres galaxias de disco muy interesantes presentes en LeMMINGs, y que se caracterizan por presentar una morfología muy compleja en sus regiones centrales. Estamos completando el artículo donde se estudiará el origen físico, así como la formación de estas tres galaxias.

Preparación de un artículo sobre BCGs y galaxias dominantes en regiones centrales, con núcleos inusualmente grandes y prácticamente carentes de estrellas. Se está a mitad de camino de completar el ar-

tículo, donde se trata de argumentar la redefinición de las relaciones fundamentales de escala del núcleo en este tipo de galaxias.

*TM*

Publicación de un artículo como primer autor donde se presentan imágenes de radio síntesis de galaxias espirales en el cartografiado DiskMass Survey.

Publicación de un artículo como segundo autor sobre la correlación entre el campo magnético a gran escala y la masa dinámica de las galaxias.

Una publicación en revista con árbitro donde se analiza el plano fundamental de la estructura espiral en galaxias con disco, utilizando datos del cartografiado *DiskMass Survey*.

*CM*

Comienzo de la tesis “La estructura y evolución de las galaxias y sus regiones centrales” el 1 de mayo.

Asistencia a la *European Week of Astronomy and Space Sciences*, en junio, en La Laguna.

Se ha seleccionado una muestra de unas 50 galaxias cercanas de canto en el área cubierto por Stripe82 (imagen multibanda) y se ha analizado el efecto de la PSF en dichas imágenes para UGC01040 a través de perfiles de brillo superficial radiales y verticales. Para ello se han desarrollado varios códigos en Python y se ha generado un modelo de la galaxia con IMFIT.

Desarrollo de técnicas para aumentar la señal a ruido y el brillo superficial límite en imágenes de SDSS.

Comienzo del estudio del color (g-r, r-i) y densidad de masa en las imágenes profundas de Stripe82. Todo ello con la ayuda de códigos desarrollados en Python, capaces de generar mapas de brillo superficial, color, M/L y de densidad estelar de masa en diferentes resoluciones.

Colaboración durante 2 semanas con el S. Comerón en la Universidad de Oulu (Finlandia). Durante ese período se ha desarrollado un código para descomponer las componentes de disco grueso y disco fino en perfiles de luminosidad de galaxias muy inclinadas.

*MC*

Publicación de un artículo como primer autor sobre el papel de las barras en la alimentación de los AGN.

*BR*

Se ha escrito y defendido la tesis doctoral de manera satisfactoria.

Publicación de un artículo como primer autor sobre los modelos de síntesis de poblaciones estelares entre 2,5 y 5 micras basados en las librerías estelares IRTF, las cuales contienen datos empíricos.

## EVOLUCIÓN DE GALAXIAS (P/301113)

J. Cepa Nogué.

J. Poledniková, M. Ramón Pérez, M. Ceriño Saavedra, A.M. Bongiovanni, C.P. Padilla Torres y J. Nadolny.

E. Alfaro, (IAA); B. Altieri, D. Coia, L. Metcalfe, R.M. Pérez-Martínez, M. Sánchez-Portal, I. Valtchanov, A. M. Pérez García, I. Pintos Castro (ESAC); H. Castañeda (IPN, México); J. Gallego (UCM); I. González-Serrano (IFCA-UNICAN), J.A. de Diego, J. González (IA-UNAM, México), M.A. Lara-López (AAO, Australia); B. Vila (ESO, Chile), H. Domínguez (CAB); I. Oteo (Obs. de Edinburgo, Reino Unido).

### INTRODUCCIÓN

El estudio de la evolución de las galaxias es un tema crucial de la Astronomía Extragaláctica moderna. Permite vincular las galaxias locales con las primeras que existieron en el Universo. Pero para poder abordarlo es preciso obtener muestras estadísticamente significativas de galaxias de distintas luminosidades, a distintas distancias. Estos cartografiados cosmológicos, o bien cubren amplias zonas del firmamento observando objetos relativamente brillantes (p.ej. SDSS, 2dFGRS), o bien cubren regiones más reducidas, pero muestreando entonces objetos mucho más débiles (ej. HUDF, GOODS). El estudio de la evolución de las galaxias es una disciplina difícil, tanto bajo el punto de vista de la física como de la tecnología. En efecto, implica conocer y verificar una amplia variedad de teorías y modelos astrofísicos, pero también ser capaz de observar objetos muy débiles (tanto intrínsecamente débiles, como brillantes pero muy lejanos), a fin de evitar sesgos en la muestra. Más aún, requiere utilizar distintas técnicas (imagen, espectroscopía, síntesis de apertura, entre otras) y observar a distintas longitudes de onda, literalmente desde el dominio centimétrico hasta los rayos gamma, a fin de abordar de forma coherente distintos procesos físicos, y también para determinar la distribución espectral de energía de los objetos en estudio. Por añadidura, el desplazamiento al rojo de las galaxias implica que una misma característica espectral se observa a distintas longitudes de onda en función de la distancia. Este fenómeno refuerza la necesidad de utilizar distintas instalaciones, que observen a distintas longitudes de onda, a fin de poder llevar a cabo un estudio homogéneo de objetos situados a distintas distancias.

La imagen profunda en banda estrecha es una técnica relativamente reciente, que permite detectar de

forma eficiente galaxias con alto desplazamiento al rojo, y estudiar así su evolución. De hecho, los filtros sintonizables del instrumento OSIRIS, su característica más distintiva, han sido diseñados con ese fin. Permiten, además, determinar campos de velocidades bidimensionales (con baja resolución) sin necesidad de tomar datos adicionales. A modo de comparación, el futuro cartografiado J-PAS, por el contrario, utilizará filtros de banda estrecha fijos, pero cubriendo un área muy grande del cielo aunque a una profundidad mucho menor. El proyecto que aquí se presenta está encaminado a explotar un conjunto de cartografiados multi-rango espectral que, combinados, constituyen el cartografiado denominado "Evolución". Este cartografiado, que constituirá una base de datos única y de la mayor profundidad existente hasta la fecha será, durante los próximos años, una herramienta imbatible para el estudio de la formación y evolución de galaxias. Incluye, además, datos únicos del observatorio espacial Herschel en el infrarrojo lejano, y estará enriquecido con información espectroscópica en el dominio óptico. Proporcionará, para miles de galaxias con desplazamientos al rojo entre 0,24 y 7,0, su morfología y distancias, así como las luminosidades de sus líneas de emisión de distintos elementos, y del continuo óptico, infrarrojo lejano y cercano y rayos-X. Un cartografiado adicional paralelo de cúmulos de galaxias, utilizando las mismas técnicas y a las mismas longitudes de onda, permitirá comparar la evolución de las galaxias de campo con las de cúmulo, estudiando, así, la influencia del entorno. En suma, este conjunto de cartografiados permitirán abordar varios aspectos críticos de la evolución de las galaxias tales como la variación de la tasa de formación estelar, la metalicidad, la luminosidad bolométrica, la extinción y la potencia de acreción de núcleos galácticos activos, entre otros temas, en función del tiempo cósmico y de la densidad ambiental. Todo ello incluso para las galaxias más débiles o las más distantes, al límite de las posibilidades de la actual instrumentación astronómica. Finalmente, la combinación de observaciones profundas a distintas longitudes de onda permitirá arrojar luz sobre las relaciones entre la confusa fauna de objetos observada con altos desplazamientos al rojo, y que nuestro grado de desconocimiento solo permite clasificar, hasta ahora, por la manera en que se han detectado.

Los datos necesarios se obtendrán mediante tres cartografiados propios obtenidos utilizando el instrumento OSIRIS en el telescopio GTC: OTELO, GLACE Y Lockman SpReSO. OTELO y GLACE se desarrollarán utilizando los filtros sintonizables de OSIRIS, mientras que Lockman SpReSO explotará el modo de espectroscopía

multiobjeto óptica e infrarroja. El primero y el último estudiarán galaxias de campo aprovechando el tiempo garantizado del instrumento OSIRIS, mientras que el proyecto GLACE estudiará cúmulos de galaxias a distintos desplazamientos al rojo, mediante tiempo abierto, garantizado y del proyecto ESO-GTC en el que participan miembros de este proyecto. La mayor parte de los investigadores que componen el equipo son también miembros de PEP, un cartografiado de tiempo garantizado del telescopio espacial Herschel en el infrarrojo lejano. Asimismo, también se incluirán datos públicos en otras longitudes de onda, así como datos de los cartografiados ALHAMBRA y J-PAS, a los que los miembros del equipo también tienen acceso, y del seguimiento de fuentes seleccionadas utilizando el interferómetro milimétrico ALMA. OSIRIS en el telescopio GTC, Herschel y ALMA son instalaciones únicas, de frontera, que ya están proporcionando, y ciertamente todavía seguirán proporcionando, una visión única de la evolución de galaxias.

Los filtros sintonizables de OSIRIS permiten obtener imágenes en banda estrecha en cualquier longitud de onda dentro del dominio óptico, desde 365 hasta 960 nm. Estos filtros, en un instrumento altamente eficiente como OSIRIS, en un telescopio de 10 m ubicado en un sitio excelente como el Observatorio del Roque de los Muchachos, permitirán llevar al límite cartografiados tomográficos como OTELO y GLACE: la obtención de imágenes de la mayor profundidad, a longitudes de onda contiguas, proporcionando espectroscopía tridimensional de baja resolución de todos los objetos del campo. Una técnica que ha demostrado ser muy eficiente para detectar objetos en emisión muy débiles o de pequeñas anchuras equivalentes.

El cartografiado OTELO (OSIRIS *Tunable Emission Line Object survey*, IP J. Cepa Nogué), es la espina dorsal del cartografiado "Evolución". Detectará las principales líneas ópticas de emisión desde Lyman alfa hasta Balmer alfa con distintos desplazamientos al rojo, ubicadas en una ventana atmosférica relativamente libre de líneas del grupo hidroxilo y centrada a 925 nm. Debido a las reducidas anchuras equivalentes que será capaz de detectar, OTELO permitirá, por primera vez en este tipo de cartografiados, observar la mayor parte de espirales y muchas elípticas y lenticulares en emisión (para las luminosidades típicas de elípticas, OTELO puede detectar anchuras equivalentes tan bajas como 0,2), así como determinar la función de luminosidad de emisores Lyman alfa débiles con alto desplazamiento al rojo.

GLACE es un innovador cartografiado de galaxias y núcleos galácticos activos en emisión, en una muestra

bien caracterizada de cúmulos de galaxias en tres rangos de desplazamiento al rojo:  $z=0,40$ ,  $\sim 0,63$  y  $0,89$ . Detectará las líneas  $H\alpha/[NII]$ ,  $H\beta$ ,  $[OII]$ ,  $[OIII]$  mediante los filtros sintonizables de OSIRIS. Estos desplazamientos al rojo han sido seleccionados por caer en ventanas atmosféricas adecuadas y por muestrear el tiempo cósmico a 8,9, 7,6 y 6,0 Giga años. Este rango es especialmente interesante, puesto que muestra evidencia de una fuerte evolución de las galaxias de los cúmulos, en una transición desde galaxias azules con formación estelar, a galaxias de la secuencia roja. En efecto, a lo largo de este intervalo, la tasa cósmica de formación estelar declina por un factor de 2,5. El Proyecto GLACE ha sido aprobado como un proyecto de gran formato ESO-GTC (IP Sánchez-Portal).

LOCKMAN SpReSO (IPs J. Cepa Nogue y J. González) dedicará más de 200 horas de tiempo garantizado de OSIRIS, para obtener espectroscopía MOS de resolución intermedia, de 365 a 1.000nm, de un millar de fuentes Herschel de la parte central del campo Lockman hasta una magnitud 24,5 AB. Asimismo, obtendrá espectroscopía MOS NIR, utilizando EMIR en el telescopio GTC, para un subconjunto seleccionado de fuentes.

PEP (PACS *Extragalactic Probe*, IP D. Lutz, Co-IP J. Cepa Nogué). Los campos y cúmulos de los anteriores cartografiados coinciden en gran parte con los que se han observado desde 60 a 600 micras por los instrumentos PACS y SPIRE del Observatorio Espacial HERSCHEL. De esta manera será posible identificar las contrapartidas ópticas y estudiar sus propiedades en el infrarrojo lejano. Una fracción de los participantes del Proyecto son miembros del equipo científico de PACS y tienen acceso a los datos ya reducidos y calibrados obtenidos mediante el tiempo garantizado del instrumento en el marco de un proyecto clave.

Estos cartografiados formarán una base de datos única que permitirá abordar el estudio de las galaxias en emisión hasta un desplazamiento al rojo de 7,0. El proyecto que se propone está encaminado a completarla y a explotarla científicamente.

## EVOLUCIÓN DEL PROYECTO

Se ha terminado la reducción y calibración de las fuentes del primer apuntado de OTELO, incluyendo una clasificación entre emisores y no emisores. El número total de fuentes detectado es de más de 11.000, de las cuales 1.097 presentan líneas de emisión y 147 muestran bandas de absorción. Se observan varios casos muy ilustrativos del conjunto  $H\alpha+[NII]$ , así como del doblete del  $[OIII]$ . Se está procediendo en la

actualidad a obtener los desplazamientos al rojo fotométricos a partir de los cuáles se identificarán las líneas observadas y se precisará mejor el desplazamiento al rojo. El siguiente paso permitirá separar Halfa del [NII] y se procederá a una identificación morfológica de las fuentes mediante las imágenes ACS. El primer estudio a abordar serán los emisores a bajo desplazamiento al rojo segregando entre AGN y galaxias con formación estelar.

Se ha empezado a obtener la espectroscopía multiobjeto óptica con OSIRIS de las casi 1.200 fuentes de Lockman SpReSO a una magnitud límite de 24,5 AB. Hasta la fecha se ha obtenido casi el 30% de los datos, más de 60 horas de observación, de las que la imagen muestra un ejemplo de espectros en el rojo. Las fuentes a observar consisten en 952 fuentes infrarrojas del cartografiado de Herchel, 25 radiogalaxias, 72 cuásares extremadamente rojos, 30 galaxias submilimétricas, 119 estrellas de alto movimientos propio y 66 fuentes compactas de rayos-X y candidatas a variable cataclísmica.

Se ha presentado el cartografiado GLACE a través de las observaciones del cúmulo ZwCl0024.0+1652, encontrando indicios de la presencia de una nueva tercera estructura, además de las dos ya identificadas por otros autores. Asimismo se ha demostrado la utilidad de los filtros sintonizables en obtener información dinámica: el estudio del campo de velocidades radiales ha permitido estimar la masa, radio y dispersión de velocidades del cúmulo, utilizando la técnica de la cáustica.

Finalmente, se ha detectado microvariabilidad (pequeñas variaciones de luminosidad a lo largo de la noche) de un cuásar de tipo 2. Aunque previamente ya se había detectado microvariabilidad en este tipo de objetos, son casos raros, que no tienen explicación sencilla (o de ningún tipo) dentro del modelo estándar que explica los distintos tipos de galaxias activas que se han observado. De ahí el interés en detectar y estudiar este tipo de objetos.



## GALAXIAS DE TIPO TARDÍO EN EL UNIVERSO LOCAL (P/301204)

M. Monelli.

G. Battaglia, C. Gallart Gallart, R. Carrera Jiménez, C. Martínez Vázquez, L. Monteagudo Narvi3n, M. Beasley, L. Cicúendez Salazar y S. Taibi.

Colaborador del IAC: M. Beasley.

E. Bernard, V. Hill (Obs. De la Cote d'Azur, Francia); G. Bono (Univ. de Roma Tor Vergata, Italia); R. Buonanno, S. Cassisi (INAF, Obs. de Téramo, Italia); F. Figueras, C. Jordi, L. Balaguer-Núñez (Univ. de Barcelona); M. Bellazzini, G. Fiorentino, C. Lardo, E. Pancino, A. Mucciarelli (INAF, Obs. de Bolonia, Italia); F. Fraternali, C. Nipoti (Univ. de Bolonia, Italia); M. Dall'Orta (INAF-OA Capodimonte, Italia); I. Pérez, T. Ruiz-Lara (Univ. de Granada); M. Rejkuba, F. Primas (ESO, Alemania); E. Skillman (Univ. de Minnesota, EEUU); P.B. Stetson (DAO, Canadá); A. Walker (CTIO, Chile), M. Zoccali (PUC, Chile); D. Nidever, K. Olsen (NOAO, EEUU); A. Monachesi (MPA, Alemania); M. Irwin (IoA, Cambridge, Reino Unido); A. McConnachie (NRC Herzberg, Canadá); E. Tolstoy (Kapteyn Astronomical Inst., Países Bajos); R. Leaman (MPIA, Alemania).

### INTRODUCCIÓN

La formación y evolución de las galaxias es uno de los problemas fundamentales de la Astrofísica moderna. Este proyecto se propone abordar el tema estudiando las poblaciones resueltas de galaxias cercanas del Grupo Local, y en particular de las denominadas "Galaxias de tipo tardío", es decir, galaxias espirales e irregulares. Debido a su relativa cercanía, es posible derivar sus historias de formación estelar y evolución química con gran detalle y utilizando un conjunto de técnicas diferentes. Por un lado, utilizando fotometría profunda que llegue al *turn-off* de las poblaciones viejas es posible derivar la historia de formación estelar y caracterizar la evolución de un sistema a lo largo de toda su vida. Además, estudios espectroscópicos de estrellas individuales añaden información directa sobre la cinemática y las abundancias químicas de las diferentes poblaciones estelares. En tercer lugar, el estudio de las estrellas variables como RR Lyrae y Cefeidas aporta restricciones independientes sobre las edades y metalicidades de las poblaciones a las que pertenecen.

El Grupo Local contiene unas 80 galaxias de dife-

rentes tipos morfológicos. Entre ellas, las más grandes son galaxias espirales (la Vía Láctea, M31 y M33). Una docena de ellas son de tipo irregular (LMC), o irregulares enanas, y el resto son de tipo temprano o esferoidales. El objetivo de este proyecto es contribuir a entender la formación y evolución de galaxias de diferentes tipos morfológicos, usando ejemplos locales que pueden ser resueltos en estrellas individuales.

## HITOS

Basándonos en historias de formación estelar precisas de una muestra de galaxias enanas del Grupo Local, se ha demostrado que estas galaxias se pueden clasificar en dos tipos básicos: enanas “rápidas”, que empezaron su evolución con un brote dominante, pero corto, de formación estelar, y enanas “lentas”, que formaron una fracción pequeña de sus estrellas en épocas tempranas y han continuado formando estrellas hasta el momento actual (o casi). Estos dos caminos evolutivos no se corresponden necesariamente con los tipos morfológicos actuales (enanas esferoidales e irregulares). Las evidencias disponibles sugieren que la evolución de una galaxia en uno u otro tipo viene determinada por las condiciones tempranas en que se han formado, y no por una transformación reciente debida a una interacción con galaxias de su entorno, como se ha supuesto hasta ahora de manera habitual.

Se ha evaluado la fiabilidad de las historias de formación estelar obtenidas a partir de la modelización de espectros integrados. Para ello, se ha comparado una historia de formación estelar obtenida a partir de un espectro de un campo de la barra de la Nube Grande de Magallanes, con la obtenida para el mismo campo usando la información de un diagrama color-magnitud muy profundo. Se encontró un muy buen acuerdo (diferencias medias de un 4,1%) entre los resultados de ambos métodos.

Se ha llevado a cabo un estudio detallado de las poblaciones estelares y cinemática de 77 cúmulos de estrellas en la galaxia del Grupo Local, M33. Dos resultados destacados incluyen que el sistema de cúmulos muestra una clara evolución temporal del gradiente de metalicidad en el sentido de que los cúmulos más viejos muestran un gradiente más negativo que los cúmulos jóvenes. Además, se ha mostrado que los cúmulos exhiben una clara relación entre edad y dispersión de velocidad, donde los cúmulos más viejos posean una cinemática más “caliente”. Esto es la primera vez que se demuestra dichos resultados en M33, los cuales aportan nuevas intuiciones sobre la formación de M33 y discos de galaxias en general.

Se ha analizado la población de estrellas variables RR Lyrae en la galaxia enana Sculptor. La muestra, de más de 500 estrellas, ha permitido establecer que las RR Lyrae cubren un amplio rango de metalicidades, sugiriendo una rápida evolución química a edades tempranas.

Comparando las propiedades pulsacionales de estrellas variables RR Lyrae en una muestra de satélites de la Vía Láctea se ha determinado, a través de las propiedades pulsacionales de dichas variables, que la población más vieja del halo contiene una componente rica en metales ( $[Fe/H] > -1.5$ ) que solo tiene contraparte en las satélites más masivas. Esto implica que una contribución importante al halo de la Vía Láctea vino por galaxias tipo la LMC, y que las satélites de baja masa actualmente existente no son la contraparte de los ladrillos fundamentales.

Se ha investigado si la alta relación masa-luminosidad medida para los satélites de tipo temprano de la Vía Láctea es debida únicamente a una alta proporción entre la materia oscura y la materia bariónica, o si está parcialmente inflada debido a perturbaciones por la fuerza de marea de la Vía Láctea. En este contexto, se ha realizado una comparación detallada entre las propiedades observadas de la galaxia enana Fornax, y modelos de N-cuerpos de galaxias enanas orbitando una galaxia parecida a la Vía Láctea. Se ha demostrado que las perturbaciones debidas a las fuerzas de marea no son probablemente la causa de la alta relación entre la masa dinámica y la luminosidad de Fornax.

Usando datos del cartografiado fotométrico SECCO, se ha identificado una galaxia enana con una relación entre la masa de Hidrógeno neutro y la luminosidad  $V$   $MHI/LV > 20$ . Esta relación es con mucho la mayor observada en galaxias enanas locales e indica una galaxia casi sin estrellas. Esta galaxia podría ser un ejemplo del eslabón perdido entre las enanas normales y los minihalos oscuros. Los modelos cosmológicos actualmente aceptados predicen la existencia de una gran cantidad de estos últimos.

## EVOLUCIÓN DEL PROYECTO

El Proyecto se ha desarrollado en diferentes líneas de investigación.

### *Nubes de Magallanes*

Se han terminado las pruebas de completitud en los campos en la LMC observados con VIMOS en el telescopio VLT y obtenido historias de formación estelar (HFE) de varios de ellos. También se han obtenido HFE de campos en la barra de la LMC usando observacio-

nes de archivo de HST, y en otros situados en el disco externo de la LMC y observados con el CTIO4m. Se ha publicado un artículo con la comparación de la HFE obtenida en un campo de la barra de la LMC usando un espectro de su luz integrada, y un diagrama color-magnitud (DCM) muy profundo (Ruiz-Lara et al. incl. Gallart, Monelli, Beasley). Se han obtenido 20 horas en el telescopio GTC para un estudio similar sobre la galaxia Leo A. Hay un artículo sobre el disco externo de la LMC está en preparación.

#### *LCID y otros datos HST*

Se ha publicado un artículo de análisis de los resultados globales del proyecto (Gallart et al.). Se han obtenido 13 órbitas con la cámara ACS@HST para obtener DCM profundos de 3 galaxias enanas muy débiles (IP Gallart). Se ha continuado con el análisis de las HFE de una muestra de galaxias dSph satélites de satélites de M31 y se ha finalizado un artículo sobre AndXVI (Monelli et al.).

#### *Variables*

Se ha publicado un artículo sobre las variables RR Lyrae de Sculptor (Martínez-Vázquez et al.). Se han obtenido las propiedades pulsacionales de centenares de estrellas variables en 6 satélites de Andrómeda (And I, II, III, XV, XVI, XXVIII). Se han obtenido 14 noches en el INT (large program, IP Monelli) para completar una base de datos de estrellas variables en el Grupo Local.

#### *M33*

Se ha realizado un estudio detallado de las poblaciones estelares y cinemática de una muestra de 77 cúmulos de estrellas en la galaxia M33. Se muestra, por primera vez, que hay una relación entre las edades de los cúmulos y su dispersión en velocidad. Se interpreta esta relación en el contexto de dos mecanismos; un calentamiento del disco vía interacciones dentro del disco, combinado con un enfriamiento del medio interestelar. Un artículo publicado (Beasley et al.).

#### *Química y dinámica de galaxias enanas aisladas*

Hemos analizado nuestra muestra de VLT/FORS2 MXU con ~150 estrellas evolucionadas en la dT Phoenix, encontrando semejanzas interesantes con las propiedades de dinámica interna y metalicidad de las enanas de tipo temprano de la Vía Láctea. Hemos empezado la reducción de nuestros datos de VLT/FORS2 MXU para las aisladas de tipo temprano de nuestra muestra. Además, hemos garantizado tiempo con VLT/MUSE para investigar la evolución en el tiempo de

las propiedades cinemáticas de las estrellas en IC613, de tipo tardío.

#### *OCCASO*

Se ha completado el 75% de las observaciones. Se ha enviado un artículo con la presentación del Proyecto y las velocidades radiales de la mitad de la muestra (Casamiquela et al., incl Carrera, Gallart). Se está terminando el análisis de abundancias químicas de la primera mitad de la muestra. Se ha iniciado la comparación de resultados con valores obtenidos con otros métodos. Se está colaborando con los equipos de GES y APOGEE para que los resultados se encuentren en la misma escala.

#### *Satélites de tipo temprano de la Vía Láctea*

Se han desarrollado las herramientas para buscar rastros de perturbaciones de marea en sets de datos fotométricos altamente contaminados de estas enanas. Hemos reunido y empezado el análisis de datos profundos de amplio campo de CTIO/DECam para la galaxia enana Sextans. Hemos mostrado que la gran proporción masa/luz de la enana de la MW Fornax es poco probable que se deba a interacciones de marea con la MW, resultado obtenido mediante la comparación detallada de las propiedades observadas de Fornax con modelos de N cuerpos adaptados a este objeto (Battaglia et al.). Finalmente, hemos reunido y desarrollado comprobaciones de calidad de nuestros datos de VLT/FLAMES para monitorizar las variaciones en el tiempo de velocidad en una muestra de ~100 estrellas en la enana Sculptor, para investigar las propiedades de la población binaria en un entorno extragaláctico de baja metalicidad.



## ACTIVIDAD NUCLEAR EN GALAXIAS: UNA PERSPECTIVA 3D DEL NÚCLEO Y SU ENTORNO (P/301404)

C. Ramos Almeida.

B. García Lorenzo, J.A. Acosta Pulido, I. García Bernete  
y E. Mediavilla Gradolph.

Colaboradores del IAC: A. Asensio Ramos, M.J. Martínez González, J. Falcón Barroso, J.A. Castro Almazán, J. Jiménez Fuensalida, L. López Martín y J.E. Beckman.

A. Alonso Herrero (Inst. de Física de Cantabria, IFCA); C. Tadhunter (Univ. de Sheffield, Reino Unido); C. Packham (Univ. de Texas, EEUU); M. Sánchez Portal (ESAC); R. López (IEEC, Univ. de Barcelona); L. Marina Cairós (Freelance, Alemania); S.F. Sánchez (IAA/CSIC-CAHA/CSIC-MPG); S. Arribas, M. Villar Martín, J. Piqueras (CAB-CSIC) J. Barrera Ballesteros (Johns Hopkins Krieger School of Arts and Sciences, EEUU), A. López Sánchez (Australian Astronomical Obs., Australia).

### INTRODUCCIÓN

Este proyecto tiene dos líneas de desarrollo fundamental; por un lado, la aplicación de técnicas 3D, en concreto la denominada espectroscopía de campo integral, al estudio de objetos extensos (actividad en galaxias, regiones de formación estelar, etc.) y la participación en el desarrollo de nuevos equipos y técnicas de análisis de datos relacionadas con instrumentación 3D. Por otro lado, la explotación científica de los datos de galaxias activas (AGN) obtenidos como parte del tiempo garantizado del instrumento infrarrojo medio del telescopio GTC, CanariCam, así como de un *large program* ESO/GTC. Estos datos serán utilizados para la caracterización del toro de polvo que oscurece a los AGN locales, así como para el estudio de la emisión extensa de las galaxias activas, la cual puede ser debida al propio AGN o a la formación estelar presente en la galaxia que lo alberga. En este último caso, se estudiará la conexión actividad nuclear-formación estelar.

### HITOS

Durante el año 2015 se han publicado varios trabajos liderados por distintos miembros del equipo científico de AGNs de CanariCam basados en datos del instrumento. En particular, el grupo ha liderado el trabajo García-Bernete et al., donde presentamos un estudio

detallado en el infrarrojo de la galaxia NGC2992. En este artículo no solo se analizan datos de CanariCam, sino de los satélites Herschel, Spitzer y Hubble, gracias a los que hemos podido explicar la conexión entre la actividad nuclear y la formación estelar que tienen lugar en esta galaxia.

Otros artículos publicados por el grupo de AGNs de CanariCam son Martínez-Paredes et al. (2015), López-Rodríguez et al. (2015) e Ichikawa et al. (2015).

Durante 2015 C. Ramos Almeida impartió las siguientes charlas invitadas: “Upholding the Unified Model for AGN: VLT/FORS2 Spectropolarimetry of Seyfert 2 galaxies”, en el Torus 2015 workshop, celebrado en Winchester, Reino Unido, en septiembre; “The triggering of nuclear activity in radio galaxies”, en la escuela Guillermo Haro 2015, celebrada en Puebla, México, en julio; y “The triggering of luminous active galactic nuclei”, en el congreso “Unveiling the AGN-host galaxy connection”, celebrado en Puerto Varas, Chile, en marzo.

Durante el año se han publicado varios trabajos liderados por miembros de nuestro equipo dentro de la colaboración CALIFA. En particular, nuestro grupo ha liderado el trabajo García-Lorenzo et al. (2015), donde presentamos el estudio estadístico de la cinemática del gas ionizado de galaxias de CALIFA; el trabajo Barrera-Ballesteros et al. (2015a), donde se presenta un estudio sobre la formación estelar y metalicidad de una muestra de galaxias en interacción, y el trabajo Barrera-Ballesteros et al. (2015b), donde se presenta la comparación estadística de la orientación cinemática del gas y las estrellas en galaxias en interacción.

J. Barrera-Ballesteros defendió su tesis doctoral el 17 de julio.

### EVOLUCIÓN DEL PROYECTO

Como miembro del *Science Team* de CanariCam, C. Ramos Almeida ha participado en varias publicaciones basadas en datos del instrumento, que se detallan en el apartado de publicaciones. Una de estas publicaciones, Alonso-Herrero et al. (2016), contiene el atlas completo de espectros de AGNs observados en el infrarrojo medio con CanariCam. Durante el primer trimestre de 2016 además enviaremos un artículo liderado por I. García Bernete donde presentamos el estudio de la emisión nuclear y extensa en el infrarrojo medio de una muestra completa de galaxias Seyfert.

Durante 2015, junto con J.A. Acosta Pulido y los colaboradores externos de este grupo, A. Asensio Ramos y M.J. Martínez González, se ha enviado a la revista *MNRAS* un trabajo liderado por C. Ramos Almeida

donde se analizarán los datos espectropolarimétricos que obtenidos en 2013 con el instrumento óptico FOR2 en el telescopio VLT. Se ha recibido el informe del *referee* y esperamos que el artículo sea aceptado.

I. García Bernete realizó una estancia de dos meses en la Universidad de Durham durante febrero y marzo de 2015 para trabajar con M. Ward en el análisis de datos de rayos-X del satélite NuSTAR y espectros infrarrojos del satélite Spitzer. Actualmente hay un artículo en preparación.

J.A. Acosta Pulido ha colaborado en el estudio de la galaxia NGC835 liderado por O. González Martín (UNAM). Para este estudio se combinaron imágenes en rayos X obtenidas con Chandra e imágenes infrarrojas obtenidas con GTC/CanariCam y Spitzer/IRAC. El trabajo ha sido aceptado para ser publicado en 2016 en la revista *Astronomy & Astrophysics*.

Se ha continuado el estudio del objeto Herbig-Haro HH223 y su entorno a partir de la espectroscopía y las imágenes obtenidas en el rango infrarrojo utilizando el instrumento LIRIS. Una vez publicados los resultados sobre la cinemática, hemos realizado (con la ayuda de la estudiante de doctorado F. Pinna) la calibración y medida del flujo de las líneas moleculares y atómicas observadas para proceder a la determinación de las condiciones físicas del gas.

C. Ramos Almeida y J.A. Acosta Pulido han participado en el estudio de una muestra de LINERs, candidatos a tener núcleos activos fuertemente oscurecidos. Para ello se utilizaron espectros obtenidos con el instrumento IRS/Spitzer. El trabajo fue liderado por O.

González Martín y publicado en la revista *Astronomy & Astrophysics*.

Se continúa participando en la colaboración CALIFA, participación que ha dado como resultado varias publicaciones que se listan en el apartado correspondiente.

J. K. Barrera-Ballesteros concluyó su tesis doctoral titulada “Tracing and Isolating Major Mergers triggered in Galaxy Evolution: Spatially Resolved Properties Along the Merger Sequence”, disfruta actualmente de un contrato postdoctoral en la Univ. John Hopkins.

Se continúa colaborando con el equipo de GHaFAS en el estudio de galaxias en interacción, colaboración que ha dado como resultado varias publicaciones que se recogen en la sección correspondiente.

#### *Desde el punto de vista técnico*

Se continúa la participación en el proyecto de desarrollo instrumental “HARMONI, un instrumento de primera luz para el EELT”. En concreto, finalizó con éxito la fase de “Interim study” en julio de 2015. En septiembre, el Consorcio HARMONI firmó el contrato de la ESO para la construcción de este instrumento, comenzando así la fase de diseño preliminar en el desarrollo de HARMONI.

Se continúa con el desarrollo de miniproyectos de desarrollo tecnológico asociado a la mitigación de riesgos para HARMONI. En concreto, se están probando varios dispositivos comerciales en criogenia para evaluar su respuesta y estudiando su aplicación a mecanismos criogénicos internos de HARMONI.

## FÍSICA DE LAS ESTRELLAS, SISTEMAS PLANETARIOS Y MEDIO INTERESTELAR

### NEBULOSAS BIPOLARES (P/308613)

A. Mampaso Recio.

R.L.M. Corradi, R. Galera Rosillo y D. Jones.

J. Drew (Univ. de Hertfordshire, Reino Unido) y la Colaboración IPHAS ([www.iphas.org](http://www.iphas.org)); R. Greimel (Univ. de Graz, Austria) M. Santander-García (OAN, Madrid) D.R. Gonçalves (Obs. de Valongo, Brasil) U. Munari

(INAF, Italia) L. Sabin (UNAM, México) T. Liimets (Obs. de Tartu., Estonia) B. Balick (Univ. de Washington, EEUU) L. Magrini (Univ. de Florencia, Italia); R. Wesson, H. Boffin (ESO); T. Hillwin (Univ. de Valparaiso, Indiana, EEUU), B. Miszalski (SALT, Sudáfrica).

### INTRODUCCIÓN

El Proyecto persigue tres objetivos principales:

Determinar las condiciones físico-químicas de las nebulosas planetarias con geometría bipolar y de las

nebulosas alrededor de estrellas simbióticas. El fin es entender el origen de la bipolaridad y poner a prueba los modelos teóricos que intentan explicar la morfología y la cinemática nebular con especial énfasis en los modelos con estrellas binarias centrales.

Estudiar las microestructuras de baja excitación en las nebulosas planetarias, su origen (en relación con el proceso de formación de la propia nebulosa), sus propiedades físico-químicas y su interacción con el gas nebular.

Descubrir y estudiar nuevas nebulosas planetarias galácticas y extragalácticas. La meta es analizar sus propiedades físico-químicas e investigar los gradientes de composición química a lo largo de los discos galácticos.

## HITOS

M. Santander-García y colaboradores publicaron en 2015 un artículo en la revista *Nature* (vol. 519, pág. 63) anunciando el descubrimiento, en la nebulosa planetaria Henize 2-428, de un objeto central formado por dos estrellas que orbitan tan cerca una de otra que su periodo orbital es de sólo 4,2 horas. En unos 700 millones de años las dos enanas blancas se fundirán en una y, dado que su masa combinada es de 1,76 masas solares (mayor que el límite de Chandrasekhar de 1,4 masas solares), el sistema explotará como supernova de tipo I. Este tipo de supernovas tiene implicaciones muy importantes en la astrofísica y cosmología actuales y son clave para determinar la escala de distancias en el Universo y para investigar la energía oscura, pero hasta la fecha no se había demostrado la conexión directa entre este tipo de planetarias y las supernovas de tipo I.

R. Corradi y colaboradores (2015, *Astrophysical Journal*, 803, 99) investigaron la conexión entre la discrepancia de abundancias químicas en las nebulosas planetarias y la evolución binaria. Las planetarias con estrellas centrales binarias presentan las mayores discrepancias, lo cual podría deberse a que eyectan explosivamente material más enriquecido en metales o a la destrucción y posterior eyección de planetas tipo Júpiter. Esto supone una nueva vía para explicar el problema de la discrepancia de abundancias, uno de los más antiguos e importantes que persisten en el estudio de las nebulosas.

D. Jones y colaboradores (2015, *Astronomy & Astrophysics*, 580, A19) demuestran que las nebulosas planetarias Hen 2-155 y Hen 2-161 contienen estrellas centrales binarias donde las estrellas secundarias experimentaron un episodio de transferencia de masa antes o durante la fase de envoltura común, algo que los modelos no predicen.

R. Corradi y colaboradores (2015, *Astrophysical Journal*, 807, 181) encuentran que las nebulosas planetarias más externas de la galaxia de Andrómeda (M31), algunas situadas hasta a 100 kpc del centro, presentan abundancias químicas mucho mayores que las esperables en un halo de baja metalicidad, y algunas tan elevadas como el Sol y las más internas del disco de la galaxia. Eso indica un pasado complejo de fusiones con satélites e interacciones dinámicas con ellos, así como la existencia de un brote violento de formación estelar ocurrido hace unos 2.000 millones de años.

## EVOLUCIÓN DEL PROYECTO

Durante 2015 nuestro grupo ha obtenido resultados relevantes en las cuatro líneas que llevamos sobre las nebulosas planetarias (NPs en lo que sigue).

### *NPs con estrellas centrales binarias*

Martínez González, M. J. y col. midieron la polarización del continuo y líneas del sistema binario central de HD 44179 que excita la nebulosa llamada "Rectángulo rojo", una de las NPs o proto-NP más enigmáticas que se conocen. Las medidas obtenidas sugieren que ninguno de los modelos propuestos, el de viento estelar bicónico uniforme y el de jet que precesa, se ajustan completamente a las observaciones.

Hillwig, T. y col. realizan un modelado detallado del sistema binario central de Abell 65 determinando su periodo orbital con alta precisión.

Jones, D. y col. presentaron su trabajo sobre las nebulosas planetarias Hen 2-155 y Hen 2-161; Corradi, R. y col. investigaron el origen de la discrepancia de abundancias químicas en NPs y Santander-García, M. y col. descubrieron el sistema binario central y posible precursor de SN de tipo I en Henize 2-428, trabajos todos ellos mencionados anteriormente en la sección de Hitos.

### *Propiedades físico-químicas de NPs y sus microestructuras.*

En dos artículos relacionados, Henry R. y col. y Dufour, R. y col. miden, con datos del telescopio espacial HST, las abundancias químicas, en particular de Carbono y Nitrógeno, de una muestra de NPs para comparar las abundancias calculadas directamente sumando los diferentes estados iónicos y las que se encuentran mediante factores de corrección (ICTs). Además determinan las masas de los progenitores de cada NP y las comparan con modelos estelares consistentes con las masas individuales medidas. Uno de los resul-

tados más destacables es el limitado enriquecimiento de Carbono que se encuentra, debido probablemente a que la pequeña masa de los progenitores no permite el tercer dragado en esas estrellas.

Guzmán-Ramírez, L. y col. obtuvieron imágenes en infrarrojo medio de la NP rica en Carbono BD +30° 3639 usando el instrumento FORCAST en el telescopio Stratospheric Observatory for Infrared Astronomy (SOFIA). Las moléculas PAH ricas en Carbono se encuentran en la parte interna de la NP, separadas de otra envoltura más externa que ocupan los granos de polvo ricos en Oxígeno. Ello indica un cambio en la química del progenitor (de rico en O a rico en C), la primera evidencia clara para esta transición.

Montez, R. y col. estudian una muestra de 20 fuentes puntuales detectadas por el satélite Chandra de rayos X en el survey ChanPlans y demuestran que hay una conexión entre la emisión en rayos X y la binariedad de la estrella central.

#### *NPs extragalácticas*

Corradi, R. y col. investigaron las nebulosas planetarias más externas de la galaxia de M31 (descrito en la sección de Hitos más arriba).

#### *Cartografiados del Plano galáctico en H-alpha IPHAS y VPHAS+*

Mohr-Smith, M. y col. usaron datos de VPHAS+ para descubrir una gran población de estrellas OB alrededor del cúmulo masivo Westerlund 2 situado en el brazo espiral de Carina, en el plano galáctico Sur. El número de estrellas masivas en esa zona se ha multiplicado por 10, lo que demuestra la profundidad y potencia del cartografiado VPHAS+ que se está llevando a cabo.



## REGIONES HII EXTRAGALÁCTICAS (P/308614)

C. Esteban López.

V. Luridiana, J. García Rojas, L. Toribio San Cipriano, L. López Martín y S. Madonna.

Colaborador del IAC: M. Cerviño.

A.R. López Sánchez (AAO, Australia); A. Mesa Delgado (PUC, Chile); F. Bresolin (IfA, Hawaii, EEUU); C. Morisset, L. Carigi, M. Peimbert, M. Peña, G. Delgado-Inglada (IA-UNAM, México); M. Rodríguez (INAOE, México), X. Fang (Hong-Kong Univ.).

### INTRODUCCIÓN

El presente proyecto se dedica principalmente al estudio de la estructura, condiciones físicas y composición química de las nebulosas ionizadas, tanto galácticas como extragalácticas, a través del análisis detallado y modelización de sus espectros.

### HITOS

Durante 2015, se trabajó en la elaboración de un artículo sobre el gradiente de C y O en las galaxias espirales cercanas M33 y NGC300. Los datos observacionales consisten en espectros profundos de una muestra de regiones HII obtenidos con los telescopios VLT y GTC. Se detectaron líneas de recombinación débiles de CII y OII en varios objetos de la muestra, lo que permitió determinar, por primera vez, el gradiente de C/H en el disco de la galaxia NGC300 y se mejoró su determinación en el caso de M33. En ambos objetos se encontró que el gradiente de C/H tiene una pendiente mayor que el de O/H, lo que produce gradientes negativos del cociente C/O. Comparando con resultados para otras galaxias espirales observadas por el grupo, se encuentra una fuerte correlación entre la pendiente del gradiente de C/H y la magnitud absoluta visual (MV) de las galaxias. Otro resultado de interés es que algunas regiones HII situadas cerca del radio isofotal de las galaxias de NGC300 y M33 presentan unos cocientes C/O más similares a los típicos de las galaxias enanas que a los de las regiones HII externas de los discos de galaxias más masivas. Esto puede deberse a la ausencia de aplanamiento en las zonas externas de NGC300 y M33. Finalmente, encontramos gradientes de N/H casi idénticos en ambas galaxias y una aparente correlación entre la pendiente del gradiente de N/H y MV en la muestra de galaxias estudiadas previamente por nuestro grupo.

En el marco del proyecto de determinación de abundancias de elementos-s en nebulosas planetarias (NP), hemos finalizado el análisis de la NP NGC3918, en el que hemos encontrado líneas de distintos estados de ionización de Kr, Xe, Rb y Se. Factores de corrección por ionización recientemente calculados a partir de modelos de fotoionización detallados nos han permitido determinar con precisión el enriquecimiento de Kr y Se en esta NP.

Se ha publicado el análisis de 3 NP con alta discrepancia de abundancias y estrellas centrales binarias muy cercanas que han pasado por una fase de envoltura común. Hemos confirmado esta relación con el análisis de un objeto adicional cuya estrella central binaria ya se conocía (NGC6778). El análisis de un espectro FORS2@VLT revela una discrepancia de abundancias de  $\sim 20$ . Observaciones obtenidas a partir de tiempo de director revelan que la emisión de O II está desacoplada espacialmente de la emisión de [O III], concentrándose en la parte central de la nebulosa, y apuntando a procesos físicos ocurridos en la evolución de la estrella central binaria.

## EVOLUCIÓN DEL PROYECTO

Se realizó un estudio detallado de la formación estelar a lo largo de los brazos espirales de la galaxia NGC1512 que se encuentra en interacción con la galaxia enana compacta azul NGC1510. Se obtuvieron espectros de 136 regiones de formación estelar con el telescopio AAT alcanzando zonas muy externas, hasta 6.6 R25 NGC1512. Se encontraron diferencias significativas entre el O/H de las regiones a lo largo del denominado Brazo 1 y las situadas en las zonas externas del Brazo 2. Confirmamos que el Brazo 2 ha experimentado un aumento significativo del ritmo de formación estelar debido a la interacción con NGC1510 y un aplanamiento de su gradiente radial de O/H en las zonas externas. Sin embargo, el Brazo 1 parece conservar el gradiente de abundancias original. Se pudo determinar la cinemática del gas ionizado del sistema hasta 6.6 R25, que coincide con la que proporciona la emisión en gas neutro. Estimamos que el gas existente en las zonas externas de la galaxia tenía una metalicidad de  $12+\log(O/H) \sim 8,1$  antes de la interacción, que comenzó hace alrededor de 400 millones de años. Los metales que contiene el gas neutro de la galaxia no parecen provenir de sus zonas internas, probablemente se trata de material acretao mediante fusiones menores o del medio intergaláctico previamente enriquecido.

El grupo determinó por primera vez el gradiente radial de cloro de la Vía Láctea a partir de espectros de re-

giones HII tras determinaciones directas de la abundancia, sin la necesidad de aplicar correcciones por fracción de ionización. Se usaron datos ya obtenidos por nuestro grupo con el telescopio VLT, encontrando que las pendientes de los gradientes de Cl y O son idénticas,  $-0,043 \text{ dex kpc}^{-1}$ . Resultado consistente con un origen nucleosintético y una evolución química similares de ambos elementos. El cociente  $\log(Cl/O)$  es  $-3,42 \pm 0,06$  a lo largo del disco de la galaxia. Finalmente se propone un factor de corrección por ionización empírico para estimar el cociente Cl/H a partir de espectros HII poco profundos.

Durante 2015 se finalizó el análisis de espectros de nebulosas anulares alrededor de estrellas masivas evolucionadas (tipos Of y Wolf-Rayet) obtenidos con los telescopios GTC y Magallanes. Se determinaron abundancias químicas precisas de los objetos, incluyendo el carbono en alguno de ellos. Se encontraron evidencias claras de excitación por choques en zonas externas de NGC6888.

Se han reducido y analizado datos ópticos UVES@VLT e infrarrojo cercano (FIRE@Magellan) de la NP NGC5315. Adicionalmente, se han reducido y están bajo análisis los datos de IR cercano de otras dos NP. Se espera finalizar el análisis de todos los datos de NGC5315 y publicar los resultados durante este año. También esperamos publicar algunos resultados sobre la identificación, por primera vez, de nuevos iones de elementos-s en espectros del IR cercano de algunas NP.

Se observaron y redujeron los datos de una docena de nebulosas planetarias compactas con doble química en el polvo. El objetivo de este estudio es determinar con precisión el cociente C/O a partir de líneas de recombinación para restringir los modelos de evolución estelar y poder entender mejor este fenómeno en nebulosas planetarias. El análisis de los datos está en proceso y se espera acabarlo durante el primer semestre de 2016 y escribir un artículo con los resultados durante el segundo semestre.

Se realizó un estudio detallado de datos de la literatura (3 regiones HII y 8 NP) en los que se han detectado líneas de Fe y Ni. Encontramos evidencia de que los átomos de Ni se depositan de forma más eficiente en el polvo que los átomos de Fe en ambientes en los que la formación o el crecimiento del polvo ha sido más eficiente. El artículo será publicado en *MNRAS*.

A partir de datos del telescopio GTC, J. García-Rojas lideró un estudio en el que se calculan las abundancias obtenidas en una muestra de nebulosas planetarias de NGC6822. La muestra fue ampliada con datos obtenidos en los telescopios VLT y CFHT. El principal resultado de este estudio es que los modelos de evolución este-

lar con mayor convección que los modelos habituales, reproducen mejor la producción de N y Ne en las NP de esta Galaxia. El artículo será publicado en *Astronomy & Astrophysics*.

Se finalizó la reducción y se avanzó en el análisis de una serie de espectros Echelle de regiones HII de las Nubes de Magallanes obtenidos con el telescopio VLT.

J. García-Rojas ha sido co-presidente del comité científico de la Sesión Especial 18: “Chemical abundances and gradients in spatially resolved late-type galaxies in the local Universe” en la Semana Europea de Astrofísica y Ciencias del Espacio (EWASS), que tuvo lugar en Tenerife en junio de 2015.

## NUCLEOSÍNTESIS Y PROCESOS MOLECULARES EN LOS ÚLTIMOS ESTADOS DE LA EVOLUCIÓN ESTELAR (P/308615)

A. García Hernández.

A. Manchado Torres, O. Zamora Sánchez, J.J. Díaz Luis y V. Pérez Mesa.

L. Stanghellini (NOAO, EEUU); E. Villaver (UAM); P. García Lario, (ESAC); G. García-Segura (UNAM, México); B. Plez (Univ. de Montpellier, Francia); A. Karakas (Mt. Stromlo Obs., Canberra, Australia); M. Lugaro (Monash Univ., Australia); D. Lambert (Univ. Austin, Texas, EEUU); P. Ventura, A. Yagüe, F. Dell’Agli (INAF, Roma, Italia); F. Cataldo (Obs. de Catania, Italia); S. Kwok (HKU China), R. Szczerba (Copernicus Astronomical Center, Torun, Polonia); J.M. Trigo-Rodríguez (CSIC-IEEC, Barcelona); L. Bianchi (YHU, EEUU); K. Rao (IIA, India).

### INTRODUCCIÓN

Las estrellas de baja masa e intermedia ( $M < 8$  masas solares) constituyen la mayoría de las estrellas en el Universo. Muchas de estas estrellas terminan sus vidas con una fase de gran pérdida de masa y experimentan pulsos térmicos en la rama asintótica de gigantes (AGB), siendo uno de los principales contribuyentes al enriquecimiento del medio interestelar. En este proyecto, se investiga la fase de transición entre los últimos pulsos térmicos en la AGB y la formación de nebulosas planetarias (NPe). En particular, utilizando modelos de atmósferas más realistas, calculamos las abundancias de elementos ligeros (p. ej., CNO, Li, Ca) y elementos muy pesados ricos en neutrones en estrellas

AGB para imponer ligaduras observacionales a los modelos teóricos actuales de nucleosíntesis. Para ello estamos desarrollando mallas de espectros sintéticos de atmósferas AGB, y así poder analizar los espectros en banda H de las estrellas AGB presentes en la base de datos SDSS/APOGEE. En la fase de transición entre AGB y NP, estas estrellas pueden formar moléculas orgánicas complejas y compuestos de estado sólido. Uno de nuestros objetivos es investigar los mecanismos de formación de estas moléculas (p. ej. PAHs, fullerenos, grafeno y HACs). También se estudian los procesos hidrodinámicos que dan lugar a morfologías diferentes y también las estructuras complejas detectadas en el hidrógeno molecular en las PNe. El estudio de las bandas difusas interestelares (DIBs) tiene por objeto detectar moléculas orgánicas complejas en el medio interestelar (ISM) y circunestelar.

### HITOS

Se han identificado por primera vez estrellas AGB de segunda generación (ricas en Al) en cúmulos globulares pobres en metales de nuestra galaxia.

Durante la verificación científica del instrumento GSAOI (Gemini South), se han obtenido las imágenes, las de mayor resolución hasta la fecha (0,09”), del hidrógeno molecular alrededor de la nebulosa planetaria (NP) NGC2346. GSAOI es el primer instrumento que utiliza la Óptica Adaptativa Multi-Conjugada (MCAO), que permite corregir las distorsiones que crea la atmósfera sobre un gran campo de visión (80”), obteniendo imágenes limitadas por difracción. Esta resolución es casi 3 veces mejor que la obtenida por el telescopio espacial Hubble.

Se ha encontrado que los fullerenos hidrogenados (fulleranos) no son abundantes en nebulosas planetarias (NPe) con fullerenos, pero que pueden formarse en etapas más tempranas, alrededor de estrellas post-AGB o proto-NPe, siendo rápidamente destruidos por la radiación UV de la estrella central.

Se ha construido un grid completo de modelos de atmósfera MARCS para estrellas frías y los correspondientes espectros sintéticos (grid-M) se han implementado en la pipeline automática de extracción de abundancias químicas (ASPCAP) de la colaboración SDSS-IV/APOGEE-2.

En el marco de nuestra participación en SDSS-III/APOGEE, se han publicado cuatro artículos técnicos así como un total de nueve artículos científicos en diferentes campos como las bandas difusas interestelares, cúmulos globulares, gigantes rojas, o distribuciones de metalicidad galácticas.

Se han sintetizado/caracterizado por primera vez agregados de fullerenos (C60 y C70) con pentacarbonilo de hierro y se han explorado nuevas rutas de obtención de grafeno a partir de fullerenos fuertemente ozonados.

Se han utilizado modelos evolutivos estelares auto-consistentes con modelos teóricos de formación de polvo para explicar las abundancias químicas y los espectros del telescopio espacial Spitzer en NPe pobres en metales de las dos Nubes de Magallanes.

## EVOLUCIÓN DEL PROYECTO

Se finalizó el análisis de las bandas difusas interestelares (DIBs) y las bandas difusas circunestelares (DCBs) en Nebulosas Planetarias (NPe) con fullerenos. Como resultado de este trabajo, se ha publicado la primera evidencia de la posible detección de bandas difusas circunestelares en una NP rica en fullerenos. Además, se finalizó el análisis de DIBs en el infrarrojo cercano, utilizando datos de SDSS-III/APOGEE.

Se ha finalizado el análisis de los espectros infrarrojos VLT/ISAAC (3-5 micras) de dos NPe ricas en fullerenos. Se ha encontrado que los fullerenos hidrogenados (fulleranes) no son abundantes en NPe con fullerenos pero que pueden formarse en etapas más tempranas, alrededor de estrellas post-AGB o proto-NPe, siendo rápidamente destruidos por la radiación UV de la estrella central.

Se ha finalizado el análisis de las imágenes del hidrógeno molecular, obtenidas con una resolución espacial sin precedentes, de la NP NGC2346. Se han detectado nudos y filamentos de gas de hidrógeno molecular, detalles que ni siquiera el telescopio espacial Hubble había podido resolver hasta ahora. NGC2346 está a una distancia de 700 pc, por lo que nuestra resolución espacial es de 56 UA.

Durante este año se ha trabajado intensamente en la colaboración SDSS-IV/APOGEE-2. Se ha construido una malla (grid) de modelos de atmosfera MARCS para estrellas frías (~2.500-4.000 K) y los correspondientes espectros sintéticos (grid-M) calculados con el código de síntesis espectral Turbospectrum se han implementado en la pipeline automática de extracción de abundancias químicas (ASPCAP) de la colaboración. Durante este año, hemos estado directamente involucrados en cuatro artículos técnicos así como un total de nueve artículos científicos en diferentes campos como DIBs, cúmulos globulares, gigantes rojas, o distribuciones de metalicidad galácticas.

Se ha analizado una muestra completa de estrellas AGB masivas galácticas con modelos de atmósferas di-

námicos (considerando la presencia de una envoltura circunestelar con viento radial). Se han confirmado nuestros resultados preliminares previos (en una muestra más pequeña de objetos) y hemos encontrado que las abundancias de Rb con estos modelos dinámicos son más bajas (1-2 dex) que las obtenidas a partir de modelos hidrostáticos, mientras que las abundancias de Zr son prácticamente las mismas. Estos resultados están de acuerdo con nuestra comprensión teórica de los modelos de nucleosíntesis de estrellas AGB.

En laboratorio, se han sintetizado y caracterizado por primera vez agregados de fullerenos (C60 y C70) con pentacarbonilo de hierro y se han explorado nuevas rutas de obtención de grafeno a partir de fullerenos fuertemente ozonados.

Se han utilizado modelos evolutivos estelares ATON auto-consistentes con modelos teóricos de formación de polvo para explicar las abundancias químicas (por ej., CNO), y los espectros del telescopio espacial Spitzer en estrellas AGB y NPe pobres en metales de la Pequeña y la Gran Nube de Magallanes.

Se han combinado las abundancias de aluminio obtenidas por SDSS-III/APOGEE en diez cúmulos globulares con fotometría muy precisa desde tierra para identificar las estrellas AGB, las gigantes rojas y las de rama horizontal a partir de diagramas color-magnitud. Como resultado de este trabajo, se han identificado por primera vez estrellas AGB de segunda generación (ricas en Al) en cúmulos globulares pobres en metales de nuestra galaxia.

Se ha comenzado a estudiar, mediante simulaciones magneto-hidrodinámicas (MHD), que sistemas binarios podrían formar NP axisimétricas.

D.A. García-Hernández ha finalizado la supervisión del Máster ULL de A. Bereciartua, en el que se analizaron los espectros Spitzer de 88 estrellas post-AGB sin contrapartida óptica.

## ESTRELLAS BINARIAS (P/308807)

C. Lázaro Hernando.

M.J. Arévalo Morales, I. González Martínez-País, P. Rodríguez Gil, T. Shahbaz, J. Casares Velázquez, J.A. Acosta Pulido, S. Palomo Nevado, V. Dhillon y M. Armas Padilla.

R. Iglesias Marzoa (Univ. de La Laguna); M. López Morales (Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics, EEUU); P. Abraham (Konkoly, Hungría); D. Steeghs, B.T. Gänsicke, T.R. Marsch, E. Breedt (Univ. de Warwick Reino Unido); M.A.P. Torres (SRON, Países Bajos); J.M. Corral-Santana (ESO, Chile); P. Hakala, A. Somero (Univ. de Helsinki, Finlandia); C. Tappert (Univ. Católica de Chile); K. Long (Space Telescope Science Institute, EEUU); V. Rana (Caltech, EEUU); M. Hernanz, G. Gala, A. Ramassa-Mansergas (Inst. Estudios Espaciales de Cataluña); A. Schwope (Leibniz-Institut für Astrophysik Potsdam, Alemania); A. Nebot Gómez-Morán (Obs. de Strasbourg, Francia); J.R. Thorstensen (Dartmouth College, EEUU).

### INTRODUCCIÓN

El estudio de las estrellas binarias es una parte esencial de la Astrofísica estelar. Se cree que una gran parte de las estrellas de la Galaxia se ha formado en sistemas binarios o múltiples, por lo que entender la estructura y evolución de estos sistemas es importante desde el punto de vista estelar y galáctico. En muchos casos, cuando los periodos orbitales son cortos y la separación entre componentes comparable al radio de las estrellas, la evolución es influida por su interacción mutua, dando lugar a procesos físicos y recorridos evolutivos muy distintos que los que se observan en estrellas aisladas. Especialmente relevante es el efecto de transferencia de masa entre las estrellas, como se produce en las binarias de tipo Algol y en las variables cataclísmicas, algunos tipos de sistemas estudiados en este Proyecto. Un aspecto donde las binarias juegan un papel fundamental es en la determinación de parámetros estelares absolutos, siendo la única fuente de valores precisos para los radios y las masas estelares.

Actualmente se siguen varias líneas de trabajo:

- La determinación de parámetros absolutos en binarias eclipsantes de tipo Algol, en base a curvas de luz en el visible y en el rango infrarrojo, complementadas con medidas en el sistema fotométrico Strömgren y observaciones espectroscópicas.

cas. Este tipo de binarias son también de gran interés para el estudio de los efectos de irradiación externa sobre las atmósferas estelares.

Desde 2006 el grupo trabaja en la obtención de curvas de luz en visible e infrarrojo de binarias separadas, formadas por estrellas de muy poca masa (enanas de tipo M), complementadas con observaciones espectroscópicas para la obtención de sus curvas de velocidad radial. La finalidad es determinar con mayor precisión los parámetros absolutos estelares en el rango de la secuencia principal poco masiva, mal conocidos, y poner a prueba los modelos de atmósferas estelares para estrellas M más modernos. A la vez se obtiene información sobre fenómenos de actividad estelar, debido a las modulaciones fotométricas y otras variaciones en las curvas de luz observadas, producidas por grandes grupos de manchas oscuras superficiales, siempre presentes en estas estrellas frías.

- El estudio fotométrico, espectroscópico y polarimétrico de sistemas con periodo orbital corto, clasificados como variables cataclísmicas, dirigido a entender las estructuras de acreción que se forman a consecuencia de la transferencia de masa, así como su evolución. Entre los objetivos se pretende corroborar o desmentir las predicciones que hace la teoría estándar de evolución de estos sistemas binarios, llevando a cabo estudios de poblaciones tanto en la región cercana al mínimo periodo orbital observado ( $\sim 80$  min), como en la frontera superior del "hueco de periodos", el intervalo de periodos orbitales comprendido entre 3 y 4,5 horas. Cerca del periodo mínimo ( $\sim 65$  min según la teoría) se predice una concentración de más del 90 por ciento de la población total de cataclísmicas, que nunca había sido encontrada observacionalmente. Para probar o descartar esta afirmación, se siguen midiendo los periodos orbitales de toda la muestra de nuevas variables cataclísmicas del Sloan Digital Survey, en un ingente esfuerzo observacional.

Por otra parte, el grupo de investigación ha demostrado que existe una gran densidad de sistemas intrínsecamente muy luminosos (con tasas de transferencia de materia muy altas) en el rango de periodos orbitales comprendidos entre 3 y 4,5 h, que se conocen como sistemas SW Sextantis.

En un periodo orbital de 3 h, la teoría predice el cese del transporte de masa, lo cual parece contradecirse con la existencia de cataclísmicas con los mayores ritmos de transferencia de masa justo en la fron-

tera superior de 3 h. Se están realizando medidas de las masas de los sistemas SW Sextantis durante los estados de cese temporal de la acreción, cuando la desaparición del disco permite la observación de ambas componentes estelares. Este último Proyecto cuenta con una amplia colaboración internacional, y requiere observaciones en modo “Target of Opportunity” con telescopios de clase 8 m, como el VLT y Gemini, así como el telescopio GTC, de 10,4 m.

Durante los últimos años se ha abierto otra línea de investigación: el estudio de estrellas binarias progenitoras de nebulosas planetarias. Uno de los posibles efectos que podrían esculpir una nebulosa planetaria bipolar es la órbita de una estrella binaria central, que contiene al menos una enana blanca. Por tanto, se busca una correlación significativa bipolaridad-binariidad a partir del estudio de las estrellas centrales de nebulosas planetarias bipolares. Se estudiará también una muestra de control de nebulosas planetarias esféricas. La historia de los episodios de eyección de masa dará pistas acerca de la fase de envoltura común, aún poco entendida.

## HITOS

Uno de los hitos conseguidos el año pasado fue el descubrimiento del primer candidato a progenitor de una supernova de tipo Ia en el núcleo de la nebulosa planetaria Henize 2-428. La estrella central binaria está formada por dos estrellas post-AGB casi idénticas en una órbita de 4,1 horas. La masa combinada es de 1,8 masas solares. Ahora mismo es el sistema binario doble-degenerado más masivo que se conoce. El par de estrellas podría fusionarse en unos 700 millones de años, probablemente originando una supernova de tipo Ia, ya que la masa total del sistema binario excede la masa de Chandrasekhar. Estos resultados fueron publicados en la revista *Nature*.

Otro hito fue la publicación en *MNRAS* de la primera medición dinámica de las masas en una variable cataclísmica de tipo SW Sextantis. Estos sistemas se concentran muy cerca del borde superior del “corte de periodos”, y tienen un periodo orbital entre 3 y 4 horas. Se cree que para entrar al “corte de periodos” entre 2 y 3 horas las variables cataclísmicas cesan la transferencia de masa desde la estrella donante a la enana blanca tras alcanzar la primera una configuración totalmente convectiva, parando así la pérdida de momento angular orbital debida al frenado orbital a causa del viento magnético. Con el fin de confirmar esta predicción teórica, se necesitan masas dinámicas precisas (especialmente de las estrellas donantes). Sin embargo,

las estrellas SW Sextantis son también las variables cataclísmicas más luminosas conocidas. El brillo de sus estructuras de acreción vela por completo las dos estrellas, por lo que tales medidas son imposibles normalmente. Sin embargo, durante los llamados “estados bajos” la transferencia de materia se corta drásticamente y la estrella donante y la enana blanca quedan expuestas. Durante uno de estos estados bajos de HS 0220+0603 pudimos obtener masas dinámicas por primera vez para uno de estos esquivos sistemas.

## EVOLUCIÓN DEL PROYECTO

Se sigue trabajando en la tesis doctoral del colaborador R. Iglesias Marzoa, que presentará su trabajo a lo largo de este curso en la modalidad de compendio de publicaciones científicas. La primera de ellas, ya publicada en *PASP* en el mes de junio, recopila su trabajo de la primera parte donde se ha desarrollado un código para analizar curvas de velocidad radial de estrellas binarias y exoplanetas. Este artículo ya tiene dos citas. Otro de los trabajos ya enviado a *Astronomy & Astrophysics* está en proceso de revisión. Este artículo está dedicado al análisis de las curvas de luz fotométricas y de velocidad radial de la binaria T-Cyg1-12664. Otros dos artículos dedicados al estudio de binarias de poca masa con datos obtenidos por el grupo están en preparación y se enviarán en los próximos meses.

Se ha descubierto el primer candidato sólido a progenitor de una supernova de tipo Ia en el núcleo de la nebulosa planetaria Henize 2-428. La estrella central binaria está formada por dos estrellas post-AGB casi idénticas en una órbita de 4,1 horas, con una masa combinada es de 1,8 masas solares. Ahora mismo es el sistema binario doble-degenerado más masivo que se conoce. El par de estrellas podría fusionarse en unos 700 millones de años, probablemente originando una supernova de tipo Ia, ya que la masa total del sistema binario excede la masa de Chandrasekhar. Estos resultados fueron publicados en la revista *Nature*, y se enmarcan en nuestra línea de investigación sobre estrellas centrales binarias de nebulosas planetarias.

Tras un gran número de observaciones y dificultades se ha conseguido la primera medida dinámica de las masas en una variable cataclísmica de tipo SW Sextantis, algo que venía esperando la teoría de evolución de variables cataclísmicas desde hace casi tres décadas. Se pudo realizar esta medida durante uno de los raros “estados bajos” de HS 0220+0603.

Se continúa con la tesis doctoral de Sergio Palomo Nevado que comienza en su tercer año de trabajo en la investigación. Se está finalizando el artículo sobre el sis-

tema KR Aur que mostrará la medida dinámica de las masas de una variable cataclísmica de tipo SW Sextantis no eclipsante (continuando la línea de investigación de HS 0220+0603) además de otras características inéditas del sistema.

## ESTRELLAS DE BAJA MASA, ENANAS MARRONES Y PLANETAS GIGANTES (P/309506)

R. Rebolo López.

B. Gauza, A. Suárez Mascareño, P. Chinchilla Gallego, Z. Zhang, S. Velasco Muñoz, V.J. Sánchez Béjar, C. Allende Prieto, N. Lodieu, M. Esposito y J.I. González Hernández.

M.R. Zapatero Osorio (Centro de Astrobiología CSIC-INTA); A. Pérez-Garrido, I. Villo, A. Díaz Sánchez, E. Jodar (Univ. Politécnica de Cartagena); C. McKay, D. King (Univ. de Cambridge, Reino Unido); M. Pérez Cagigal (Univ. de Cantabria); T. Henning, R. Mundt (MPIA, Alemania); G. Bihain (Inst. de Astrofísica de Potsdam, Alemania); P. Lucas, D. Pinfield, H. Jones, F. Marocco (Univ. de Hertfordshire, Reino Unido); M.T. Ruiz (Univ. de Chile); L. Labadie (Univ. de Colonia, Alemania) Y. Pavlenko (Main Astronomical Obs., Ucrania); R. Smart (Obs. de Torino, Italia); A. Burgasser (Univ. de San Diego, EEUU); F. Allard (ENS-Lyon, Francia); R. Raddi (Univ. de Warwick, Reino Unido).

### INTRODUCCIÓN

Se pretende investigar los procesos que conducen a la formación de estrellas de baja masa, enanas marrones y exoplanetas y caracterizar las propiedades físicas de estos astros en varias etapas evolutivas. Las estrellas de muy baja masa y las enanas marrones son probablemente los objetos más numerosos de nuestra galaxia, pero no por ello están suficientemente bien establecidas sus propiedades. En particular, los objetos subestelares constituyen uno de los grupos más difíciles de estudiar desde el punto de vista observacional dada su baja luminosidad intrínseca. Se pretende establecer la frecuencia, multiplicidad y distribución espacial de estrellas ultrafrías y objetos subestelares en la vecindad del Sol y en regiones de formación estelar y cúmulos cercanos con el fin de proporcionar información sobre los mecanismos que los originan, caracterizar sus propiedades ópticas e infrarrojas y establecer relaciones

entre sus propiedades espectrales, masas y luminosidades. Se hace especial énfasis en empujar la frontera de detección hacia los objetos de menor masa, bien sea como objetos ligados por atracción gravitatoria a otros, o flotando libremente en el espacio interestelar. Los objetos menos masivos también suelen ser los de menor luminosidad intrínseca y temperaturas superficiales más frías por lo que entrañan notable dificultad de detección por medio de imagen directa. Sin embargo, la detección directa permite una caracterización fotométrica y espectroscópica mucho más completa y una mejor determinación de sus propiedades físicas y químicas. También se pretende investigar la presencia de exoplanetas en estrellas de baja masa empleando técnicas de medida de velocidad radial con muy alta precisión y técnicas de muy alta resolución espacial. Se trabaja en el desarrollo de espectrógrafos ultraestables para grandes telescopios y de sistemas de imagen ultrarrápida. Con los primeros es posible lograr la detección de planetas con masas similares a la de la Tierra en estrellas de tipos G, K y M un objetivo que se persigue es establecer la frecuencia de estos planetas en las estrellas de la vecindad solar y caracterizar las propiedades de los sistemas planetarios a los que pertenecen.

### HITOS

N. Lodieu: Descubrimiento de una binaria eclipsante de muy baja masa en la asociación OB más cercana al Sol, Upper Scorpio.

N. Lodieu: Caracterización espectral de la enana marrón binaria más cercana al Sol, Luhman16AB, con el espectrógrafo Xshooter del telescopio VLT.

N. Lodieu: Instalación y puesta en marcha del telescopio MASTER-IAC en colaboración con el equipo de la Universidad de Moscú.

Descubrimiento de VHS1256b (Gauza et al. 2015), un planeta gigante, de unas 11 veces la masa de Júpiter. Se trata del exoplaneta más cercano a nuestro Sol, a tan sólo 40 años luz, del que se ha podido obtener una imagen y un espectro. El planeta orbita alrededor de una enana roja con una separación 100 UA. El sistema es joven, con una edad de entre 150 y 300 millones de años. Debido a la relativa cercanía del mismo y a la gran separación orbital de VHS1256b, este exoplaneta es uno de los más brillantes que se han detectado en la actualidad, lo que ha permitido que haya sido estudiado en gran detalle.

### EVOLUCIÓN DEL PROYECTO

El grupo ha empezado la explotación del cartografiado K2 del satélite Kepler enfocado en los cúmulos

abiertos. Hemos descubierto una binaria de muy baja masa en la asociación OB más cercana al Sol, Escorpión. También hemos identificado nuevas binarias eclipsantes en Pesebre (M44) y en las Pléyades (M45), que estamos caracterizando. Asimismo, estamos participando en la validación de un candidato a planeta en el cúmulo de Pesebre.

Dentro de los estudios del VISTA Hemisphere Survey (VHS), cuyo grupo de enanas ultra-frías lidera el IAC, hemos continuado la búsqueda de compañeros ultra-fríos con movimiento propio común, cuya caracterización espectroscópica estamos llevando a cabo con OSIRIS en el telescopio GTC, SofI en el telescopio NTT y otros telescopios del Sur. Como resultado de este trabajo, hemos descubierto VHS1256b, un planeta gigante, de unas 11 veces la masa de Júpiter, alrededor de una estrella enana roja joven cercana ( $d=12$  pc). Se trata del exoplaneta más cercano a nuestro Sol del que se ha podido obtener una imagen y un espectro. VHS1256b tiene tipo espectral L tardío y colores IR muy rojos, y se trata de uno de los compañeros de masa planetaria menos masivos y que se han podido estudiar con mayor detalle (Gauza et al. 2015). Este resultado dio lugar a una nota de prensa del IAC y fue destacado en la galería de resultados. Hemos realizado también una búsqueda de objetos aislados de tipo L ultrarrojos de características similares a VHS1256b, y que por tanto podrían ser planetas aislados de la vecindad solar.

Hemos continuado nuestras búsquedas de objetos subestelares alrededor de estrellas M de la vecindad Solar ( $d<5$ pc) con CanariCam en el telescopio GTC. Se han observado ya unas 30 estrellas y disponemos de una muestra completa en el Hemisferio Norte hasta 4,5 pc.

En los cúmulos jóvenes de Sigma Orionis y las Pléyades y en la asociación de Upper Scorpio, en colaboración investigadores del Centro de Astrobiología (CAB) y la Pontificia Universidad Católica de Chile (PUC), hemos continuado con nuestro trabajo de caracterización espectroscópica de los candidatos a planetas aislados y hemos podido obtener espectros ópticos con OSIRIS en el telescopio GTC y espectros IR con FIRE en el telescopio Magellan de objetos L tempranos y L intermedios en sigma Orionis, una L4-L6 en Upper Scorpio (Peña-Ramírez et al.) y varias L tardías en las Pléyades. Se trata de alguno de los planetas aislados menos masivos conocidos en sus respectivas regiones.

## NATURALEZA Y EVOLUCIÓN DE BINARIAS DE RAYOS X (P/309710)

T. Muñoz Darias.

F. Jiménez Ibarra, S. Palomo Nevado, J.I. González Hernández, I. González Martínez-País, P. Rodríguez Gil, M. Armas Padilla, J. Casares Velázquez, M. Linares Alegret, C. Zurita Espinosa, P.J. Blay Serrano, A. Herrero Davó, D. Mata Sánchez, V. Dhillon, G. Israelian y T. Shahbaz.

P. Charles (Univ. de Southampton, Reino Unido); M. Pérez Torres, P. Jonker (Univ. de Utrecht, Países Bajos); T. Marsh, D. Steeghs, B. Gaensicke (Univ. de Warwick, Reino Unido); R. Fender, S. Motta, K. O'Brien (Univ. de Oxford, Reino Unido); R.I. Hynes (Univ. de Louisiana, EEUU); J.M. Paredes, M. Ribó (Univ. de Barcelona); J. Martí (Univ. de Jaén); T. Belloni, S. Campana, P. D'Avanzo (Obs. de Brera, Italia); P. Hakala (Univ. de Helsinki, Finlandia); I. Negueruela (Univ. de Alicante); J.M. Corral-Santana (Univ. Católica, Chile); D. Russell (Univ. de Abu Dhabi, Arabia Saudita); G. Ponti, B. de Marco (MPE, Alemania); R. Wijnands (Univ. de Amsterdam, Países Bajos); N. Degenaar (Univ. de Cambridge, Reino Unido); A. de Ugarte (IAA, Granada); Y. Ueda (Univ. de Kyoto, Japón).

## INTRODUCCIÓN

Las Binarias de Rayos X son binarias compactas dominadas por procesos de acreción sobre estrellas de neutrones (NS) o agujeros negros (BH). Un subgrupo de estos sistemas (binarias transitorias de rayos X, SXTs) se caracteriza por la presencia de erupciones recurrentes (varias décadas) durante las cuales la luminosidad aumenta típicamente un factor 10<sup>3</sup>-10<sup>6</sup> en los rangos óptico y rayos X, respectivamente. Estos sistemas ofrecen un interés especial ya que contienen los candidatos a BH más firmes conocidos vía la determinación de la función de masa de la estrella compañera. El análisis de estos residuos estelares compactos es esencial, entre otras cosas, para el conocimiento de las últimas etapas en la evolución de estrellas masivas y la estructura de la materia nuclear. Desgraciadamente, el número de BH detectado es todavía demasiado pequeño para abordar análisis estadísticos comparativos con la población de binarias con NS.

Los objetivos científicos que se persiguen son:

Expandir la muestra de BH midiendo funciones de masa en nuevas binarias transitorias. Asimismo, deter-

minar los cocientes de masas y ángulos de inclinación para estimar las masas de las dos componentes y, por tanto, la naturaleza de los objetos compactos. Para ello se utilizan diversas técnicas espectrofotométricas en los rangos óptico e IR (incluyendo el análisis de emisión Bowen fluorescente de la estrella compañera, una nueva técnica descubierta por el grupo). También se están explorando nuevas estrategias que permiten aumentar significativamente la muestra de nuevos agujeros negros en quietud. Cuando el número de objetos sea suficientemente grande se intentarán abordar estudios estadísticos de la muestra de BH respecto a binarias con NS (ej. distribución de masas, cocientes de masa, distribución galáctica) para caracterizar las dos poblaciones de objetos compactos. Se espera obtener información que permita restringir la ecuación de estado de la materia nuclear, la edad e historia evolutiva de estos sistemas (ej.  $M_{\max}$  para NS,  $M_{\min}$  para BH, pérdida de masa de las estrellas progenitoras).

Analizar la estructura y variabilidad de los discos de acreción alrededor de los objetos compactos en diferentes bandas espectrales (óptico-rayos X). La distribución espectral durante la erupción (especialmente a altas energías) y su variación temporal es esencial para restringir los modelos de erupción y la estructura física del disco (ej. radio del disco advectivo o ADAF). En el óptico se estudiará la variación orbital de los perfiles de emisión utilizando técnicas de tomografía doppler. Esto nos permitirá analizar la distribución radial de emisividad de los discos y obtener restricciones al tamaño del disco, ritmo de transferencia de masa y estado evolutivo. Además, se ha abierto una nueva ventana con el descubrimiento de variabilidad óptica rápida (mins-segs) en los discos de acreción en quietud en varios BHs y NS. Es importante ampliar la muestra de sistemas y extraer el espectro de la variabilidad para restringir posibles mecanismos de producción. Por ejemplo, el estudio de las oscilaciones cuasi-periódicas (QPOs) y de las propiedades del ruido temporal permite distinguir entre diferentes modelos de discos alabeados por irradiación y extraer información privilegiada sobre las inestabilidades que se forman en los discos alrededor de objetos compactos. Por su parte, el estudio de variaciones fotométricas durante las erupciones y la quietud permite determinar parámetros fundamentales de estos sistemas binarios, esenciales para determinar las masas de las componentes: ej.  $P_{\text{orb}}$  e inclinación mediante eclipses y efectos de irradiación, y cociente de masas a partir del período de “superhump” (batido entre el período de precesión del disco y  $P_{\text{orb}}$ ).

Estudio de binarias de gamma, formadas por un pulsar joven en órbita alrededor de una estrella masiva. La interacción del viento de la estrella con el pulsar genera emisión de muy alta energía (MeV-TeV), fuertemente modulada con el periodo orbital, que es detectada por telescopios Cherenkov como MAGIC y satélites de rayos gamma como Fermi. Seguimiento espectroscópico intensivo en el óptico permite caracterizar los parámetros fundamentales de estas binarias. Recientemente descubrimos la presencia del primer BH en una binaria de rayos gamma.

Asimismo, se pretende estudiar la composición química de las estrellas compañeras y, concretamente, establecer el origen de las altas abundancias de Litio y elementos-a descubiertas por el grupo. Para ello se proyecta:

- Realizar análisis de metalicidad para encontrar evidencias de la explosión de Supernova que dio origen al BH/NS. Anomalías en las abundancias nos permitirán reconstruir la historia evolutiva de las estrellas progenitoras.
- Investigar la formación de líneas de litio en los discos de acreción y en las atmósferas de las estrellas secundarias. La razón isotópica  $\text{Li}^7/\text{Li}^6$  es un indicador del mecanismo de aceleración de partículas que produce estos elementos en el entorno del BH o NS.

## HITOS

Estimación de la masa del agujero negro Swift J1357.2-0933. Para este trabajo se usaron datos del telescopio GTC, obteniéndose una cota inferior a la masa del agujero negro que sugiere que es uno de los más masivos de los conocidos en nuestra galaxia. Asimismo se obtuvieron las primeras restricciones a la masa del sistema prototípico Sco X-1 descartando la presencia de una estrella de neutrones masiva en este objeto.

Presentación de una novedosa correlación entre la velocidad radial de la estrella compañera y la anchura a media altura (FWHM) de la línea H $\alpha$  durante la quietud. Esta correlación permitirá estimar la velocidad de la estrella compañera, parámetro básico para determinar la masa del sistema, simplemente midiendo la anchura de la línea H $\alpha$  en un espectro en quietud, lo cual amplía considerablemente el número de agujeros negros y estrellas de neutrones del que podremos obtener restricciones dinámicas en un futuro cercano. En otro trabajo, presentamos la aplicación de la técnica al sistema KY TrA.

## Desarrollo y resultados

Durante 2015 se han producido progresos sustanciales en las principales líneas de investigación del grupo, dando como resultado un buen número de artículos, charlas invitadas y la organización de tres eventos (dos sesiones especiales dentro de la EWASS 2015 y la Escuela de Invierno). Señalar también que hay un número significativo de artículos que fueron aceptados durante el último tercio del año y que se publicarán a principios de 2016.

### *Erupción del agujero negro V404 Cyg*

Se dedicó una cantidad muy significativa de recursos a la planificación y análisis de una extensa campaña observacional durante la violenta erupción de este sistema binario. Se lideraron varios telegramas astronómicos (Muñoz-Darías et al. 2015, a, b) y también se envió el primer artículo.

### *Búsqueda de agujeros negros y determinación de masas*

Se presentó una novedosa correlación entre la velocidad radial de la estrella compañera (K2) y la anchura a media altura (FWHM) de la línea H $\alpha$  durante la quietud. Dicho estudio se realizó usando una extensa base de datos que incluía tanto variables cataclísmicas (CVs) como sistemas LMXBs con agujero negro y estrellas de neutrones. Esta correlación permitirá estimar la velocidad de la estrella compañera (parámetro básico para determinar la masa del sistema) simplemente midiendo la FWHM de H $\alpha$  de un espectro en quietud, lo cual amplía considerablemente el número de sistemas del que podremos obtener restricciones dinámicas (Casares 2015, *Astrophysical Journal*, 808, 80).

Se realizaron observaciones espectroscópicas con el telescopio GTC del BH de muy alta inclinación Swift J1357.2-0933 en quietud, que, aunque no muestran rasgos de la estrella compañera, confirman el periodo orbital obtenido durante la erupción. Aplicando la mencionada correlación (K2-FWHM) obtenemos que este objeto alberga unos de los agujeros negros estelares más masivos que conocemos en la Galaxia (Mata Sánchez et al. 2015, *MNRAS* 454,2199). También se publicó un trabajo detallado sobre la contrapartida óptica del sistema con agujero negro KY TrA (Zurita, Casares & Corral-Santana 2015).

### *Emisión Bowen en binarias de rayos X activas/persistentes*

Esta técnica novedosa (descubierta por nuestro grupo) proporciona las primeras masas dinámicas en

estrellas de neutrones activas y agujeros negros en erupción. Se publicaron los resultados del análisis de espectros NIR de Sco X-1 en fase orbital 0 (mínima irradiación). Aunque no se detectó la estrella compañera, combinando estos datos con la técnica Bowen se obtienen restricciones a los parámetros fundamentales (Mata Sánchez et al. 2015, *MNRAS* 449, L1).

### *Púlsares milisegundo “de transición”*

Recientemente nuestro grupo ha establecido que esta nueva clase de púlsares muestra un fenómeno intrigante llamado “cambio de modo de rayos X”, siempre que están rodeados por un disco de acreción (Linares, 2014, *Astrophysical Journal*). En 2015 se publicó el primer artículo sobre el sistema prototípico PSR J1023+0038 y se organizó una “special session” durante la EWASS 2015.

### *Abundancia química de las estrellas compañeras*

Se ha publicado el análisis de abundancias de la estrella compañera en Cyg X-2 que confirman un exceso de ciertos elementos H $\alpha$ , consistente con un modelo de explosión de supernova asimétrico con una masa de corte baja.

### *Variabilidad en discos de acrecimiento*

Se ha colaborado intensamente con el grupo del MPE (Munich, Alemania; de Marco, Ponti, Muñoz-Darías & Nandra 2015 a, b) en la determinación del origen de la variabilidad en rayos X observada en agujeros negros. Se han publicado dos trabajos con los primeros estudios detallados sobre las propiedades de la variabilidad en rayos X blandos, donde es esperable que el disco (típicamente poco variable) domine sobre la corona (muy variable). En el campo de alta resolución temporal se organizó una “special session” durante la EWASS 2015 así como la Winter School 2015.

### *Estudio de HMXBs y binarias gamma*

Continúa el seguimiento espectroscópico de las binarias gamma MWC 656 y MWC 148 con STELLA y NOT para refinar los elementos orbitales. Asimismo, se ha detectado emisión de H $\alpha$  en la binaria de alta masa V473 Per que podría indicar la presencia de otro BH. Se están recogiendo datos con STELLA y se espera publicar los resultados en 2015. Por último, se ha detectado un acoplamiento entre la emisión térmica (trazada mediante fotometría y EWs de H $\alpha$ ) y no térmica (emisión radio) en la binaria gamma LSI +61 303.

## ESTRELLAS MASIVAS AZULES (P/309808)

A. Herrero Davó.

G. Gómez Velarde, L. Crivellari, S. Simón-Díaz, M. Cer-  
viño Saavedra e I. Camacho Iniesta.

Colaboradores del IAC: S.L. Hidalgo Rodríguez, K.S.  
Rübke Zúñiga, S. Rodríguez Berlanas y G. Holgado Alijo.

J. Puls (Univ. de Munich, Alemania); C. Evans (ROE,  
Reino Unido); A. de Koter (Astronomical Inst., Univ.  
de Utrecht, Países Bajos); J.S. Vink (Obs. de Armagh,  
Reino Unido); N. Markova (NAO, Bulgaria); D.J. Len-  
non (ESA, Madrid), N.R. Walborn (STScI, EEUU); R.P.  
Kudritzki (IoA, Univ. de Hawai, EEUU); M.A. Urbaneja  
(Univ. de Innsbruck, Austria); F. Najarro, M. García  
(CAB, Madrid); I. Negueruela (Univ. de Alicante); J.  
Maíz Apellániz (IAA, Granada); N. Langer, N. Castro  
(Univ. de Bonn, Alemania); S. Clark (Open Univ., Reino  
Unido); G. Maynet (Univ. de Ginebra, Suiza); C. Sabin  
(Univ. La Serena, Chile); D. Calzetti (Univ. de Massa-  
chussets, EEUU).

### INTRODUCCIÓN

En este Proyecto se pretende observar y analizar  
estrellas masivas en galaxias cercanas para compren-  
der sus propiedades y evolución en diferentes entor-  
nos, en especial aquéllos cuyas condiciones se aproxi-  
man a las del universo temprano, a fin de que puedan  
ser utilizadas para comprenderlo mejor.

Las estrellas masivas constituyen el origen de fe-  
nómenos tremendamente energéticos y son un agente  
primario de la evolución química y dinámica de las ga-  
laxias y del Universo. Son también uno de los más im-  
portantes agentes propuestos para iniciar la reioniza-  
ción del Universo, que lo volvió transparente a la ra-  
diación, permitiéndonos hoy en día su observación.  
Estas estrellas nacen con masas superiores a ocho  
veces la masa del Sol, lo que las condena a morir como  
supernovas al final de su vida, formando estrellas de  
neutrones y agujeros negros y produciendo Estallidos  
de Rayos Gamma (GRB). Su evolución es muy rápida, y  
durante la misma liberan gran cantidad de material  
procesado nuclearmente a través de fuertes vientos  
estelares (pueden perder hasta el 90% de su masa)  
emitiendo gran cantidad de radiación en forma de fo-  
tones de alta energía. Su alta masa las predispone a  
formar sistemas binarios, que pueden evolucionar a bi-  
narias de rayos X de alta masa y formar objetos com-  
pactos.

Estos procesos dependen de las propiedades de las  
estrellas, como su masa, metalicidad, rotación que  
cambian en función de la galaxia que aloja a la estrella.  
Para interpretar la radiación que nos llega de galaxias  
lejanas debemos comprender cómo estas propiedades  
varían con las de la galaxia anfitriona y cómo determi-  
nan los procesos descritos. Es necesario pues estudiar-  
las en un conjunto de galaxias que cubran una varie-  
dad de características.

Afortunadamente, al ser muy luminosas, las estre-  
llas masivas pueden estudiarse individualmente en ga-  
laxias cercanas, en donde su física puede acercarse a  
la del Universo primitivo y pueden así utilizarse como  
patrones de distancia. También pueden observarse co-  
lectivamente en regiones de intensa formación estelar  
a grandes distancias, incluso poco después de la rei-  
onización del Universo, que podrían haber causado.

Los espectros de estas estrellas contienen gran can-  
tidad de información. Presentan un gran número de lí-  
neas de diferentes elementos químicos, como por  
ejemplo H, He, C, N, O, Si, Mg o Fe, y muestran fuertes  
signos de la pérdida de masa que constituye el viento  
estelar. Estos vientos posibilitan estudios espectroscó-  
picos en galaxias lejanas permitiéndonos así obtener  
información esencial sobre las galaxias que las hospedan.  
Si hay presentes lentes gravitatorias, las líneas de  
los vientos estelares pueden ser usadas para obtener la  
composición química (metalicidad) de galaxias del uni-  
verso temprano con formación estelar activa.

La determinación de sus parámetros estelares y  
abundancias químicas permite una comparación de-  
tallada con las predicciones de la teoría de evolución  
estelar, pero como contrapartida exige un detallado  
cálculo del espectro emergente. Este cálculo detallado  
se complica debido a las fuertes condiciones de NETL,  
esfericidad y pérdida de masa, cuyo efecto es acoplar  
las ecuaciones del transporte de radiación, del equili-  
brio estadístico y de continuidad en una geometría es-  
férica. Además, el problema debe resolverse utilizando  
una descripción realista del modelo atómico. Sin em-  
bargo, si disponemos de dichos parámetros estelares  
y abundancias, podemos además comparar con las de-  
terminaciones de abundancias en el medio interestelar  
de nuestra galaxia y galaxias vecinas, y con las pre-  
dicciones de las teorías de evolución química de las  
galaxias.

Los análisis de estrellas masivas en la Vía Láctea y en  
galaxias cercanas, tanto dentro como fuera del Grupo  
Local, nos pueden proporcionar una gran cantidad de  
información acerca de la estructura y evolución de es-  
trellas y galaxias, bajo diferentes condiciones, extrapo-  
lables a regiones más alejadas del Universo. No obs-

tante, ello requiere identificar las estrellas masivas como tales, lo que obliga al uso de diagramas de color-magnitud y a la obtención de espectros de baja resolución. Además, es necesario recurrir a las observaciones en distintas longitudes de onda, para lograr los datos precisos. Aunque muchos parámetros pueden obtenerse a partir de observaciones en diferentes rangos espectrales, el UV es necesario para determinar velocidades terminales del viento; el visible, para temperaturas efectivas, gravedades y pérdidas de masa, lo que puede obtenerse bajo determinadas condiciones también del IR.

Los objetivos del presente Proyecto son los siguientes:

- Identificar las estrellas masivas en galaxias cercanas, en especial aquellas con condiciones cercanas a las del Universo primitivo.
- Observar y analizar las estrellas en esas galaxias.
- Determinar las propiedades de las estrellas masivas en diferentes entornos. Correlacionar las propiedades estelares con las del entorno.
- Estudiar la variación de la evolución de las estrellas con sus propiedades iniciales (determinadas en parte por el entorno).
- Diseñar un tratamiento numérico fiable que reproduzca el comportamiento de los diferentes procesos físicos que tienen lugar en el interior de las atmósferas estelares.

A largo plazo, pretendemos aplicar estos objetivos a estudios del universo primitivo.

## HITOS

En 2015 hemos presentado el análisis de estrellas masivas a la más baja metalicidad alcanzada hasta la fecha. Se trata de estrellas observadas con OSIRIS@GTC en la galaxia Sextans A, a 1,3 Mpc de distancia, cuya metalicidad es tan solo una décima parte de la solar. Este resultado nos permite avanzar en la física de las estrellas masivas en condiciones más próximas a las que reinaban del universo primitivo.

## EVOLUCIÓN DEL PROYECTO

Los principales esfuerzos en la investigación del comportamiento de las estrellas masivas se han producido en el marco de la tesis de I. Camacho. En Sextans A, una galaxia a 1,3 Mpc de muy baja metalicidad, se ha concluido el análisis de estrellas masivas OB observadas en rendija larga con OSIRIS@GTC, se ha podido determinar los principales parámetros de las es-

trellas más jóvenes y de mayor luminosidad, extendiendo la escala de temperaturas hacia metalicidades más bajas de las alcanzadas nunca hasta ahora. En IC1613 hemos implementado las herramientas para el análisis automático. Estas herramientas, basadas en el análisis de PCA, permiten realizar los análisis con una red de modelos mucho menor que otros métodos. Hemos analizado supergigantes B en IC1613 y en la SMC (estas últimas como referencia). Estos análisis, que están ya en fase de comprobación de los resultados, nos darán información sobre la evolución química de las estrellas masivas en entornos de baja metalicidad y con un una razón de elementos alfa al hierro distinta de la solar. También se han instalado las herramientas necesarias para reducir las observaciones multiobjeto de Sextans A, realizadas con OSIRIS@GTC. El análisis de estas estrellas, que esperamos realizar durante este año, será el segundo y mayor estudio de estrellas de la más baja metalicidad realizado hasta la fecha (el primero ha sido el que hemos publicado, explicado más arriba), aproximándonos así a las condiciones del universo primitivo. Estos trabajos además nos han permitido obtener tiempo de observación con los telescopios VLT y el HST en IC1613 y Sextans A, lo que esperamos que nos permita obtener condiciones para la física de los vientos de estas estrellas y sus mecanismos de evolución.

Dentro de la colaboración LEGUS hemos finalizado el desarrollo de una herramienta para identificar candidatos a estrellas masivas. La herramienta, desarrollada por S. Taibi en su trabajo de fin de máster, permite seleccionar las estrellas más adecuadas para su observación con telescopios terrestres. El objetivo es tener una muestra de candidatas a estrellas masivas en galaxias de 4 a 10 Mpc. Actualmente el trabajo ha sido completado en NGC6503.

En la colaboración VFTS se ha continuado colaborando, y hemos liderado el análisis de las estrellas enanas O. El trabajo, la más extensa muestra de enanas O hasta la fecha (con 105 objetos seleccionados por estar aisladas, está cerca de ser terminado. Presentamos una nueva escala de temperaturas para enanas O, contrastamos las evidencias en favor y en contra de la influencia de la rotación en las estrellas masivas, y analizamos las masas y los vientos de las estrellas, encontrando discrepancias con las predicciones teóricas que deberán ser explicadas en futuros trabajos.

Se ha comenzado a desarrollar un esquema para realizar síntesis de poblaciones, a fin de poder analizar galaxias con falta de resolución espacial. Finalmente, dentro de los esfuerzos por comprender el universo primitivo, hemos colaborado con el proyecto ALBA, del

que formamos parte, que intenta detectar observacionalmente protocúmulos de galaxias.

Se han desarrollado fórmulas de interpolación para el uso de secciones eficaces de colisión. A lo largo de 2015 se han logrado resultados satisfactorios para los primeros niveles energéticos del átomo de H. Se ha continuado con la escritura del libro que recoge los contenidos del curso “Radiative Transfer in Stellar Atmospheres” impartido en años anteriores en las Universidades Federico II de Nápoles y Tor Vergata de Roma.

## PRUEBAS OBSERVACIONALES DE LOS PROCESOS DE NUCLEOSÍNTESIS EN EL UNIVERSO (P/300423)

G. Israelian.

J. Casares Velázquez, R.J. García López, R. Rebolo López, J.I. González Hernández y L. Suárez Andrés.

Colaboradores del IAC: A. Herrero Davó y J. Trujillo Bueno.

M. Mayor, S. Udry, F. Pepe, G. Meynet, A. Maeder (Obs. de Ginebra, Suiza); N. Santos, S. Sousa (Univ. de Oporto, Portugal); P. Bonifacio (Obs. de Meudon, Francia); P. Molaro (Obs. de Trieste, Italia); N. Shchukina (Obs. de Kiev, Ucrania); C. Melo (ESO, Chile), S. Randich (Obs. de Arcetri, Italia); F. Musaev (SAO, Rusia); A. Livshits (Univ. de Moscú, Rusia); B. May, M. Rowan Robinson (IC, Reino Unido); S. Dermott (Univ. de Florida, EEUU); J. Jenkins (SETI/NASA Ames, EEUU); M. Showalter (SETI, EEUU).

## INTRODUCCIÓN

Recientemente se han llevado a cabo varios análisis espectroscópicos de estrellas con planetas. Uno de los resultados más relevantes ha sido descubrir que las estrellas con planetas son en promedio más metálicas que las estrellas del mismo tipo espectral sin planetas conocidos (Santos, Israelian & Mayor 2001, *Astronomy & Astrophysics*, 373, 1019; 2004, *Astronomy & Astrophysics*, 415, 1153). Existen dos hipótesis posibles para relacionar el exceso de metalicidad con la presencia de planetas. La primera es la del “autoenriquecimiento” que atribuye el origen de la sobreabundancia de metales observada en estrellas con planetas a la

acreción sobre la estrella madre de grandes cantidades de material planetario rocoso, rico en metales y pobre en elementos como H y He. La hipótesis contraria es la principal y considera que el exceso de metales sea debido al alto contenido en metales de la nube protoplanetaria a partir de la cual se formó el sistema estrella-planeta.

Los elementos ligeros pueden proporcionar información valiosa sobre la mezcla, la difusión y la evolución del momento angular en estrellas con planetas, así como sobre la actividad estelar causada por la interacción con exoplanetas (Santos, Israelian, García López et al. 2004, *Astronomy & Astrophysics*, 427, 1085; Israelian et al. 2004, *Astronomy & Astrophysics*, 414, 601). Estudios sobre el Be, el litio y la razón isotópica  ${}^6\text{Li}/{}^7\text{Li}$  podrían aportar pruebas para distinguir entre las diferentes teorías de formación planetaria (Sandquist et al. 2002, *Astrophysical Journal*, 572, 1012). Israelian et al. encontraron evidencias de la caída de un planeta o de material protoplanetario sobre la estrella HD82943 (2001, *Nature*, 411, 163; 2003, *Astronomy & Astrophysics*, 405, 753).

Si el “autoenriquecimiento” fuera el principal responsable del exceso de metalicidad de las estrellas con planetas, eso implicaría una sobreabundancia relativa de elementos refractarios (Si, Mg, Ca, Ti, etc.) respecto a los volátiles (CNO, S y Zn). Se han llevado a cabo varios estudios espectroscópicos del hierro (Santos et al. 2001, *Astronomy & Astrophysics*, 373, 1019; 2003, *Astronomy & Astrophysics*, 398, 363; 2004, *Astronomy & Astrophysics*, 415, 1153) y de otros elementos (Bodagheer et al 2003, *Astronomy & Astrophysics*, 404, 715; Ecuivillon, Israelian, Santos et al. 2004, *Astronomy & Astrophysics*, 418, 703; 2004, *Astronomy & Astrophysics*, 426, 619; 2006, *Astronomy & Astrophysics*, 445, 633; 2006, *Astronomy & Astrophysics*, 449, 809; Gilli, Israelian, Ecuivillon, et al. 2006, *Astronomy & Astrophysics*, 449, 723).

El análisis espectroscópico de estrellas ricas en metales también proporciona información valiosa sobre las tasas de eyección al medio interestelar de elementos químicos producidos por explosiones de supernova en los últimos 10.000 millones de años. Otro método alternativo para investigar los productos de las explosiones de supernova es el estudio de las estrellas compañeras de los sistemas binarios de rayos X.

Las estrellas compañeras en sistemas binarios de rayos X de baja masa han sobrevivido a estas explosiones de supernova y quizás han podido capturar parte del material eyectado en la explosión. Este material se mezclará en la zona de convección con el material de la estrella, de forma que las abundancias de los elemen-

tos presentes en el material eyectado se modificarían. Así pues el estudio de anomalías químicas en las atmósferas de las estrellas secundarias en estos sistemas puede darnos información sobre la nucleosíntesis y evolución estelar en estrellas masivas y sobre la complejidad de las explosiones de supernova. Este nuevo enfoque fue aplicado por vez primera por Israelian et al. (1999, *Nature* 401, 142) en el espectro de GRO J1655-40 (Nova Scorpii 1994), un sistema binario de rayos X que contiene el agujero negro cuya determinación de masa es la más precisa. El análisis mostraba abundancias de O, Mg, S, Si desde 6 hasta 10 veces mayores que las encontradas en el Sol. Estos autores lo interpretaron como evidencia de que había habido una explosión de supernova que dio lugar al agujero negro, y que la estrella compañera de baja masa no podía haber sintetizado estos elementos.

Las explosiones de supernova son responsables del progresivo enriquecimiento del medio interestelar por elementos pesados. Las tendencias marcadas por las abundancias relativas de diferentes elementos químicos en función de la metalicidad aportan información sobre sus ritmos de formación y nucleosíntesis en diferentes tipos de supernova. La nueva generación de telescopios de clase 4-10 m ha mejorado drásticamente la calidad de las observaciones espectroscópicas. Mientras tanto, las herramientas computacionales permiten estudiar la formación de líneas espectrales en NLTE en átomos tan complejos como el Fe. Gracias a esos progresos se han descubierto nuevas e interesantes tendencias de las abundancias de O, S y N (Israelian et al. 1998, *Astrophysical Journal*, 507, 805; 2001, *Astrophysical Journal*, 551, 833; 2004, *Astronomy & Astrophysics*, 421, 649). Además se ha demostrado, por vez primera, que los modelos de atmósfera 1D estándares de estrellas gigantes muy pobres en metales son incapaces de resolver los conflictos entre abundancias obtenidas a partir de diferentes líneas espectrales de oxígeno y magnesio (Israelian et al. 2004, *Astronomy & Astrophysics*, 419, 1095). Se proyecta continuar estudios consistentes de abundancias en una selección de estrellas pobres en metales, con el objetivo de comprender por qué y cuándo los modelos 1D fallan como herramientas de síntesis espectral.

## HITOS

Hemos utilizado una amplia muestra de las estrellas enanas de tipo FGK para los que se han obtenido abundancias precisas de Mg, Si, Fe utilizando alta resolución de HARPS y datos de alta calidad. Se han estudiado las posibles correlaciones entre la existencia

de compañeros planetarios y la abundancia de los elementos relativos de sus estrellas. Un primer análisis de los datos sugiere que las estrellas con planetas de baja masa muestran proporciones superiores de [Mg/Si], mientras que las estrellas con planetas gigantes el [Mg/Si] es menor que las estrellas de campo. Sin embargo, encontramos que la relación [Mg/Si] depende en gran medida de la metalicidad en la evolución química de la galaxia. Después de la eliminación de la evolución galáctica sólo, la diferencia en la relación elemental [Mg/Si] entre las estrellas con planetas de baja masa y las estrellas sin planetas estaba presente de manera significativa. Estos resultados sugieren que los planetas de baja masa son más frecuentes alrededor de estrellas con alta [Mg/Si].

Se han explorado diferentes técnicas para reducir al mínimo el efecto de selección de líneas en la abundancia mediante el uso de las abundancias de Ni derivados para 1.111 estrellas de tipo FGK. Evaluamos cómo el número limitado de líneas espectrales puede afectar a la abundancia química final. A continuación hacemos una comparación eficiente de la dispersión [X/Fe] entre los elementos que tienen un número diferente de líneas espectrales observables en el espectro. Recomendamos precaución cuando se comparan dispersiones de [X/Fe] entre los elementos en los que están disponibles un número diferente de líneas espectrales. Es necesaria una comparación significativa para identificar los elementos que muestran la mayor dispersión intrínseca, que luego se puede utilizar para el etiquetado de productos químicos.

Presentada una nueva versión mejorada del código de ARES. La nueva versión incluye una serie de nuevas características interesantes, tales como la corrección automática de la velocidad radial, una determinación totalmente automática del continuo y una estimación de los errores de las anchuras equivalentes. La corrección automática de velocidad radial se logra con una simple función de correlación cruzada, y la determinación continuo automático, así como la estimación de los errores, que se basa en un nuevo enfoque para evaluar el ruido espectral a nivel continuo. ARES v2 es totalmente compatible con su predecesor. Se demuestra que la determinación totalmente automática es consistente con los métodos anteriores aplicados para esta tarea. También presenta una mejora significativa en sus prestaciones gracias a la aplicación de un cálculo paralelo usando la biblioteca OpenMP.

Hemos presentado un catálogo de parámetros atmosféricos estelares precisos y abundancia de hierro para una muestra de 257 K y G estrellas de campo evolucionadas que están siendo examinados para plane-

tas a partir de las mediciones de velocidad radial precisas como parte del programa de Coralie para buscar planetas alrededor de gigantes. El análisis se realizó utilizando un conjunto de alta resolución y alta relación señal-ruido en el ultravioleta y visible usando espectros Echelle. Los parámetros estelares se obtuvieron utilizando métodos de ionización y excitación de equilibrio en Fe I y II. Para tener en cuenta los posibles efectos relacionados con la elección de las líneas en los parámetros derivados, hemos utilizado tres listas de líneas diferentes de hierro en nuestro análisis, y los resultados difieren entre sí por un pequeño factor de la mayor parte de las estrellas. Para esas estrellas con estimaciones de los parámetros en literaturas anteriores hemos encontrado un muy buen acuerdo con nuestros propios valores. En el presente catálogo, estamos proporcionando nuevas mediciones espectroscópicas precisas de la temperatura efectiva, gravedad superficial, microturbulencia y metalicidad de 190 estrellas para las que no se ha encontrado datos publicados en artículos anteriores.

## EVOLUCIÓN DEL PROYECTO

Hemos analizado posibles correlaciones entre la existencia de compañeros planetarios y las abundancias de los elementos químicos en las estrellas con planetas. Hemos utilizado una amplia muestra de las estrellas enanas de tipo FGK para los que se han obtenido abundancias precisas de Mg, Si, Fe y Ca utilizando el espectrógrafo HARPS. Un primer análisis de los datos sugiere que las estrellas con planetas de baja masa muestran un alto contenido de  $[Mg/Si]$ , mientras que las estrellas con planetas gigantes presentan  $[Mg/Si]$  menor que las estrellas de campo. Sin embargo, encontramos que la relación  $[Mg/Si]$  depende en gran medida de la metalicidad en la evolución química de Galaxia. Después de la eliminación de la tendencia de la evolución galáctica, la diferencia en la relación de  $[Mg/Si]$  entre las estrellas con planetas de baja masa y planetas fue significativa. Estos resultados sugieren que los planetas de baja masa son más frecuentes alrededor de estrellas con alta  $[Mg/Si]$ . Nuestros resultados demuestran la importancia de los efectos de la evolución química de la galaxia e indican que estos efectos pueden jugar un papel importante en la estructura interna planetaria y su composición química. Los resultados también muestran que los índices de abundancia pueden ser un tema muy relevante para nuestra comprensión de la formación de los planetas extrasolares.

Se ha presentado un catálogo de parámetros atmosféricos estelares y abundancia de hierro para una

muestra de 257 estrellas evolucionadas de campo (tipo K y G) que están siendo examinados para planetas a partir de las mediciones de velocidad radial precisas como parte del programa de Coralie para buscar planetas alrededor de gigantes.

Combinando las medidas de rotación con medidas de litio y edad se ha encontrado que no hay una relación entre edad y rotación para estrellas del campo con edades mayores de 2Gyr, y que sin embargo la rotación está relacionada con ciertas estrellas extrañamente empobrecidas en litio, con temperaturas entre 5.900 y 6.400 K. Presentamos las nuevas determinaciones de abundancias de litio de 326 estrellas de secuencia principal con y sin planetas en el rango de 5.600 hasta 5.900 K. Confirmamos diferencias significativas en la distribución de Li en gemelos solares: la muestra completa de estrellas con planetas (22) muestra valores de Li inferiores a los de estrellas "individuales" sin planetas detectados (60). Si nos centramos en las submuestras con intervalos más estrechos en metalicidad y edad, se observa indicios de un resultado similar, aunque no es tan claro para algunas de las submuestras. Además, comparamos los espectros observados de varias parejas de estrellas con parámetros muy similares que muestran diferencias en Li abundancias hasta 1,6 dex. Por lo tanto se demuestra que ni la edad, masa, ni metalicidad de una estrella con planetas es la única causa de agotamiento Li observado en análogos solares.

Se ha llegado a la conclusión de que otra variable debe de ser tomada en cuenta y se sugiere que esto podría ser la presencia de planetas que causa mezcla adicional por rotación inducida en las capas externas de estrellas con planetas. Por otra parte, encontramos indicios de que la cantidad de agotamiento de Li en estrellas con planetas de tipo solar es mayor cuando los planetas son más masivos que Júpiter. Usando las abundancias de litio previamente publicados, eliminamos el efecto de confusión de los diferentes parámetros estelares fundamentales mediante la aplicación de una regresión multivariable en nuestro conjunto de datos. Al hacer esto, hacemos explícitamente un supuesto usado implícitamente por diferentes autores: que la abundancia de litio depende linealmente de parámetros estelares fundamentales. Usando una variable moderadora de distinguir las estrellas con planetas de los que no, se ha valorado la existencia de un desfase en las abundancias de litio entre los dos grupos. Llevamos a cabo este análisis primero para las estrellas que presentan una detección de litio claro exclusivamente y se incluyen en un segundo análisis mediciones de litio con límites superiores. Nuestro análisis muestra

que bajo el supuesto antes mencionado de la linealidad, se encuentra un desplazamiento en la abundancia de litio entre estrellas con y sin planetas. Este desplazamiento es negativo, mostrando una disminución mayor de las estrellas con planetas, siendo un resultado estadísticamente significativo. El uso de una muestra amplia y con gran calidad de estrellas enanas con planetas nos permite hacer un estudio riguroso sobre abundancias químicas y la posterior creación de tendencias galácticas para dichos elementos.

Con una muestra con datos del instrumento UVES del telescopio VLT se están realizando estudios sobre abundancias de N, usando la banda molecular de NH situada en el UV. No solo se están obteniendo abundancias con precisión de dicho elemento, sino que estamos además ampliando la información disponible de dichos objetos al hacer cálculos estimativos de su  $v_{\text{sin}}$ , que contribuirán a la mayor precisión de nuestros estudios actuales y futuros.

Se ha analizado la abundancia de nitrógeno en estrellas con y sin planetas estudiando la banda molecular localizada en el UV cercano (3360Å). Se analizó una muestra de 74 estrellas con y sin planetas, usando datos de alta calidad procedentes del instrumento UVES/VLT. Las mayores dificultades del trabajo son, al estar la banda localizada en el UV, la S/N (baja) y los puntos de referencia del continuo (nulos). Para ello, se ha desarrollado un método de ajuste basado en espectros sintéticos atendiendo a variaciones de temperatura, metalicidad, gravedad y abundancia de nitrógeno. Los resultados muestran que la abundancia no depende de la metalicidad de la estrella, siendo  $[N/Fe]$  con tendencia casi constante (con una inclinación pequeña) con respecto a  $[Fe/H]$ . Estos resultados se corresponden con resultados previos en el campo, al cual contribuiremos ampliando la muestra de estrellas calculadas.

Se ha continuado con un método similar pero analizando el carbono usando la banda molecular situada en 4.300Å. Se analizó una muestra de 1.111 estrellas usando datos de alta resolución de HARPS. Derivado de este trabajo se obtuvieron los ratios C/O versus Mg/Si, importantes a la hora de estudiar la mineralogía de los posibles planetas orbitando las estrellas.

## ABUNDANCIAS QUÍMICAS EN ESTRELLAS (P/301008)

C. Allende Prieto.

R. Rebolo López, D. García Álvarez, R. Carrera Jiménez, C. Zurita Espinosa, D. Sánchez Aguado, S. Bertrán de Lis, R.A. García Dias, A.E. García Pérez y P. Alonso Palicio.

Colaboradores del IAC: J. Sánchez Almeida, A. García Hernández, F. Garzón López, R.J. García López, E. Joven Álvarez, O. Zamora Sánchez, R. Alonso Sobrino, F. Tenegi Sanginés, V. Sánchez de la Rosa, S. Santana Tschudi, R.J. García López, A. Asensio-Ramos, J.I. González Hernández, F. Gracia Temich y A.L. Cabrera Lavers.

I. Hubeny (Univ. de Arizona, EEUU); D.L. Lambert, L. Koesterke, I. Ramírez, M. Shetrone, J.J. Hermes, D.E. Winget, B. Castanheira (Univ. de Texas, EEUU); M. Asplund (ANU, Australia); W. Brown (Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics, EEUU); M. Kilic (Univ. de Oklahoma, EEUU); S. Majewski (Univ. de Virginia, EEUU); R. Schiavon (Univ. de Liverpool, Reino Unido); J. Holtzman (Univ. de Nuevo México, EEUU); H.G. Ludwig (Univ. de Heidelberg, Alemania); C. del Burgo (INAOE, México); T. Beers (Notredame, EEUU); V.S. Smith (NOAO, EEUU); Y. Sun Lee (Chungnam National Univ., República de Corea); M. Cropper, D. Kawata (Univ. College London, Reino Unido); M.P. Ruffoni, J.C. Pickering (Imperial College, Reino Unido); K. Cunha (Obs. Nacional, Brasil).

## INTRODUCCIÓN

La espectroscopía de estrellas permite determinar las propiedades y composiciones químicas de las mismas. A partir de esta información para estrellas de diferente edad en la Vía Láctea es posible reconstruir la evolución química de la Galaxia, así como el origen de los elementos más pesados que el boro, forjados principalmente en los interiores estelares. También es posible estudiar la formación estelar, y la de la propia Galaxia, a través de la huella que deja el potencial galáctico en las órbitas de las estrellas, y de las distribuciones de masa, edad y la abundancia de elementos pesados.

La obtención de espectros con alta resolución espectral, apropiados para estudios de la composición química, requiere instrumentación sofisticada y eficiente. Esto es especialmente cierto en investigaciones en las que se necesitan extensas muestras de estrellas,

que exigen observar cientos, o incluso miles de fuentes de forma simultánea. El procesado y análisis de los datos debe ser automatizado para ser igualmente eficiente.

La interpretación de los espectros se basa en modelos físicos de las atmósferas de las estrellas, de donde se escapa la luz que observamos. Los ingredientes fundamentales para la construcción de estos modelos son la dinámica de fluidos, y las propiedades de los átomos, iones y moléculas, especialmente en lo que se refiere a sus interacciones con la radiación que proviene del interior estelar. Una vez que se tiene un modelo plausible, es posible calcular de forma detallada cómo se propaga la radiación a través de la atmósfera estelar, y el espectro emergente, para, de forma iterativa, compararlo con las observaciones y refinar el modelo.

Este Proyecto incluye tres diferentes frentes de investigación:

- La mejora de los modelos de atmósfera y las simulaciones de espectros estelares.
- El desarrollo de herramientas para la obtención, reducción y el análisis de observaciones espectroscópicas, y en particular para la determinación de abundancias químicas en estrellas.
- El diseño, preparación, y ejecución de estudios espectroscópicos de estrellas con el fin de entender: los aspectos más relevantes de la física de las atmósferas estelares, la formación y evolución de las estrellas, el origen de los elementos químicos y la formación, estructura y evolución química de la Vía Láctea.

## HITOS

Primera luz de HORS en mayo de 2015.

Descubrimiento de J1313, una de las estrellas más pobres en hierro conocidas.

Publicación del *Sloan Digital Sky Survey* DR12, la liberación de datos final de APOGEE, con más de medio millón de espectros, parámetros y abundancias químicas para unas 150000 estrellas de la Vía Láctea, analizadas con la pipeline ASPCAP desarrollada en gran parte en el IAC.

Publicación de las medidas de gradientes de abundancias en el halo de la Vía Láctea a partir de los espectros de SDSS/BOSS.

## EVOLUCIÓN DEL PROYECTO

APOGEE-2 arrancó inmediatamente después de la finalización de APOGEE, en verano de 2014. Las obser-

vaciones continúan a buen ritmo y seguirán hasta 2020, con la incorporación del segundo instrumento en el observatorio de Las Campanas a partir de 2016. En 2015 hemos mejorado el software de análisis del proyecto y se han introducido mallas de modelos de atmósferas más frías, a partir del código de Uppsala (MARCS).

En mayo de 2015, HORS tomó las primeras observaciones en el telescopio GTC y se realizaron también varias pruebas en el IAC. El haz de fibras definitivo se está completando en el IAC.

En 2015 también se organizaron las primeras actividades del grupo de trabajo sobre parámetros estelares para la misión espacial PLATO, seleccionada por la Agencia Espacial Europea para lanzamiento en 2024. El trabajo se ha centrado en la evaluación de incertidumbres en la determinación de los parámetros de las estrellas con planetas que observará PLATO a partir de las medidas que proporcionará Gaia (astrometría, fotometría y espectroscopía), así como las mejoras en la determinación de la composición química a partir de espectros de alta resolución obtenidas con instrumentos en tierra. En primavera de 2016 se espera que la misión sea definitivamente adoptada por la ESA.

El Proyecto Gaia-ESO continuó su marcha en 2015, su tercer año, incrementando constantemente la base de datos resultante. Este año hemos producido resultados para la mayoría de las estrellas observadas con el espectrógrafo GIRAFFE en el telescopio VLT, y haciendo ciencia con los parámetros y abundancias químicas para la muestra, que ya incluye varias decenas de miles de estrellas.

En 2015 hemos concluido y publicado nuestros estudios sobre gradientes de abundancias químicas en el halo de la Vía Láctea basados en espectros ópticos de SDSS-BOSS. También hemos completado el estudio de una muestra de estrellas del halo con metalicidades extremadamente bajas, incluyendo el seguimiento de varias de ellas con telescopios de gran diámetro y alta resolución espectral.

## EXOPLANETAS Y ASTROBIOLOGÍA (P/301301)

E. Pallé Bago.

J.A. Belmonte Avilés, J. Prieto Arranz, L. Nortmann, R. Alonso Sobrino, H.J. Deeg, N. Lodieu, J. Licandro Golderacena, D. Hidalgo Soto P. Montañés Rodríguez, A.L. Cabrera Lavers, G. Nowak, D. Ricci, G. Chen, D. López Fernández-Nespral, P. Chinchilla Gallego, B. Gauza y V.J. Sánchez Béjar.

Colaboradores del IAC: Z. Shang y M. Esposito.

P. Miles Páez, M.R. Zapatero Osorio (CAB, Madrid).

### INTRODUCCIÓN

La búsqueda de vida en el Universo se ha visto impulsada por los recientes descubrimientos de planetas alrededor de otras estrellas (los llamados exoplanetas), convirtiéndose en uno de los campos más activos dentro de la Astrofísica moderna. En los últimos años, los descubrimientos cada vez más numerosos de nuevos exoplanetas y los últimos avances en el estudio de sus atmósferas no sólo están dándonos valiosa nueva información sobre sus propiedades físicas, sino que nos están permitiendo además poner las propiedades de los planetas de nuestro sistema solar dentro un contexto más global. El campo está acercándose al importante descubrimiento de los primeros planetas potencialmente habitables, impulsando estudios más detallados de estos planetas. Además, con el fin de la misión CoRoT y las modificaciones a la misión Kepler (problemas en sus giroscopios), se espera que el foco en exoplanetas va a cambiar de la detección de nuevos planetas hacia la caracterización más precisa de aquellos ya conocidos. En esta tarea, y debido a las lejanas fechas de lanzamientos de los próximos satélites relacionados (ej. JWST, CHEOPS, TESS, EChO o PLATO), se espera una oportunidad de varios años en la cual los instrumentos terrestres van a dominar el campo.

Es por esta razón que este campo se ayuda de y, a su vez motiva, el desarrollo de instrumentación cada vez más sensible y estable tanto para telescopios de tierra como para las misiones espaciales. Dos frentes para los que nuestro grupo está especialmente preparado. Por un lado, durante los últimos años se han desarrollado técnicas de observación y reducción de tránsitos de exoplanetas para los telescopios del ORM, siendo el nuestro uno de los grupos más productivos en la explotación del telescopio GTC. Por otro lado, todas las misiones espaciales ESA (presentes y futuras)

relacionadas con exoplanetas cuentan con uno o varios de los componentes del Proyecto como Co-Is.

En el marco de este Proyecto, se pretende que los investigadores del IAC mantengan una situación aventajada con la explotación de OSIRIS y CanariCam, instrumentos de Primera Luz del telescopio GTC, y participan en la construcción, comisionado y operación de nuevos instrumentos, como el espectrógrafo óptico de alta resolución HORUS en el telescopio GTC. La explotación de la fotometría y espectroscopía de tránsitos con LIRIS en el telescopio WHT es también uno de nuestros principales intereses, especialmente en preparación de la instalación en 2015 del instrumento EMIR en el telescopio GTC.

El resumen, el Proyecto “Exoplanetas y Astrobiología” se centrará en torno a estas cuatro líneas principales de actuación:

- Caracterización de las propiedades físicas y atmosféricas de exoplanetas (GTC, WHT, W-FC, EChO, etc.).
- Búsquedas y confirmación de exoplanetas por tránsitos (CoRoT, Kepler, CHEOPS, XO, LCOGT, W-FC, PLATO, etc.).
- Búsquedas/confirmación de exoplanetas por velocidad radial (HARPS-N, HORUS, LCOGT, SONG, CARMENES).
- Astrobiología.

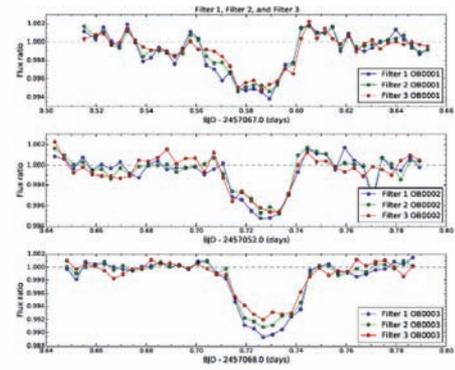
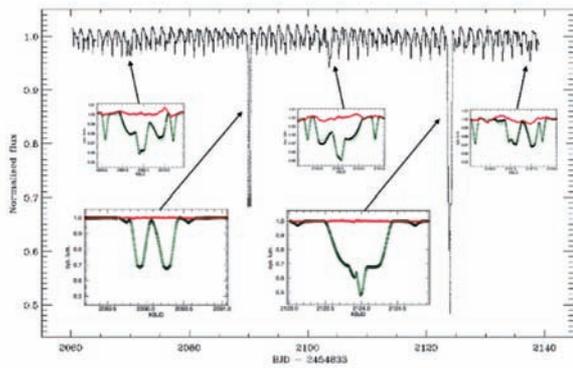
### HITOS

#### *Misión K2*

Usando los datos públicos de la misión K2, llevamos a cabo un *followup* para el descubrimiento de planetas. En particular, el descubrimiento de una binaria eclipsante de dobles líneas y de muy baja masa (Lodieu et al, 2015) y un sistema triple eclipsante joven cuyas componentes se detectaron también en velocidad radial (Alonso et al, 2015), los dos pertenecientes a la asociación más cercana al Sol, Upper Scorpius. Además, descubrimos un nuevo planeta desintegrante EPIC201637175B, el primero que se encuentra en torno a una estrella M, y que después caracterizamos usando el telescopio GTC.

#### *Tránsitos con formas extrañas*

El 2015 marcó el descubrimiento de KIC 8462852, un objeto con extrañas y ocasionales cambios de brillo para los que no existe una explicación satisfactoria, y al que nuestro grupo contribuyó con medidas de velocidad radial (Boyajian et al.), y también el descubri-



Izquierda: curva de luz extraída de K2 de HD 144548, mostrando eclipses periódicos de un sistema eclipsante triple, y una clara modulación que atribuimos a los efectos de rotación y manchas. Los subplots muestran eclipses primarios y secundarios de las componentes A vs Ba y Bb, junto al modelo que mejor ajusta (líneas verdes de puntos) y los residuos del ajuste (cruces rojas, desplazadas verticalmente por claridad). Derecha: curva en tres colores de tres tránsitos distintos (de arriba a abajo) construidas a partir de una serie espectroscópica de observaciones de EPIC201637175B con el telescopio GTC.

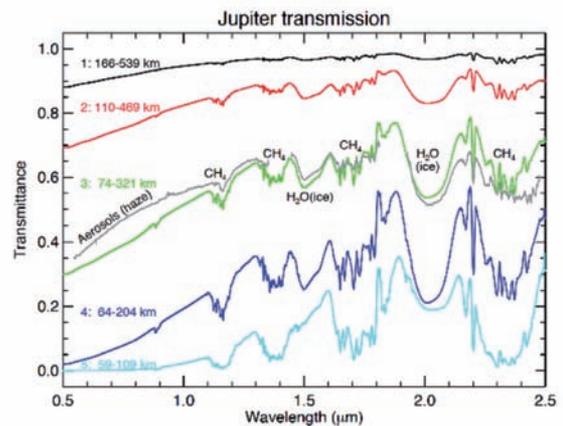
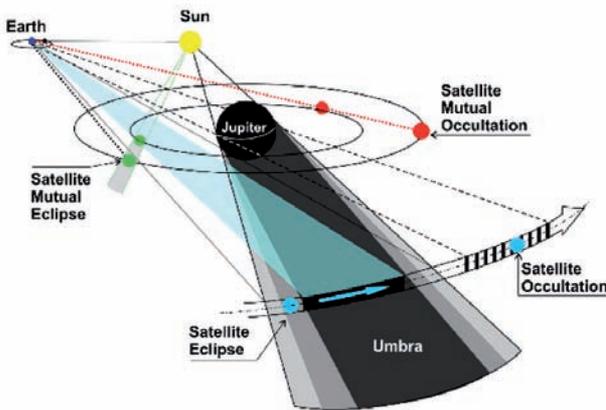
miento de CoRoT-29b, un planeta que muestra simetrías en los datos de tránsito de la misión CoRoT (Csizmadia et al. 2015). CoRoT-29b se observó en 2014 y 2015 con el GTC, pero no se aprecian asimetrías relevantes (Pallé et al.).

*Astrobiología*

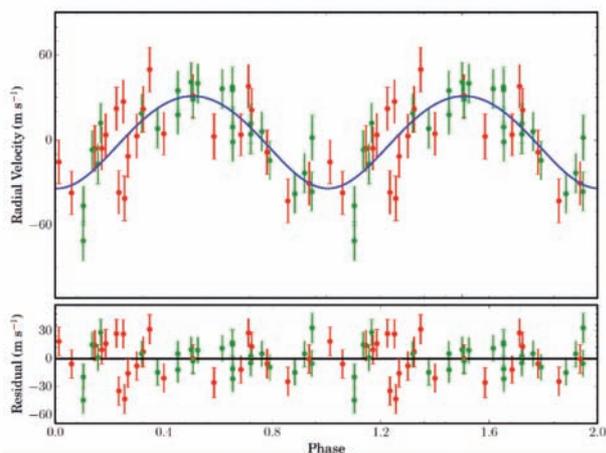
En 2015 publicamos por primera vez el espectro UV-VIS-NIR de transmisión de Júpiter, como si se tratara de un planeta transitante. Para ello se observó uno de sus satélites, Ganimedes, cuando pasaba por la sombra de Júpiter, i.e. durante un eclipse solar desde Ganimedes (Montañés-Rodríguez et al., *Astrophysical*

*Journal Letters*). El espectro muestra una fuerte extinción debida a la presencia de nubes (aerosoles) y nieblas en la atmosfera, y fuertes rasgos de absorción de CH<sub>4</sub>. Más interesante es que la comparación con modelos de transporte radiativo muestra un rasgo que atribuimos a la presencia de una capa estratosféricas de cristales de hielo de agua. Las transiciones atómicas del Na también están presentes. Estos resultados son muy relevantes para la interpretación del espectro de transmisión de planetas gigantes.

También usamos un eclipse de Luna para observar por primera vez el efecto RM en función de la longitud de onda (Yan et al, *Astronomy & Astrophysics*). La de-



Izquierda: diagrama mostrando la geometría del sistema Joviano durante las observaciones. La división del espectro de Ganimedes cuando está en la umbra (o penumbra de Júpiter y cuando está totalmente iluminado por el Sol nos da el espectro de transmisión de Júpiter. Derecha: espectro de transmisión de Júpiter calculado para varias fases en umbra y penumbra. Dibujado en gris está una de nuestras observaciones durante la umbra.



Curva de velocidad radial del descubrimiento de bd+15\_2735b, mostrando el mejor ajuste orbital y los residuos de dicho ajuste.

terminación de las anomalías en velocidad radial, en función de la longitud de onda revelar el espectro de transmisión de la Tierra, incluyendo el *scattering Rayleigh* y la detección de Ozono. Es una técnica muy prometedora para la caracterización de atmósferas de exoplanetas con los ELTs.

#### *Exoplanetas alrededor de estrellas evolucionadas*

Descubrimiento de cinco compañeros de masa planetaria alrededor de estrellas evolucionadas: BD+49 828, HD 95127 y HD 216536 (Niedzielski et al. 2015, *Astrophysical Journal* 803, 13); y HD 5583 y BD+15 2375 (Niedzielski et al. 2016, *Astronomy & Astrophysisc*).

## EVOLUCIÓN DEL PROYECTO

### *Búsquedas y confirmación de exoplanetas*

Durante 2015, hemos continuado con el proyecto WD-planets para la búsqueda de planeta en torno a enanas blancas. Unas 100 WD se han observado con los telescopios IAC-80, Stella, TJO o Kepler-K2. Las pipelines para el análisis de datos están finalizadas y funcionando. En total se espera monitorizar unas 500 WD en los próximos años. Usando la red de telescopios de LCOGT, hemos iniciado un proyecto para monitorizar fotométricamente el cúmulo de sigma Orionis para la búsqueda de planetas en torno a estrellas jóvenes. Y usando medidas de velocidad radial con FIES@NOT hemos participado en el proyecto PTPS para la búsqueda de exoplanetas en torno a estrellas evolucionadas.

Un descubrimiento que ha tenido una gran repercusión en los medios de comunicación ha sido el KIC

8462852 (Boyajian+ incl. Deeg, Nespral, 2016), mejor conocido como el objeto “WTF” (Where’s the Flux?). El WTF, clasificada como una estrella F3V común, presenta ocasionales variaciones de brillo inéditas y sin explicación satisfactoria, lo cual ha llegado algunos autores (Wright+, arXiv:1510.0460, sin participación nuestra) hacia especulaciones que se están observando las consecuencias de actividades de inteligencias extraterrestres avanzadas. Cabe mención que el otro objeto con mención prominente en Wright et al. es el Corot-29b (Cabrera+ 2015), lo cual presenta tránsitos con asimetrías que tampoco tienen explicaciones convincentes. Al otro lado, en observaciones con el GTC en 2014 y 2015, los tránsitos del CoRoT-29b no tenían ninguna asimetría discernible (Pallé et al.).

Durante el pasado año 2015 se ha realizado la instalación de CARMENES en el telescopio de 3.5m de Calar Alto y su puesta en operación. El instrumento ha sido aceptado por el observatorio, y ha comenzado el programa de Tiempo Garantizado del consorcio para realizar una búsqueda de planetas rocosos por velocidad radial en unas 300 estrellas de tipo M. Dentro de la contribución de preparación científica del IAC, hemos terminado el estudio de multiplicidad de más de 500 estrellas de tipo M de la muestra de CARMENES utilizando FastCam en el TCS y esperamos enviar el artículo para su publicación en la primera mitad de este año. Este trabajo se está haciendo en colaboración con Miriam Cortés (UCM) como parte de su tesis. Por otro lado nuestro grupo sigue participando en la búsqueda de exoplanetas en torno a estrellas M con el instrumento HARPS-N. Varios candidatos a supertierras están a punto de ser publicados.

### *Caracterización de las propiedades físicas y atmosféricas de exoplanetas*

Participación y coordinación en proyectos de caracterización de exoplanetas usando observaciones de telescopios terrestres. Estas colaboraciones involucran observaciones en distintos telescopios del ORM (GTC, TNG, NOT y WHT) y la generación de códigos para la reducción y análisis de los datos (cuando es necesario). El grupo entro en 2014 a formar parte de la colaboración KOnet: una red multi-institucional y multi-telescopio cuya principal meta es la de confirmar la naturaleza exoplanetaria de candidatos identificados por la misión espacial Kepler usando la técnica de TTVs (*Transit Timing Variations*). S. Hoyer avanzó también varios trabajos basados en observaciones de “transit timing variations” (TTV) con observaciones de tránsitos de planetas Kepler u otros (Hoyer+ 2016). Estos trabajos tie-

nen la finalidad de detectar la presencia de otros planetas en el mismo sistema y/o derivar la masa de los planetas bajo investigación.

Se llevaron a cabo varios trabajos sobre planetas conocidos, con observaciones de instrumentación terrestres. Estos trabajos son importantes, como permiten a nuestro grupo la involucración en una amplia variedad de temas (y técnicas) científicos relacionados con exoplanetas, lo cual es de gran importancia para nuestras capacidades de aprovechar los resultados de futuras misiones espaciales como CHEPOS; TESS, PLATO. En particular, la espectro-fotometría de tránsitos con el telescopio GTC, liderada por el grupo vio su primera publicación en 2014, y varias más la siguieron en 2015.

Trabajos metodológicos relacionados con planetas extrasolares: Se continuó una colaboración con B. Tingley para el desarrollo de un nuevo método para evaluar la precisión en mediciones de tiempo en datos de tránsitos, con una publicación pendiente. Un trabajo relacionado (Deeg 2015) presenta ecuaciones para calcular la precisión de efémeris derivadas de curvas de luz de larga duración, basados en experiencias ganadas durante el seguimiento de candidatos CoRoT. El programa UTM (*Universal Transit Modeller*), cuyos inicios se remontan al año 1999, recibió actualizaciones mayores que habilitan el modelado de sistemas complejos como los planetas circumbinarios o sistemas estelares múltiples (utilizado ej. en Alonso + 2015), y fue publicado online en el *Astrophysics Source Code Library*, con una publicación pendiente. Hoyer y Deeg están supervisando el trabajo de fin de Master de R. Henrique (Univ. de La Laguna), sobre simulaciones de la estabilidad orbital de planetas circumbinarios.

### Astrobiología

En 2015 publicamos por primera vez el espectro UV-VIS-NIR de transmisión de Júpiter, como si se tratara de un planeta transitante. Para ello se observó uno de sus satélites, Ganimedes, cuando pasaba por la sombra de Júpiter, i.e. durante un eclipse solar desde Ganimedes (Montañés-Rodríguez et al, *Astrophysical Journal Letters*, 2015). El espectro muestra una fuerte extinción debida a la presencia de nubes (aerosoles) y nieblas en la atmósfera, y fuertes rasgos de absorción de CH<sub>4</sub>. Más interesante es que la comparación con modelos de transporte radiativo muestra un rasgo que atribuimos a la presencia de una capa estratosféricas de cristales de hielo de agua. Las transiciones atómicas del Na también están presentes. Estos resultados son muy relevantes para la interpretación del espectro de transmisión de planetas gigantes.

También usamos un eclipse de Luna para observar por primera vez el efecto RM en función de la longitud de onda (Yan et al, *Astronomy & Astrophysics*, 2015). La determinación de las anomalías en velocidad radial, en función de la longitud de onda revela el espectro de transmisión de la Tierra, incluyendo el *scattering Rayleigh* y la detección de Ozono. Es una técnica muy prometedora para la caracterización de atmósferas de exoplanetas con los ELTs.

### Participación en misiones espaciales

Para la misión sucesor de Kepler, la cual ha sido operativo como “K2” a partir del marzo 2014, estamos contribuyendo a dos colaboraciones internacionales (KEST, ESPRINT) con varias campañas de observaciones liderados por nosotros con los instrumentos NOT/FIES y TNG/HARPS. En ellos, se han observado varios decenas de candidatos de la campañas 0 – 5 del K2. Se han detectado varios planetas con tránsitos, con la publicación del primer bajo revisión (Grziwa+ incl. Nespral, Deeg). Dentro de la colaboración ESPRINT dedicada al mismo fin se han publicado varios descubrimientos de planetas (7 artículos en total; ver publicaciones). Además se descubrió en datos del K2 una binaria de dos estrellas de muy baja masa (Lodieu+ 2015) y una muy rara estrella triple con tránsitos mutuos dentro todos sus componentes, de la cual se han podido detectar también las señales de la velocidades radiales de todos sus componentes e importantes variaciones de sus periodos orbitales, publicado en un trabajo liderado por nosotros (Alonso + 2015). En la actualidad se está redactando también una publicación sobre la detección del planeta K2-19b en datos de velocidades radiales.

El pasado año se decidió que el *Mision Operation Center* de la misión CHEOPS se instalaría en España, lo que ha permitido a nuestro grupo situar a varios miembros dentro del *Board* y el *Core Science Team* de la misión. Se está asumiendo la responsabilidad de varios paquetes de trabajo en preparación para su lanzamiento en el año 2017.

Participación en PLATO. Varios miembros del grupo han participado en distintas actividades del consorcio para esta misión. Se ha confirmado el liderazgo en varios paquetes de trabajo (planetas circumbinarios; seguimiento fotométrico terrestres con varios sub-paquetes). Como parte de las actividades de uno de estos paquetes, se organizó para el congreso EWASS 2015 en Tenerife la “Special Session 12” con el título “Circumbinary Planets”. Esta sesión fue un gran éxito, con varios contribuyentes destacadas (ej. W. Welsh del

equipo Kepler, descubridor de la mayoría de sus planetas circumbinarios) y la presencia de 75 participantes, el doble del anticipado. A partir de esta u otros actividades esperamos que nuestro grupo se ha consolidado como uno de los grupos relevantes para la explotación científico del PLATO. Además, se gestionó nuestra participación en el consorcio español que se encarga del desarrollo de la electrónica de los detectores del PLATO, pendiente de resolución del Plan Nacional del 2015.

#### *Estudio de objetos del Sistema Solar*

Entre los trabajos más importantes destacan que se publicó el primer serie del survey espectroscópico de asteroides primitivos (PRIMASS), se envió a publicar el catálogo de objetos del sistema solar observados en VH-VISTA (MOVIS) y se publicó un trabajo basado en datos de WISE sobre la distribución de tamaños y albedos de asteroides en órbitas cometarias (ACOs).

#### *Interacción entre investigadores*

Los “exocafes” —una reunión semanal del grupo— siguen asentado como un elemento importante para la interacción dentro los miembros de este grupo. En ellos se discuten muchos nuevos desarrollos en la ciencia de exoplanetas y se concibieron varios proyectos de observación. Durante 2015 se han producido varias incorporaciones al grupo. Para el congreso EWASS 2015, miembros del grupo propusieron una “Special Session” con el título “Circumbinary Planets” y un simposio con el título: “Finding and identifying habitable planets and searching for signs of life: a comprehensive approach as to when and how”. Ambos fueron aceptados por el SOC del EWASS, y se llevaron a cabo los trabajos de preparación pertinentes.



## PROYECTO IACOB: UNA NUEVA ERA EN EL ESTUDIO DE ESTRELLAS OB GALACTICAS (P/301405)

S. Simón Díaz.

A. Herrero Davó, K.S. Rübke Zúñiga, M. Godart, S. Rodríguez Berlanas, G Delgado Alijo y P.J. Blay Serrano.

Colaboradores IAC: I Camacho Iñesta, P.L. Pallé Manzano, A. Asensio Ramos y Pérez Prieto.

J. Puls (USM, Alemania); M. Godart (Univ. de Lieja, Bélgica); C. Evans (ROE, Reino Unido); N. Markova (NAO, Bulgaria); N.R. Walborn (STSci, EEUU); R. Barba, J. Arias, C. Sabin-Sanjulian (Univ. La Serena, Chile); F. Najarro, J. Caballero, M.M. Rubio, M. García, J. Maiz Apellaniz (CAB-CSIC, Madrid); I. Negueruela, J. Lorenzo, R. Dorta (Univ. de Alicante); N. Castro, N. Lager, L. Grassitelli (Univ. de Bonn, Alemania); C. Aerts, E. Moravveli, J. Sundqvist, P. Degroote (Univ. de Leuven, Bélgica); P. de Cat (Obs. de Bruselas, Bélgica); M.F. Nieva (IAPP, Austria); G. Meynet, S. Ekstrom, C. Georgy (Obs. de Ginebra, Suiza); F. Martins (Univ. de Montpellier, Francia); J. Telting (NOT, La Palma); M. Fredslund, F. Grundahl (SONG, Dinamarca).

## INTRODUCCIÓN

Durante las últimas dos décadas ha habido un avance enorme en el estudio de las estrellas masivas, principalmente gracias al desarrollo de modelos de atmósfera estelar realistas y a la mejora en la potencia computacional. Pese a ello, nuestro conocimiento de las propiedades físicas y la evolución de estos importantes objetos astrofísicos se limita a estudios basados en el análisis de muestras pequeñas (no más de 20-30 objetos) y espectros obtenidos en una sola época. Esto hace que puedan aparecer sesgos estadísticos en nuestras conclusiones y que queden abiertas cuestiones importantes que requieren un estudio multi-época. Para avanzar en este campo es, por tanto, crucial aumentar el número de estrellas analizadas tanto en la Vía Láctea como en otros entornos de distinta metalicidad, combinando siempre que sea posible observaciones fotométricas, espectroscópicas (en varios rangos del espectro) y espectropolarimétricas, todas ellas obtenidas en escalas de tiempo adecuadas. Esto nos llevará una nueva era en el estudio de Estrellas Masivas, que estará marcada por la investigación del impacto que parámetros de tercer orden (binariedad/multiplicidad,

campos magnéticos, pulsaciones estelares) tienen sobre las propiedades físicas de las estrellas masivas y sus vientos, así como sobre la evolución de estos importantes objetos estelares.

El proyecto observacional IACOB *Spectroscopic Database of Northern Galactic OB stars*, activo desde 2008, está permitiendo compilar la base de espectros multi-época de alta resolución de estrellas OB galácticas más completa hasta la fecha. El Proyecto asociado “The IACOB project: a new era in the study of Galactic OB stars” tiene como objetivo la explotación científica de esta base de espectros usando las técnicas y herramientas para el estudio de estrellas masivas más novedosas.

## HITOS

Tras 7 años de observaciones, utilizando los espectrógrafos FIES@NOT2.56 m y HERMES@Mercator 1,2 m, hemos conseguido compilar la base de espectros de estrellas OB Galácticas en alta resolución más completa existente en la actualidad. Durante 2016 alcanzamos los ~5.000 espectros de ~620 estrellas. Con ello hemos multiplicado en un factor 10 el número de estrellas OB de la Vía Láctea para las que se tienen accesible espectros de alta resolución y señal a ruido. Además, contamos con información multi-época sin precedentes que permitirá investigar cuestiones como binariedad, variabilidad espectroscópica y oscilaciones estelares en estrellas de alta masa. Estas observaciones, que están en análisis en la actualidad, marcarán un antes y un después en los estudios de estrellas OB de nuestra galaxia en referencia al conocimiento de sus propiedades, evolución y destino final como explosión supernova de tipo II. Por otra parte, los espectros compilados llegan de manera óptima en el momento en que está a punto de realizarse el primer *data-release* de Gaia.

## Desarrollo y resultados

Durante 2015 ha continuado la línea de gran avance dentro del Proyecto IACOB, tanto en la parte observacional, como en la de explotación científica de la “IACOB spectroscopic database” y otros surveys relacionados.

Tras 4 nuevas campañas MERCATOR+NOT el número de espectros con el que contamos ha aumentado a unos 5.000 (frente a 3.700 en 2015) y el número de estrellas observadas ha pasado de 530 a 620. Además, gracias al uso del nuevo telescopio SONG, hemos con-

seguido recopilar series temporales sin precedente de unas 15 estrellas OB. Finalmente, se han incorporado de manera definitiva al proyecto los espectros de estrellas O del Hemisferio Sur obtenidos por el proyecto OWN (IP Barbá, Chile).

En lo referente a la explotación científica, 2015 ha estado marcado por las tareas de análisis espectroscópico. Dicho análisis, realizado en varios frentes, ha concluido en el tercer trimestre del año y se espera la publicación de una gran cantidad de artículos asociados durante 2016. Gracias a la reciente incorporación al proyecto de dos estudiantes (G. Holgado y S. Rodríguez) y tras adquirir de manera muy eficiente los conocimientos apropiados, se ha podido completar el análisis espectroscópico (en el óptico) de una muestra sin precedentes de estrellas O de la Galaxia dentro de las colaboraciones IACOB, OWN, GOSSS y GES. Por otra parte, K. Rubke ha completado con éxito dentro del trabajo de su tesis doctoral la extensión del análisis automático de espectros de estrellas O al IR (bandas J, H y K).

S. Simón-Díaz junto con M. Godart han realizado un avance muy importante en la caracterización del ensanchamiento macroturbulento en estrellas OB de la Galaxia y el estudio de su posible origen pulsacional. Dos publicaciones asociadas han sido enviadas a *Astronomy & Astrophysics* a principios de 2016. En paralelo, estos resultados se han utilizado en una colaboración con la Universidad de Bonn (Grassitelli et al. 2015) para evaluar la hipótesis de que el ensanchamiento macroturbulento está producido por oscilaciones iniciadas por movimientos turbulentos generados en capas semiconvectivas bajo la fotosfera.

Se organizó una Sesión Especial dentro de la EWASS 2015, celebrada este año en Tenerife. Más de 50 personas asistieron al evento para discutir sobre “Science with large spectroscopic surveys of Galactic OB stars: getting ready for Gaia”

(<http://www.iac.es/proyecto/iacob/pages/sp7ewass2015.php>).

Finalmente, se ha conseguido de manera muy satisfactoria el propósito de mantener y establecer colaboraciones tanto nacionales como internacionales, con la visita de varios investigadores de centros europeos y la realización de varias estancias de miembros del grupo a instituciones de España, Chile, Alemania, Francia y Bélgica. Además se han mantenido activas las colaboraciones internacionales con los consorcios GES, OWN, GOSSS, BOB, CAFÉ-BEANS y VFTS.

# EL SOL Y EL SISTEMA SOLAR

---

## ESPECTROPOLARIMETRÍA SOLAR (P/309902)

E. Khomenko.

I. Calvo Santamaría, I. Arregui Uribe-Echevarria, A. Pastor Yabar, B. Ruiz Cobo, M.J. Martínez González, A. de Vicente Garrido, J. Vranjes, T. Felipe García, M. Luna Bannasar, M. Collados Vera, N. Vitas, P. González Morales y B. Popescu Brailenau.

L.R. Bellot Rubio, J.C. del Toro Iniesta (IAA); R. Kostic, N. Shchukina (Obs. de Kiev, Ucrania); V. Olshevsky (Univ. de Leuven, Bélgica); A. Sainz (Univ. de Stanford, EEUU); W. Schmidt, D. Soltau, Th. Berkefeld, S.K. Solanki, A. Gandorfer (Kiepenheuer Inst. für Sonnenphysik, Alemania); P. Cally, S. Shelyag (Monash Univ., Melbourne, Australia); M. Stangalini (Univ. de Tor Vergata, Roma, Italia); C. Beck (Sac Peak Obs., Nuevo México, EEUU); C. Kuckein (Potsdam, Alemania); C. Quintero Noda, I. Calvo Santamaría (Univ. de Leuven, Bélgica).

### INTRODUCCIÓN

La finalidad de este proyecto es estudiar diversas manifestaciones del campo magnético que se pueden observar en la atmósfera solar y en otras estrellas. Estas incluyen estructuras tan diversas como las manchas solares, los campos débiles presentes en el Sol en calma o estructuras cromosféricas y coronales como los filamentos y las protuberancias. Así, se han ido abordando gradualmente los siguientes temas de investigación:

- Aparición, evolución y desaparición del campo magnético en fáculas y red fotosférica.
- Variaciones temporales del campo magnético, a escalas de tiempo desde varios segundos hasta varios minutos, en elementos magnéticos de pequeña escala espacial y manchas solares.
- Influencia del campo magnético en las propiedades de los fenómenos convectivos granulares y en la estratificación de los diversos parámetros atmosféricos.
- Señales magnéticas débiles (campos débiles fuera de la red fotosférica, polarización producida por

fenómenos de dispersión, depolarización por efecto Hanle).

- Estructura del campo magnético de las manchas solares.
- Estructura del campo magnético en las capas atmosféricas altas (cromosfera y corona).
- Propagación de ondas magnetohidrodinámicas en el seno de estructuras magnéticas.
- Influencia de la ionización parcial en la dinámica de la atmósfera solar.

La finalidad última de estos estudios es avanzar en el conocimiento de los siguientes aspectos:

- Propagación de ondas y desarrollo de inestabilidades de las estructuras magnéticas.
- Mecanismos de transmisión de energía en estructuras magnéticas y su relación con el calentamiento de las capas medio-altas fotosféricas y de la cromosfera.
- Interacción entre los movimientos convectivos solares y el campo magnético.
- Propiedades de las señales de polarización.

### HITOS

*Técnicas espectropolarimétricas revelan por primera vez la existencia de campos magnéticos helicoidales en los pies de protuberancias solares*

Las protuberancias solares son nubes de plasma frío que levitan por encima de la superficie solar y que están aisladas de la corona por los campos magnéticos. Se forman en regiones de topología magnética compleja, caracterizada por campos no potenciales, que pueden evolucionar bruscamente, desintegrando la prominencia y expulsando el material magnetizado hacia la heliosfera. Sin embargo, su física aún no está completamente comprendida, porque inferir la configuración magnética compleja y su evolución es muy difícil, y a menudo debe ser estimada a partir de observaciones fotométricas. Utilizando datos espectropolarimétricos de alta calidad, se ha reconstruido la estructura del campo magnético en una protuberancia, encontrándose que sus pies albergan campos magnéticos helicoidales que conectan la prominencia a la superficie solar.

### ¿Dónde están los polos magnéticos solares?

Independientemente del origen físico de los campos magnéticos—fósil o dínamo— muy a menudo se observa una inclinación relativa entre los ejes magnéticos y de rotación en estrellas. La falta de pruebas observacionales de este tipo de desalineación en el caso del Sol ha llevado en general a suponer que sus ejes de rotación y de campo magnético globales están bien alineados. En un trabajo publicado reciente se ha presentado la detección de una señal periódica mensual del campo magnético solar fotosférico en todas las latitudes, y especialmente cerca de los polos, que revela que el eje principal del campo magnético del Sol no se alinea con el eje de rotación de la superficie. Este resultado refuerza la visión de nuestro Sol como una estrella común. Por otra parte, esta detección reta e impone una fuerte restricción observacional en las teorías de dínamo solar modernas.

### Simulaciones de convección con el código Mancha3D

Las simulaciones realistas tridimensionales de magnetoconvección han revolucionado nuestros conocimientos sobre la atmósfera solar durante los últimos años. Durante 2015 se han realizado las primeras simulaciones de convección con el código Mancha3D, desarrollado completamente en el IAC. Mancha3D es un código magnetohidrodinámico no-ideal, con algoritmos de hiperdifusión, cartesiano y escrito en Fortran90, e incluye toda la física relevante como una ecuación de estado realista y el transporte de radiación no gris. Además de estas características estándar de un código MHD puntero, Mancha3D incluye la física no

ideal derivada de la presencia de una gran cantidad de átomos neutros en el plasma solar. Esta es la primera vez que se llevarán a cabo simulaciones de magnetoconvección no ideales totalmente en 3D.

## EVOLUCIÓN DEL PROYECTO

### Magnetismo del “Sol en calma”

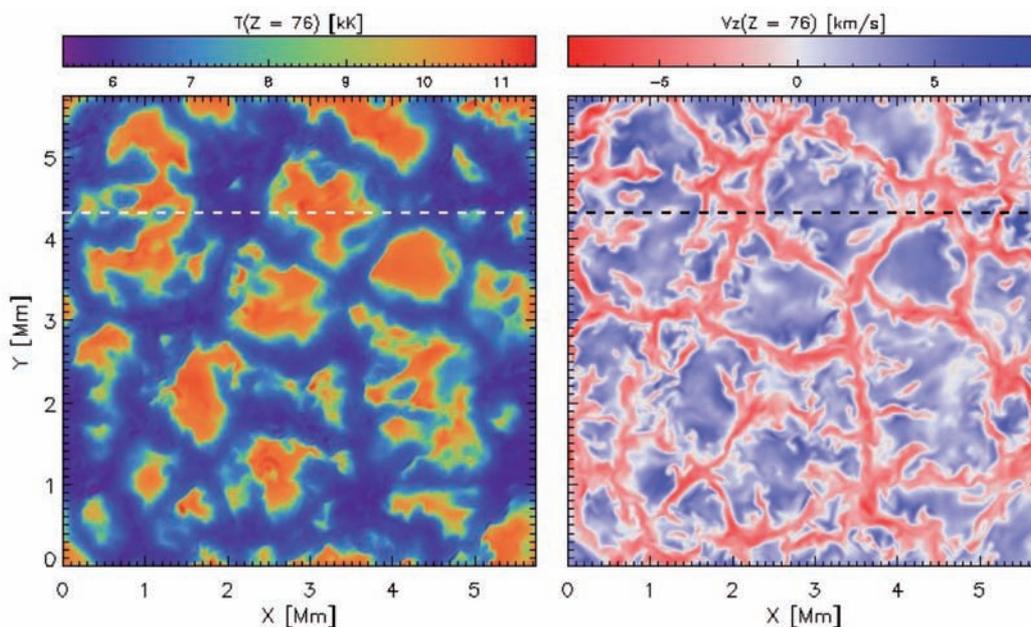
Se ha presentado la detección de una señal periódica mensual del campo magnético solar fotosférico en todas las latitudes, y especialmente cerca de los polos, que revela que el eje principal del campo magnético del Sol no está alineado con el eje de rotación de la superficie. Esta detección impone una fuerte restricción observacional a las teorías de dínamo solar modernas.

Utilizando un conjunto de consideraciones basadas en la sensibilidad, se han derivado fórmulas simples a partir de un análisis bayesiano que permiten dar una mejor estimación de la intensidad de campo magnético para magnetógrafos.

Se ha utilizado un método de regularización que desacopla la inversión Stokes del proceso de deconvolución, por lo que se pueden invertir rápidamente mapas grandes sin mucha carga computacional adicional. Se ha demostrado cómo el proceso de deconvolución revela información escondida por la PSF del telescopio.

### Propagación de ondas en estructuras magnéticas y “Sol en calma”

Se ha publicado un artículo de revisión sobre calentamiento de la atmósfera solar, en el que se ha pre-



sentado una visión actualizada del calentamiento de la corona por ondas magnéticas, basada en resultados observacionales y avances teóricos recientes. Se ha publicado otro artículo de revisión en *Living Reviews in Solar Physics* sobre el estado actual del problema de ondas y oscilaciones en manchas solares, bajo los puntos de vista observacional y teórico.

Se ha analizado la propagación de ondas Alfvén en un plasma cuasi-neutro que se mueve a cierta velocidad a través de otro plasma también cuasi-neutro pero estático. Se ha demostrado que las soluciones habituales se modifican bastante en este caso, debido a que el plasma está en movimiento. En particular, cuando la velocidad relativa supera la velocidad de Alfvén, se puede producir una inestabilidad al acoplarse las ondas, y de este modo pueden contribuir al calentamiento coronal por ondas Alfvén.

Se ha investigado las propiedades de oscilaciones transversales amortiguadas en bucles coronales que interactúan entre sí. Se ha proporcionado un método semi-analítico, basado en la teoría de dispersión de la matriz-T, para calcular las frecuencias y tasas de amortiguamiento de las oscilaciones colectivas de una configuración arbitraria de bucles cilíndricos paralelos.

Se ha investigado numéricamente con el código Mancha la propagación de ondas desde la subfotosfera a la corona en una estructura de campo magnético en forma de arcada y con un punto nulo. Se ha concluido que la energía acústica llega a la corona preferiblemente dentro de tubos de flujo verticales. La mayor parte de la energía magnética se queda concentrada debajo de la zona de transición debido a la refracción y transformación de las ondas magnéticas.

#### *Manchas solares y regiones activas*

Se ha estudiado la variación de la intensidad del campo magnético, el área y la intensidad en el continuo en la umbra de 374 manchas solares en los ciclos 23 y 24 observadas en el telescopio VTT con TIP en los años de 1999 a 2014. Se ha concluido que el brillo de la umbra disminuye en la fase ascendente de un ciclo solar, pero aumenta a partir del máximo hacia el final del ciclo. Estos resultados no indican un cambio drástico del ciclo solar hacia un gran mínimo en un futuro próximo.

Empleando datos en múltiples longitudes de onda y múltiples instrumentos, se ha estudiado la variación temporal de ondas que se propagan en diferentes capas de una mancha solar. Al comparar el período de modulación de amplitud en diferentes capas, se demuestra que las ondas lentas magnetoacústicas obser-

vadas en las manchas solares son externamente excitadas por modos p fotosféricos.

#### *Cromosfera y corona*

Se ha estudiado la morfología y dinámica de protuberancias solares a partir de simulaciones magnetohidrodinámicas 3D. Se ha demostrado que el parámetro beta del plasma (que da la relación entre la presión gaseosa y la presión magnética) es importante para determinar la forma de la estructura. En muchos casos se desarrolla la inestabilidad de Rayleigh-Taylor, pero es posible suprimirla por cizalladura magnética.

Se ha llevado a cabo una comparación de modelos de protuberancias solares compuestas por hebras con estructura en densidad, considerando perfiles lorentziano, gaussiano y parabólico, a partir de técnicas bayesianas. Un perfil lorentziano de densidad parece ofrecer el resultado de inversión más fiable. El método desarrollado se puede utilizar en el futuro para determinar la estructura del plasma de las hebras a partir de las medidas de relación de periodos de oscilaciones.

Se han aplicado técnicas bayesianas para inferir la estructura de la densidad transversal al campo en guías de ondas magnéticas solares utilizando las medidas de periodos y tiempos de amortiguamiento de ondas kink. Los resultados indican que la evidencia a favor de cualquiera de los tres modelos más utilizados por diferentes autores es mínima, a menos que las oscilaciones se vean fuertemente amortiguadas.

Se ha investigado si las estructuras magnéticas tipo tornado son capaces de soportar el plasma en protuberancias solares. Se ha encontrado que, efectivamente, la fuerza de Lorentz puede soportar el plasma siempre que la estructura magnética esté suficientemente retorcida y/o si hay flujos poloidales.

Se ha estudiado las propiedades dinámicas y magnéticas de una fulguración de clase M3.2 a partir de observaciones con TIP/VTT, incluyendo las fases antes, durante y después de la fulguración. Se ha encontrado que el campo magnético decrece significativamente durante la fulguración, pero luego vuelve a aparecer. Asimismo, se ha detectado flujos de velocidad ascendientes en la fotosfera durante la fulguración.

#### *Teórica analítica y técnicas de análisis de datos*

Se ha estudiado la influencia del gradiente de densidad en estructuras coronales en la cantidad de energía que pueden liberar estas estructuras al relajarse a estados de energía más bajos, desarrollando inestabilidades, ondas, o por difusión. Se ha calculado que para gradientes plausibles, la cantidad de energía que puede

ser liberada puede fácilmente compensar las pérdidas de energía coronales.

Se ha desarrollado una teoría de fluidos teniendo en cuenta la giro-viscosidad para estudiar la propagación de ondas en un plasma homogéneo y magnetizado, en simetría cilíndrica. Se ha derivado la relación de dispersión exacta y se ha demostrado que es comparable con la dispersión observada obtenida en experimentos.

#### *Ionización parcial*

Se ha propuesto un modelo nuevo que permite la transformación de ondas magnéticas rápidas a Alfvén mediante efecto Hall en un plasma parcialmente ionizado. La eficiencia de la transformación depende de la relación entre la frecuencia de la onda y la giro-frecuencia, del grado de ionización del plasma, y del ángulo entre la dirección de propagación de la onda y el campo magnético.

Se han analizado observaciones en la VTT del flujo Evershed en manchas solares utilizando simultáneamente líneas de hierro neutro e ionizado. Se ha demostrado que sistemáticamente las líneas neutras muestran unas velocidades unos cientos de m/s mayores que las líneas ionizadas.

Se ha estudiado el efecto de intercambio de carga en plasmas parcialmente ionizados. Se ha propuesto que para procesos lentos (baja frecuencia) se pueden estudiar iones y neutros como un único fluido, pero con una carga efectiva para todas las partículas.

#### *Polarimetría estelar*

Se han llevado a cabo observaciones espectro-polarimétricas de alta sensibilidad de la estrella central de la nebulosa protoplanetaria Rectángulo Rojo con el objetivo de limitar el mecanismo que da su forma bicónica. Se ha propuesto que no es probable que la polarización observada esté generada por un viento estelar bicónico uniforme. Además, la hipótesis de un chorro de precesión no coincide completamente con las observaciones ya que requiere un chorro de abertura mayor.

## FÍSICA DE LA MATERIA INTERPLANETARIA (P/300004)

J. Licandro Goldaracena.

M. Serra Ricart, A. Oscoz Abad, O. Vaduvescu, D. Morate González y J. de León Cruz.

V. Lorenzi (CGG, TNG); H. Campins, Y. Fernández (UCF, EEUU); M. Popescu (Astronomical Inst. Romanian Academy); F. Moreno, J.L. Ortiz, R. Duffard (IAA, Granada); A. Morbidelli, M. Delbó (Obs. de la Côte d'Azur, Francia); J. Carvano, D. Lazzaro, A. Alvarez Candal (ON de Río de Janeiro, Brasil); J. Fernández, G. Tancredi (UDELAR, Uruguay); G.P. Tozzi (INAF/Obs. de Catania, Italia); M. Melita (IAFE, Argentina); R. Gil-Hutton (CASLEO, Argentina).

### INTRODUCCIÓN

Este proyecto estudia las propiedades físicas de una serie de poblaciones de pequeños cuerpos del Sistema Solar, desde los objetos trans-neptunianos (TNOs), Centauros y cometas a los asteroides cercanos a la Tierra (NEAs). Entre los grupos de mayor interés destacamos los objetos "helados" (TNOs, Centauros y cometas) y los asteroides primitivos (incluyendo a los objetos transicionales cometa-asteroide como por ejemplo los "Main Belt Comets, MBCs") por ser los que contienen el material más primordial y prístino del Sistema Solar y son claves para comprender su origen y evolución, y los NEAs, porque son los objetos más accesibles al estudio in-situ con misiones espaciales y por el riesgo de impacto con la Tierra.

Entre los estudios de las propiedades físicas que se realizan destacan el estudio de la composición superficial y propiedades térmicas de estos cuerpos utilizando espectroscopía en un amplio rango de longitudes de onda (desde 0,35 a 24 micras), imagen y fotometría en el mismo rango y su interpretación utilizando modelos de *scattering* y modelos termofísicos. Además trabajamos en el estudio de las propiedades físicas de los núcleos cometarios y de las propiedades del polvo y el gas en las comas cometarias, muy especialmente en el estudio del polvo en las colas de los MBCs y de los mecanismos por los cuales se emite.

Nuestro grupo mantiene diversas colaboraciones internacionales con otros grupos entre las que podemos destacar: que formamos parte del Grupo de Ciencia de la misión de NASA OSIRIS-Rex y trabajamos en el *Image Processing Working Groups*, en donde nos encargaremos del tratamiento de los mapas de color que

se obtendrán con las cámaras OCAMS; que formamos parte del consorcio de la NIRCAM del *pathfinder* mini-EUSO la misión de EUSO y que realizaremos un estudio sobre la frecuencia de bólidos medidos desde la ISS; que estamos integrados y coordinamos un grupo internacional de estudio de los NEAs llamado EURONEAR (*European Near Earth Asteroid Research*); y que formamos parte del *Center for Lunar and asteroid surface science* (CLASS, NASA).

Por otra parte, nuestro grupo está trabajando en un proyecto tecnológico relacionado con el espacio: el desarrollo de la electrónica para un detector en el térmico, una matriz de 640x480 microbolómetros, que pretendemos sea el detector de la cámara térmica para las misiones a asteroides AIM de ESA y ARM de NASA.

## HITOS

### *Primeros resultados publicados del survey espectroscópico PRIMASS*

Los asteroides cercanos a la Tierra (o NEAs de sus siglas en inglés) son objetos con órbitas inestables, y con tiempos de vida dinámicos menores que la edad del Sistema Solar. Por lo tanto, para mantener esta población de asteroides es necesario que exista una fuente que suministre NEAs de forma más o menos continuada. Los modelos de dinámica orbital muestran que la fuente más importante de NEAs es el cinturón principal de asteroides, localizado entre las órbitas de Marte y Júpiter, y en concreto las familias colisionales que se encuentran en la parte más interna del cinturón, entre 2,1 y 2,5 UA.

En el caso de los NEAs primitivos que son objetivos de misiones espaciales en la actualidad (Bennu para la misión OSIRIS-REx de la NASA y Ryuku para la misión Hayabusa 2 de la JAXA), sabemos que tienen su origen en una de las cuatro familias colisionales de asteroides primitivos localizadas en el interior del cinturón principal: Polana, Erigone, Sulamitis y Clarisa. Con el objetivo de caracterizar composicionalmente estas familias y potenciar el retorno científico de las misiones a NEAs primitivos, iniciamos en 2010 una campaña observacional para obtener espectros en el visible e infrarrojo cercano de estos objetos. Este programa se enmarca dentro del *PRIMitive Asteroids Spectroscopic Survey*, o PRIMASS. Se trata de un proyecto ambicioso con el que queremos estudiar los asteroides primitivos del cinturón y trazar un mapa composicional del contenido de materiales primitivos en el interior del Sistema Solar. Hasta la fecha hemos observado más de 250 asteroides.

Los espectros en el rango visible se obtienen usando el instrumento OSIRIS en el telescopio GTC. Los

resultados de la espectroscopía en el visible de los asteroides de una de las familias más grandes, la familia de Polana, se publicaron en de León et al.: a pesar de la complejidad dinámica de esta región (diferentes estudios plantean la existencia de entre 2 y 4 familias colisionales, en vez de una) los resultados espectroscópicos muestran homogeneidad composicional. En el caso de otra de estas familias colisionales, Erigone, los espectros de más de 100 asteroides obtenidos con el telescopio GTC y publicados en Morate et al. muestran una mayor diversidad, así como un porcentaje elevado (más del 50%) de asteroides con presencia de minerales hidratados en su superficie.

### *Cuando los cometas duermen: distribución de tamaño y albedo de los asteroides en órbitas cometarias*

Determinar si los asteroides en órbitas cometarias (ACO) son cometas durmientes o extintos es relevante para la comprensión de los estados finales de la vida de los cometas y el tamaños de la población de cometas. Se estudió la distribución de valores de diámetro efectivo (D), parámetro de beaming ( $\eta$ ) y albedo geométrico visible (pV) de las poblaciones de ACO, que se pueden derivar de las observaciones obtenidas por la misión de NASA WISE y se la comparó con las mismas propiedades, determinados de forma independiente de los cometas. Este trabajo se publicó en Licandro et al. (*Astronomy & Astrophysics* 589A, 9L).

Obtuvimos D y pV para 49 ACOs que se encuentran en órbitas típicas de los cometas de la familia de Júpiter (JF-ACO) y 16 ACO con órbitas del tipo de los cometas tipo Halley (llamados Damocloides). También obtuvimos el parámetro  $\eta$  para 45 de ellos. Todos menos tres JF-ACO (95% de la muestra) presentan un albedo bajo compatible con un origen cometario. Las distribuciones de PV y  $\eta$  de ambas poblaciones de ACOs son muy similares. Para toda la muestra de ACOs el albedo medio geométrico es  $PV = 0,05 \pm 0,02$ , ( $PV = 0,05 \pm 0,01$  y  $PV = 0,05 \pm 0,02$  para JF-ACO y Damocloides, respectivamente) compatible con una distribución de albedo estrecha similar a la de los cometas de la familia de Júpiter (JFC) que tienen un  $PV \sim 0.04$ . El parámetro de beaming medio es  $\eta = 1,0 \pm 0,2$ . No encontramos correlación entre D, PV, o  $\eta$ . También se comparó la distribución del tamaño acumulativo (CSD) de ACOs, centauros y JFCs. Aunque la muestra de Centauros contiene objetos de mayor tamaño, las partes lineales en su gráfico log-log de la CSD presenta un exponente similar ( $\beta = 1,85 \pm 0,30$  y  $1,76 \pm 0,35$ , respectivamente). El CSD para los Damocloides presenta un exponente  $\beta$  mucho más pequeño  $\beta = 0,89 \pm 0,17$ .

Llegamos a la conclusión de que las distribuciones de PV y eta de los ACOs son muy similares a las de los núcleos de JFCs y concluimos que los ACOs en la lista de Tancredi (2014) son los mejores candidatos posibles para ser cometas inactivos (o durmientes), o sea, cometas que han desarrollado un manto de polvo capaz de aislar térmicamente los compuestos volátiles del interior del cometa y mantenerle inactivo ya que estos no logran temperaturas de sublimación. La CSD de los JF-ACOs es más suave y está desplazada hacia diámetros mayores con respecto a la CDS de los JFCs activos, lo que sugiere que el proceso de formación del manto tiene una dependencia del tamaño por lo que los cometas grandes tienden a alcanzar una etapa inactiva más rápido que los cometas pequeños. Por último, la población de JF-ACOs es comparable en número con la población de los JFCs activos, aunque hay más JF-ACOs de tamaños mayores de 10 km que JFCs.

## EVOLUCIÓN DEL PROYECTO

Durante 2015, nuestro grupo ha publicado 24 artículos en revistas con árbitro, y hay otros 4 pendientes. También somos coautores de capítulo del libro *Asteroids IV*, 1 artículo en revista sin árbitro y 15 contribuciones en las *Minor Planet Circulars* de la IAU. Hemos sido coautores en 18 presentaciones orales (una de ellas invitada) y 10 posters presentados en 7 congresos o talleres internacionales y dos a nivel nacional. Nos visitaron N. Pinilla Alonso (Univ. de Tennessee, EEUU) que trabajó durante 2 meses en el IAC con J. Licandro y V. Lorenzi en los temas de la tesis de ésta última, y M. Popescu (Astronomical Inst. of the Romanian Academy), quien estuvo un mes en el IAC y trabajando con J. Licandro, J. de León y D. Morate en el catálogo de magnitudes y colores infrarrojos de objetos del Sistema Solar (MOVIS) observados por el survey VHS-VISTA.

J. Licandro hizo una visita de un mes el Observatorio Nacional de Río de Janeiro, en Brasil, en el marco del Proyecto "Accessing the volatile content of minor bodies populations through spectroscopic observations and photometric surveys" con financiación del programa "Ciencia sem Fronteras" del CnPq de Brasil. Trabajó con J. Carvano y D. Lazzaro en los proyectos de asteroides con los surveys J-PASS y J-PLUSS, dictó un curso de master y dos conferencias invitadas.

Organizamos en workshop internacional Thermal Models for Planetary Science II (TherMoPS II) entre el 3 y 5 de junio, al que asistieron 41 expertos sobre el modelado térmico de la superficie de objetos del Sistema Solar.

## Trabajo científico

El trabajo científico del grupo se ha concentrado principalmente en 4 áreas: los asteroides primitivos, los asteroides activados, TNOs y Centauros, los NEAs y los cometas. Igualmente hemos iniciado un catálogo de observaciones astrométricas y fotométricas de pequeños objetos del Sistema Solar observados por el Survey VHS de VISTA del que el IAC es parte.

### *Asteroides primitivos*

Se han publicado o enviado a publicar los primeros artículos. Primeros resultados publicados del survey espectroscópico PRIMASS (*PRIMitive Asteroids Spectroscopic Survey*) con datos espectroscópicos de familias de asteroides primitivos del cinturón capaces de producir los asteroides cercanos a la Tierra (NEAs) que son objetivo de misiones espaciales, con el objetivo de trazar un mapa composicional del contenido de materiales primitivos en el interior del Sistema Solar. Hasta la fecha hemos observado más de 250 asteroides con LIRIS (WHT) y OSISIS (GTC). Hay un artículo publicado sobre la familia de Polana (de León et al. 2016), otro en prensa sobre la familia de Erigone (Morate et al. 2016), otro en proceso de referee sobre Polana en el infrarrojo (Pinilla et al.) y uno en preparación sobre la familia de Sulamitis (Morate et al.).

Hemos dado por terminado el trabajo de espectroscopía a 3 y 10 micras en colaboración con el grupo del H. Campins, utilizando datos del telescopio GTC, del IRTF y de Spitzer. Hay un artículo aceptado con espectroscopía en el rango 7-14 micras obtenidos con Spitzer de asteroides de la familia de Veritas (Landsman et al.). Hemos cerrado el programa GTC para espectroscopía en banda N de Hildas y Cybeles (2014b, 2015a) y los espectros están reducidos.

Se están analizando los primeros resultados del programa observaciones con LCOGT para obtener curvas de luz de los objetos que hemos observando con CanariCam en el telescopio GTC con el objetivo de obtener la forma y el eje polar a partir de estas y junto con las observaciones en el térmico y utilizando los modelos termofísicos del programa que tenemos en colaboración con M. Delbó y V. Alí-Lagoa (Obs. de Niza) pretendemos obtener sus inercias térmicas.

En 2015 trabajamos además en la colaboración con J. Carvano (ON, Rio de Janeiro, Brasil) para estudiar hidratación en los espectros de estos objetos y su aplicación a la espectrofotometría de asteroides que se obtendrá con los surveys J-PASS y J-PLUS de los que J. Carvano forma parte. Hemos recibido al estudiante de doctorado M. de Prá del ON, una estancia de un año y

al que actualmente J. Licandro está codirigiendo la tesis doctoral que defenderá en el ON. Con M. de Prá se hicieron los trabajos preparativo de los datos que ya están comenzando a producir con J-PLUS, se definieron y escribieron las rutinas que permitirán analizar la banda de hidratación a 700 nm que se observa en asteroides primitivos. Se presentaron dos trabajos en dos congresos a nivel nacional sobre este tema.

Finalmente J. Licandro es coautor del capítulo “Astronomical observations of volatile on asteroids” (Rivkin et al.) que está en proceso de revisión para su publicación en el libro “Asteroids IV”.

#### *Asteroides activados*

Se publicó un artículo sobre las propiedades térmicas de los Asteroides en órbitas cometarias (ACOs) a partir de datos de WISE (Licandro et al. 2016). Se publicó un artículo sobre un *main belt comet* (MBC) con datos obtenidos con el GTC (Pozuelo et al. 2015) y se continúa con el programa GTC de observación de nuevos MBCs, se han obtenido datos de 2 nuevos objetos. J. Licandro visitó a G. Tancredi en Uruguay y trabajaron en el tema ACOs y a J. Fernández con quien trabajó en cometas que posiblemente sean MBCs dispersados e inició un programa observacional que ya tiene un objeto observado. Igualmente, el estudiante de verano J. Fernández inició un trabajo para detectar comas en imágenes de ACOs observados por WISE, trabajo que continúa con una beca de la Universidad de La Laguna.

#### *NEAs*

Publicado el modelo térmico del NEA potencialmente peligroso (99942) *Apothis* (Licandro et al. 2016) y un artículo con los primeros NEAs descubiertos en el INT en el marco de la cooperación EURONEAR (Vaduvescu et al. 2015). Continuamos con el programa observaciones de NEAs con diversos telescopios del ORM y OT. En particular hay datos de más de una decena de NEAs de interés para misiones espaciales obtenidos con los telescopios GTC y el WHT que están siendo analizados.

J. de León presentó un proyecto a la fundación BBVA titulado “Origen de los Asteroides Primitivos objetivo de Misiones Espaciales” en la convocatoria Ayudas Fundación BBVA a Investigadores y Creadores Culturales que no fue concedido.

#### *TNOs, Centauros y cometas*

Se publicó el primer artículo con espectros de Plutón obtenidos en 2014 (Lorenzi et al. 2016) del pro-

grama observacional de Plutón iniciado en 2014 como parte de una campaña internacional en soporte de la misión *New Horizons* para estudiar la evolución de su superficie y atmósfera. Hemos obtenido más datos en 2015 que están siendo analizados y tiempo en el telescopio WHT para 2016.

También se publicó un trabajo con espectros del TNO Makemake (Lorenzi et al. 2015), uno sobre la rotación del cometa C/2014 Q2 (Serra-Ricart & Licandro 2015), dos sobre Centauros (Ortiz et al. 2015 y Pál et al. 2015).

M. Serra-Ricart comenzó un programa de seguimiento de cometas brillantes con telescopios del OT que ya produjo su primer artículo.

V. Lorenzi y J. Licandro continúan con el programa espectroscópico para el estudio de variaciones superficiales de TNOs y Centauros en colaboración con N. Pinilla.

#### *Pequeños cuerpos del Sistema Solar en el survey VHS de VISTA*

Durante la visita de M. Popescu acabamos el catálogo de magnitudes y colores infrarrojos de objetos del Sistema Solar (MOVIS) y se envió a publicar (Popescu et al.). Trabajamos además con M. Popescu, D. Morate y J. de León en el análisis de los colores infrarrojos de familias y poblaciones de asteroides que están en MOVIS, trabajo que continuará y que esperamos de lugar al menos a otras 3 publicaciones. En particular hemos trabajado en la población de asteroides basálticos tipo V, población fácilmente identificable por sus colores infrarrojos y de gran interés (Licandro et al. en preparación). Iniciamos un programa espectroscópico de los candidatos obtenidos con MOVIS y ya hay un artículo en preparación con observaciones de 3 de ellos (de León et al.).

#### *OSIRIS-REx*

El grupo participa activamente en el equipo de ciencia de esta misión de NASA. Se participó en la reunión del Science Team de OSIRIS-REx realizada en Baltimore donde se presentó una charla oral sobre el uso de los mapas de color para estudiar hidratación en la superficie del asteroide Bennu (Licandro). Se ha resuelto que J. Licandro y J. de León formen parte del Imaging Working Group de la misión, y trabajen con H. Campins en la creación e interpretación de los mapas de color que producirán las cámaras OCAMS de OSIRIS-REx.

## Desarrollo tecnológico y participación en misiones espaciales

### EUSO

La colaboración en JEM-EUSO se ha limitado en 2015 a nuestra participación en el desarrollo de la cámara infrarroja para MINI-EUSO. MINI-EUSO irá en 2016 al módulo ruso presurizado de la ISS y nosotros estamos a cargo de la NIRCAM, una cámara entre 0,8 y 17 micras que se está montando en el IAC. Hemos dado por terminada la participación del grupo en el resto de la misión.

### Misiones a objetos del Sistema Solar

Lamentablemente no se aprobó ninguna misión de las que presentamos propuestas para el llamado de ESA-M4. Seguiremos explorando la posibilidad de participar en la siguiente llamado. Igualmente hemos conformado un consorcio con N. Bowlex (Univ. de Oxford) y M. Delbó (Obs. de Niza) para diseñar una cámara en el térmico cuyo detector y electrónica se basa en el desarrollo realizado para JEM-EUSO. Estamos respondiendo a un ITT de ESA para diseñar un instrumento de éstas características (TIRI) para la misión tecnológica AIM (Asteroid Impact Mission), propuesta que se debe enviar en febrero 2016. Igualmente estamos negociando con el responsable de investigación de la misión ARM (Asteroid redirection Mission) de NASA quien nos ha ofrecido poner una cámara como la que estamos diseñando para el AIM en el módulo robótico de ARM.

## SISMOLOGÍA SOLAR Y ESTELAR Y BÚSQUEDA DE EXOPLANETAS (P/300008)

F. Pérez Hernández.

J.A. Belmonte Avilés, H.J. Deeg, A. Jiménez Mancebo, R. Alonso Sobrino, P.L. Pallé Manzano, C. Régulo Rodríguez, T. Roca Cortés y D. López Fernández-Nespral.

Colaboradores del IAC: A. Eff-Darwich y J. Patrón Recio.

R. García, S. Turck-Chieze, S. Mathis, D. Salabert (IRFU/DSM/CEA Saclay, Francia); J.F. Anderson, J. Christensen-Dalsgaard, F. Grundahl, H. Kjeldsen, B. Tingley (Univ. de Aarhus, Dinamarca); M. Cunha (CAUP, Portugal); W.C. Chaplin (Univ. de Birmingham, Reino

Unido); T. Metcalfe, S. Mathur (Space Science Inst., EEUU); T. Bedding (Univ. de Sydney, Australia); D. Chou, J. Fernández (Univ. Tsing Hua, Taiwan); F. Hill (GONG-NSO, EEUU); J.C. Suárez, R. Garrido (IAA, Granada); S. Korzennik (Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics, EEUU); R. Oreiro (Inst. voor Sterrenkunde, Bélgica); M. Deleuil (LAM Marsella, Francia); D. Gandolfi, (Univ. de Heidelberg, Alemania); M. Fridlund (ESA/ESTEC); L. Doyle (SETI, EEUU); H. Rauer, J. Cabrera, Sz. Csizmadia (DLR, Alemania); V. Kozhevnikov (Ural State Univ., Rusia); D. Pollacco (Queens Univ. Belfast, Reino Unido); E. Günther, A. Hatzes (Obs. Tautenburg, Alemania); M. Rabus (Univ. Católica, Chile); T. Brown, A. Shporer (Las Cumbres Obs. Global Telescopes, EEUU); T. Mazeh (Univ. de Tel Aviv, Israel); D. Queloz (Obs. de Ginebra, Suiza); J. Ballot (CNRS, Univ. de Toulouse, Francia); O. Creevey (Lab. Lagrange, Univ. de Niza, Francia).

## INTRODUCCIÓN

Los objetivos genéricos del Proyecto son: el estudio de la estructura y dinámica del interior solar, la extensión de dicho estudio al caso de otras estrellas, la búsqueda de planetas extrasolares por métodos fotométricos, principalmente mediante tránsitos por delante de sus estrellas principales y el análisis de las atmósferas de estos planetas.

Para el primer objetivo se utiliza la Heliosismología tanto global (la que se obtiene de los modos propios de oscilación) como la Local (que deriva del estudio de ondas viajeras). Mediante la detección y estudio del espectro de modos globales de pulsación del Sol es posible inferir de modo preciso, información acerca de su estructura y dinámicas interna, es decir, la determinación de los perfiles de las variables físicas más importantes, desde su centro hasta su superficie. El presente Proyecto cubre las distintas facetas necesarias para alcanzar el objetivo antes mencionado:

- Instrumental, en el que ya se ha trabajado intensamente en el pasado y aún se sigue haciendo a través de implicaciones en nuevos proyectos, tanto de instrumentación espacial como en tierra.
- Observacional, en el que se realizan observaciones ininterrumpidas a lo largo del año desde varias redes mundiales de estaciones heliosismológicas (BiSON y GONG), además del acceso a los datos de los experimentos GOLF y VIRGO a bordo de la sonda espacial SOHO.
- Técnicas de reducción, análisis e interpretación de los datos.

- Desarrollo teórico de técnicas de inversión de datos y elaboración de Modelos de Estructura y Evolución del Sol. Los resultados ya obtenidos muestran que podemos conocer el Sol con una precisión del orden de un 1 por mil.

Por otro lado, la Astrosismología o Sismología estelar pretende obtener un conocimiento similar en otras estrellas. Esta rama de la Astrofísica está viviendo en estos momentos una edad de oro gracias a la enorme cantidad de estrellas observadas por las misiones espaciales CoRoT y Kepler. Con los datos obtenidos por estas misiones (ya finalizadas), está siendo posible extraer parámetros sismológicos globales de cientos de estrellas, tanto de estrellas tipo solar como de gigantes rojas, así como de estrellas pertenecientes a cúmulos. Con estos parámetros se pueden derivar relaciones de escala que nos permiten estimar parámetros estelares como la Masa y el Radio de las estrellas en amplios rangos evolutivos. Además, para muchas de estas estrellas, la calidad fotométrica de las observaciones está permitiendo la medida de modos acústicos y modos mixtos individuales, con lo cual se pueden desarrollar modelos muy precisos de la estructura interna de dichas estrellas. Todo ello se verá complementado con el desarrollo de la red SONG (*Stellar Observations Network Group*): una batería de telescopios en Tierra dotados con espectrógrafos de última generación y que permitirá una mayor y más precisa determinación de los modos propios de oscilación en estrellas brillantes.

La estrategia de utilización de tránsitos planetarios para descubrir la existencia de planetas alrededor de otras estrellas consiste en la detección fotométrica de disminuciones de brillo de una estrella cuando uno de sus planetas está pasando por delante de la misma, es decir, entre ella y el observador. Actualmente esta metodología es la preferida para la investigación de planetas pequeños, no sólo por su sensibilidad sino también porque permite llevar a cabo estudios relativamente detallados de los planetas descubiertos. Esta tecnología es similar a la que también se utiliza para la Helio y Astrosismología, por lo que se puede entender como una extensión lógica de lo aprendido con los anteriores objetivos. Por otro lado, es importante desarrollar algoritmos y métodos observacionales para la detección inequívoca y el análisis de los planetas, y para distinguirlos de los que son falsas alarmas.

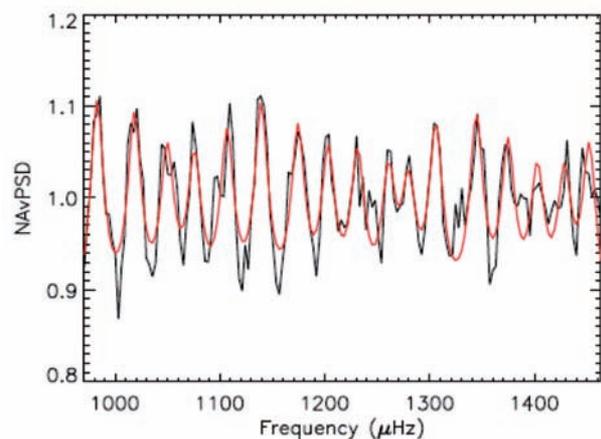
Cuando un exoplaneta transita su estrella, la geometría excepcional de la órbita nos permite llevar a cabo una serie de observaciones de seguimiento. La mayor parte de las observaciones que han permitido

aumentar el conocimiento acerca de las atmósferas de estos planetas procede de los exoplanetas con tránsitos. Mientras que gran parte de los resultados se obtuvieron gracias a telescopios espaciales como HST y Spitzer, en los últimos cuatro años varios instrumentos en tierra han demostrado tener la precisión suficiente como para contribuir al campo. Desde el IAC, intentamos forzar las técnicas desde tierra, para estudiar las características físicas de los exoplanetas tipo “Júpiter caliente”. Esto es posible gracias a técnicas de espectroscopía de transmisión (consistente en medir el radio del exoplaneta en distintas longitudes de onda) o técnicas de ocultación (la medida de la profundidad del eclipse secundario –ocultación– del planeta proporciona directamente la emisión del lado diurno).

El panorama actual para los estudios de exoplanetas con misiones espaciales no contempla nuevas misiones hasta al menos los finales del 2017, con el lanzamiento de CHEOPS, seguido por TESS, JWST y en 2024, PLATO. Por lo tanto, se abre una ventana temporal en la que los observatorios terrestres pueden liderar este campo. Estamos llevando a cabo observaciones usando principalmente los telescopios TNG, NOT y GTC.

## HITOS

La frecuencia acústica de corte en una estrella marca el límite en frecuencia entre ondas estacionarias y ondas viajeras y puede ser usada para estudiar los parámetros fundamentales de la estrella. Hasta la fecha solo se había conseguido medir en el Sol gracias a los datos aportados por el satélite SOHO que permitió el descubrimiento de los llamados modos de alta



Espectro de potencias correspondiente a la zona de pseudomodos de la estrella KIC 11717120 en la que son claramente visibles. La línea roja es el modelo Lorentziano ajustado.

frecuencia o pseudomodos, ondas que se propagan por encima de la frecuencia de corte y que se hacen visibles por la interferencia de la onda emitida y la reflejada en el lado opuesto del Sol o la refractada en su interior. La amplitud de estos pseudomodos es muy pequeña por lo que su detección es muy difícil. Miembros del grupo de astrosismología, usando los datos de más larga duración del satélite Kepler, han conseguido por primera vez medir pseudomodos en 6 estrellas de tipo solar, encontrar su frecuencia de corte y encontrar dos patrones distintos de interferencia. Usando la teoría de rayos se ha determinado que uno de los patrones, el cercano a la mitad de la gran separación corresponde a ondas reflejadas en la parte posterior de la estrella y el otro depende del retraso de la fase de ondas mixtas aportando así información de la estructura estelar y estado evolutivo.

Uno de los que probablemente sean últimos descubrimientos con datos de CoRoT ha resultado de los más interesantes: CoRoT-33b (Csizmadia et al., 2015), una enana marrón en una órbita excéntrica con un periodo de 5,8 días, descubierto por tránsitos. Encontrar enanas marrones orbitando estrellas de secuencia principal ya es muy raro (v.g. en comparación con los “Júpiteres calientes”), pero además su periodo está sincronizado con el periodo de rotación de la estrella central, de 8,9 días (medido por variaciones periódicas de

su brillo), en una relación 2:3. Se espera que este sistema tenga importancia para los estudios de la interacción entre estrellas y sus compañeros cercanos, ya que el periodo de rotación estelar no puede explicarse sin la actuación de fuerzas de mareas y frenos magnéticos.

## Desarrollo y resultados

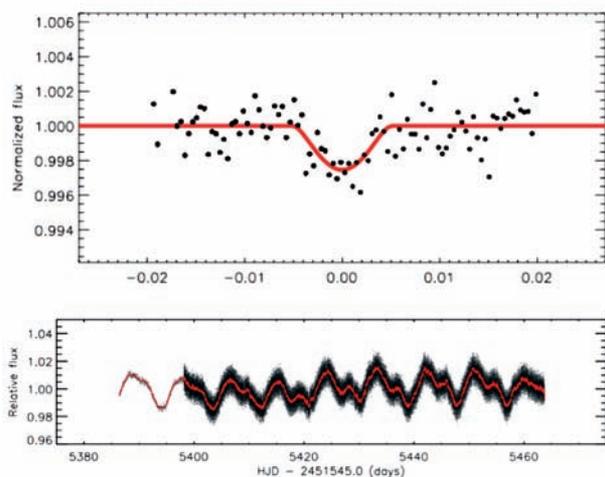
Durante este año se ha conseguido por primera vez detectar y medir pseudomodos (ondas viajeras) en 6 estrellas distintas al Sol (ver hitos). Los pseudomodos son modos de alta frecuencia que tienen una amplitud muy pequeña, lo que hace muy difícil su detección. Se ha medido también la frecuencia acústica de corte para estas seis estrellas. Esta frecuencia marca el límite entre ondas estacionarias y ondas viajeras y aporta información sobre los parámetros fundamentales de la estrella. Estudiando los patrones de interferencia de los pseudomodos se obtiene información sobre la estructura interna y el estado evolutivo de la estrella.

En relación a la obtención del representante (“proxy”) heliosismológico de actividad solar se ha calculado un índice de actividad magnética fotosférico (Sph) a partir de los datos de cada canal de VIRGO/SPM y está disponible a través del portal de SPACEINN desde principios del 2015 junto con la explicación de los datos. Colaboración CEA-SSI-IAC.

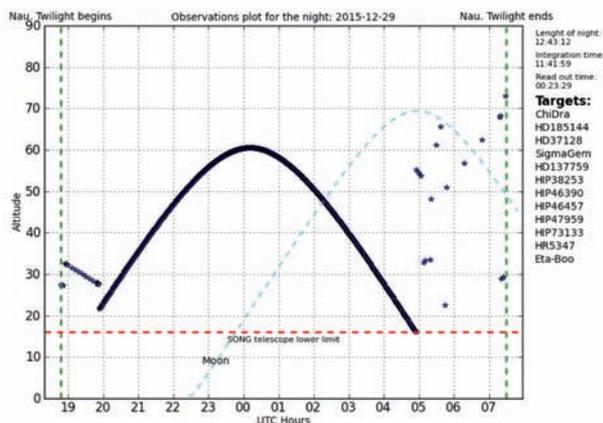
Se realizó una justificación empírica del mecanismo de acoplamiento resonante de modos en el espectro acústico de las Delta Scuti que explica la limitación de amplitud de los modos en este tipo de estrellas. A su vez se encontró una relación empírica entre la temperatura efectiva de estas estrellas y la frecuencia de máxima potencia de su espectro acústico.

Después de 4 años operativa, la misión espacial Kepler tuvo un fallo en dos de sus giróscopos, por lo que se redefinieron los objetivos de la misión que pasó a llamarse K2. Esta misión proporciona series temporales cortas en diferentes campos estelares, a diferencia de la misión original que proporcionaba series muy largas en un único campo. A lo largo de 2015 hemos analizado datos de la primera campaña de K2 para estudiar sus posibilidades en cuanto a la detección de oscilaciones en estrella de tipo solar. Por otra parte, a lo largo de este año hemos analizado desde el punto de vista sismológico, un sistema estelar doble HIP93511, sistema no resuelto espacialmente y del que se pudieron obtener los parámetros estelares de masa, radio y edad de ambas estrellas.

En relación con la iniciativa SONG (*Stellar Observations Network Group*), durante este año se llevaron a



Arriba: Ajuste de la curva de luz (línea roja continua) y los puntos de datos agrupados (círculos negros) de tránsitos de CoRoT-33b, plegados por el período orbital de 5,82 d. El eje horizontal está en unidades de la fase. Téngase en cuenta que la profundidad del tránsito es sólo 0,28% en una estrella de magnitud  $R = 14,25$ . Abajo: Curva de luz completa de CoRoT-33. Los puntos grises son medianas de 5 puntos sobre los datos originales; la línea roja es un suavizado con un filtro Savitzky-Golay. A partir de este, un período de rotación estelar de 8.95 d fue obtenido. De Csizmadia et al. (2015).



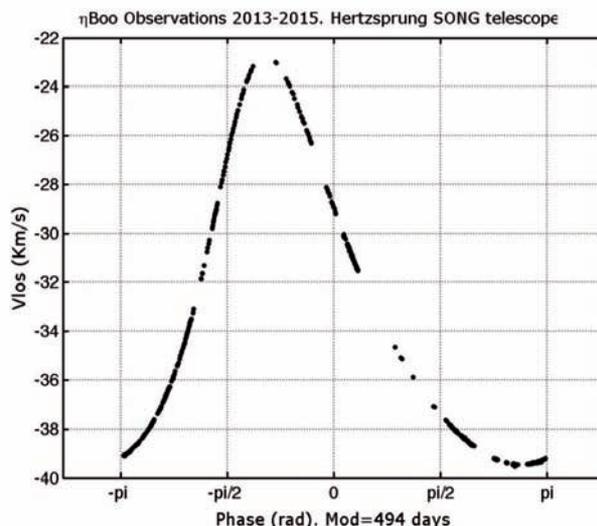
Resumen de una noche de observación cualquiera con el telescopio Hertzprung SONG en el Observatorio del Teide. Se obtuvieron espectros de hasta 15 estrellas distintas (ver lista de Targets) con diversos objetivos científicos: astrosismología, caracterización de sistemas planetarios, de sistemas binarios, etc. Las horas de datos útiles fue del 92% del total del periodo oscuro (12,7 horas).

cabo las campañas P01 (Abril–Septiembre 2015) y P02 (Octubre 2015 - Marzo 2016). Para cada una de las campañas se presentaron un total de 12 y 13 propuestas de las cuales 5 y 4 respectivamente tenían como Investigador Principal un investigador del IAC. Todas ellas se pudieron ejecutar de modo satisfactorio y durante casi el 80% del tiempo de observación solicitado). La faceta remota y robótica del telescopio Hertzprung SONG en el OT ha funcionado correctamente durante todo este periodo y el tiempo perdido por causas instrumentales y de funcionamiento de los distintos subsistemas ha sido inferior al 9%. La versatilidad, flexibilidad y eficiencia del concepto en que se basa esta instalación robótica se pone de manifiesto en cualquiera de las noches de observación (Ver figura).

A lo largo del presente año se ha avanzado considerablemente en la instalación y operación de las dos cámaras (Lucky) en el foco Nasmyth del telescopio que permitirán alternar las observaciones de la velocidad radial de una estrella (espectrógrafo Echelle en el foco Coudé) con las de fotometría de campos estelares densos. Se esperan observaciones rutinarias en este modo para el semestre 2016B.

El segundo nodo de la red en Delingha (PRC) está completamente finalizado y cuasi operativo en su modo espectroscópico. Se obtuvo la primera luz científica en Septiembre y resta completar la robotización del modo de observación.

Por lo que respecta a la explotación científica de las observaciones ya obtenidas y cuya responsabilidad



Curva de fase del sistema binario etaBoo a partir de las observaciones con el espectrógrafo echelle del telescopio Hertzprung SONG en el Observatorio del Teide.

es del IAC, se ha avanzado en el análisis asterosismológico de la serie temporal de gamCeph y resta concluir la identificación de sus frecuencias propias y la modelización consiguiente para mejorar la determinación de su Masa y Radio.

Asimismo, en cuanto al sistema etaBoo, se ha analizado la serie temporal de casi 900 días (Abril 2013 a Septiembre de 2015) y realizado los ajustes de la órbita kepleriana a fin de determinar los elementos orbitales del sistema. Se dispone ya de las primeras estimaciones precisas de su periodo orbital y resta refinar los procedimientos y métodos que incluirán, entre otros, la aproximación bayesiana en los ajustes (Trabajo de Fin de Máster en curso).

Con el 2015 llegó el último año de nuestra participación en la misión CoRoT. Se publicaron trabajos pendientes, Cabrera et al. dando a conocer los planetas CoRoT 28b y 29b, y Csizmadia et al. sobre CoRoT-33b, un planeta con una órbita en resonancia con la rotación de su estrella central (ver hitos). Por otro lado se reforzaron trabajos con datos del legado de CoRoT, para asegurar el mejor aprovechamiento científico de esta misión:

- El proyecto central de P. Klagyivik fue una búsqueda de tránsitos de planetas circumbinarios con los datos completos de CoRoT. Para ello, se rastrearon las 2.700 binarias eclipsantes presentes en la muestra de CoRoT para señales de tránsitos de planetas. Una revisión detallada de los aproxi-

madamente 100 candidatos encontrados descartó su naturaleza como planetas en todos los casos. Hay una publicación bajo revisión donde se presenta este estudio, con sus implicaciones para la abundancia de este tipo de planetas.

- Se continuó con la reobservación de los tránsitos de la mayoría de planetas CoRoT con telescopios de 1-2 m. Este Proyecto llegó a reobservar la mayoría de los planetas previstos. Quedan pendientes las observaciones de los restantes con sus correspondientes publicaciones, donde se presentarán sus efemérides mejoradas.

Se publicó un artículo (Deeg 2015) con ecuaciones para calcular la precisión de las efemérides obtenidas de curvas de luz de larga duración, basado en experiencias adquiridas durante el seguimiento de candidatos CoRoT. En relación a la misión PLATO, se ha confirmado el liderazgo de dos paquetes de trabajo (planetas circumbinarios y software para seguimiento fotométrico terrestres, ambos liderados por H. Deeg) y participaciones en algunos otros. En este contexto, se organizó para el congreso EWASS 2015 la Sección Especial 12 con el título 'Circumbinary Planets', de la cual han salido varias ideas relevantes para el aprovechamiento científico de PLATO. Además, se gestionó nuestra participación en el consorcio español que se encarga del desarrollo de la electrónica de los detectores de PLATO, pendiente de resolución del Plan Nacional 2015.

## MAGNETISMO Y POLARIZACIÓN EN ASTROFÍSICA (P/300725)

A. Asensio Ramos.

J. Trujillo Bueno, F. Moreno Insertis, H. Socas Navarro, D. Orozco Suárez, T. del Pino Alemán, E. Alsina Ballester, A.B. Griñón Marín, M. Cubas Armas y C.J. Díaz Baso.

Colaboradores del IAC: M.J. Martínez González, I. Arregui Uribe-Echevarria, C. Ramos Almeida, J. Falcón Barroso, C. Allende Prieto, M. Collados Vera, B. Ruiz Cobo y S. Simón Díaz.

M. Bianda, R. Ramelli, L. Belluzzi (Inst. Solari Ricerche, Suiza); R. Casini, R. Centeno, B.W. Lites, A. de Wijn (NCAR, EEUU); J. Cernicharo (CAB, Madrid); J. de la Cruz

(Univ. de Estocolmo, Suecia); E. Landi Degl'Innocenti (Univ. de Florencia, Italia); A. López Ariste (THEMIS; Francia); N. Shchukina (Main Astronomical Obs., Kiev, Ucrania); H. Uitenbroek (NSO, EEUU); M. Elitzur (Univ. de Kentucky, EEUU); A. Winebarger (Univ. de Alabama, EEUU); R. Ishikawa, R. Kano (NAOJ, Japón); J. Stepan (Astronomical Inst., Rep. Checa).

## INTRODUCCIÓN

Los campos magnéticos están presentes en todos los plasmas astrofísicos y controlan la mayor parte de la variabilidad que se observa en el Universo a escalas temporales intermedias. Los tenemos en estrellas a lo largo de todo el diagrama de Hertzsprung-Russell, en galaxias, e incluso quizás en el medio intergaláctico. La polarización de la luz nos proporciona la fuente más fiable de información para la teledetección de campos magnéticos en Astrofísica, incluyendo los campos magnéticos del Sol. En particular, el diagnóstico de campos magnéticos en las atmósferas del Sol y de otras estrellas requiere de la medida e interpretación física de señales de polarización en líneas espectrales, las cuales son inducidas por varios mecanismos físicos que operan a las escalas atómicas. Además del efecto Zeeman, hay muchos otros mecanismos físicos que producen polarización en la radiación electromagnética. Por ejemplo, la polarización de los niveles atómicos o moleculares inducida por el bombeo óptico de un campo de radiación anisótropo, las interferencias cuánticas entre niveles de estructura fina o hiperfina, el efecto Hanle, etc. La polarización generada por tales mecanismos es sensible a las condiciones físicas del plasma astrofísico en consideración y, en particular, a la presencia de campos magnéticos en un rango de intensidades que va desde valores tan bajos como 1 microgauss hasta varios miles de Gauss.

El principal objetivo de este proyecto es explorar, en profundidad, la física y el origen de la radiación polarizada en plasmas astrofísicos, así como su utilidad como medio de diagnóstico para descifrar y entender la actividad magnética en Astrofísica, con énfasis en el magnetismo de la atmósfera solar. Nuestras investigaciones involucran:

- La física de la polarización, lo que requiere profundizar en la teoría cuántica de la interacción radiación-materia, teniendo en cuenta procesos de "scattering" en presencia de campos magnéticos y eléctricos.
- El desarrollo de técnicas de diagnóstico de plasmas para la exploración de campos magnéticos en

Astrofísica, con particular interés en descifrar el complejo magnetismo de la atmósfera solar, envolturas circunestelares y nebulosas planetarias.

- Observaciones espectropolarimétricas y su interpretación en términos de modelos físicos.
- Desarrollo de métodos numéricos para la solución de problemas de transporte radiativo sin suponer equilibrio termodinámico local, con aplicaciones a modelos tri-dimensionales de atmósferas estelares resultantes de simulaciones magneto-hidrodinámicas.
- Espectroscopía y espectropolarimetría atómica y molecular, con aplicaciones en varios campos de la Astrofísica.

Este Proyecto está formado por un grupo de científicos convencidos de la importancia de complementar investigaciones teóricas, observacionales e instrumentales para hacer frente a algunos de los retos actuales de la Astrofísica.

## HITOS

Se ha lanzado con enorme éxito el cohete exploratorio CLASP, obteniendo resultados francamente buenos sobre la polarización por “scattering” en la línea Lyman alfa de la región de transición entre la cromosfera y corona.

Se ha publicado el código de transporte radiativo no-LTE NICOLE.

Se ha obtenido la variación con la altura del campo magnético en las espículas, mostrando una disminución con la altura.

Se han estudiado los mecanismos de polarización en las líneas del triplete infrarrojo del oxígeno.

Se han usado técnicas de deconvolución para analizar elementos magnéticos en el “Sol en calma”, mostrando la presencia de tubos de flujo.

Se ha estudiado el campo magnético en los pies de protuberancias, llegando a la conclusión de que los campos deben ser mayoritariamente verticales.

Se han realizado observaciones espectropolarimétricas del Rectángulo Rojo, que ayudan a restringir los modelos de formación de nebulosas no esféricas.

Se ha modelado la polarización en la línea D1 del sodio aplicando la teoría de los metaniveles.

Se ha desarrollado una teoría bayesiana para la detección de señales de polarización muy débiles en estrellas de tipo solar usando muchas líneas.

Se ha desarrollado la teoría para tener en cuenta colisiones en el átomo de muchos términos con estructura hiperfina.

Se ha analizado la influencia de una dinamo a pequeña escala sobre la determinación de la abundancia del hierro solar.

Se ha desarrollado la teoría y los códigos de inversión para invertir parámetros de Stokes introduciendo regularización por “sparsity”.

Se ha analizado la abundancia de oxígeno solar mediante un modelo empírico obtenido de inversiones.

## DESARROLLO Y RESULTADOS

### *Técnicas de análisis y aplicación a observaciones*

Se han realizado observaciones espectropolarimétricas en el triplete de He I 10830 de espículas solares. La aplicación del código de inversión Hazel desarrollado en el IAC ha permitido obtener información sobre el campo magnético con la altura. El campo promedio en la base de las espículas es de 80 G, que decrece rápidamente a 30 G a unos 3.000 km. El campo magnético es, además, casi vertical en la base de la cromosfera (Orozco Suárez et al. 2015).

Se han aplicado técnicas de deconvolución de datos espectropolarimétricos desarrolladas en el IAC a datos de elementos magnéticos en el Sol en calma. Los datos demuestran una mejora en la calidad. La inversión de los parámetros de Stokes muestra un acuerdo bueno con los modelos de tubo de flujo. El proceso de deconvolución produce gradientes más fuertes, tanto horizontales como verticales (Quintero Noda et al. 2015).

Se ha desarrollado un método Bayesiano de deconvolución multilínea para datos polarimétricos de estrellas de tipo solar. Las observaciones de estas estrellas no tienen suficiente relación señal/ruido por línea para la detección de polarización, pero un análisis multilínea muestra esta señal. El método usa procesos gaussianos como prior (Asensio Ramos & Petit, 2015).

Se han usado técnicas de inferencia Bayesiano, así como comparación y promediado Bayesiano de modelos, para el estudio de guías de onda magnéticas usando técnicas de sismología coronal. Este estudio permite contrastar diferentes modelos de densidad para estas guías y hacer inferencia sobre el tiempo de Alfvén, el contraste de densidad y la longitud de onda de la inhomogeneidad. La evidencia a favor de un modelo frente a otro parece ser mínima (Arregui et al. 2015).

Se ha desarrollado un código de inversión bidimensional para parámetros de Stokes que incluye una regularización de tipo “sparse”. Se han usado métodos proximales para la optimización del problema y se muestra que la inversión de mapas bidimensionales produce resultados mucho más robustos (incluyendo

deconvolución) que la inversión pixel a pixel (Asensio Ramos & de la Cruz Rodríguez, 2015).

Se ha hecho una estimación de la abundancia de oxígeno en la superficie solar usando la línea prohibida de OI en 630 nm y un modelo observacional tridimensional. La abundancia obtenida es de 8,90, pero se hace notar que ligeras modificaciones en el modelado pueden bajar la abundancia hasta 8,70 (Socas-Navarro, 2015).

#### *Transporte de radiación polarizada*

Se ha llevado a cabo el modelado teórico de la polarización por dispersión en el triplete infrarrojo del oxígeno en 777 nm. Se ha demostrado que estas señales se generan en la cromosfera y que además son sensibles a campos entre 0,01 y 100 G, pudiéndose usar para el diagnóstico de campos cromosféricos (Del Pino Alemán & Trujillo Bueno, 2015).

Se ha desarrollado el modelado teórico y numérico de la línea D1 de sodio, que incluye polarización en el nivel inferior, estructura hiperfina e interferencias cuánticas entre los niveles finos e hiperfinos. Para ello, se ha usado la teoría de los metaniveles. Se ha demostrado que la polarización observada en la línea D1 se puede explicar por la influencia de la estructura espectral de la anisotropía del campo de radiación que produce el bombeo (Belluzzi et al. 2015).

Se han dado los pasos necesarios para incluir la influencia de las colisiones inelásticas isotrópicas en el modelo de átomo con muchos términos y estructura hiperfina. Se ha aplicado este modelo al caso de las líneas D1 y D2 del sodio (Belluzzi et al. 2015).

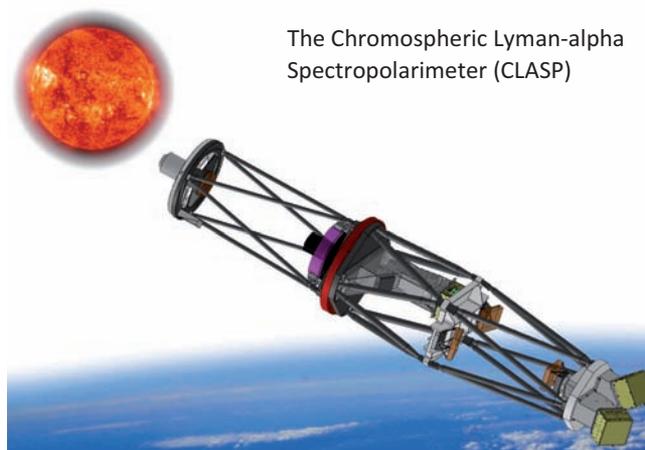
Se ha estudiado la influencia de la presencia de campos magnéticos en la abundancia de hierro inferida espectroscópicamente para el Sol. Para ello, se han usado modelos tridimensionales magnetohidrodinámicos

de la atmósfera solar que incluyen el efecto de una dinamo a pequeña escala. El resultado indica que, si esta dinamo a pequeña escala es responsable de la magnetización de la fotosfera solar, su influencia sobre la abundancia del hierro es despreciable (Shchukina & Trujillo Bueno 2015).

Se ha usado el código PORTA desarrollado por Stepan & Trujillo Bueno (2013) para investigar la polarización en la línea Lyman alfa del hidrógeno en un modelo tridimensional resultante de una simulación magnetohidrodinámica de la atmósfera solar. A alta resolución espacial, las señales son muy significativas y sensibles al campo magnético mediante el efecto Hanle. La variación centro-limbo es parecida a la encontrada en modelos unidimensionales. Estos resultados son importantes para el análisis de los datos de CLASP (Stepan et al. 2015).

#### *Espectropolarimetría espacial*

Las investigaciones teóricas realizadas en 2011 y 2012 por miembros del grupo motivó el desarrollo del *Chromospheric Lyman-Alpha SpectroPolarimeter* (CLASP), un instrumento a bordo de un cohete sonda de la NASA propuesto por un equipo de científicos de EEUU, Japón y Europa (incluyendo al grupo del IAC). Su objetivo es sondear la región de transición entre la cromosfera y la corona mediante la medida de la polarización lineal en la línea Lyman-Alpha del hidrógeno, incluyendo su modificación por el efecto Hanle. El primer vuelo se llevó a cabo el 3 de septiembre de 2015. El experimento fue un rotundo éxito y CLASP midió, por primera vez, la compleja señal de polarización en la línea Lyman-alfa. Los resultados confirman las predicciones teóricas y abren una nueva ventana al diagnóstico de la cromosfera solar.



The Chromospheric Lyman-alpha Spectropolarimeter (CLASP)

# INSTRUMENTACIÓN Y ESPACIO

## INSTRUMENTACIÓN INFRARROJA

### EMIR: ESPECTRÓGRAFO MULTIOBJETO INFRARROJO PARA EL TELESCOPIO GTC

F. Garzón.

A.B. Fragoso, Á. Mato, E. Hernández, E. Joven, H. Moreno, J. Patrón, J.L. Rasilla, J. Rosich, L. López, M. Insausti, M. Barreto, M. Núñez, N. Castro, P. López, P. Redondo y P. Fernández.

R. Guzmán (Univ. Florida, EEUU); J. Gallego, N. Cardiel, S. Pascual (UCM, Madrid); R. Pelló, F. Beigbeder (LATT, Francia); C. Gry, B. Milliard, R. Grange (LAM, Francia), P. Hammersley (ESO, Alemania), C. González (Inst. de Astronomía de Cambridge, Reino Unido).

### INTRODUCCIÓN

El Proyecto EMIR aborda el diseño y construcción de una cámara y espectrógrafo multiobjeto para observaciones en el rango infrarrojo cercano que será instrumento de uso común en el telescopio GTC. EMIR será un instrumento único en su categoría al proporcionar capacidad de espectroscopía multirrendija y de imagen en un gran campo, en un telescopio de 10 m de apertura y en el dominio infrarrojo cercano. En particular, la capacidad de realizar espectroscopía multiobjeto en la banda de 2,2 micras abrirá campos de investigación únicos a la comunidad de astrónomos usuarios del telescopio GTC. EMIR está diseñado para operar principalmente como multiobjeto en la banda K, pero ofrece un amplio rango de modos de observación, que incluyen imagen y espectroscopía, tanto de rendija larga como multiobjeto, en el rango espectral entre 0,9 y 2,5 micras. Estará equipado, entre otros, con tres subsistemas de alta tecnología de última generación, algunos especialmente diseñados para este proyecto: un sistema robótico reconfigurable de máscaras de selección; elementos dispersores formados mediante la combinación de redes de difracción de alta calidad, fabricadas mediante procedimientos fotorresistivos, y prismas convencionales de gran tamaño, y el detector HAWAII-2 de Rockwell, diseñado para el infrarrojo cercano con un formato de 2048 x 2048 píxe-

les, y dotado de un novedoso sistema de control, desarrollado por el equipo del Proyecto.

Las prestaciones más importantes del instrumento quedan resumidas a continuación. Es oportuno resaltar que prácticamente todos los requisitos se cumplen en la actualidad más allá de su valor nominal.

Especificaciones de EMIR:

- Rango espectral: 0,9 - 2,5 micras
- Resolución espectral: 5.000, 4.250, 4.000 (JHK)
- Cobertura espectral: Una ventana de observación en Z, J, H o K
- Formato del detector: HAWAII-2 2048 x 2048 píxeles de Rockwell
- Escala en el detector: 0,2 arcsec/píxel
- Ritmo de toma de datos > 1 imagen/seg
- Temperatura del espectrógrafo: ~77 K
- Campo de visión: 6,64 x 6,64 arcmin imagen 6,64 x 4 arcmin espectroscopía
- Número de máscaras para MOS: 55
- Transmisión: >40% en modo Imagen, sin filtro ni detector
- Calidad de imagen ( $\theta_{80}$ ): < 0,3 arcsec (en todo el rango espectral)

La explotación científica inicial de EMIR corre a cargo de dos grupos científicos principales. El grupo GOYA, cuyo Proyecto científico dio origen y dirige el desarrollo de este instrumento, y el grupo EAST. El objetivo principal de GOYA es realizar un censo de galaxias dedicado a la observación de fuentes con desplazamiento al rojo  $2 < z < 3$ , para la exploración de épocas tempranas en la historia del Universo, donde la formación de galaxias alcanzó su máxima intensidad. Por otro lado, desde el año 2004 funciona, dentro del Proyecto EMIR, el grupo EAST (*EMIR Associate Science Team*), que reúne a los investigadores interesados en la explotación científica inicial de EMIR, y que se encargarán de preparar el Programa Central de Observaciones cubriendo aspectos no contemplados dentro de GOYA.

Hasta la fecha, EAST está preparando 18 programas de observación, presentados por grupos que incluyen a más de 40 científicos, que están actualmente en discusión y optimización vía un proceso iterativo. Se cuenta con disponer de algún tipo de asesoría o evaluación científica externa sobre las propuestas previa a su inclusión en el Programa Central de EMIR. El con-

junto de propuestas cubre la práctica totalidad de los temas de la moderna astrofísica observaciones, y puede resumirse en la siguiente lista:

- Seguimiento espectroscópico de fuentes extragalácticas en el infrarrojo lejano y submilimétricas
- Núcleos galácticos activos
- Galaxias Starburst
- Poblaciones estelares en galaxias de tipos tempranos
- Estrellas masivas
- Objetos de la Galaxia interna
- Estrellas AGB y Post-AGB
- Espectroscopía en el infrarrojo cercano de sistemas planetarios aislados y enanas marrones

El diseño y construcción de EMIR corre a cargo de un equipo de instituciones nacionales e internacionales con amplia experiencia en instrumentación infrarroja, liderados por el IAC: la Universidad Complutense de Madrid (UCM), el Laboratorio de Astrofísica del Observatorio de Midi-Pyrénées (LAOMP) y el Laboratorio de Astrofísica del Observatorio de Marsella (LAM), en Francia.

EMIR será un instrumento único por sus características y alcance, y abrirá nuevos campos de investigación a la comunidad astrofísica española e internacional con acceso al telescopio GTC. De un lado, debido a

la alta sensibilidad, sin precedentes en la instrumentación disponible para los astrónomos españoles, resultado de la combinación de la gran apertura del telescopio GTC con los detectores de última generación que equiparán el instrumento. De otro, la capacidad de realizar espectroscopía con resolución espectral intermedia en el IR cercano y de un gran número de objetos simultáneamente.

Durante el año 2015, como se recoge en esta Memoria, se ha completado el proceso de verificación y ajuste de los diversos elementos que conforman el instrumento completo, que debe recibir su Primera Luz a lo largo de 2016. En la segunda mitad del año, se montó el último de los subsistemas que componen EMIR, la unidad robótica de máscaras (CSU), y se añadió un prisma convencional que va a permitir cubrir en una sola imagen las ventanas YJ o HK.

## HITOS

Durante este año se han llevado a cabo dos ciclos criogénicos mientras se han completado las tareas relativas a la configuración final de todos los subsistemas criogénicos del instrumento, tal y como irán a telescopio. Al mismo tiempo se han fabricado todos los elementos necesarios finales exteriores, tanto los relativos a los dos armarios principales de la electró-



Vista desde el exterior del criostato de un patrón de multirrendijas en la CSU.

nica como elementos auxiliares para el transporte del instrumento.

El grupo Cogollo ha completado las dos últimas etapas de verificación global del instrumento. Los resultados han sido muy satisfactorios, y se ha podido verificar el cumplimiento completo de las especificaciones de EMIR detalladas en el documento de requisitos de usuario. Tras completar la última de las etapas, se llevó a cabo una campaña corta de Aceptación en Fábrica (FAT) en la que el personal de GRANTECAN S.A. verificó un subconjunto seleccionado de dichas prestaciones, siguiendo un plan de pruebas previamente establecido.

Durante todo el año, se ha continuado afinando el sistema de control completo (ECS, EMIR *Control System*) y las rutinas de reducción in-situ (DRP, *Data Reduction Pipeline*), que en combinación permiten la operación correcta y eficiente del instrumento. Ambos subsistemas, ECS y DRP, son a la vez elementos que están siendo verificados y ajustados durante el proceso de verificación global y herramientas que permiten realizar dicha verificación. El resultado final es suficiente para garantizar una correcta operación de EMIR en el telescopio GTC, aunque el proceso de mejora deberá continuar durante los periodos de comisionado.

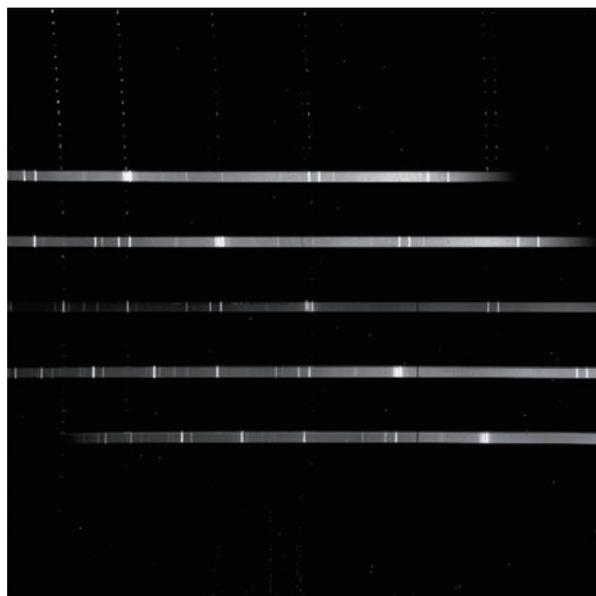
Se han definido y calibrado los modos de lectura que se ofrecerán inicialmente a los usuarios de EMIR.

Se han completado las pruebas de aceptación en fábrica de la CSU en frío en el IAC, en lo que se refiere a prestaciones de la unidad. Quedan aún pendientes aspectos del sistema de control y del funcionamiento de algunos repuestos, que deberán solucionarse antes de otorgar la aceptación definitiva.

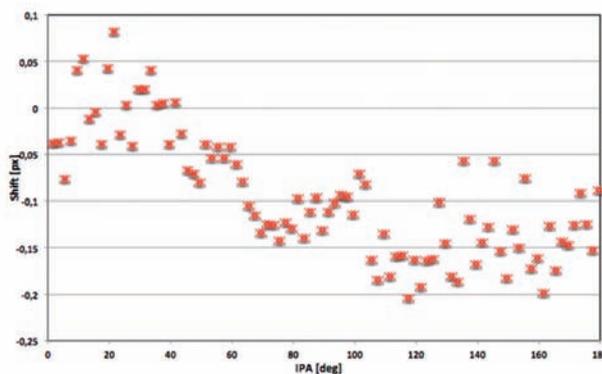
Con los fondos de equipamiento concedidos al Proyecto durante 2015 se han adquirido todos los repuestos y material de mantenimiento necesarios para disponer de un sistema de ciclos cerrados en telescopio con las suficientes garantías.

## EVOLUCIÓN DEL PROYECTO

Durante 2015, el grupo científico de desarrollo de EMIR en el IAC (Cogollo) ha finalizado el análisis de los resultados de la segunda de las 3 etapas previstas para la verificación global del instrumento y ejecutado completamente la última, incluyendo el análisis de resultados y la generación de los correspondientes informes. En dicha etapa se ha trabajado con el instrumento con todas las unidades montadas, incluyendo la CSU, y con el detector de ciencia. En esta etapa han obtenido imágenes y espectros con diferentes configuraciones de la CSU, utilizando el conjunto completo de elementos dispersores de EMIR, que ahora incluye además un grisma



Espectro en la banda K con configuración de 5 rendijas.



Movimiento de imagen promedio en el detector frente a giros del sistema, con la corrección de flexiones en la DTU.

convencional de baja resolución (~1000). Al finalizar la misma, se ha llevado a cabo una campaña de Aceptación en Fábrica (FAT) con asistencia de personal de GRANTECAN S.A., requisito previo para obtener la autorización de envío. El resumen de las pruebas de dicha campaña se da a continuación:

- *Imaging Flats*
- *Dark current*
- *Linearity/ usable range*
- *Detector readout modes*
- *Noise pick up from other components (wheels, DTU etc.)*
- *DTU Movement in X-Y, precision over small distance*

- Precision/ time in setting focal plane configuration
- Focus in each filter
- Image quality
- Plate scale in each filter and lateral colour
- Spectral range in imaging
- Image quality & Photometric variation with rotator angle
- Spectral Flat fields
- Focus spectrum
- Wavelength calibration of each grism (wavelength coverage)
- Variation of spectrum with rotator angle
- Demonstrate flexure compensation with DTU with various slit configurations
- Simulated observations (including data reduction)

## FRIDA Y DESPUÉS: CIENCIA CON ALTA RESOLUCIÓN ESPACIAL EN LA ÉPOCA DE LOS TELESCOPIOS GIGANTES

A. Prieto.

J. Acosta, J.J. Díaz, P. López, H. Moreno, J. Patrón, J. Rosich y J. Marco de la Rosa.

A. López (Univ. de México), S. Eikenberry (Univ. de Florida, EEUU), N. Cardiel (UCM).

### INTRODUCCIÓN

*Ciencia con FRIDA*

FRIDA (*inFRared Imager and Dissector for the Adaptive optics system of the GTC*) es un espectrógrafo de campo integral e imagen diseñado para trabajar al límite de difracción de GTC en el rango de 1 - 2,5 micras.

El Proyecto de ciencia con FRIDA se enfoca en la identificación y preparación de programas de observación competitivos para FRIDA. Se prevé que este instrumento llegue al telescopio GTC hacia finales de este decenio, excesivamente tarde comparado con todos los grandes telescopios del mundo que ya disfrutaban de instrumentos para Óptica Adaptativa desde más de 7 años, produciendo Ciencia frontera. Por tanto, con el fin de que la comunidad del telescopio GTC sea competitiva en el tiempo de FRIDA, es fundamental que se comience desde ya la identificación y preparación de programas científicos de innovación que exploten al máximo las posibilidades de FRIDA+GTCAO.

El objetivo del Proyecto es iniciar dentro del IAC tales estudios. Para ello se pretende establecer una colaboración estrecha entre el equipo de FRIDA de IAC y la comunidad científica del telescopio GTC a fin de identificar programas y estrategias de observación claves para este instrumento.

Como punto de partida, se ha seleccionado el estudio a gran escala de la galaxia Andrómeda. La galaxia espiral más cercana a la Tierra, lo que permite que sus diferentes componentes galácticas (núcleo, disco, bulbo, brazos y halo), puedan ser estudiadas bajo escalas espaciales sin precedencia. FRIDA podrá realizar un mapeado espectroscópico de regiones seleccionadas en Andrómeda con resoluciones espaciales por debajo de 0,16 pc a 2 micras.

Por su proximidad, la observación de Andrómeda con FRIDA involucra el estudio de un gran número de problemas astrofísicos: formación estelar, función inicial de masa en cúmulos globulares, dinámica galáctica, escenarios de formación de galaxias, etc., a escalas espaciales sólo conseguidas anteriormente en nuestra galaxia y las Nubes de Magallanes. En este Proyecto, se pretende analizar las posibilidades de realización y nivel de competitividad de estos estudios en Andrómeda sobre la base de las capacidades y limitaciones actuales de FRIDA y del sistema de Óptica Adaptativa del telescopio GTC.

### Participación tecnológica en FRIDA

El IAC está involucrado tecnológicamente en el desarrollo Sistema de Control de FRIDA y software de alto nivel, el cual estará basado en la medida de lo posible en EMIR. El sistema de adquisición de datos, la electrónica de control del detector y la caracterización de éste, así como el software de alto nivel para el control de mecanismos son responsabilidades directas del IAC. Asimismo, el IAC es responsable de la definición de la "pipeline" y de las herramientas de observación con FRIDA. El IAC coordina todas estas actividades con las instituciones implicadas en estas tareas: UCM en Madrid y UNAM en México. Estas tareas comprenden desde diseño, fabricación y adquisición de componentes.

### HITOS

El IAC sigue avanzando en el desarrollo de componentes de software, tanto operativos como simuladores, junto con el software relativo al Sequencer e Inspector del telescopio GTC.

Se ha seguido avanzando en los protocolos de comunicación del software embebido en los controladores *phytron* de los mecanismos durante su desarrollo en México.

El sistema de control del detector está completo y disponible para su uso final. Pendiente de la decisión del paso a un detector Hawaii-2RG.

## EVOLUCIÓN DEL PROYECTO

### Estado del Proyecto FRIDA

La fabricación del criostato y banco óptico de FRIDA está en sus últimas etapas (CIDESI).

Se han fabricado todas las lentes del instrumento, quedando pendiente el recubrimiento para principios

de 2016. Los elementos del *Image Slicer* están fabricados casi al completo.

Mecanismos fabricados excepto acabado final. Se ha probado con éxito el control de los mismos.

### Gestión

El desarrollo del *Exposure Time Calculator* (ETC) se ha contratado a una empresa externa. El simulador de Óptica Adaptiva (AO) de FRIDA siguen pendientes de realizarse en función de los desarrollos de GTCAO.



Últimas etapas de la fabricación del criostato y banco óptico de FRIDA en CIDESI.



Image Slicer y arrays de espejos en pupila y campo.



Mecanismos finalizados en CIDESI.

### Ciencia IAC

Se continúa con periodicidad bi-mensual, video conferencias con los grupos que participan en FRIDA para seguir la evolución del instrumento.

A. Prieto mantiene conversaciones regulares con el ingeniero óptico de FRIDA (S. Cuevas, UNAM) con el fin de mantener un seguimiento pormenorizado en los desarrollos de los prototipos de ingeniería.

Se mantiene la continua actualización de los documentos de ciencia: “FRIDA commissioning plan” y “FRIDA calibration plan”, “FRIDA observing modes” y “FRIDA data reduction”.

Se continúa la interacción con los grupos de instrumentación en ESO en relación al desarrollo de instrumentos de Óptica Adaptativa para los telescopios VLT y ELT. A. Prieto es miembro del grupo científico ERIS de ESO encargado de la definición de la nueva instrumentación de Óptica Adaptativa para el telescopio VLT.

### Sistema de Control

Se han recibido dos nuevos detectores Hawaii-2 por parte de *Teledyne* para su caracterización y decisión final para su uso como detector científico definitivo en FRIDA. Sin embargo, ninguno de los dos resulta aceptable para el uso requerido, uno por no ser ni siquiera funcional, el otro, porque no llega a los niveles necesarios como detector científico. Se sigue a la espera de conseguir fondos para plantear la compra de un detector Hawaii-2RG.

El resto de tareas de SW que se están desarrollando avanzan bajo las líneas de desarrollo de EMIR tal y como estaba previsto, para su adaptación al final a las particularidades de FRIDA.

Se ha incorporado un nuevo ingeniero de software para completar el trabajo de generación de simuladores de los mecanismos y otros subsistemas de FRIDA que permitan el desarrollo de los paquetes de software de alto nivel.

## ESPECTRÓGRAFO PARA GREGOR

M. Collados.

E. Páez, E. Ballesteros, E. Hernández, R. López, A. Calcines, J.J. Díaz y M. Reyes.

### INTRODUCCIÓN

El IAC está construyendo un espectrógrafo de uso común para el telescopio alemán GREGOR, ubicado en

el OT. 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 del OT, y que trasladado a GREGOR de manera permanente, permitiendo mejorar en un factor 2 la resolución espacial alcanzada actualmente. El espectrógrafo ha sido diseñado expresamente para optimizar las prestaciones de TIP-II.

La puesta a punto del instrumento se ha realizado de forma progresiva:

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, 1,6 y 2,2 micras.

A lo largo de 2013 las tareas se centraron principalmente en la puesta a punto del modo espectropolarimétrico.

En 2014 y 2015 se ha llevado a cabo la denominada “fase de verificación científica del instrumento” y se han realizado campañas de observación desde abril hasta noviembre de cada año.

Durante 2015, cuatro campañas de observación fueron realizadas por equipos externos (no españoles ni alemanes). Como resultado de todas estas campañas, se están preparando varios artículos, que serán publicados a lo largo de 2016. Hay tiempo reservado para realizar las primeras pruebas en el telescopio durante la segunda quincena de octubre de 2016.

Esencialmente, el instrumento está en operación rutinaria y en 2015 se ha dedicado a campañas de observación ordinarias. Durante este tiempo han surgido diversos problemas:

- Deriva de la imagen sobre el detector. Este es un problema que no fue observado en 2014 y cuyo origen es todavía desconocido, a pesar de haberse realizado diversas pruebas para determinarlo. Para realinear el haz de nuevo en el detector, era necesario modificar a mano la inclinación del espejo de cámara. Para evitar que los observadores estuvieran modificándolo directamente en la sala del espectrógrafo, se decidió colocar un motor

para que fuera controlado a través de la interfaz de usuario. Esta tarea se inició a finales de 2015 y se prevé que el motor esté instalado y operativo para el inicio de las campañas de 2016.

- Pérdida de sincronismo entre la modulación de los cristales líquidos y la adquisición de imágenes. Con la ayuda de Mantenimiento Instrumental y de O. Grassin (KIS), se detectó y corrigió un mal contacto en uno de los conectores de la electrónica de la cámara.
- Pérdida del cero de la óptica de calibración. Tras una revisión del mecanismo, se concluyó que parecía estar en buen estado. El problema desapareció por sí solo tras un uso repetido y continuado de la unidad. Sin embargo, en diciembre, tras un mes sin ser usado, el problema volvió a aparecer. Tras un uso repetido del mecanismo, el problema volvió a desaparecer. Será necesario vigilar su comportamiento en 2016, sobre todo al inicio de la campaña.
- El haz está viñeteado en uno de los espejos dobladores del espectrógrafo. Se decidió posponer el alineado del espectrógrafo hasta que el alineado del telescopio sea estable. Durante 2016 se comprobará el alineado del haz y su dependencia con la posición del derrotador.

Además, se ha mejorado el software de control para mejorar la velocidad de adquisición de datos y la comunicación interna con el sistema de control del telescopio y otros dispositivos. Ello ha permitido implementar un modo puro espectroscópico rápido, que ya ha sido usado por varios observadores en 2015.

A finales de 2015, el KIS instaló un sistema rotador de imagen para mantener y controlar la orientación de

la imagen sobre la rendija de entrada del espectrógrafo. Será necesario realizar durante 2016 el software de comunicación y control de este elemento.

## MIRADAS (MID-RESOLUTION INFRARED ASTRONOMICAL SPECTROGRAPH)

F. Garzón.

J. Rosich.

Consorcio: Univ. de Florida (EEUU), Univ. de Barcelona, Univ. Complutense de Madrid, Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC), Inst. de Física de Altas Energías (IFAE) e Inst. de Estudios Espaciales de Catalunya (dando soporte técnico a UB). Además, hay investigadores individuales de la Univ. Nacional Autónoma de México (UNAM).

### INTRODUCCIÓN

El espectrógrafo infrarrojo de resolución intermedia, MIRADAS, operará en el rango infrarrojo de 1 a 2,5 micras con una resolución espectral de 20.000.

En el año 2010 fue seleccionado para ser el espectrógrafo infrarrojo de la nueva generación de instrumentos para el Gran Telescopio CANARIAS (GTC).

MIRADAS es un espectrógrafo multi-objeto con capacidad para observar hasta 20 objetos gracias a 20 brazos articulados provistos de un espejo, a modo de sonda, que patrullan un sector dentro de un círculo de 5 minutos de arco en el plano focal de telescopio GTC.

Sus principales características, que aún no pueden considerarse como totalmente definitivas, se muestran en la siguiente tabla:

Parámetro	Valor	Comentario
Campo de observación	5 minutos de arco de diámetro	20 brazos. Cada brazo barre un sector del campo
Campo de visión de cada brazo	3,7 x 1,2 segundos de arco	
Geometría de cada rendija	3 cortes de 3,7x0,4 segundos de arco	
Detector	4096 x 2048 píxeles	Mosaico de dos detectores HAWAII-2RG 2Kx2K
Espectropolarimetría	Lineal, circular	Modo dispersión cruzada para un solo objeto
Sensibilidad en el continuo	J=18,9 mag H=17,4 mag K=16,7 mag	Para una S/N=10 en 1 h de exposición
Sensibilidad para líneas de emisión	5x10 <sup>-18</sup> ergs/cm <sup>2</sup> /s (puntual) 8x10 <sup>-18</sup> ergs/cm <sup>2</sup> /s (resuelta)	Para una S/N=10 en 1 h de exposición Se supone un segundo de arco cuadrado como celda de detección para la fuente resuelta

En la figura de abajo se muestra un esquema del trazado de la luz dentro del instrumento pasando por los diferentes subsistemas que lo componen.

Además de en los aspectos científicos, la contribución del IAC se centra en el desarrollo del sistema de control del instrumento y en la coordinación de la participación de las otras instituciones que desarrollan diversos apartados del sistema de control del instrumento.

El sistema de control de MIRADAS sigue los estándares de GTC y se basa en una arquitectura distribuida, siguiendo el modelo de componentes de GTC, se está desarrollando en C++, y se ejecuta en diferentes ordenadores usando el middleware CORBA.

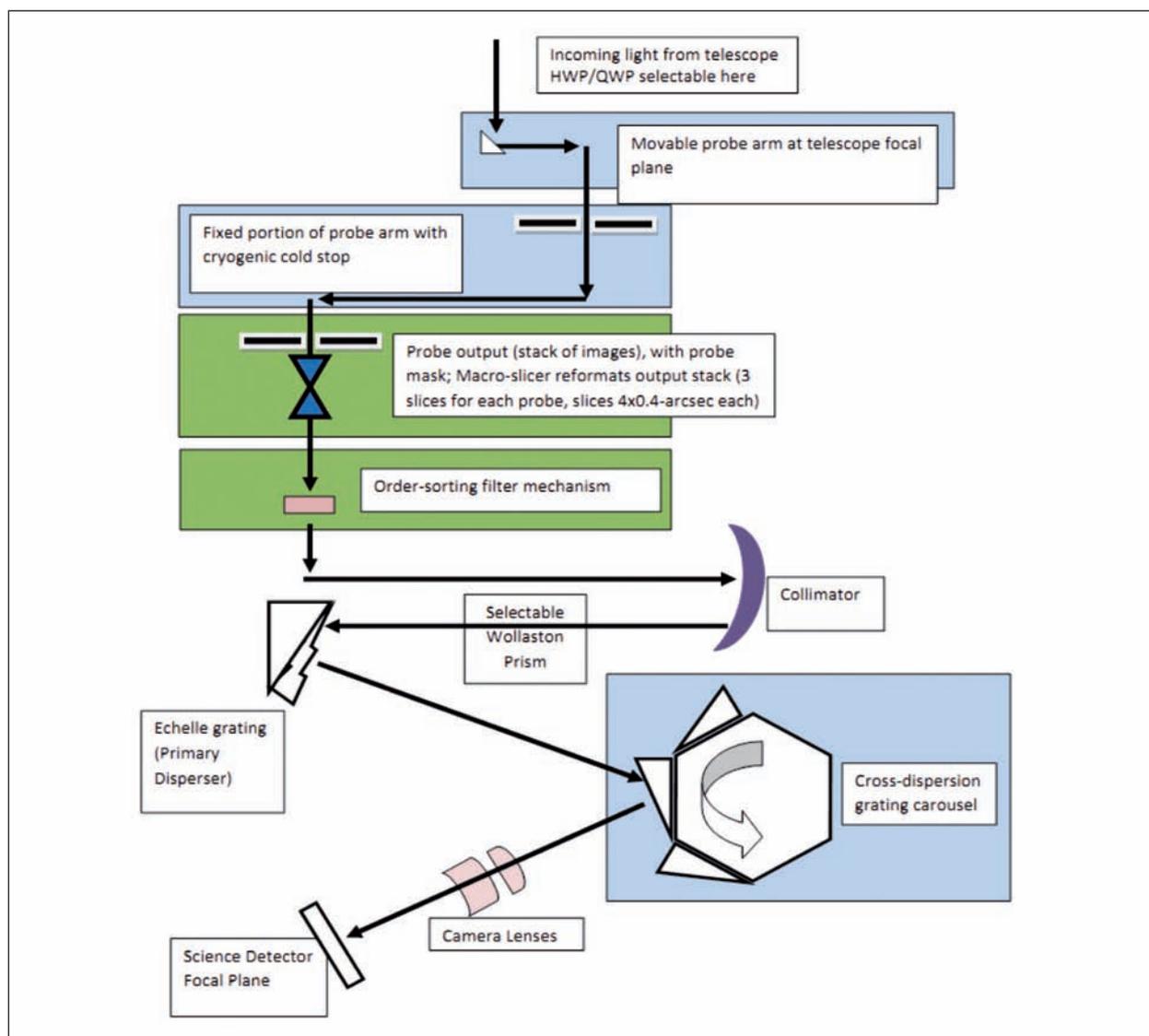
En el sistema de control, el IAC ha definido las interfaces entre el software de bajo nivel que desarrolla UF y el software de alto nivel que se desarrolla en el

IAC, esto comprende todos los mecanismos, los sensores de temperatura y de presión, así como la interfaz con la adquisición de datos. En el caso particular de los brazos robóticos, la interfaz se ha definido con la Universidad de Barcelona que es la responsable de este software. El software de procesado de datos (*Data Reduction Pipeline*) es desarrollado por la UCM y el agente de pre procesado (*Data Factory Agent*) por el IAC.

En todo el desarrollo se intenta aprovechar la experiencia previa y los componentes ya existentes en los sistemas de control de otros instrumentos para el telescopio GTC como OSIRIS, EMIR y FRIDA.

### EVOLUCIÓN DEL PROYECTO

La actividad en el Proyecto durante 2015 ha sido continua. En la primera parte del año se preparó toda la documentación del paquete de trabajo del IAC a en-



Esquema del concepto del instrumento MIRADAS para el telescopio GTC.

tregar a GRANTECAN S.A. para el hito de Revisión de Diseño Avanzado (*Advanced Design Review*, ADR). Dicha revisión tuvo lugar en Gainesville (Florida, EEUU), con asistencia del equipo del IAC, del 13 al 15 de mayo.

Con posterioridad a la misma, se trabajó en aspectos puntuales que habían quedado pendientes en el ADR, o que surgieron como consecuencia del mismo. Finalmente, se pasó formalmente el hito en el último trimestre del año.

Tras el ADR, se comenzó el desarrollo de los componentes de software que forman parte del sistema de control del instrumento, realizando la primera entrega global de software de control de MIRADAS a GRANTECAN S.A. en diciembre, para ser integrada en el sistema de control del telescopio GTC.

## HARMONI

E. Mediavilla.

B. García Lorenzo.

J.M. Herreros, A. Bueno, J.V. Gigante, E. Hernández, L.F. Rodríguez y J. Sánchez-Capuchino.

## INTRODUCCIÓN

HARMONI es uno de los dos instrumentos de Primera Luz del telescopio E-ELT. Su diseño y construcción es responsabilidad de un Consorcio formado por cinco instituciones europeas (Univ. de Oxford, Univ. de Lyon, IAC, CAB-CSIC y UK-ATC), lideradas por la Universidad de Oxford. La participación en HARMONI garantiza tiempo de observación en el telescopio E-ELT en las primeras etapas de su uso, una oportunidad científica única para los investigadores españoles. La contribución del IAC en HARMONI puede separarse en tres grandes bloques:

- El desarrollo (diseño, fabricación y verificación) del subsistema que constituye la pre-óptica del instrumento.
- Coordinación en la arquitectura y desarrollo de la electrónica de control de todo el instrumento.
- Participación en la definición y desarrollo de los casos científicos para el aprovechamiento de HARMONI.

HARMONI es un espectrógrafo de campo integral de alta resolución angular y optimizado en el óptico –infrarrojo cercano (0,45 - 2,45 micras). Está preparado para operar con varios niveles de corrección de Óptica

Adaptativa. Con el sistema de Laser Tomography Adaptive Optics (LTAO) permite realizar espectroscopía de campo integral (ECI) al límite de difracción del telescopio, con una escala de 4 milisegundos de arco (mas) por spaxel. También puede operar con el sistema de *Ground Layer Adaptive Optics* (GLAO) a otras escalas angulares. HARMONI tiene una gran versatilidad para optimizar diferentes tipos de observaciones (en función de la resolución angular, de la sensibilidad, del campo de visión, etc.) teniendo en cuenta los requisitos científicos. Por tanto, es considerado un instrumento “workhorse”, es decir, de interés para un amplio rango de programas científicos (Tatthe et al. 2010; Arribas et al. 2010a).

## HITOS Y EVOLUCIÓN DEL PROYECTO

En 2015 se ha cerrado la Fase Delta A -Interim Study-, y se ha arrancado la Fase B -Diseño Preliminar- en septiembre de 2015. La firma del acuerdo –MoU–, entre los socios está prevista para el primer trimestre de 2016. El IAC continúa realizando estudios para mitigar riesgos tecnológicos relacionados fundamentalmente con mecanismos y codificadores criogénicos. El hito más destacable del período es el ya mencionado arranque de la Fase B de los instrumentos de Primera Luz del E-ELT. El equipo científico-técnico del IAC ha participado activamente durante 2015, como miembro del consorcio internacional, en todos los aspectos técnicos, de gestión y científicos del Proyecto.

Durante la fase de definición del Proyecto y diseño conceptual –Fase A–, el IAC diseñó varios subsistemas (ej. Pre-óptica y electrónica de control del instrumento) y contribuyó notablemente en el diseño global del instrumento y en la definición del plan del proyecto. Sin embargo, el cambio de diámetro del espejo primario del E-ELT –de 42 a 39 m– y las recomendaciones surgidas tras la revisión del diseño conceptual del instrumento aconsejó acometer, en el marco de una delta Fase A, unas nuevas tareas de ingeniería y de gestión.

El alcance, desglose y definición de los trabajos a realizar durante esta delta Fase A se concretó durante 2013 en el documento “HARMONI Interim Study – Statement of Work, v0.5”. Este estudio, promovido, autorizado y parcialmente financiado por ESO, se finalizó en julio de 2014.

El aplazamiento del comienzo del E-ELT dio lugar a que la fecha inicialmente prevista para el inicio de la Fase B del instrumento, mediados de 2014, se retrase un año, con lo que el “Kick-Off” del diseño preliminar se retrasó para el tercer trimestre de 2015. Ante esta situación, el ESO propuso extender el “HARMONI Inte-

rim Study” seis meses. El inicio de esta nueva extensión tuvo lugar en septiembre de 2014 que contemplaba como fecha de finalización mediados de 2015. Este estudio se llevó a cabo a través de una estrecha colaboración entre el consorcio y el ESO sirviendo de base para definir el alcance del contrato con HARMONI. Básicamente el trabajo consistió en:

- Definir la interfaz entre el telescopio y el instrumento.
- Finalizar las especificaciones técnicas del instrumento y definir el alcance del trabajo a realizar.
- Estudiar en detalle los compromisos entre costes, capacidades técnicas y prestaciones científicas.
- Actualizar el plan de gestión del proyecto, incluyendo nueva estimación de costes y programación.

Durante 2015 se ha seguido trabajando en la definición del acuerdo marco de entendimiento entre los miembros del Consorcio (MoU) que servirá, en función de la contribución de cada socio, para el reparto del tiempo garantizado (GTO).

Como viene siendo habitual en el Proyecto, a lo largo del año 2015 se ha asistido a numerosas reuniones y video/tele-conferencias (cada dos semanas) dedicadas principalmente a planificar, coordinar y desarrollar las tareas de ingeniería, de gestión y científicas asignadas al IAC y a cada uno de los institutos que forman el consorcio. Estas actividades han sido definidas por ESO como mini estudios.

Hasta mediados de 2015 se realizaron actividades propias de gestión de proyectos e ingeniería de sistemas y se empezó a definir el plan del Proyecto para las fases siguientes, en concreto, estas tareas han consistido en: definición y control de la planificación, organización del Proyecto, desarrollo de las estructuras (árbol funcional, de producto, WBS, paquetes de trabajo, etc.), definición de las fases e hitos, reuniones de trabajo, revisiones técnicas (internas y externas), gestión de la información y de la configuración, gestión de la programación y de los costes, gestión del soporte logístico, gestión de los riesgos y gestión de la ingeniería del Proyecto.

En ingeniería se realizaron las siguientes actividades:

#### *Ingeniería Óptica*

La inclusión del sistema de Óptica Adaptativa motivó el inicio de un nuevo debate en el consorcio sobre la arquitectura del instrumento, que condujo al inicio

de nuevos trabajos de definición, no obstante se espera que esta nueva etapa de estudio concluya a principios de 2016 con la congelación del concepto del instrumento. En particular en óptica se comenzó un nuevo análisis de las diferentes arquitecturas planteadas como son el criostato rotante y el criostato no rotante y su impacto sobre el sistema óptico.

En el criostato no rotante se analizó la de-rotación del campo mediante el K-mirror así como la calidad de la imagen tanto a la salida del K-mirror como a la salida del sistema de la pre-óptica. Por otro lado se analizó el criostato rotante con el *Offner Relay*, que sitúa el foco del E-ELT dentro del criostato del instrumento.

En el *Kick-Off* celebrado en Oxford se propuso aumentar el campo por lo que se tuvieron que buscar otras alternativas al *Offner Relay* como son los *off-axis parabolic relay*.

#### *Ingeniería Electrónica y Control*

Actividades de desarrollo instrumental: durante el año 2015, la arquitectura del instrumento ha evolucionado enormemente. A partir del concepto inicial de un gran criostato rotante que se definió en la fase Delta-A, se ha pasado a la actual una arquitectura de dos cavidades divididas, una superior sólo refrigerada y una inferior criogenizada. El grupo de electrónica del Proyecto ha seguido muy de cerca todos los cambios que ha sufrido el instrumento, analizado el impacto que pudieran tener en el diseño de la electrónica de control y dando soporte a los distintos grupos del consorcio en todo lo relacionado con la electrónica del instrumento. Como resultado de todo ello el diseño electrónico del instrumento ha sufrido algunas modificaciones que, aunque no son críticas, se han incorporado en la documentación interna de diseño, a fin de poder llevar a cabo una revisión completa de los requerimientos de diseño a principios de 2016.

Actividades de desarrollo tecnológico: paralelamente a las tareas de revisión de diseño y soporte al Consorcio, se han realizado numerosas tareas de desarrollo tecnológico en torno a los dos sistemas del instrumento que iniciaron su desarrollo el pasado año 2014. Estos son el “Rotador de Máscara de Pupila Criogénico” y el “Fast Shutter Criogénico”.

El primero de ellos ocupó la primera mitad del año, lográndose finalizar un primer prototipo de un sistema de control real basado en tecnología PLC de Beckhoff. Este primer desarrollo se basó en un motor de paso a paso y un encoder capacitivo y, aunque solo estaba destinado a pruebas a temperatura ambiente, demostró la capacidad del PLC elegido para resolver el control

del movimiento del rotador de máscara con los requerimientos necesarios. Por otro lado, sirvió para verificar la capacidad de comunicación de este sistema con un entorno Labview con el estándar de comunicación ADS/OPC fijado por ESO, lo que será de gran utilidad en el desarrollo de futuras consolas de pruebas. Una vez verificada la validez de este sistema de control se inició la tarea de su adaptación a un motor de tipo “brushless” de tracción directa para funcionamiento en criogenia, tarea que se extendió el resto del año y se prevé alcance más allá de 2016, dadas las enormes dificultades que imponen las condiciones de criogenia en los sistemas electromecánicos. Dentro de esta tarea se está desarrollando un driver de potencia lineal para su uso con el PLC de Beckhoff que presenta ventajas respecto a los driver PWM convencionales en cuanto a precisión de posicionado y ruido electromagnético generado.

El cuanto al otro sistema, el “Fast Shutter Criogénico”, aunque el concepto actual es el ya conocido basado en “Voice Coil”, su desarrollo ha avanzado notablemente durante 2015, sobre todo en cuanto se refiere a la identificación y caracterización de componentes para criogenia. En este sentido se han identificado y probado distintos modelos de “Voice Coil” con resultados muy alentadores, demostrándose la viabilidad del uso de estos componentes en condiciones de criogenia. Dado que se prevé que el control del movimiento del shutter deba ser en lazo cerrado, también se inició la tarea de identificación de un componente de realimentación (encoder) adecuado para este sistema y apto para criogenia. Dadas las características de funcionamiento del shutter, el tipo de codificador capacitivo utilizado en el rotador no parece adecuado. Se decide entonces estudiar el uso de codificadores analógicos y se adquieren unos codificadores basados en tecnología de plástico conductor. Aunque esta tecnología nunca ha sido probada en criogenia, el fabricante asegura que se ha empleado en algunos sistemas de satélite, lo que los hace buenos candidatos para nuestro sistema. A final de año se reciben varias unidades que se prevé que puedan ser probadas e integradas con un nuevo prototipo de shutter que se construirá el año próximo.

Se ha seguido trabajando en la mejora del actual banco de test criogénico de HARMONI y en la definición de la futura infraestructura de test de criogenia, que será necesaria en las próximas etapas del desarrollo de la electrónica del instrumento.

Actividades formativas y de gestión: En cuanto a actividades de gestión, los miembros del grupo de electrónica han asistido a las teleconferencias técnicas que

se han celebrado de manera periódica durante 2015. También se asistió a la reunión de “Kick-off” del Proyecto, celebradas en Edimburgo en el mes de octubre, donde se tuvo oportunidad de discutir con otros miembros del Consorcio distintos aspectos técnicos y organizativos relacionados con el control del instrumento.

En cuanto a la parte formativa, el proyecto HARMONI recibió A.F. Moreno Martín, alumno de Ingeniería Industrial de la Universidad de La Laguna, becado por el Programa de Formación en Desarrollo Tecnológico del IAC, en el periodo entre el 1 de julio y el 30 de septiembre. Durante dicho periodo, el alumno colaboró activamente en las “Pruebas Criogénicas para Prototipos de Mecanismos de HARMONI”, en particular en la caracterización de un codificador capacitivo en criogenia y el efecto de las flexiones en el error de lectura de un codificador óptico.

### *Ingeniería Mecánica*

Tras las investigaciones sobre componentes electromecánicos de la fase anterior, se diseñó y fabricó el prototipo de mecanismo “Rotador de Máscara de Pupila Criogénico” (ver imagen). En el diseño de este prototipo se han tenido en cuenta especificaciones de la mecánica final, realizando análisis de tolerancias, estudios estructurales y térmicos. Como resultado se ha obtenido un prototipo al que se le realizó una serie de pruebas de funcionalidad en caliente y frío que cumplen las especificaciones mecánicas. Actualmente en conjunto con el equipo de control se le está realizando pruebas de caracterización del movimiento. También se le ha dado soporte al equipo de control en los bancos de tests y pruebas del Fast Shutter Criogénico. Se ha realizado una serie de consultas para conseguir un



Prototipo de Rotador de Máscara de Pupila Criogénico

bobinado del mecanismo de shutter compatible con la contracción diferencial ocasionada en los ciclados criogénicos.

En cuanto a la optomecánica, el cambio del diseño de la parte superior del criostato a esférico, ha obligado a estudiar el diseño óptico para ajustarnos a la nueva envolvente. Por otro lado se ha empezado a estudiar la problemática de las uniones adhesivas en criogenia, como posibilidad a introducir en el diseño de las monturas optomecánicas del instrumento.

Como elemento de apoyo a las pruebas, se ha desarrollado una pequeña cámara de bajo coste, que puede operar a temperaturas criogénicas, lo que facilita las medidas y monitorización de mecanismos en el interior de los criostatos de pruebas.

## INSTRUMENTACIÓN ÓPTICA

### DESARROLLO DE SISTEMAS PARA ALTA RESOLUCIÓN ESPACIAL (P/308635)

J. Jiménez Fuensalida.

### EDiFiSE: ESPECTRÓGRAFO DE CAMPO INTEGRAL ECUALIZADO LIMITADO POR DIFRACCIÓN

J.J. Fuensalida.

B. García-Lorenzo, A. Alonso, H. Chulani, F. Gracia, Y. Martín y L.F. Rodríguez.

#### INTRODUCCIÓN

EDiFiSE (*Equalized and Diffraction-limited Field Spectrograph Experiment*) es un instrumento prototipo compuesto por un sistema de Óptica Adaptativa (Unidades de alto y bajo orden) y un espectrógrafo de campo integral ecualizado (IFU y Espectrógrafo). El Proyecto está concebido como una plataforma de ensayo para futuros instrumentos en grandes telescopios de próxima generación, donde la información de la estructura de la atmósfera se determine en tiempo real. Para ello, la rama del instrumento astronómico y la rama de óptica adaptativa deben diseñarse como un conjunto.

EDiFiSE nace a partir de los logros del Proyecto AYA2003-07728 y en el marco del Proyecto AYA 2006-

13682: "Sensado y corrección de la turbulencia atmosférica: aplicación astronómica", que tiene su continuidad en los proyectos AYA2009-12903 y AYA2012-39136, en el que se pretenden, por una parte, extraer y analizar, en tiempo real, la información relevante de la turbulencia y del sodio mesosférico para suministrarla a sistemas AO/MCAO; y por otra, la aplicación de técnicas para atenuar los efectos de saturación producidos por el objeto más brillante que impiden la detección de los más débiles cercanos. El caso científico de EDiFiSE está centrado en objetos compactos con alto contraste en intensidad. La detección resuelta de los componentes espaciales del objeto se aprovechará tanto de la mejora de la resolución espacial como de la resolución espectral.

EDiFiSE se encuentra en su prórroga final dentro del plan nacional de Astronomía y Astrofísica, y el objetivo es concluir la fabricación del prototipo y probarlo en el telescopio WHT a lo largo de 2016.

#### HITOS

*Mayo - octubre:* Reparación del criostato de la cámara del espectrógrafo y caracterización del mazo de fibras.

*Mayo - diciembre:* Trabajo de adaptación del sistema óptico al espejo ALPAO con el simulador de turbulencia IACAT (simulador dinámico) y con el simulador de telescopio (simulador estático).

*Agosto - diciembre:* Montaje del dispositivo en laboratorio para el pegado de la máscara y la matriz de microlentes del IFU.

*Enero - agosto:* Incorporación y adaptación de fuentes de calibración espectral para el espectrógrafo. Desarrollo de software para calibración espectral-espacial. Calibración espectral-espacial del espectrógrafo usando el mazo de fibras actual que no es óptimo.

#### EVOLUCIÓN DEL PROYECTO

Ha concluido la primera fase del procedimiento de verificación y depurado del programa de control de la FPGA del espejo deformable desarrollado por ORBITAL. El sistema está preparado para su uso en las pruebas del prototipo de EDiFiSE. Quedan pendientes modificaciones menores. En el presente se está caracterizando el sistema de control y optimizando el control modal.

Con la experiencia extraída de los dos primeros intentos de pegado de la máscara se ha revisado de nuevo el procedimiento y se han rediseñado las monturas para minimizar el posible desajuste en el curado final. La ejecución del tercer intento de fabricación (IFU

2) se ha retrasado por diversos problemas. El dispositivo experimental para el pegado se ha desarrollado y está previsto pegar la máscara en marzo de 2016.

En definitiva, los dos sistemas principales del instrumento están listos para el ensamblaje final del prototipo:

- Rama de Óptica Adaptativa: sensor de frente de onda, sistema de control del espejo de TT y del espejo deformable
- Rama de instrumentación: espectrógrafo e IFU

Las pre-ópticas de los dos subsistemas se han refinado de acuerdo con las pruebas realizadas.

*Rama de Óptica Adaptativa*

Se han desarrollado servos para el control dinámico del espejo deformable y han comenzado las pruebas de caracterización del sistema empleando el simulador de turbulencia IACAT. Se ha adquirido el armario para la acomodación de la electrónica de control.

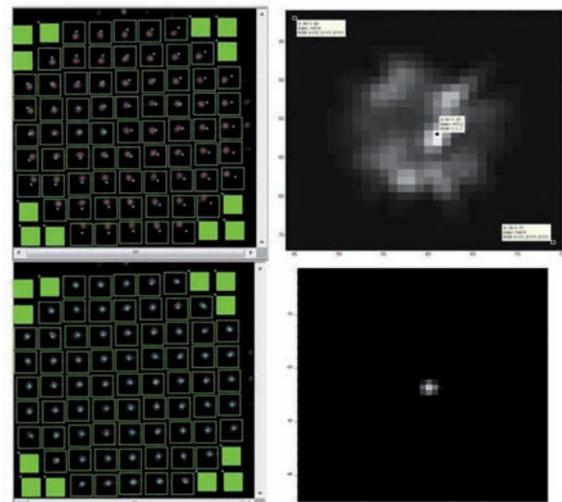
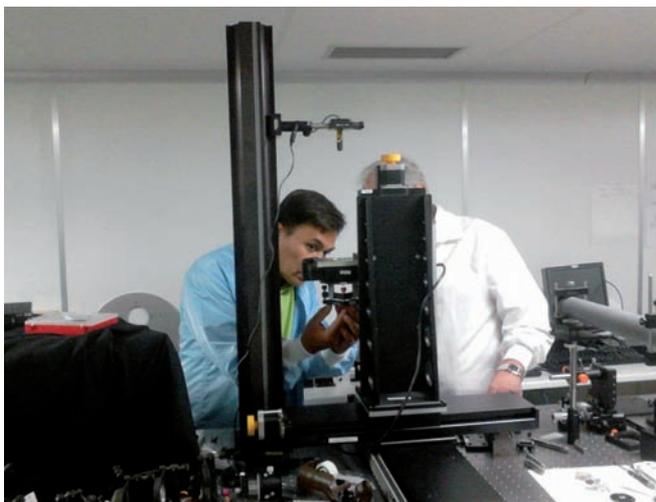
- Unidad de bajo Orden (LOMU): Tras las pruebas en el telescopio de la OGS para probar el concepto definitivo del sistema de Tip-Tilt con los nuevos servos, se trabaja en la optimización de los módulos del sistema. Se ha comprobado la estabilidad del lazo de control del TT, cuando funciona conjuntamente con el lazo de control del espejo deformable. En la práctica los dos sistemas están

desacoplados dada la gran diferencia entre sus tiempos característicos.

- Unidad de Alto Orden (HOMU): A finales de agosto de 2015 se ha cerrado el lazo de control en tiempo real, empleando los modos propios del espejo, con turbulencia simulada en el IACAT. El margen de reserva de stroke tras corregir las aberraciones (superior al 70%) es suficiente para obtener resultados satisfactorios. En el presente se está trabajando para implementar el control en una base polinómica que permita optimizar el funcionamiento.

*Rama de instrumentación astronómica*

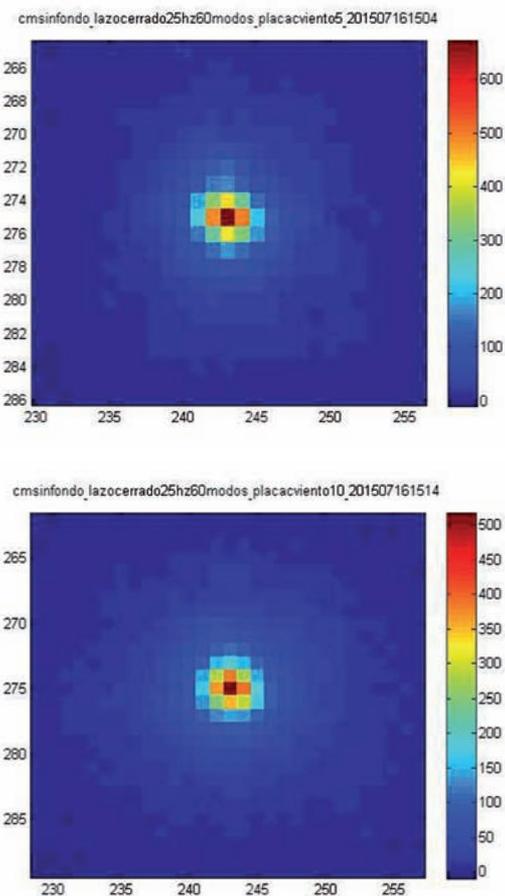
- IFU: Con la experiencia extraída de los dos primeros intentos se ha revisado de nuevo el procedimiento de pegado y se han rediseñado las monturas para minimizar el posible desajuste en el curado final. La ejecución del tercer intento de fabricación (IFU 2) se ha pospuesto a marzo de 2016. Tras el nuevo pegado se realizarán las pruebas de verificación.
- Espectrógrafo: Una vez resueltos los problemas con el sistema criogénico del detector, el equipo científico ha comenzado a trabajar en la calibración del Espectrógrafo. Aunque la zona utilizable del IFU 1, no es óptima, su uso ha permitido el desarrollo de módulos en MATLAB para la calibración del eje espacial y espectral. Los resultados preliminares obtenidos a finales de agosto de



Izquierda: Preparación en el laboratorio del montaje opto-mecánico para el pegado de la IFU. Derecha: Superior-izquierda: Medida de los centroides en el SH (puntos rojos) respecto a las posiciones de referencia de frente de onda plano (puntos azules). Superior-derecha: PSF medida en la cámara de Tip-Tilt con la aberración estática del sistema óptico. Inferior-Izquierda: Medida de los centroides una vez aplicada la corrección modal (2ª iteración, eliminando el anillo exterior de actuadores), la reserva de stroke para la corrección dinámica es superior al 70%. Inferior-Derecha: Resultado de la corrección en la cámara de Tip-tilt.

2014 son satisfactorios, y requerirán ajustes menores una vez fabricada la IFU 2.

- Pré-ópticas: Los diseños de las pre-ópticas de las dos ramas se han modificado según las pruebas de laboratorio con el simulador de turbulencia. Se han adquirido elementos comerciales necesarios para la integración final del sistema óptico con espejo ALPAO.
- Pruebas en Telescopio: Está previsto probar el prototipo final del instrumento en verano de 2016 en una campaña telescópica en el telescopio WHT.



Arriba: Imagen de la PSF medida al aplicar el servo de 25 Hz con velocidad de viento de 5 m/s empleando el sistema de simulación de turbulencia. Debajo: Imagen de la PSF medida al aplicar el servo de 25 Hz con velocidad de viento de 10 m/s.

## ESPRESSO (ECHELLE SPECTROGRAPH FOR ROCKY EXOPLANETS AND STABLE SPECTROSCOPIC OBSERVATIONS)

R. Rebolo.

C. Allende, M. Amate, F. Tenegi, S. Santana, J.L. Rasilla, A.B. Fragoso y J. González.

Consortio: Centro de Astrofísica da Univ. de Oporto (Portugal), Univ. de Lisboa, (Portugal), SIM/IDL & LOLS (Portugal), INAF, Obs. de Trieste (Italia), INAF, Obs. de Brera (Italia), Obs. de Ginebra (Suiza), Inst. of Physics, Univ. de Bern (Suiza), IAC, ESO (Europa).

### INTRODUCCIÓN

ESPRESSO (*Echelle SPectrograph for Rocky Exoplanets and Stable Spectroscopic Observations*) es un espectrógrafo Echelle de alta resolución, con dispersión cruzada, alimentado por fibra óptica; concebido para ser usado en el foco combinado del telescopio VLT (*Very Large Telescope*), para aprovechar la luz de hasta 4 Unidades de Telescopio (4UT).

Los objetivos científicos del Proyecto son:

- Medición de velocidad radial con alta precisión (10 cm/s) para buscar planetas rocosos.
- Medir la variación de las constantes físicas.
- Analizar la composición química de las estrellas en las galaxias cercanas.
- Servir de precursor y demostrador en VLT de la tecnología del instrumento HIRES (HI RESolution) para el telescopio E-ELT.

El principal objetivo del Proyecto en esta fase (2015) fue recibir y verificar todos los elementos subcontratados e iniciar su integración.

Los paquetes de trabajo que están bajo la responsabilidad del IAC son:

- Diseño y suministro del Banco Óptico (BO).
- Diseño y suministro del enlace de fibras ("fibre-link").
- Caracterización y suministro de la óptica integrada en sus monturas.
- Diseño y suministro de las monturas opto-mecánicas.
- Desarrollo de algoritmos de reducción de datos (software).
- Aseguramiento de producto y aseguramiento de calidad de todo el instrumento (PAQA), incluye análisis RAMS.



Banco óptico dentro del recipiente de vacío.

## HITOS

Se realizó la recepción, verificación y aceptación del Banco Óptico, se envió a Ginebra.

Se realizó la recepción, verificación y aceptación de todos los componentes de las monturas ópticas.

Se realizó la recepción, verificación y aceptación de toda la óptica con excepción del colimador principal.

Se realizó la recepción, verificación y aceptación de todas las fibras y opto-mecánica del "fibre-link".

Se superó la Delta FDR para los análisis RAMS de ESPRESSO.

Se iniciaron los trabajos de integración (opto-mecánica del espectrógrafo y "fibre-link").

## EVOLUCIÓN DEL PROYECTO

Después de la recepción, verificación y aceptación del Banco Óptico en el IAC, se realizó la metrología, se embolsó y se envió a Ginebra. A su llegada, se detectaron problemas de corrosión que obligaron a repetir el tratamiento superficial (en Alemania), el cual una vez concluido, fue verificado y aceptado. Tras lo cual, el Banco Óptico fue enviado de nuevo a Ginebra.

Se realizó la recepción, verificación y aceptación de las monturas ópticas, e inmediatamente se procedió al mecanizado de componentes e integración de las mismas.

Se realizó la recepción, verificación y aceptación de toda la óptica con excepción del colimador principal; se realizaron los trabajos de pegado de partes mecánicas a la óptica (para su integración con las monturas).

Después de realizar la recepción, verificación y aceptación de todas las fibras y opto-mecánica del "fibre-link", por un accidente fue necesario fabricar un nuevo componente, que se recibió, aceptó e integró, quedando pendientes las mediciones de los subconjuntos.

Se trabajó actualizando los datos para los cálculos de fiabilidad y la adopción de medidas que mitigan los riesgos para la seguridad, se elaboraron los correspondientes análisis y se entregaron.

## HORS (HIGH OPTICAL RESOLUTION SPECTROGRAPH)

R. García López.

C. Allende, J. Calvo, F. Gracia, J. Peñate, E. Joven, F. Gómez, F. Tenegi y J.J. Fernández.

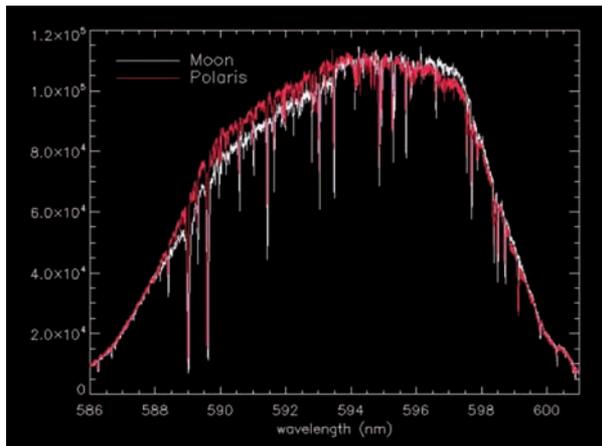
## INTRODUCCIÓN

HORS es un espectrógrafo de alta resolución para el Gran Telescopio CANARIAS (GTC), desarrollado por el IAC a partir de los componentes del extinto *Utrecht Echelle Spectrograph*, que operó en el telescopio WHT en los años 90. HORS permite espectroscopia óptica de objetos puntuales con un poder resolutivo  $\lambda/\Delta\lambda \sim 25.000$ .

HORS vio su Primera Luz en el mes de mayo de 2015, si bien el instrumento no estaba aún completo; faltaban por terminar los armarios de electrónica, la



Imágenes de la instalación y primera luz de HORS en el telescopio GTC.



Parte de los espectros de la Luna (blanco) y la Estrella Polar (en Rojo) obtenidos con HORS en el telescopio GTC.

unidad de calibración y el haz de fibras definitivo. A raíz de los resultados obtenidos en la primera visita al telescopio GTC, hubo que corregir algunas piezas con vistas a tener garantías de introducir una estrella en el lugar donde pondríamos el haz de fibras. Para ello se diseñaron y fabricaron piezas para soportar un láser, un prisma y una mini cámara Web.

También se completó el diseño, fabricación y homologación del útil de izado para poder elevar todo el banco óptico (con óptica y envoltorio incluida) en caso de que OSIRIS tenga una incidencia y sea necesario desplazarlo de su sitio. No obstante, es una posibilidad remota ya que están colocados fuera de los límites que necesita OSIRIS en caso de tener que quitarse del Rotador.

Aunque conseguimos obtener el espectro anteriormente citado vimos que el alineado era muy problemático, y manteniendo la idea inicial, se ha vuelto a modificar el diseño del brazo de adquisición. En el nuevo brazo (figura inferior) los principales cambios han sido:

- Suprimir el mecanismo de enfoque y garantizar el foco mediante fabricación mecánica
- Cambiar el mecanismo del sistema de posicionado del espejo de calibración por uno más estable

## WEAVE (WHT ENHANCED AREA VELOCITY EXPLORER)

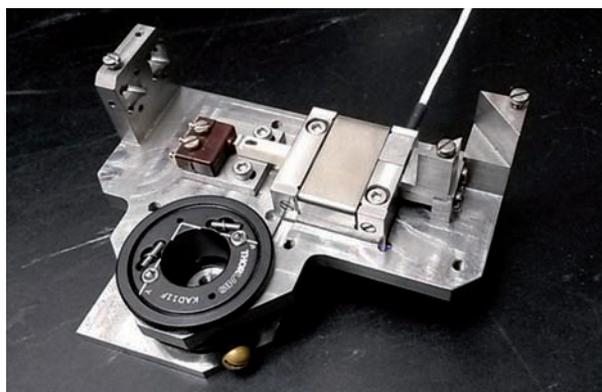
J.A. López Aguerri.

J.M. Herreros, J. Alonso, C. Allende, J.M. Delgado, J.V. Gigante, J. Peñate y C. Zurita.

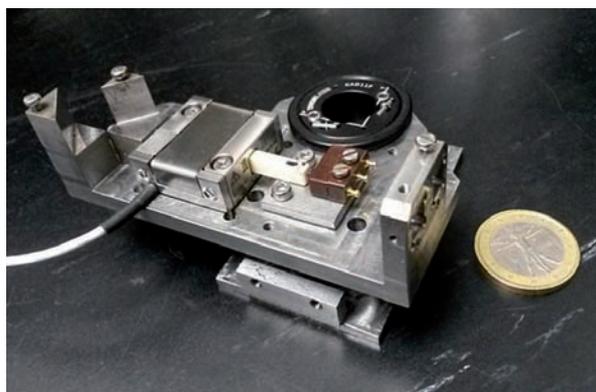
### INTRODUCCIÓN

WEAVE (*WHT Enhanced Area Velocity Explorer*) es un nuevo espectrógrafo multiobjeto que se ubicará en el Telescopio William Herschel (WHT), del Observatorio del Roque de los Muchachos, en la Isla de La Palma. Este instrumento va a ser crucial en el futuro del WHT porque no sólo renovará la instrumentación existente sino que lo situará en lo más alto del conjunto de telescopios de la clase de 4 m de diámetro que llevan a cabo inventarios de espectroscopía multiobjeto. El instrumento está siendo desarrollado por un consorcio en el que participan instituciones de Gran Bretaña, Países Bajos, Francia, Italia, México y España.

Este instrumento combina un gran campo de visión de 2 grados de diámetro con una gran capacidad espectral, capaz de proporcionar hasta 1.000 espectros de objetos astronómicos en una única exposición. Dispondrá además de unidades de campo integral (IFU) que serán útiles para realizar espectroscopía de campo integral de galaxias. El instrumento ofrecerá resolución de  $R=5.000$  entre 370 y 950 nanómetros de longitud de onda, y una alta resolución de  $R=20.000$  en dos rangos situados entre 410 - 460 nm y 600 - 678 nm. El es-



Nuevo brazo de adquisición de HORS.



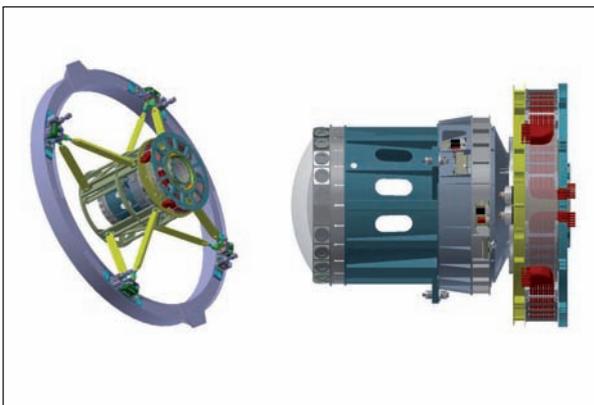
pectrógrafo y las unidades de control se instalarán en el foco Nasmyth (Laboratorio GHRIL), mientras que el sistema posicionador de fibras se ubicará en el nuevo foco primario del telescopio.

La participación del IAC en el Proyecto WEAVE consiste en: diseño, fabricación y entrega del nuevo corrector focal de foco primario; suministro de los retractores de fibras del sistema posicionador de fibras; diseño, fabricación y entrega de los sistemas de control del espectrógrafo y del corrector focal; suministro de una de las lentes del corrector focal, y diseño y desarrollo del software de análisis y procesamiento de datos científicos.

### EVOLUCIÓN DEL PROYECTO

Algunos de los paquetes de trabajo del Proyecto han pasado la fase de diseño final durante la primera mitad de 2015. En particular, el posicionador de fibras pasó el diseño final en enero de 2015. El diseño final del espectrógrafo y su sistema de control se llevó a cabo en marzo. En relación con paquetes de trabajo del IAC se están ejecutando conforme al plan previsto, en particular se llevó a cabo satisfactoriamente la revisión de diseño final de los conjuntos "Focus Translation System" y su equipo de apoyo asociado (agosto y septiembre de 2015). Por otra parte se ha realizado por la industria local la fabricación, montaje y pruebas del sistema de control del espectrógrafo. La fabricación de los retractores fue ejecutada también satisfactoriamente. Además se suministró la lente #4 en diciembre. El software científico de análisis de datos paso su diseño final en abril de 2015.

Se ha comenzado con la documentación necesaria para las dos licitaciones que restan para completar los



Izquierda: vista general del diseño preliminar del sistema de corrección del foco primario con rotación de campo montado en el telescopio WHT. Derecha: vista global de la nueva unidad correctora de foco primario y del rotador.



Vista general del nuevo foco primario –estructura soporte con control de foco, y simuladores estructurales del corrector focal, rotador y posicionador de fibras.



Detalle de una unidad del sistema de actuación del control del foco.



Prototipo del conjunto del sistema retractor de fibras.

paquetes de trabajo comprometidos: rotador de campo y sistema corrector de foco. Se prevé que el instrumento sea comisionado en el telescopio durante la primera mitad de 2018.

## AOLI (ADAPTIVE OPTICS LUCKY IMAGER)

R. Rebolo.

A. Oscoz, R. López, M. Puga, L.F. Rodríguez, S. Velasco y J.J. Valdivia.

Inst. of Astronomy IoA (Univ. de Cambridge, Reino Unido), Univ. de Cartagena, Physikalisches Inst., Univ. de Colonia (Alemania), Univ. de La Laguna, Plataforma Oceánica de Canarias.

### INTRODUCCIÓN

AOLI (*Adaptive Optics Lucky Imager*) es un instrumento de última generación que combina las dos mejores técnicas existentes para mejorar la resolución espacial con el fin de obtener imágenes en el límite de difracción en el rango visible con el telescopio WHT (y, en el futuro cercano, con el telescopio GTC), con resoluciones superiores a las del HST. Su precursor, FastCam, ha servido para realizar investigaciones en 40 campos distintos de la Astrofísica, por lo que las expectativas de lo que puede obtener AOLI son inmensas.

Este instrumento consiste en un sistema de Óptica Adaptativa (OA) además de una cámara de alta resolu-

ción con componentes adicionales para permitir la más alta resolución jamás obtenida en Astrofísica (20-50 milisegundos de arco) con un campo superior a 1 minuto de arco. Aunque la técnica de *Lucky Imaging* (LI) ofrece unos resultados espectaculares y resulta muy barata en comparación con otras de alta resolución espacial, solamente iguala la resolución del HST. La adición de OA de bajo orden al sistema antes de la cámara de LI elimina las mayores escalas de turbulencia y permite que el proceso de LI funcione mejor en grandes telescopios. Así, los sensores de curvatura de frente de ondas en modo “photon counting” son una parte clave de AOLI.

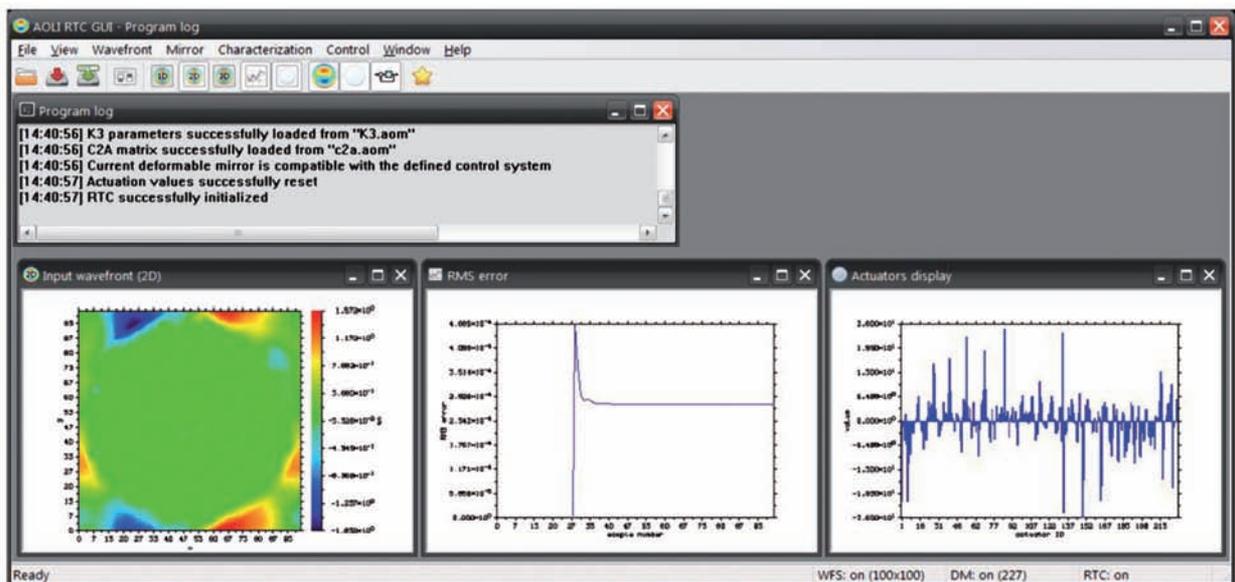
### HITOS

- Sincronización en la generación de imágenes.
- Requerimientos finales del sistema.
- Acuerdo con la UPCT para la incorporación de un ingeniero para el lazo cerrado de OA.
- Avances muy importantes en el sensor geométrico y en el software del sistema.
- Desarrollo del lazo de control del DM.
- Superación de la revisión de AOLI por el ING.
- Adquisición de todos los componentes.

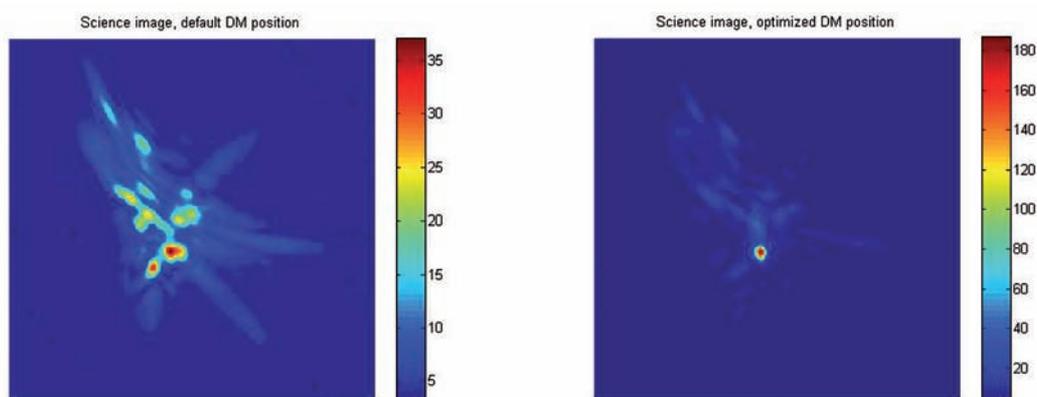
### EVOLUCIÓN DEL PROYECTO

El avance del Proyecto ha sido considerable y se ha trabajado en diversos aspectos clave:

- Sensor de frente de onda. El gWFS desarrollado por la Universidad de La Laguna está cada vez más cerca de su finalización.



AOLI RTC GUI.



- Cierre del lazo de control del espejo deformable. La colaboración con la UPCT ha permitido diseñar e implementar el control e incluso llegar al cierre del lazo de control en determinadas condiciones, y el software de apoyo está muy avanzado.
- Se ha seguido trabajando en el subsistema de calibración y la opto-mecánica del instrumento.
- El punto más importante ha sido la integración de todo el instrumento, por primera vez, en el IAC.
- Se pasó con éxito la revisión del instrumento por parte del ING.
- Se han adquirido numeroso material y componentes realmente importantes del sistema.

La reunión del consorcio mantenida en junio de 2015 ha permitido generar un plan realista de evolución para el resto al Proyecto hasta las observaciones en el telescopio WHT.

Además de esto, se han realizado varios contactos para solucionar algunos problemas del Proyecto: con la Universidad de Oviedo para el uso de redes neuronales en la reconstrucción del frente de onda; con PLOCAN para la reconstrucción de imágenes y mejoras del algoritmo de *lucky imaging* y con el Instituto de Astronomía de la Universidad de Cambridge para la comparación del gWFS con el nCWFS.

En lo que respecta a presentaciones, en la reunión de la AAS se presentó una charla y otras dos en la EWASS de Tenerife. Asimismo, se ha enviado un artículo científico a partir de las observaciones de Primera Luz en el telescopio WHT (septiembre 2013).

Se han definido todas las especificaciones y requerimientos.

## DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE TELESCOPIOS

### SOLARNET\_EST (TELESCOPIO SOLAR EUROPEO DE GRAN APERTURA - LARGE APERTURE EUROPEAN SOLAR TELESCOPE.)

M. Collados.  
C. Grivel, M. Esteves, N. Vega, J. Sánchez, I. Montilla, L. Montoya, R. López, J. Marco de la Rosa, L.F. Rodríguez, E. Ballesteros, H. Socas, M. Reyes y LL. Cavaller (GRANTECAN S.A.).

### INTRODUCCIÓN

El objetivo del Proyecto *European Solar Telescope* (EST) es la elaboración de un diseño conceptual que demuestre la viabilidad científica, técnica y presupuestaria, de un telescopio solar europeo de clase 4 m y su instrumentación de alta resolución espacial y temporal, optimizados para el estudio del acoplamiento magnético entre la Fotosfera y la Cromosfera y que será instalado en los Observatorios de Canarias.

2008-2011: El diseño comenzó a realizarse en el marco de un contrato con la Comisión Europea dentro del Séptimo Programa Marco (FP7), con el IAC como institución coordinadora, liderando un consorcio de 29 socios y 7 colaboradores.

En la fase actual de optimización del diseño "SOLARNET\_EST", las actividades se están financiando por el IAC, el programa Severo Ochoa y la red europea SOLARNET hasta fin de 2015 y se prorrogarán hasta fin de marzo de 2017 por SOLARNET, y hasta fin de junio de 2018 por el proyecto europeo GREST.

Dentro del marco de SOLARNET se están realizando análisis que se enfocan principalmente sobre el telescopio, la cúpula y la Óptica Adaptativa Multiconjugada (MCAO) de EST. Se estudia también un prototipo de “image slicer” MuSiCa (concepto de uno de los instrumentos propuestos para EST) que será validado con el espectrógrafo GRIS en el telescopio GREGOR. Esta fase abarca el diseño óptico, por parte del IAC, y la fabricación, a cargo de Winlight Optics. Además se incluye la campaña de 2014 de dos “Shabar largos”, instrumentos que miden la turbulencia atmosférica en los 2 observatorios, OT y ORM, su mantenimiento y el procesado de los datos acumulados desde la primera campaña de 2010.

El objetivo general de GRESt es continuar con los trabajos de diseño técnico relacionados con la instrumentación de que dispondrá el EST. En el área de instrumentación del IAC, el trabajo consiste en el seguimiento de los desarrollos tecnológicos realizados por los socios y el estudio optomecánico de un *image slicer* con salida multirrendija para EST.

**HITOS**

*Marzo:* Entrega de informes a WP7 de SOLARNET (MCAO e *Image slicer*).

*Junio 2015:* Kick off GRESt.

*Julio:* Entrega del diseño óptico definitivo del prototipo “image slicer” a Winlight Optics para fabricación.

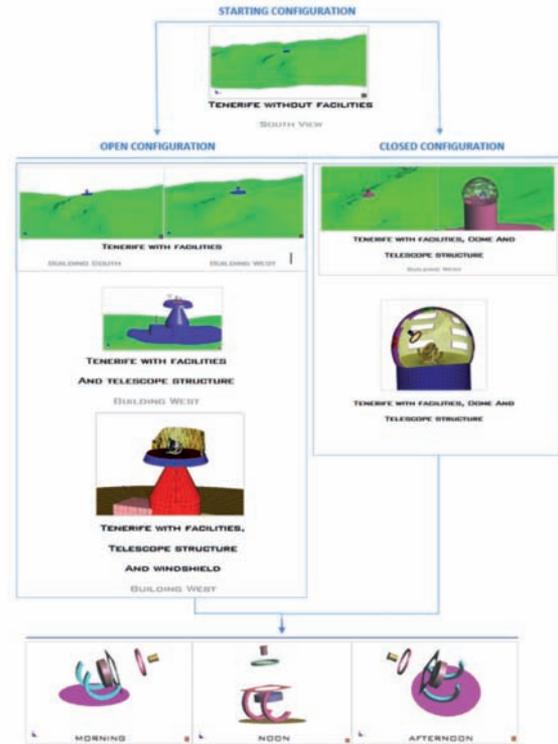
*Septiembre:* Entrega del informe a WP7 de SOLARNET (simulaciones numéricas de turbulencia local).

*Octubre:* Revisión de mitad de Proyecto de SOLARNET.

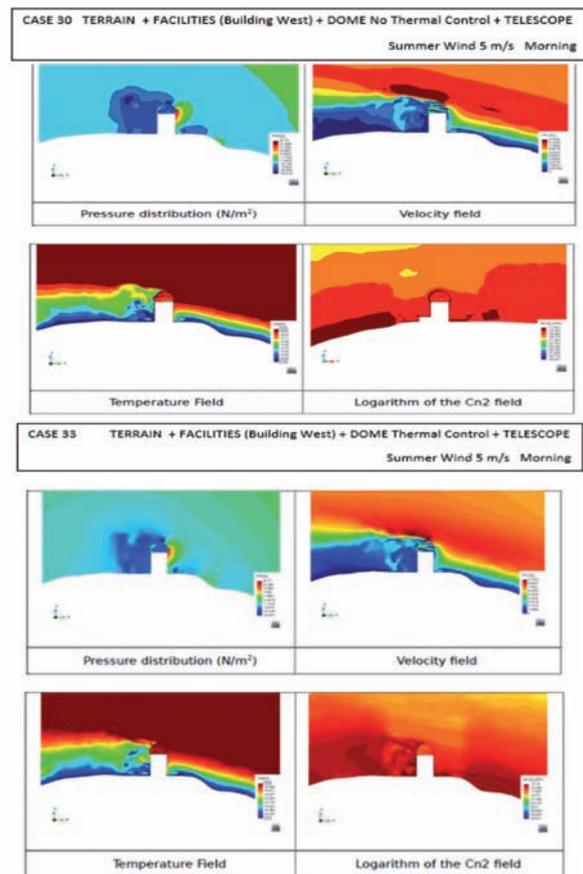
**EVOLUCIÓN DEL PROYECTO**

CIMNE (Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería) ha realizado el análisis CFD de la turbulencia local en el Observatorio del Roque de los Muchachos en diferentes condiciones y configuraciones a partir de los mapas de temperaturas correspondientes entregados por el IAC. Las simulaciones CFD proporcionan modelos de convección precisos que se utilizan para el cálculo de la constante de estructura del índice de refracción ( $C_n^2$ ) integrada a lo largo del haz óptico del telescopio, en tres momentos del día: mañana, mediodía y tarde.

Se han analizado dos configuraciones principales del telescopio bajo diferentes condiciones ambientales: la configuración abierta (sin cúpula convencional) y la configuración cerrada (con cúpula convencional), en total 38 casos entregados por CIMNE. Sin cúpula, la orientación del edificio, materiales, recubrimientos, sis-



Casos de análisis por CFD del local seeing.



Un ejemplo de resultados conseguidos por análisis CFD.

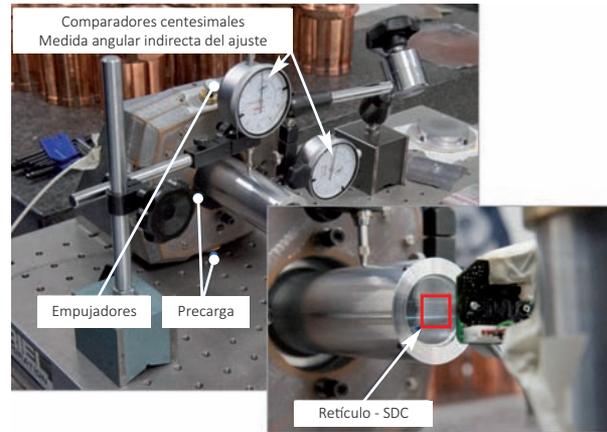
temas de refrigeración y barreras de viento son los principales parámetros evaluados. El análisis “configuración cerrada” considera el efecto del control térmico, del “heat rejecter” dentro de la cúpula y las consecuencias de observaciones fuera del Sol.

Desde finales de 2014 en adelante, el proyecto ha priorizado el estudio del banco óptico del *image slicer* denominado “banco IFU” que se inserta a la entrada del espectrógrafo GRIS, en el telescopio GREGOR.

Este banco permite acoplar el prototipo del *image slicer*, análogo a MuSiCa, con el espectrógrafo para así poder validar el concepto de un futuro instrumento para EST. Se compone principalmente de 5 subsistemas:

- Una unidad de barrido del campo en 2 D “FOVsc”
- Un sistema de reimaginación
- La IFU
- El polarímetro
- 2 “folding mirrors” FMA/FMB y el “folding mirror” FM1 que envía la luz al espejo colimador de GRIS

Además, para poder cambiar fácilmente la configuración de la entrada de GRIS y así utilizarlo como espectropolarímetro de rendija larga o como espectropolarímetro 2D, está previsto reactualizar el banco actual, denominado “banco SLIT”, para que se pueda montar y desmontar en la mesa GRIS de una forma sencilla y repetible; de esta forma se podrá insertar el

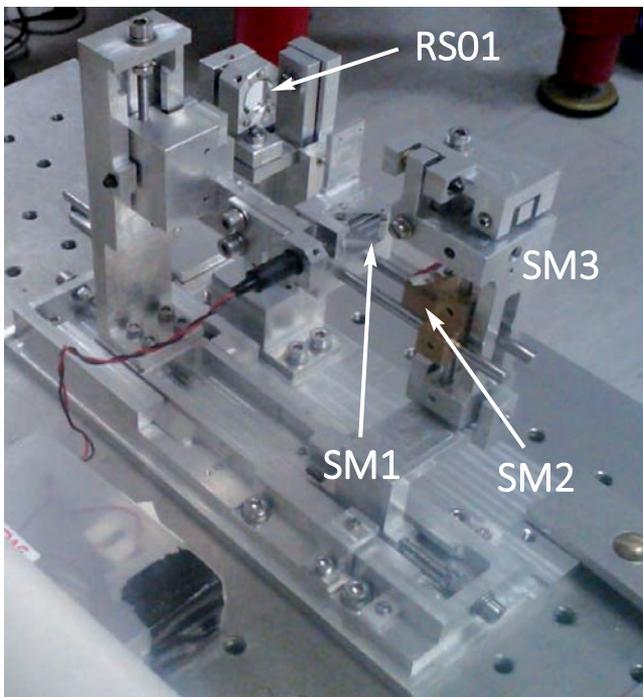


Prototipo de la montura de la IFDU, basado en ajustes angulares puros (6gdl).

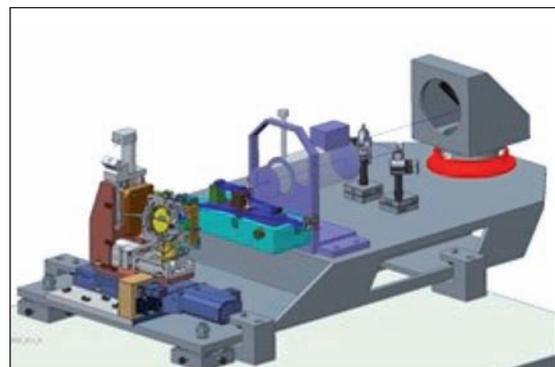
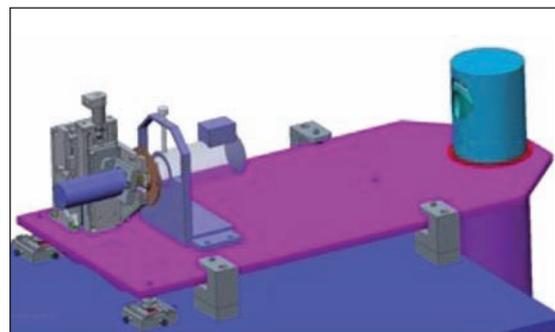
“banco IFU” o el “banco SLIT” en cualquier momento, según el modo de observación solicitado.

Con la entrega de los ficheros Zemax del diseño óptico de la IFU (12/2014), Winlight Optics (WO) reactualizó el diseño mecánico y se definieron todas las interfaces. El análisis de tolerancias ha generado algunos ajustes en el diseño óptico. WO ha empezado la fabricación de este subsistema en T0: 29/07/2015.

En paralelo, se ha diseñado el banco IFU, considerando el cambio de configuración de GRIS, y se han

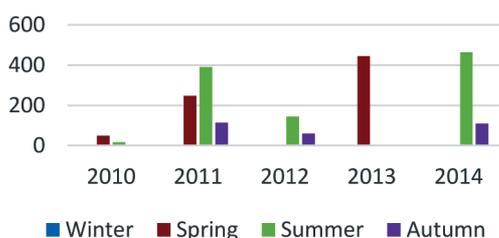


Prototipo de FOVsc (combinación de movimientos de 3 espejos SM1, SM2, SM3).

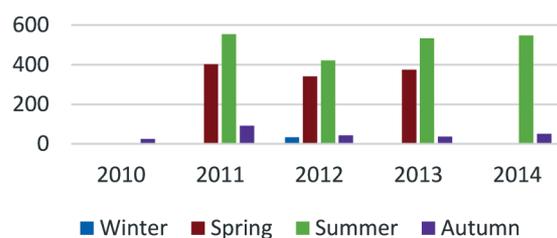


Arriba: banco “SLIT”. Abajo: banco “IFU”.

### Valid hours OT, by season, by year



### Valid hours ORM, by season, by year



Número de horas de observación disponible después de la limpieza de datos.

desarrollado los prototipos del soporte de la IFU y del FOVsc para validar los conceptos.

En 2015, las actividades sobre la turbulencia atmosférica se han focalizado sobre la calibración y el procesamiento de los datos obtenidos durante las campañas de los 2 instrumentos "SHABAR largos" en el OT y en el ORM de 2010 a 2014. Los datos de SHABAR fueron calibrados con los datos del instrumento "WFWFS Wide-field WaveFront Sensor" ubicado en la Torre Solar Sueca (SST) en La Palma, donde hay instalado un SHABAR largo. Los datos del SHABAR corto, operando en el SST, fueron utilizados también para calibrar y validar los datos de los SHABAR largos. Una vez calibrados los instrumentos, todos los datos almacenados fueron "limpiados" y se han realizado variedad de estadísticas y perfiles (Perfiles medianos de turbulencia por estación, horas del día).

El primer objetivo es la caracterización del sitio: estudiar la variación diaria y anual del parámetro  $r_0$ , en el OT y en el ORM, de cara a seleccionar la ubicación óptima para EST. Aún quedan estadísticas pendientes de analizar antes de seleccionar la ubicación definitiva.

El segundo objetivo es obtener perfiles atmosféricos de baja altura que nos permitan construir perfiles completos (uniendo esos perfiles a perfiles nocturnos, a partir de 2-3 km, medidos con anterioridad) y obtener de esta forma los datos de entrada para las simulaciones de MCAO.

En 2015, las actividades de MCAO se centralizaron en simulaciones numéricas para determinar la mejor configuración de espejos deformables para EST. Para ello se utilizaron los datos de perfiles atmosféricos reales obtenidos en el Observatorio del Teide con el SHABAR largo. Las simulaciones se realizaron para diferentes condiciones atmosféricas y distintas elevaciones. De este estudio se concluye que al menos 4 espejos deformables son necesarios para elevaciones bajas in-

cluso en condiciones favorables de seeing. Aunque durante el día la turbulencia esté concentrada en el suelo (>90%) y en principio un solo espejo conjugado en la capa baja sería suficiente para obtener una buena corrección, son necesarios varios espejos para reducir el efecto del fitting generalizado. Este efecto es crítico para un campo de un minuto de arco en el caso del EST. Para ello se ha simulado la sensibilidad del sistema con la altura de conjugación de los espejos deformables. El estudio analítico es necesario para contrastar las simulaciones.

Durante 2015 se completó el estudio analítico de las prestaciones del sensor de campo ancho para medir errores de frente de onda inducidos por las capas altas de la atmósfera. Los resultados coinciden con los obtenidos en las simulaciones y fueron presentados en la conferencia AO4ELT, celebrada en California en el mes de octubre.

Por otro lado, se están estudiando nuevos parámetros para evaluar la calidad de imagen obtenida con el sistema MCAO, ya que el Strehl, comúnmente utilizado en AO, está optimizado para objetos puntuales y no extensos como en el caso del Sol.

A finales de 2015 se inició un proyecto para estudiar la aplicación de la cámara plenóptica como sensor de frente de onda para MCAO solar. Para ello se ha instalado una cámara plenóptica en el telescopio VTT y está en proceso el análisis de datos. Están previstas nuevas campañas para 2016.

## GTCAO (SISTEMA DE ÓPTICA ADAPTATIVA PARA EL GRAN TELESCOPIO CANARIAS)

V. Sánchez Bejar.

C. Martín, O. Casanova, J.J. Fernández, J.C. López, P. López, R. López, N. Martínez, N. Morales, N. Núñez, J. Pan, M. Reyes, L.F. Rodríguez y F. Tenegi.

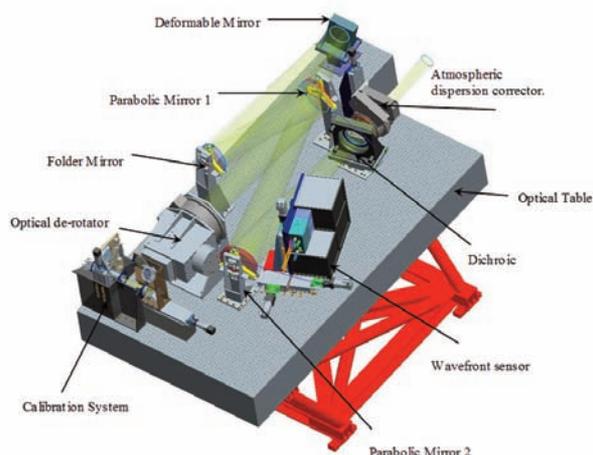
Por parte de GRANTECAN S.A.: P. Álvarez, D. Bello, L. Cavaller, G. Lombardi y G. Prieto.

### INTRODUCCIÓN

El objetivo del Proyecto es dotar al Gran Telescopio CANARIAS (GTC) de un Sistema de Óptica Adaptativa (AO), una infraestructura necesaria para explotar su capacidad de alta resolución espacial, permitiendo el desarrollo de la instrumentación científica y la investigación en este campo.

El sistema de Óptica Adaptativa para el Gran Telescopio CANARIAS (GTCAO) fue concebido y diseñado inicialmente por GRANTECAN S.A., quien también comenzó el desarrollo y fabricación de parte de sus componentes.

En el último trimestre de 2013, dada la importancia de disponer de un sistema de Óptica Adaptativa para el telescopio GTC, y debido a la falta de recursos en GRANTECAN S.A. que habían paralizado en gran medida su desarrollo, la Dirección del IAC, junto con la de GRANTECAN S.A., tomó la decisión de que la finalización del sistema de óptica adaptativa iba a ser llevado



Vista 3D del instrumento.

a cabo por el Área de Instrumentación del IAC, con el apoyo de GRANTECAN S.A. en todos aquellos aspectos donde le fuera posible.

A partir de ahí, se empezó a realizar una transferencia de conocimientos desde GRANTECAN S.A. al IAC y se realizaron planes para emprender el desarrollo de las tareas pendientes, estimar el presupuesto necesario y solicitar financiación.

El concepto del instrumento es el clásico sistema de Óptica Adaptativa, empleado en otros telescopios. Está basado en un sensor de frente de onda tipo Shack-Hartmann y un espejo deformable.

La siguiente tabla muestra sus principales características:

Modo	Corrección simple conjugada
Rango $\lambda$	1.0 - 2.5 micras (deseable 0.8 -5.0 micras)
Razón de Strehl	SR $\geq$ 0.65 @ 2.2 micras NGS brillante en eje SR $\geq$ 0.1 @ 2.2 micras NGS <sub>MIR</sub> =14.5
Sensor de frente de onda	Tipo Shack-Hartmann 20x20 (FOV 3.5") EM CCD 240x240 px 1500 fps
Corrector de frente de onda	Espejo deformable de 21x21 actuadores (373) Tip-tilt corregido con M2
Seeing	Hasta 1.5 segundos de arco
FOV de ciencia	$\varnothing$ 1.5 minutos de arco
Distancia cenital	0-60°
Tiempo de exposición	Mayor que 1 hora
Transmisión	Mayor del 70% en el rango 1.0 - 2.5 micras
Emisividad	Menos del 20% a 3.8 micras
Imágenes fantasmas	Desenfocadas <1e-5 (excepto dicroico 1e-4) Enfocadas <1e-3 y localizados dentro de 0.2"
Seguimiento	Objetos no sidéreos como NGS
Dithering	Offsets de 0.25" (deseable 1.0") en bucle cerrado

Gracias a la concesión de financiación por parte del Gobierno de Canarias, a lo largo de 2015 se han podido reanudar los trabajos y se han producido avances significativos en el desarrollo del sistema.

## HITOS

Montaje y alineado de la rama óptica principal del sistema: el corrector de frente de onda.

Fabricación de la mecánica de sensor del frente de onda. Listo para integración.

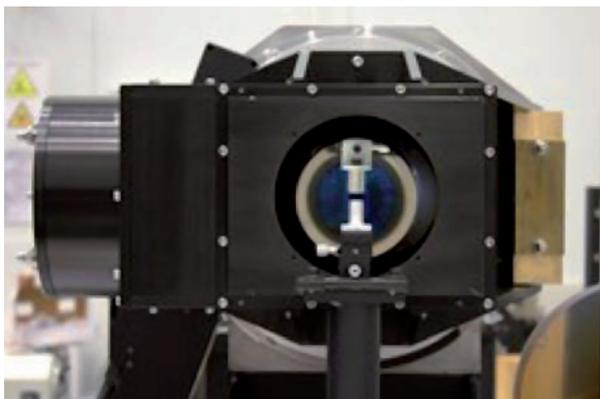
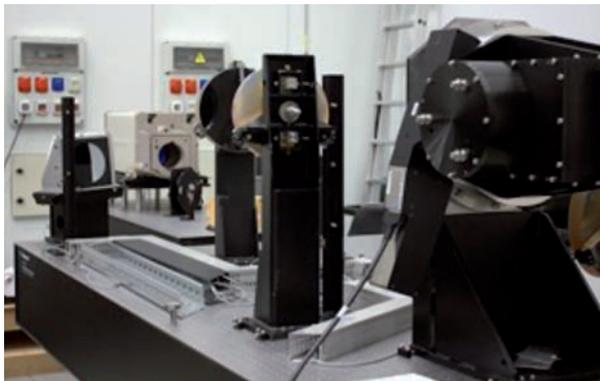
Adquisición y recepción de todos los controladores de motores y dispositivos.

Diseño electrónico y contratación de la fabricación de los armarios electrónicos y cableado del sistema.

Desarrollo de los primeros módulos software para el control de dispositivos.

Adquisición del ordenador de altas prestaciones para el control en tiempo real e instalación y puesta en marcha del entorno software a utilizar.

Elaboración de los requerimientos detallados del control de tiempo real.



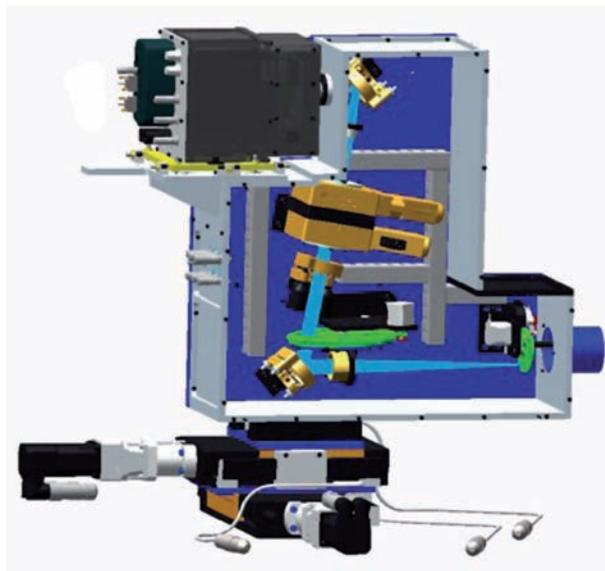
## EVOLUCIÓN DEL PROYECTO

A lo largo de 2015 se procedió a la contratación de personal en las disciplinas de software, electrónica y mecánica, que junto con el propio del IAC y de GRAN-TECAN S.A. asignado al Proyecto, se concentraron en retomar los diseños y la fabricación de los distintos subsistemas que componen el instrumento. Dadas las limitaciones temporales de la financiación, los contratos no pudieron extenderse más allá del mes de octubre, pero durante ese tiempo y hasta finales de 2015 se realizaron gran parte de las adquisiciones de equipamiento necesarias.

Para continuar el desarrollo del proyecto en 2016, con la extensión a estrella guía láser, se cuenta con nueva financiación, y se está procediendo en estas fechas a la contratación de nuevo personal.

El objetivo principal para 2016 es tener el sistema GTCOA integrado y funcionando a nivel de laboratorio.

Este Proyecto ha sido cofinanciado por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) en el marco del Programa Operativo de Canarias 2007-2013, Eje 1, Tema Prioritario 2, al amparo de la Resolución nº 364 de 25 de noviembre de 2014 de la Agencia Canaria de Investigación, Innovación y Sociedad de la Información (ACIISI) y prefinanciado mediante préstamo del Ministerio de Ciencia e Innovación.



## ASTROFÍSICA DESDE EL ESPACIO

### OPERACIONES DE COMUNICACIÓN ÓPTICA CON OGS (OPTICAL GROUND STATION - ESTACIÓN ÓPTICA TERRESTRE)

A. Alonso.

P.A. Ayala, J.E. García, J.J. González, M.I. Montilla y J.A. Morrison.

#### INTRODUCCIÓN

Actualmente, las comunicaciones con satélites se basan fundamentalmente en el empleo de microondas ( $\nu \approx 10^9$  Hz). El ancho de banda de las transmisiones usuales impone claras restricciones en el flujo de información manejable mediante estos sistemas. Es probable que la creciente limitación de espacio en las órbitas circunferenciales, así como el incremento en la demanda mundial de las telecomunicaciones signifique la saturación de los sistemas convencionales de microondas en un futuro próximo.

A partir de los años 60, y en previsión del mencionado problema comenzó a investigarse la posibilidad de usar frecuencias ópticas ( $\nu \approx 10^{15}$  Hz) en las comunicaciones entre satélites, y entre satélites y estaciones terrestres. El gran avance registrado en el desarrollo de láseres de alta potencia ha convertido este tipo de comunicaciones en una realidad.

Además de la indudable ventaja del aumento del ancho de banda que permite incrementar el flujo de información y eliminar las regulaciones restrictivas en el empleo de frecuencias, las comunicaciones ópticas tienen otras ventajas no desdeñables, como son las mayores garantías de confidencialidad en las transmisiones, y la disminución del peso, el volumen y el consumo de energía de los equipos de comunicaciones tanto espaciales como terrestres.

Aunque la tecnología relacionada con las comunicaciones ópticas en el espacio-atmósfera ha experimentado un desarrollo espectacular, la caracterización de los enlaces satélite-tierra está todavía en sus comienzos. En este campo, la OGS ha permitido llevar a cabo experimentos de gran importancia, ya que en las campañas iniciales ha demostrado una fiabilidad y una eficiencia superior a la de cualquier sistema desarrollado hasta el momento con el mismo propósito. Los resultados se están analizando en este momento y resultarán fundamentales para la validación de teorías y

modelos de propagación de haces gaussianos en la atmósfera.

En 2008, se ha concluido el diseño de un sistema de Óptica Adaptativa para permitir enlaces coherentes con el satélite TERRASAR-X y se han llevado a cabo enlaces ópticos con éste satélite y con N-Fire para verificar el funcionamiento de sus terminales ópticos.

En 2011, se ha supervisado la instalación de una nueva ventana en la cúpula para permitir enlaces más largos con satélites de órbita baja. En lo que concierne a la Astronomía, el telescopio OGS sigue siendo un banco de pruebas de instrumentos desarrollados tanto por la ESA como por el IAC.

En 2014, se concluyeron las modificaciones necesarias para disponer de un terminal IR de comunicaciones ópticas de larga distancia y se llevó a cabo una nueva campaña en las que se realizaron numerosos enlaces con el satélite LADEE (NASA) durante su misión en órbita lunar. También se realizaron enlaces con el terminal óptico OPALS (JPL) a bordo de la Estación Espacial Internacional (ISS).

En 2015 se ha dado soporte al personal de TESAT y SYNOPTA, en las campañas de comunicaciones de T-AOGS con el satélite Alphasat (ESA).

#### HITOS

*Enero - diciembre:* Mantenimiento, calibración y supervisión de los sistemas de la estación, y análisis detallado de los resultados de las campañas de enlace óptico. Se plantea la sustitución de las UPS y una remodelación del Sistema de Control de climatización del edificio.

*Marzo:* Revisión del láser de Quantronix. Recambio cápsula de desecación de la cavidad óptica.

*Abril - julio:* Final Proyecto DOCOMAS y análisis inicial del Proyecto AIM.

*Junio - diciembre:* Apoyo al Proyecto LGS con OGS. Medidas simultáneas con la LGS de ESO.

*Octubre:* Reparación del sistema de transmisión de los motores de la cúpula. Pintura de la cúpula.

#### EVOLUCIÓN DEL PROYECTO

Las campañas de comunicación de la estación óptica T-AOGS (TESAT) con el satélite Alphasat (ESA) han entrado en fase de rutina.

En abril se apoyó a ESA en una campaña de comunicaciones con el satélite SOTA (*Small Optical Transponder* - NICT). Los resultados fueron limitados por problemas en la determinación de los parámetros orbitales del satélite.



Laser Quantronix Nd:YAG (Hawk II) empleado en los enlaces con SOTA.

Se asistió al personal de TESAT y SYNOPTA, en la instalación temporal de una estación óptica (T-AOGS) para la campaña de comunicaciones ópticas con el satélite Alphasat (ESA). Se realizó entre octubre y diciembre.

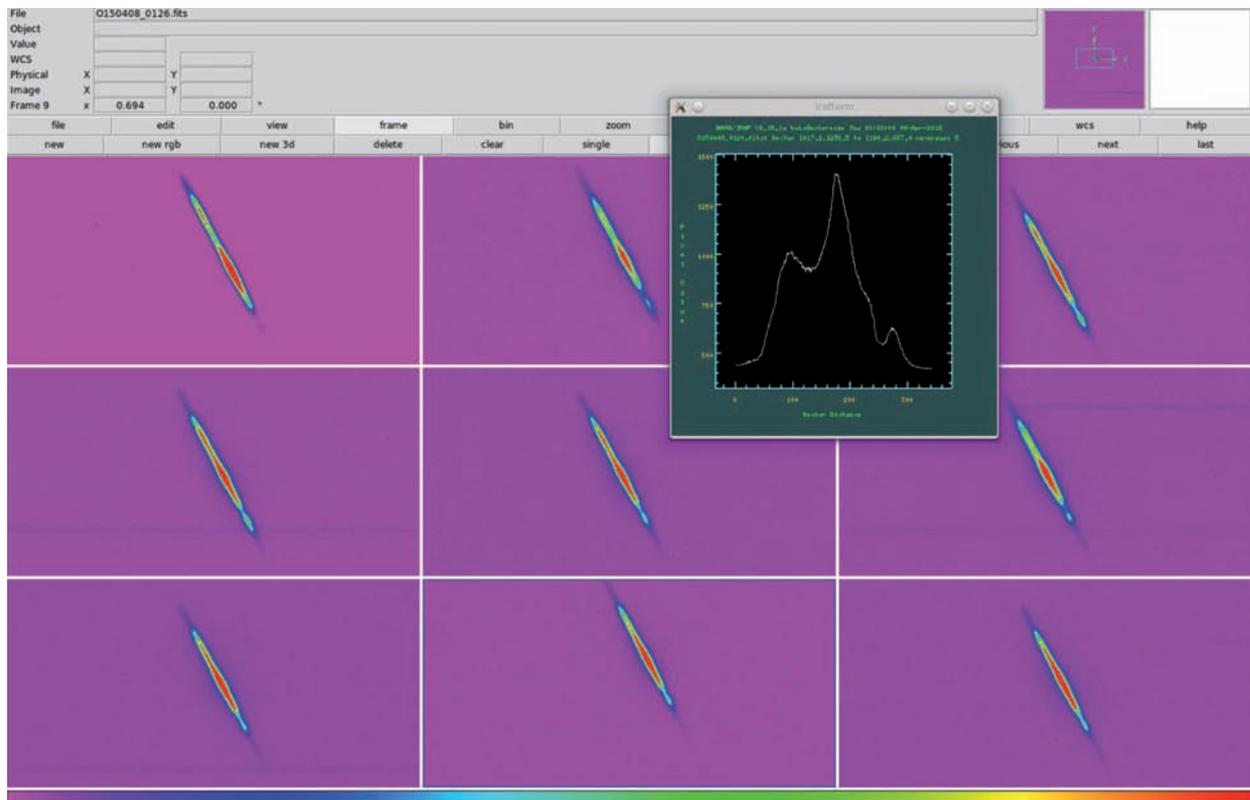
Se han reanudado las campañas del programa LGS con OGS, en el marco de las cuales se han realizado medidas simultáneas con la LGS de ESO.

## CONTRATO DE MANTENIMIENTO DE OGS

E.J. Cadavid Delgado, J.A. Morrison Price, J.J. González Nóbrega, J.E. García Velázquez y P.A. Ayala Esteban.

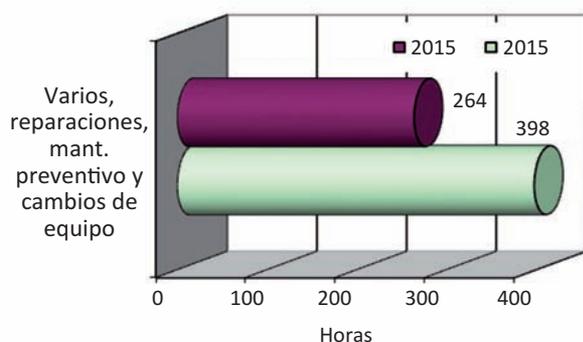
### INTRODUCCIÓN

En el año 2015 se realizaron las tareas rutinarias de mantenimiento previstas en el contrato con la ESA además de alguna que otra reparación realizada a solicitud de la ESA por medio del interlocutor del IAC con la ESA. El total de horas dedicadas fue de 398 en casi su totalidad empleadas en cambios de configuración.



Evolución de una capa esporádica de estrella de sodio generada en la mesosfera en la campaña de abril de 2015.

Distribución de trabajos en OGS 2015-2015



## EVOLUCIÓN DEL PROYECTO

A las tareas relacionadas con el Contrato de Mantenimiento de OGS dedicamos un total de 398 horas.

## JEM-EUSO (THE JAPANESE EXPERIMENT MODULE -JEM- EXTREME UNIVERSE SPACE OBSERVATORY -EUSO-)

J. Licandro.

Y. Martín, E. Joven y M. Reyes.

Univ. de Alcalá de Henares (UAH); Univ. de León; Univ. de Salamanca.

## INTRODUCCIÓN

El Observatorio Espacial del Universo Extremo (EUSO) en el módulo japonés (JEM) de la Estación Espacial Internacional (ISS) es la primera misión a nivel mundial en el campo de la radiación cósmica de ultra-alta energía (*Ultra-High Energy Cosmic Rays*, UHECR) y supondrá un gran avance en el conocimiento del Universo extremo, detectando las más altas energías hasta ahora medidas desde el espacio. JEM-EUSO desde el espacio será pionero en la observación de las cascadas de rayos cósmicos (*Extensive Air Showers*, EAS) producidas por la UHECR. Los objetivos científicos incluyen la detección de rayos cósmicos y gamma de ultra-alta energía, neutrinos, el estudio de campos magnéticos galácticos y extragalácticos y tests de los efectos de la relatividad y la gravedad cuántica. En paralelo, JEM-EUSO hará un barrido de los fenómenos atmosféricos sobre la superficie terrestre.

Un consorcio español encabezado por la UAH es responsable de uno de los instrumentos para la medida

de fenómenos atmosféricos, la Cámara Infrarroja (*Infra-Red Camera*, IRCAM) que superó la fase de Diseño Preliminar en 2013. El IAC es responsable del detector y de la electrónica de control del detector (*Front End Electronics – FEE*) de la IRMAN. En 2014 se continuó con el trabajo programado, incluyéndose el desarrollo de demostradores de diferentes sistemas que volaron en el globo EUSO-Balloon.

## HITOS

*Marzo*: Propuesta y concepto de la Near Infrared Camera (NIRCAM) para MINIEUSO.

*Julio*: Cierre requerimientos de la NIRCAM de MINIEUSO.

*Septiembre*: Cierre del diseño hardware de la NIRCAM y de los requerimientos del software.

*Diciembre*: Cierre suministro del hardware de la NIRCAM.

## EVOLUCIÓN DEL PROYECTO

Tras quedar la misión JEM-EUSO en estado de redefinición por parte de la Agencia Espacial Japonesa a final de 2014, el consorcio internacional ha impulsado la iniciativa de K-EUSO, que consiste en una alternativa a JEM-EUSO, pero en el módulo ruso de la ISS, aprobado por la agencia espacial rusa (ROSCOSMOS) y la italiana (líder del instrumento).

El consorcio español ha mantenido la actividad participando en el demostrador en globo, EUSO-Balloon, lanzado en el verano de 2014 y vuelto a lanzar en el verano de 2015; y participando en MINI-EUSO, un demostrador de K-EUSO pero en el interior de la ISS (presurizado). El IAC ha trabajado en 2015 fundamentalmente en MINI-EUSO, donde tiene la responsabilidad completa del desarrollo de una minicámara infrarroja que trabajará en el infrarrojo cercano, en 1,6 micras (*Near Infrared Camera*, NIRCAM). MINI-EUSO irá en el interior de la ISS y observará apuntando a Nadir a través de una ventana del módulo ruso.

En la primera mitad del año, el IAC estudió las alternativas de detectores y cámaras para la NIRCAM, estableciendo un concepto basado en un detector de InGaAs, y extrajo y recopiló los requerimientos científicos de los diferentes grupos involucrados para garantizar que los diferentes casos científicos quedaran cubiertos. La NIRCAM tendrá como principal objetivo observar fases de nubes, para discernir su composición líquida o helada (fundamental para la misión EUSO), y cubrirá al mismo tiempo otros casos científicos como la detección de bólidos.



Modelo de la cámara de InGaAs comercial de Xenics, seleccionada por el IAC para MINI-EUSO.

A lo largo del tercer trimestre de 2015, el IAC llevó a cabo el diseño del hardware, basado en una cámara comercial y una electrónica modular que estará en parte compartida con el instrumento principal, para reducir volumen, peso y consumo a bordo de la ISS. El último cuarto se gestionaron los suministros de hardware para poder disponer de toda la NIRCAM en el IAC antes del final de 2015. A su vez se avanzó en el desarrollo del software de control al llegar a un acuerdo con el suministrador de la cámara para disponer de una cámara idéntica en préstamo mientras se gestionaba la compra de la cámara definitiva.

## SO/PHI (SOLAR ORBITER POLARIMETRIC AND HELIOSEISMIC IMAGER)

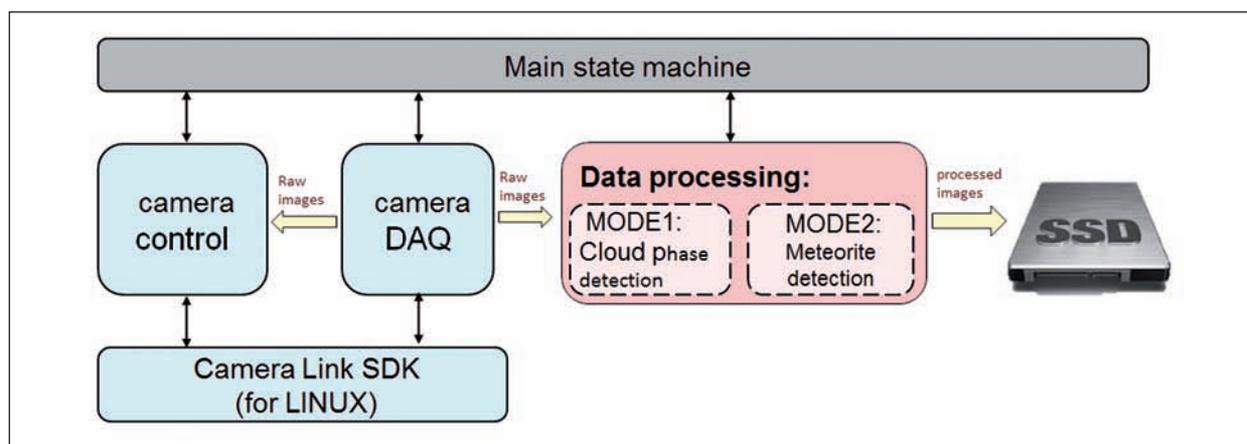
D. Orozco.  
M. Reyes, E. Ballesteros, P. Redondo, J.L. Rasilla y E. Hernández.

Univ. de La Laguna; INTA; IAA; Univ. de Valencia; Univ. de Barcelona; MPS; KIS; IDA.

### INTRODUCCIÓN

La misión *Solar Orbiter* fue la primera misión tipo Mediano (M1) seleccionada por la ESA en 2011 dentro del Programa *Cosmic Vision*. SO/PHI, siglas de *Polarimetric and Helioseismic Imager for Solar Orbiter*, fue seleccionado por la ESA como uno de los instrumentos a bordo para el sondeo remoto. Su principal tarea es la medida del campo magnético vectorial y de los flujos de velocidad. Proporcionará el contexto magnético que precisan los otros instrumentos a bordo, así como para la misión de NASA *Solar Probe Plus*, relacionada con *Solar Orbiter*. SO/PHI es el instrumento que más recursos necesita de la misión. En gran medida, SO/PHI se beneficia de la experiencia adquirida con el instrumento *IMaX/Sunrise*, construido por este Consorcio y que ha volado dos veces con éxito en 2009 y en 2013 a bordo de un globo.

El consorcio español de SO/PHI incluye al Co-IP del instrumento entre sus miembros, lo cual garantiza una alta visibilidad para la contribución española. El nivel de participación español es ligeramente superior al 40% e incluye responsabilidades a nivel de sistema. La Unidad Óptica del instrumento cuenta con dos telescopios de los cuáles el de disco entero (Full Disk Teles-



Arquitectura del software de control de la cámara de MINI-EUSO

cope FDT) es responsabilidad española. La Unidad Electrónica es también responsabilidad del consorcio español.

## HITOS

*Marzo:* Reunión de *Kick Off* del Calibration Working Group de SO/PHI en el IAC.

*Junio:* Cierre del diseño preliminar del subsistema M1.

*Septiembre:* Finalización fabricación y montaje del subsistema M2.

*Octubre:* Cierre del diseño detallado del subsistema M1.

*Diciembre:* Entrega del mecanismo del subsistema M1.

## EVOLUCIÓN DEL PROYECTO

*Participación en el Remote Sensing Working Group (RSWG) y en el Science Operations Working Group (SOWG)*

D. Orozco, co-IP del instrumento en el IAC, participa activamente en el *Remote Sensing Working Group* (RSWG) de la misión, organizado por la ESA para preparar las observaciones coordinadas de los distintos instrumentos remotos y la documentación relativa a sus operaciones y calibraciones. También D. Orozco participa en el *Science Operations Working Group* (SOWG), preparando la operación conjunta de los instrumentos a bordo de *Solar Orbiter*. Se debe remarcar que durante 2015, el *Science Working Team* de la misión ha redactado el documento *Science Activity Plan* donde se definen los objetivos científicos de la misión. Este documento es necesario para definir un plan de observación coherente para las diferentes órbitas de *Solar Orbiter*. Ambas actividades se han llevado a cabo durante 2015 con la participación activa del IAC.

*Participación en el Calibration Working Group (CWG)*

D. Orozco continúa liderando al grupo de trabajo que trata la calibración de PHI durante el vuelo. En el CWG se coordina todo el proceso de calibración en vuelo de los datos de SO/PHI (incluyendo el inversor). En particular, D. Orozco lidera el desarrollo del software para la calibración de la ganancia de la cámara de SO/PHI para el *Full Disk Telescope* (FDT), para la calibración polarimétrica de los cristales líquidos de PHI, y finalmente para la calibración de los efectos de birrefringencia de la ventana de entrada tanto para el FDT como para el *High Resolution Telescope* (HRT).

## Desarrollo de software/firmware

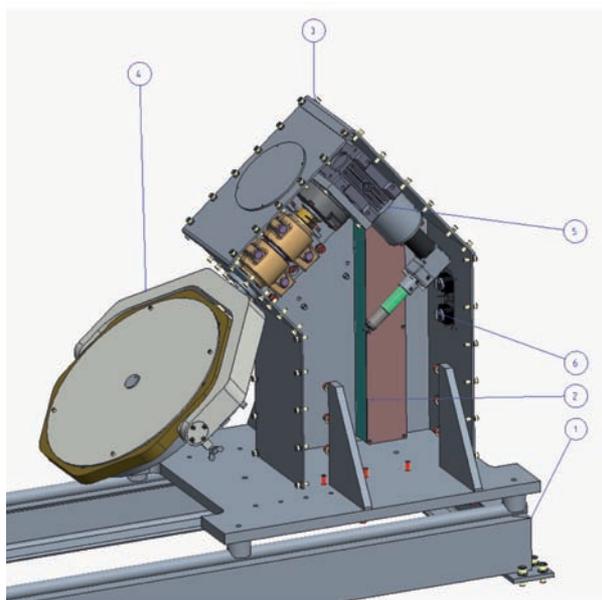
El IAC, en colaboración con la Universidad de La Laguna, ha continuado con el trabajo de implementación del software científico de calibración, determinación de la ganancia de cámara (*Flat-Field*) del FDT y compresión de imagen, en C++, para su integración a bordo del instrumento. En detalle, el software de *Flat-Field* ya ha sido traducido con éxito a C++ y en este momento está en fase de verificación y documentación. Respecto al software de compresión, está parcialmente traducido a lenguaje VHDL (FPGA). El IAC también está implicado en el desarrollo de estrategias para el sistema de autofocus del instrumento conjuntamente con el INTA, y en las calibraciones polarimétricas de los cristales líquidos y de las ventanas de entrada de PHI. En el caso de las ventanas de entrada de PHI (HREWs) ya se dispone de un software inicial para simular el efecto de birrefringencia durante el vuelo. Este software se ha implementado exitosamente en el simulador SOPHISM.

## Documentación de la Misión

El IAC a través de D. Orozco sigue contribuyendo a la documentación entregable de PHI para la ESA, en concreto el *Scientific Performance Report* y el User Manual. El User Manual de PHI es el documento más importante para PHI una vez en órbita ya que contiene todos y cada uno de los aspectos necesarios para la operación del instrumento.

## Ingeniería

En 2015, el IAC ha continuado con el desarrollo del Sistema Óptico de Soporte Terrestre (OGSE) de SO/PHI. El OGSE es un conjunto de equipos que se necesitan para la verificación y caracterización en tierra del instrumento antes de su aceptación final y su lanzamiento, y, sobre todo, para garantizar que el instrumento podrá hacer la ciencia prevista una vez en órbita. El IAC es responsable del celostato del OGSE, que se va a instalar en la sala limpia de INTA en Torrejón de Ardoz (Madrid) con el propósito de proporcionar luz solar estable al instrumento bajo pruebas en el interior del laboratorio. A lo largo del primer trimestre de 2015 se revisaron y cerraron los requerimientos del sistema de control del celostato, y se llevó a cabo el diseño detallado de la unidad del espejo secundario (M2) del celostato. A partir de ahí se lanzó la fabricación del M2, y comenzó el diseño preliminar de la unidad del espejo primario (M1) y del sistema de control, que se completaron en junio de 2015. En julio se contrató el diseño detallado y la fabricación de la unidad M1 del ce-



Diseño detallado de la unidad de Espejo Primario (M1) del celostato para SO/PHI.

lostato, celebrándose la revisión del diseño en octubre y completándose la fabricación del mecanismo en diciembre de 2015. En paralelo la segunda mitad del año se llevó a cabo dentro del IAC el diseño detallado del sistema de control y las pruebas de los componentes principales.

## EUCLID

C.M. Gutiérrez de la Cruz.

R. Rebolo, J.A. Rubiño Martín, J.J. Díaz García y O. Tubío Araújo.

Durante 2015 se ha contado con la participación de la empresa CRISA, relacionada con el desarrollo de instrumentación en el ámbito espacial, y con la cual se ha establecido una relación contractual desde 2013. A lo largo de 2015 se ha prolongado, tras un proceso de contratación abierto, la participación de CRISA hasta finalización del Proyecto para el que proporcionará todos los componentes referentes a la ICU (*Instrument Control Unit*).

## INTRODUCCIÓN

EUCLID es una misión de la ESA, en el marco *Cosmic Vision 2015-2025*, cuyo objetivo es realizar un mapa de la geometría de la materia oscura del universo. La misión investigará la relación entre la distancia y el des-

plazamiento al rojo y su relación con la evolución de las estructuras cósmicas. Para ello medirá los perfiles de desplazamiento al rojo de las galaxias y cúmulos de galaxias hasta  $\approx 2$ , lo que equivale a una mirada al pasado de unos 10 billones de años. Por tanto, cubre por completo el periodo en el cual la energía oscura jugó un papel significativo en la expansión del Universo.

## HITOS

Durante 2015 se ha continuado trabajando en el cierre de las actividades relacionadas con el iPDR (PDR del instrumento en su conjunto) para la conclusión del hito asociado a la revisión.

Los trabajos llevados a cabo a lo largo del año, aparte de los ya mencionados enfocados al cierre del hito de IPDR, han ido dirigidos a la preparación de la revisión de diseño crítico de la unidad y del instrumento en su conjunto (*CDR Critical Design Review*). Esta revisión, prevista inicialmente para junio de 2015, ha sido retrasada para junio de 2016. Las actuales previsiones apuntan a que la revisión de los subsistemas, incluida la ICU, finalizará a lo largo del primer trimestre de 2016 y que luego tendrá lugar la revisión crítica de todo el instrumento NISP en su conjunto en junio de 2016.

El hito más relevante del Proyecto durante 2015 ha sido la preparación de la información necesaria a nivel CDR para cuya superación se ha trabajado en:

- Afianzamiento de los requerimientos aplicables a la ICU.
- Congelación de las interfaces entre la ICU y el instrumento.
- Colaboración con la industria aeroespacial para la elaboración de una propuesta técnica a nivel adecuado para la CDR:

Interactuando con la empresa contratada (CRISA) asegurar la compatibilidad del diseño en desarrollo frente a la posible evolución de requerimientos impuestos por el grupo NISP.

Análisis de la propuesta técnica de CRISA dando soporte con simulaciones y estudios técnicos para fundamentar la propuesta técnica.

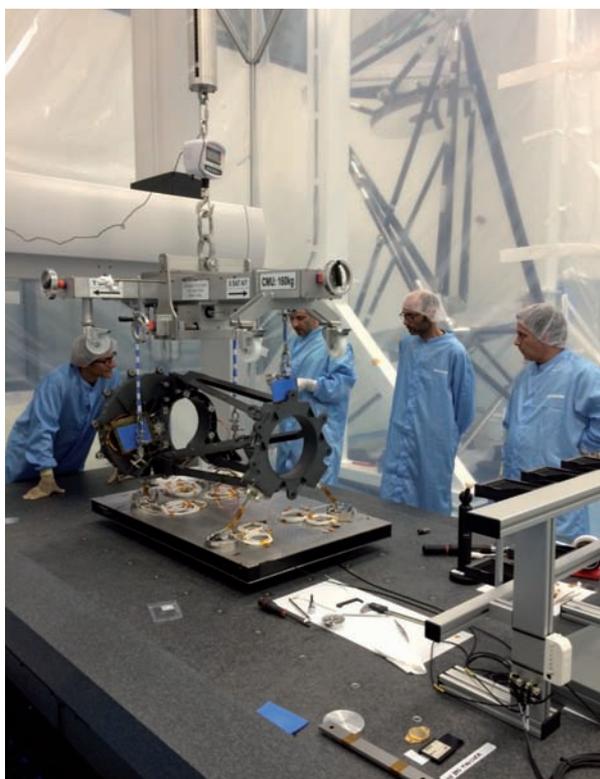
- Colaboración con los responsables del consorcio EUCLID para la definición de la electrónica de soporte en tierra EGSE. Tanto los simuladores como los equipos de test.

A lo largo de 2015, entre el 15 y el 18 de septiembre, se ha celebrado en el IAC el "NISP System Week". Durante estas reuniones de trabajo se ha hecho una puesta al día del estado de desarrollo de la ingeniería

del instrumento y se han revisado las interfaces de los trabajos realizados por diferentes grupos/disciplinas. Igualmente se ha reajustado la planificación, cuyo aspecto más relevante es el retraso del CDR, y se aplican medidas correctoras de acuerdo con el estado del trabajo.

## EVOLUCIÓN DEL PROYECTO

El Proyecto, tras haber sido aprobado por la ESA y realizada la distribución de paquetes de trabajo entre los diferentes miembros del consorcio EUCLID, ha ido desarrollándose y se han cubierto las diferentes fases hasta superar la IPDR (*Instrument Preliminary Design*



Modelo Estructural y Térmico (STM) de NISP.

*Review*) y los *Subsystem* PDR (PDR a nivel subsistema). En la actualidad se trabaja en el desarrollo del diseño y la documentación descriptiva a nivel adecuado para afrontar el hito CDR.

El IAC desde el inicio forma parte del Consorcio y su responsabilidad directa se centra en el ámbito científico al tiempo que aporta un grupo de ingeniería que colabora con la UPCT (Univ. Politécnica de Cartagena) para asumir parte de sus compromisos técnicos frente al Consorcio. Las tareas en las que desempeña su labor el IAC son:

- Control de Mecanismos: Rueda de Filtros y Grismas.
- Control de Lámparas de Calibración.
- Monitorización y Control de Temperatura.
- Definición de los EGSE (*Electronic Ground Support Equipment*) necesarios a la industria especial (CRISA en este caso) para su producción y entrega a otros socios del Consorcio.
- Definición de interfaces eléctricas y mecánicas de las unidades en desarrollo.

## PLATO

H.J. Deeg.

J.J. Díaz García.

En estos momentos el Proyecto no cuenta con ingenieros para cubrir con sus necesidades. Tampoco cuenta con fondos propios, por lo que se está en proceso de contratar a un ingeniero que compartiría las tareas con NISP (EUCLID) y que será costado por NISP durante 2016.

El IAC no ha contado con recursos externos contratados para la realización de tareas de PLATO durante 2015. No obstante, el Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA), como responsable del paquete de trabajo frente al consorcio, ha contado con la empresa THALES España para el desarrollo de toda la MEU, incluyendo la PSU (*Power Supply Unit*), que es parte de dicha MEU (Main Electronics Unit) y en la que el IAC centra su participación.

## INTRODUCCIÓN

Tránsitos Planetarios y oscilaciones de las estrellas, en inglés *PLANetary Transits and Oscillations of stars* (PLATO) es una misión propuesta por ESA para un observatorio espacial que va a utilizar un grupo de fotó-

metros para descubrir y caracterizar planetas extrasolares de todos los tamaños y tipos en torno a enanas frías (como nuestro Sol) y estrellas sub-gigantes.

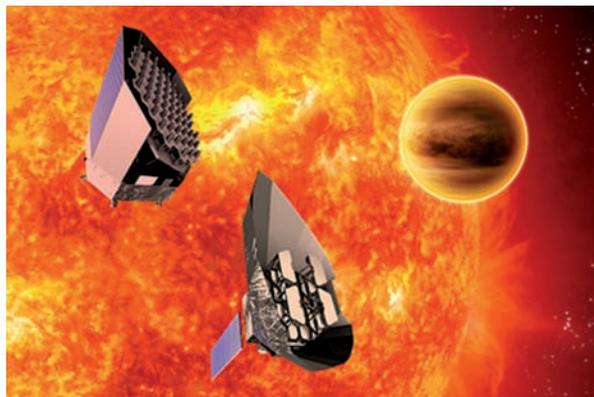
Se diferenciará de la misión Kepler y la misión COROT en que estudiará estrellas brillantes (entre las magnitudes 8 y 11) haciendo más fácil confirmar los hallazgos utilizando el seguimiento de las mediciones de velocidad radial. Contará con un campo de vista mucho más amplio que el de la misión Kepler (que tiene 100 grados cuadrados) permitiéndole estudiar una muestra más grande de estrellas. Las diferentes versiones del proyecto planean observar las estrellas en un área del cielo de alrededor de 1250-3600 grados<sup>2</sup> con lo que puede lograr el seguimiento de las curvas de luz de hasta 260.000 enanas frías y sub-gigantes (Kepler tiene 25.000 estrellas de este tipo en su campo visual).

## HITOS

Durante 2015 se ha establecido contacto con el IAA para identificar las tareas de la MEU (*Main Electronics Unit*) que desarrollará el IAC y se ha identificado el trabajo a realizar.

Se ha participado en el análisis y la revisión de documentación para la revisión SRR (*System Requirement Review*).

Se ha establecido contacto con la empresa TASE (*Thales Alenia Space España*), que trabaja con el IAA en esta fase preliminar del diseño, con el fin de estimar la



Conceptos de PLATO por Thales Alenia Space y EADS Astrium.

carga de trabajo que suponen las tareas que desarrollará el IAC, su coste y la disposición de la empresa a desarrollar la parte correspondiente al IAC bajo su supervisión.

## EVOLUCIÓN DEL PROYECTO

El Proyecto ha sido seleccionado por el Comité científico de la ESA para formar parte del programa *Cosmic Vision 2015-25* y en estos momentos está en la fase de SRR (*System Requirement Review*), habiéndose entregado la documentación y respondido a las preguntas surgidas durante la revisión de documentación por parte de la ESA.

## OTROS

### ARQUEOASTRONOMÍA (P/309307)

J.A. Belmonte Avilés.

C. Esteban López, M. Vázquez Abeledo y A. Rodríguez Antón.

Colaborador del IAC: A. Aparicio Juan.

M. García Quintela (Univ. de Santiago); G. Magli (Politécnico de Milán, Italia); L. Costa Ferrer (Independiente, Santiago); J.L. Escacena (Univ. de Sevilla); A. Espinosa (Vilamuseu, Vilajoiosa); M. Fekri (Univ. de Minufiya, Egipto); M.C. Gallegos, J.M. Vaquero (Univ. de Extre-

madura); C. González García (INCIPIT, Santiago); M. Hoskin (Univ. de Cambridge, Reino Unido); M.A. Molinero, A. Tejera (Univ. de La Laguna); J.A. Ocharan (Univ. de Alicante); M.A. Perera (Cabildo de Lanzarote); A. Polcaro (Univ. La Sapienza, Italia); R. Schlueter (UNED, Las Palmas); M. Zedda (Soc. Archeofila Sarda, Italia); M. Órfila (Univ. de Granada); J.M. Noguera Celadrán (Univ. de Murcia); L. Benítez de Lugo (UAM, UNED).

### INTRODUCCIÓN

El Proyecto tiene como objetivo fundamental determinar la importancia de la Astronomía como parte integrante de la cultura y de la civilización desde el Paleolítico a nuestros días. El interés del grupo se centra, en especial, en los pueblos del antiguo ámbito Medi-

terráneo desde el Atlántico al Oriente Medio, con una dedicación especial a España, su entorno geográfico inmediato y el Egipto antiguo. Sin embargo, también se tienen ramificaciones en el área del Pacífico y en Mesoamérica.

## HITOS

### *Astronomía, Arquitectura y Simbolismo: El Proyecto Global de Sneferu en Dahshur*

Las dos pirámides construidas en Dahshur durante el Reino Antiguo por Sneferu, primer rey de la IV Dinastía, se suelen considerar como dos proyectos consecutivos, de forma que el segundo —el de la Pirámide Roja— se generaría por un presumible fracaso en el proceso constructivo de la primera, la Pirámide Acodada. En el presente ensayo se sugiere que las pruebas arqueológicas de tal escenario distan de ser obvias y que, por el contrario, una serie de indicios arquitectónicos, topográficos, epigráficos y astronómicos apuntan a un proyecto unitario, probablemente concebido desde el principio como tal, que incluiría a las dos pirámides y a sus anexos. A partir de esta idea, se pueden inferir conclusiones similares para otras tumbas reales de la IV Dinastía, en particular en Guiza, Abu Rowash y Zawiyet el Aryan. Por tanto, las pirámides de la época en su con-

junto parecieran formar un paisaje conceptual y sagrado relacionado no solo con el poder del faraón en vida sino también con su divinización en la otra vida.

### *Orientalio Ad Sidera: Astronomía y Paisaje Urbano en Qart Hadašt/Carthago Nova*

Las investigaciones arqueológicas en Cartagena — la antigua Qart Hadašt púnica, posterior Carthago Nova romana — evidencian la existencia de elementos topográficos, urbanísticos y rituales, susceptibles de ser analizados desde la perspectiva de la Astronomía Cultural. Por ello, en octubre de 2013 un equipo interdisciplinar de astrofísicos y arqueólogos realizó una campaña de mediciones de los principales hitos topográficos y arqueológicos de la ciudad púnica y romana. Metodológicamente, para cada ítem se estableció el criterio básico de orientación y se tomó su azimut utilizando tres tándems de brújula de precisión más clinómetro. Los datos obtenidos demuestran la relevancia en la ciudad antigua de una serie de orientaciones hacia la salida y la puesta del sol en el solsticio de verano, cuya significación se integra plenamente en el contexto del ritual fenicio-púnico. Dicho sentido pudo incorporarse y reinterpretarse en el contexto de las posteriores refundaciones romanas y de sus sucesivos programas urbanís-



Astronomía, arquitectura y simbolismo en Dahshur: las Pirámides Roja (izquierda) y Acodada (derecha) como representación simbólica de las coronas roja y blanca, del Bajo y el Alto Egipto, respectivamente, que aparecerían mencionadas como tales en la Piedra de Palermo. En esta guisa, se las podría interpretar como contraparte petrificada de fenómenos celestes pertinentes, de matices respectivos rojizos o blanquecinos, como la aurora boreal o la luz zodiacal (a la que se sumaría Venus). Diagrama por cortesía del Servicio Multimedia de la IAC, basado en imágenes cortesía de Graham Parkin y Daniel López, y en un calco de una fotografía de Margarita Sanz de Lara obtenida por cortesía del Museo Arqueológico de Palermo.

ticos y arquitectónicos, en particular el del período augusteo, cuando determinadas orientaciones astronómicas pudieron servir para afianzar la imagen de Roma y el princeps como restauradores de la paz y garantes de un nuevo orden.

## EVOLUCIÓN DEL PROYECTO

Durante el año 2015 se ha continuado la labor desarrollada en muchas de las líneas de investigación abiertas en los años anteriores en el marco de la recta final del Proyecto OAS III. Particularizando, podemos destacar las siguientes actividades.

A invitación de los editores de la nueva revista *Skyscape archaeology* se procedió a preparar un trabajo donde se realizaba un análisis comparativo de nuestros resultados en diferentes ciudades “solares” del ámbito mediterráneo (en particular Tebas, Hat-tusha, Carthago Nova y Petra). Como resultado se ha publicado un artículo (Belmonte y González-García 2015) en el número inaugural de dicha revista donde se muestran los paralelismos y especificidades descubiertas. También se ha continuado el estudio en el noreste de la Península Arábiga, en lo que en la antigüedad se conocía como el País de Magán, donde se desarrolló una cultura muy sofisticada en la Edad del Bronce que enterraba a sus muertos en tumbas monumentales como las de Al Jaylah, en el noreste de Omán, de las que se ha realizado un estudio inicial (presentado en una comunicación invitada sobre los resultados globales del Proyecto OAS en la última década en la reunión anual de la SEAC en Roma, Belmonte et al. 2015), por lo que consideramos que esta línea sigue abierta. Igualmente, este año se ha culminado el trabajo en una de las líneas marco del Proyecto OAS III, que es el estudio arqueoastronómico del Prerrománico Ibérico. Se ha finalizado la interpretación global de los resultados obtenidos hasta la fecha y se ha publicado un artículo de referencia sobre este trabajo (González-García y Belmonte 2015), con ideas de continuidad.

Por otra parte, ha seguido en marcha una de las líneas emblemáticas de nuestro proyecto centrada en el estudio arqueoastronómico de los monumentos de la civilización faraónica. En el año 2015 se han continuado el trabajo (aunque no sobre el terreno por motivos de seguridad) en el marco de la Misión Arqueológica Española en Heracleópolis Magna liderada por la egiptóloga María del Carmen Pérez Die del MAN, publicando parte de los resultados (Belmonte, Díaz-Iglesias y Pérez Die 2015), y se ha ampliado el estudio a otros lugares del Egipto antiguo con fenomenología religiosa similar. Igualmente, se ha proseguido el estudio

detallado de la casuística asociada al paisaje de los campos de pirámides del Reino Antiguo en colaboración con el arqueoastrónomo italiano Giulio Magli. Se ha finalizado un análisis de los monumentos del faraón Sneferu que ha deparado resultados excepcionales (Belmonte y Magli 2015) y que se ha continuado en otros campos de pirámides de la IV Dinastía con resultados iniciales muy sugerentes. También se ha proseguido con la investigación sobre el periodo de Amarna donde se combina astronomía, cronología, genética y epigrafía entre otras disciplinas para tratar de entender el final de esta controvertida época. Se han reformulado algunas hipótesis e incluidos los últimos hallazgos de otros investigadores. Este trabajo fue defendido en el marco del V Congreso Ibérico de Egiptología (Belmonte 2015).

Se ha continuado a buen ritmo el trabajo de la tesis doctoral de la becaria FPI adscrita al Proyecto OAS III, A. Rodríguez Antón, sobre el marco de referencia de la organización (orientación, planimetría, estructuración espacial, paisaje, etc.) de las ciudades romanas en el orbe Mediterráneo. El Proyecto se realiza en estrecha colaboración con C. González del INCIPIIT (Santiago de Compostela) que es codirector de la tesis y sigue produciendo resultados muy prometedores. Dando continuidad al Proyecto, se realizó trabajo de campo en el noreste de la Península Ibérica y sur de Francia (provincias Narbonense y Tarraconense) en una campaña de casi dos semanas de duración en que se visitaron más de una docena de yacimientos arqueológicos de época romana. Los datos, al igual que en campañas anteriores, son muy prometedores y el objetivo continúa siendo reducir, analizar e interpretar la información recogida, y llevar a cabo el estudio bibliográfico y de las fuentes correspondientes. Los resultados obtenidos hasta la fecha de este análisis plantean la necesidad de un acercamiento a profesionales de la arqueología romana como M. Orfila Pons (Univ. de Granada), quien visitó el IAC en el mes de mayo para promover una colaboración. Por otro lado, consideramos interesante el empleo de los sistemas de información geográfica (SIG) como herramienta auxiliar en Arqueoastronomía, por lo que A. Rodríguez realizó el Bloque I del curso “TIG en Arqueología” organizado por el Incipit-CSIC y el Instituto de Arqueología de Mérida (en 2016 cursará el Bloque II). En la primavera, C. González realizó nuevamente una visita al IAC para trabajar principalmente en temas relacionados con esta tesis doctoral. En esta misma línea, tras la invitación por parte del Consorcio “Cartagena, Puerto de Culturas” se ha culminado el estudio del paisaje de la ciudad en el pasado que ha incluido trabajo arqueoastronómico de campo y de do-

cumentación. Se han analizado y publicado los datos obtenidos en los principales emplazamientos arqueológicos de la ciudad, tanto de época romana como púnica en colaboración con J.M. Noguera Celdrán (Univ. de Murcia) y otros investigadores locales (González García et al. 2015).

Se ha proseguido con la segunda fase de un catálogo global de auroras boreales en el periodo desde 1600 hasta la actualidad. En esta época, además del conocido ciclo de 11 años, se han sucedido diferentes episodios de actividad solar reducida, tales como los Mínimos de Maunder y Dalton, junto al mínimo de actividad que está sufriendo el Sol desde principios del siglo XXI. Para este trabajo se han recopilado unas 150.000 observaciones de diferentes archivos y fuentes documentales, correspondientes a unas 35.000 auroras. Existen diferentes lagunas tanto en la distribución geográfica (factor de población) como en algunos años, destacando a este respecto el descenso de observaciones sistemáticas desde 1960 a 1980, cuando el interés primario por las auroras pasó de los meteorólogos a los geofísicos. En colaboración con T. Roca Cortés y P.L. Pallé (IAC) y J.M. Vaquero y M.C. Gallego (Univ. de Extremadura), se ha desarrollado un estudio detallado de este material. Se ha discriminado entre *Coronal Mass Ejections* y *Coronal Holes* como fuente de las auroras y se han estudiado las diferentes frecuencias de variabilidad. También se ha analizado la fiabilidad de este catálogo, y sus ampliaciones sucesivas, como método de la reconstrucción de la actividad de la heliosfera en el pasado y herramienta para predecir la actividad futura.

Se ha participado en el proyecto de investigación multidisciplinar “Arqueología del Sol y otros astros”, coordinado por el Centro Andaluz de Arqueología Ibérica de la Universidad de Jaén y financiado por el MINECO y la Junta de Andalucía. Dentro de esta participación se llevaron a cabo dos campañas de trabajo de campo arqueoastronómico en diversas provincias andaluzas midiendo monumentos megalíticos y tumbas y santuarios protohistóricos e ibéricos. Este proyecto ya ha proporcionado una publicación (Esteban 2015) y se espera que proporcione muchas más. También se llevaron a cabo trabajos de campo en el poblado ibérico de Cerro de las Cabezas (Valdepeñas, Ciudad Real), que ya ha proporcionado un artículo en revista arbitrada que aparecerá en 2016.

Destaca la participación en la XXIX Asamblea General de la IAU en Honolulu (Hawai, EEUU) en la primera quincena de agosto de 2015 en la que el IP del Proyecto participó como Nodo Español de la *IAU Office for Astronomical Outreach* (postulando la candidatura “Es-

trella Cervantes” para *Mu Arae*), miembro del Comité Ejecutivo de la División C y del Comité Científico del *Focus Meeting II* sobre “Astronomy and World Heritage”, presentando un total de tres comunicaciones orales, presidiendo dos sesiones y participando en diversos foros, incluido uno sobre la iniciativa “Windows to the Universe”.

Finalmente, en el marco divulgativo, en el mes de diciembre, invitados por la productora irlandesa Tile Films, se asesoró y se participó en el rodaje de un documental de la serie “Sacred sites of the World” para el Smithsonian Institute en la ciudad de Petra (Jordania), aprovechando para realizar nuevas medidas y verificar in situ algunas de nuestras predicciones, con resultados muy prometedores que se están analizando. En este mismo contexto, se ha participado activamente en la planificación, organización y puesta en escena de la Exposición “Luces del Universo”, expuesta tanto en La Laguna (Tenerife) como en Santa Cruz de La Palma, con motivo del XXX Aniversario de la inauguración de los Observatorios de Canarias y de la Sede Central del IAC en La Laguna (el IP del Proyecto ha sido Comisario de la Exposición, lo que ha supuesto un gran esfuerzo).

## ASTROFÍSICA DE PARTÍCULAS (P/300328)

R.J. García López.

E. Colombo, R. Clavero Jiménez, D. Tescaro, M. Manganaro, M. Vázquez Acosta, G. Vanzo, J. Herrera Llorente y M. Will.

Colaboradores del IAC: A. Herrero Davó y J.M. Rodríguez Espinosa.

Todos los investigadores incluidos en el Consorcio CTA-España, así como los miembros del CIEMAT que participan en AMS y los que están involucrados en la Colaboración MAGIC.

## INTRODUCCIÓN

El Grupo de Astrofísica de Partículas del IAC participa activamente en tres grandes colaboraciones internacionales de Astrofísica de muy altas energías: AMS (*Alpha Magnetic Spectrometer*), los telescopios de radiación Cherenkov MAGIC I y II, y el *Cherenkov Telescope Array* (CTA).

AMS es un detector de partículas diseñado para operar en el espacio, a bordo de la Estación Espacial In-

ternacional. Se instaló con éxito en mayo de 2011, y se espera que opere durante toda la vida útil de la misma. Su misión es realizar un estudio de alta precisión y estadística del espectro y la composición de los rayos cósmicos primarios en un amplio rango de energía, así como buscar antimateria primordial y materia oscura de forma indirecta.

La Colaboración MAGIC está formada por 20 institutos y departamentos universitarios de Alemania, Armenia, Bulgaria, España, EEUU, Finlandia, Italia, Polonia y Suiza. La colaboración cuenta con dos telescopios de 17 m de diámetro localizados en el ORM, diseñados para medir la radiación Cherenkov asociada a cascadas atmosféricas producidas por rayos gamma de muy alta energía y localizados en el ORM.

Además de esto, y también en el marco de la observación de rayos gamma de muy alta energía, el IAC participa en la Colaboración Internacional CTA, que propone construir dos grandes complejos de observación en los hemisferios Norte y Sur. El Observatorio del Roque de los Muchachos, en La Palma, ha sido seleccionado para albergar el Observatorio Norte.

## HITOS

El experimento *Alpha Magnetic Spectrometer* (AMS-02) ha recogido más de 60.000 millones de rayos cósmicos (electrones, positrones, protones, antiprotones y núcleos de helio, litio, boro, carbono, oxígeno...) desde mayo de 2011. Durante 2015 han aparecido las dos primeras publicaciones científicas con datos del mismo, en las que han colaborado los investigadores del Grupo de Astrofísica de Partículas del IAC.

En una de ellas se muestra que el cociente entre antiprotones y protones se mantiene constante desde 20 GeV hasta 450 GeV de energía cinética. Este comportamiento no puede explicarse por la producción secundaria de antiprotones procedente de las colisiones ordinarias de rayos cósmicos. El exceso de antiprotones tampoco puede ser explicado fácilmente a partir de su producción en púlsares. AMS ha encontrado que el flujo de protones posee unas características diferentes de las de todos los resultados experimentales existentes, mostrando que el flujo medido cambia su comportamiento alrededor de una rigidez de 300 GV.

En la segunda publicación, AMS ha encontrado, basado en 50 millones de sucesos, que el flujo de helio muestra un comportamiento casi idéntico e igualmente inesperado que el flujo de protones.

Por otra parte, se ha medido de forma precisa el cociente boro sobre carbono en los rayos cósmicos detectados, lo que contribuirá a un mejor entendimiento

de los procesos de propagación de rayos cósmicos en la Galaxia. Estos resultados forman parte de la primera tesis doctoral defendida en España con datos procedentes de este experimento.

En lo que concierne al Cherenkov Telescope Array (CTA), 2015 ha sido un año clave pues se decidió que el observatorio CTA-Norte se instale en el Observatorio del Roque de los Muchachos, en La Palma.

## EVOLUCIÓN DEL PROYECTO

Uno de los objetivos principales del Proyecto es la operación y mantenimiento del Detector de Radiación Cherenkov (RICH) durante la toma de datos desde la Estación Espacial Internacional y el análisis de los mismos. AMS ha estado operando de forma casi ininterrumpida con una frecuencia promedio de toma de datos de 700 Hz, lo que ha permitido acumular una estadística del orden de 16.000 millones de rayos cósmicos por año.

Las labores de seguimiento y operación del detector las realizan miembros del CIEMAT (Madrid), IAC (Tenerife), LIP (Lisboa) y LPSC (Grenoble). El coordinador de estas actividades en el IAC ha sido R.J. García López.

En términos del análisis de datos, y desde un punto de vista general de la Colaboración AMS en su conjunto:

- Se ha realizado una revisión de varios de los paquetes de reconstrucción de los datos (carga global de las partículas, reconstrucción de vértices para sucesos con varias trazas, resolución en la medida del momento para iones, etc.).
- Se ha realizado un nuevo reprocesado de los datos con la nueva versión de reconstrucción.
- Se ha realizado un estudio específico de los paquetes de simulación Monte Carlo (MC), especialmente de las interacciones hadrónicas de las partículas con el material de AMS.

En estas tareas generales han participado varios miembros de los equipos de CIEMAT y de IAC. En el caso particular de este último, los responsables de estas actividades han sido D. Tescaro y R. Clavero.

Durante 2015 han aparecido las dos primeras publicaciones científicas con datos de AMS, en las que han colaborado los investigadores del Grupo de Astrofísica de Partículas del IAC.

En una de ellas se muestra que el cociente entre antiprotones y protones se mantiene constante desde 20 GeV hasta 450 GeV de energía cinética. Este comportamiento no puede explicarse por la producción se-

cundaria de antiprotones procedente de las colisiones ordinarias de rayos cósmicos. El exceso de antiprotones tampoco puede ser explicado fácilmente a partir de su producción en púlsares. AMS ha encontrado que el flujo de protones posee unas características diferentes de las de todos los resultados experimentales existentes, mostrando que el flujo medido cambia su comportamiento alrededor de una rigidez de 300 GV.

En la segunda publicación, AMS ha encontrado, basado en 50 millones de sucesos, que el flujo de helio muestra un comportamiento casi idéntico e igualmente inesperado que el flujo de protones.

Un resultado importante del trabajo llevado a cabo ha sido la determinación del cociente de los flujos de B/C. Este análisis se ha llevado a cabo en colaboración con el grupo del MIT y del CIEMAT. Como resultado del mismo se ha procedido a la defensa de la tesis doctoral de R. Clavero, contratada FPI del IAC, en octubre de 2015.

En lo que se refiere a las observaciones de rayos gamma de muy alta energía, las actividades llevadas a cabo en el seno de la Colaboración MAGIC han dado lugar a 13 artículos relacionados con fuentes de diversa naturaleza. El grupo ha participado de manera importante en seis de ellos, y también ha colaborado en varios turnos de observación, así como en labores de mantenimiento técnico de los telescopios. Los responsables de estas actividades han sido D. Tescaro, M. Vázquez Acosta y M. Manganaro.

Este año hemos profundizado en el estudio de colaboraciones con los equipos de instrumentos presentes en el Gran Telescopio CANARIAS (GTC), para utilizarlos como complementos multi-longitud de onda a las observaciones en rayos gamma. Los dos instrumentos analizados han sido CIRCE (en el IR cercano) y

HORS (espectrógrafo óptico de alta resolución). El responsable de estas actividades ha sido R.J. García López.

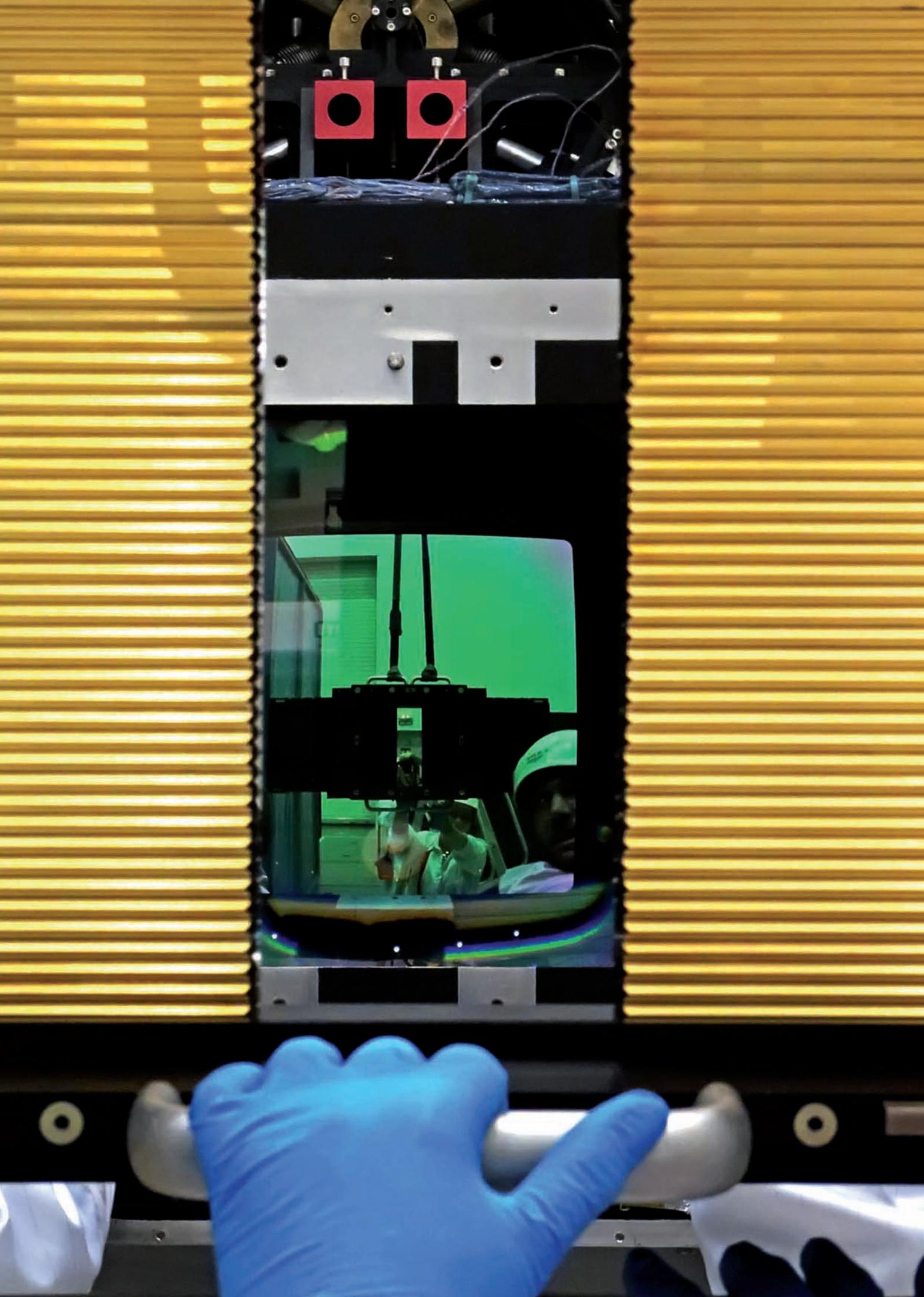
Desde el IAC se ha participado de forma decidida en la fase preparatoria del Proyecto CTA (Cherenkov Telescope Array). La colaboración CTA-España ha estado trabajando para promocionar que el observatorio CTA-Norte se instale en los Observatorios de Canarias. Como resultado, se consiguió que, en julio de 2015, el "Resource Board" de la Colaboración haya decidido iniciar negociaciones con España para su instalación en el Observatorio del Roque de los Muchachos. Estas negociaciones están muy avanzadas y se espera poder firmar un pre-acuerdo de instalación durante 2016. El responsable de esta actividad ha sido R.J. García López.

En 2015, el grupo de investigación recibió las visitas de varios colaboradores de centros extranjeros. T. Schweizer, del Instituto Max Planck de Física, en Múnich, realizó una visita de trabajo relacionada con la futura instalación del prototipo de telescopio gran diámetro para CTA, el LST.

También nos visitó A. Domínguez, investigador posdoctoral la Universidad Clemson (Carolina del Sur, EEUU), con el objetivo de establecer una colaboración con nuestro grupo para investigar el fondo de luz extragaláctica (EBL), que es de suma importancia para poder interpretar correctamente las observaciones de rayos gamma de muy alta energía.

La J. Becerra, actualmente en el Goddard Space Flight Center (Maryland, EEUU) y que hizo la tesis en nuestro grupo, está afiliada a la colaboración MAGIC a través del IAC. Este año nos visitó para realizar una estancia de trabajo y un turno de toma de datos en los telescopios MAGIC.

Por último, recibimos la visita de A. Oliva, co-director de la tesis doctoral de R. Clavero.





# ÁREA DE INSTRUMENTACIÓN

**C**

orresponde al Área de Instrumentación dar apoyo tecnológico, mediante la elaboración y ejecución de proyectos de investigación y desarrollo tecnológico, para el cumplimiento de los objetivos del IAC.

El Área de Instrumentación se responsabiliza de:

- El desarrollo de nueva instrumentación para la observación astronómica.
- El mantenimiento de la instrumentación astronómica existente.
- La utilización de las capacidades tecnológicas en otros campos de la ciencia o de la técnica que favorezca el desarrollo del entorno.
- La capacitación de personal técnico.
- Generar y ceder tecnología.

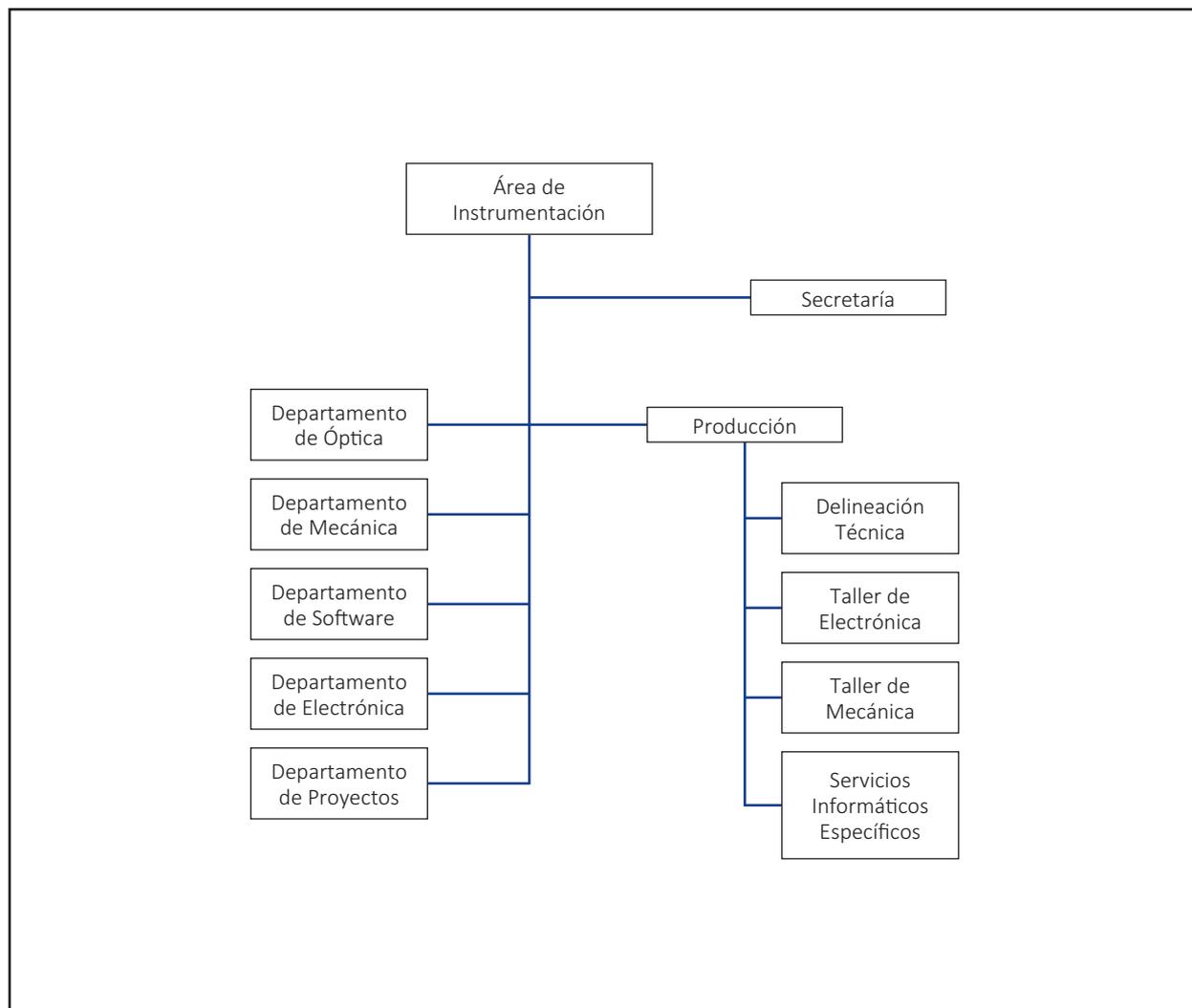
Además de una Secretaría y un Coordinador, el Área de Instrumentación dispone de unos medios hu-

manos y materiales estructurados en dos grupos: Ingeniería y Producción.

El grupo de **Ingeniería** se divide en cinco departamentos:

Electrónica, Mecánica, Software, Óptica y Proyectos. La componen 50 titulados superiores de las diferentes especialidades de Ingeniería (Industrial, Telecomunicaciones, Informática, Aeronáutica) y de Ciencias (Físicas y Matemáticas).

**Producción**, con 1 titulado superior, 1 titulado medio y 16 técnicos, se estructura en: Taller de Mecánica, Taller de Electrónica y Delineación Técnica. **Secretaría**, compuesta por 1 persona.



# INGENIERÍA

En esta sección se resume la actividad de la Ingeniería del Área de Instrumentación del IAC durante 2015. Además de una breve reseña de las actividades de cada uno de los cinco departamentos (Electrónica, Mecánica, Proyectos, Óptica y Software), se relacionan las acciones de formación, así como las incidencias y estadísticas del personal.

## DESGLOSE DE ACTIVIDADES

El siguiente gráfico muestra la distribución de la dedicación del tiempo de Ingeniería según el tipo de actividad, esto es, dedicación a proyectos, formación, servicios, y organización y gestión interna durante el año 2015.

Como muestra el gráfico (Gráfico I), el 87,4% del tiempo de la Ingeniería se ha empleado en trabajo directo en los proyectos. Del 12,6% restante, se ha usado un 8,4% en Organización y Gestión, apartado que incluye la gestión propia de los departamentos, el tiempo dedicado a los laboratorios, el estudio o realización de trabajos internos, la compra, recepción y puesta en marcha de equipos para los departamentos o laboratorios, la dedicación al Comité de Empresa, Comité de Seguridad y Salud, otros comités y grupos de trabajo, la atención a visitas, etc.

La Formación ha supuesto un 2,3% del tiempo total de la Ingeniería. Este porcentaje incluye actividades formativas formales de carácter general, como cursos, congresos, ferias, pero no incluye la formación especí-

fica que se adquiere durante el desarrollo de un proyecto instrumental.

Finalmente, el 1,8% se ha empleado en Servicios. Este porcentaje incluye principalmente el tiempo dedicado a la resolución de consultas técnicas, normalmente internas, y a la asistencia a Mantenimiento Instrumental.

Cabe destacar, respecto a los datos del año 2014, que la dedicación a los Proyectos ha aumentado 2,1 puntos, la dedicación a Organización y Gestión ha disminuido 2,4 puntos y el tiempo dedicado a consultas técnicas ha aumentado 0,7 puntos. En cuanto a la Formación, el tiempo dedicado ha disminuido ligeramente (0,5 puntos), continuando con valores bajos, atribuibles a las restricciones presupuestarias.

En el siguiente gráfico (Gráfico II) se puede ver el reparto de tiempos entre los diferentes proyectos, de un total acumulado de más de setenta y cuatro mil horas de Ingeniería.

Se muestran de forma específica los proyectos que ocupan más del 1,1% del tiempo total de Ingeniería, englobando los restantes en un único sector circular. Estos proyectos pequeños, 12 en total, alcanzan en conjunto un total del 4,8% de la ocupación.

Un poco más de la mitad de la capacidad de ingeniería, el 51,7%, se ha dedicado a cuatro proyectos,

Desglose de Actividades de Ingeniería

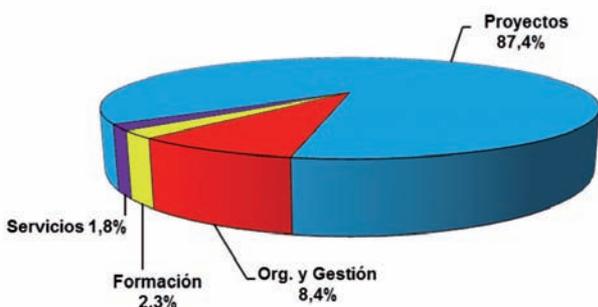


Gráfico I

Distribución por Proyectos

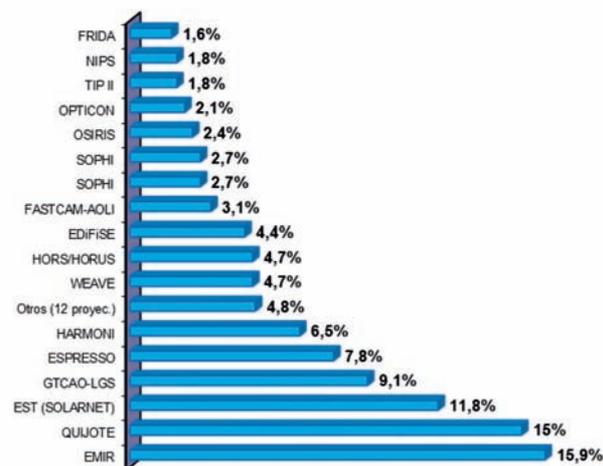


Gráfico II

EMIR, QUIJOTE, EST y GTCOA. Un 31,2% se ha repartido entre 6 proyectos de tamaño intermedio (8% a 3%), ESPRESSO, HARMONI, HORS, WEAVE, EDiFISE y FASTCAM-AOLI. Los proyectos con una dedicación individual entre el 3% y el 1,5% suman el 12,3% y son 6: SOPHI (SOLAR ORBITER), OSIRIS, OPTICON JRA's, TIP II NISP (EUCLID) y FRIDA. Finalmente, un total de 12 pequeños proyectos emplean el 4,8% restante.

Comparando con los datos del año pasado, EMIR, que se encuentra en su etapa final, ha disminuido 4,9 puntos, pasando del 20,8% al 15,9%. También han disminuido EST (3,6 puntos) y el Proyecto HARMONI (2,2 puntos) que han finalizado una fase inicial y se han encontrado a la espera de financiación para el arranque definitivo de las siguientes fases. El Proyecto que ha aumentado claramente su dedicación este año ha sido GTCOA, que ha pasado de 1,8% al 9,1%. También aumentaron en menor medida OSIRIS (2,2%), donde se

analizó la posibilidad de cambiar el detector, y OPTICON (1,7%), HORS (1,5%) y FRIDA (1%).

El resto de proyectos han tenido valores similares a los del año pasado, aproximadamente.

El empleo del tiempo en Ingeniería puede verse también desde una perspectiva plurianual. El siguiente gráfico (Gráfico III) muestra la evolución de la dedicación a los diversos proyectos desde el año 2008.

El aumento o disminución total de horas se debe a la diferencia entre incorporaciones y bajas de personal de Ingeniería y a los porcentajes globales de dedicación a proyectos.

La gráfica muestra claramente la finalización de OSIRIS, la gran contribución plurianual a EMIR, EST y QUIJOTE, y el arranque de HARMONI, ESPRESSO, WEAVE, SOPHI, JEMEUSO, FASTCAM-AOLI y GTCOA en los últimos años.

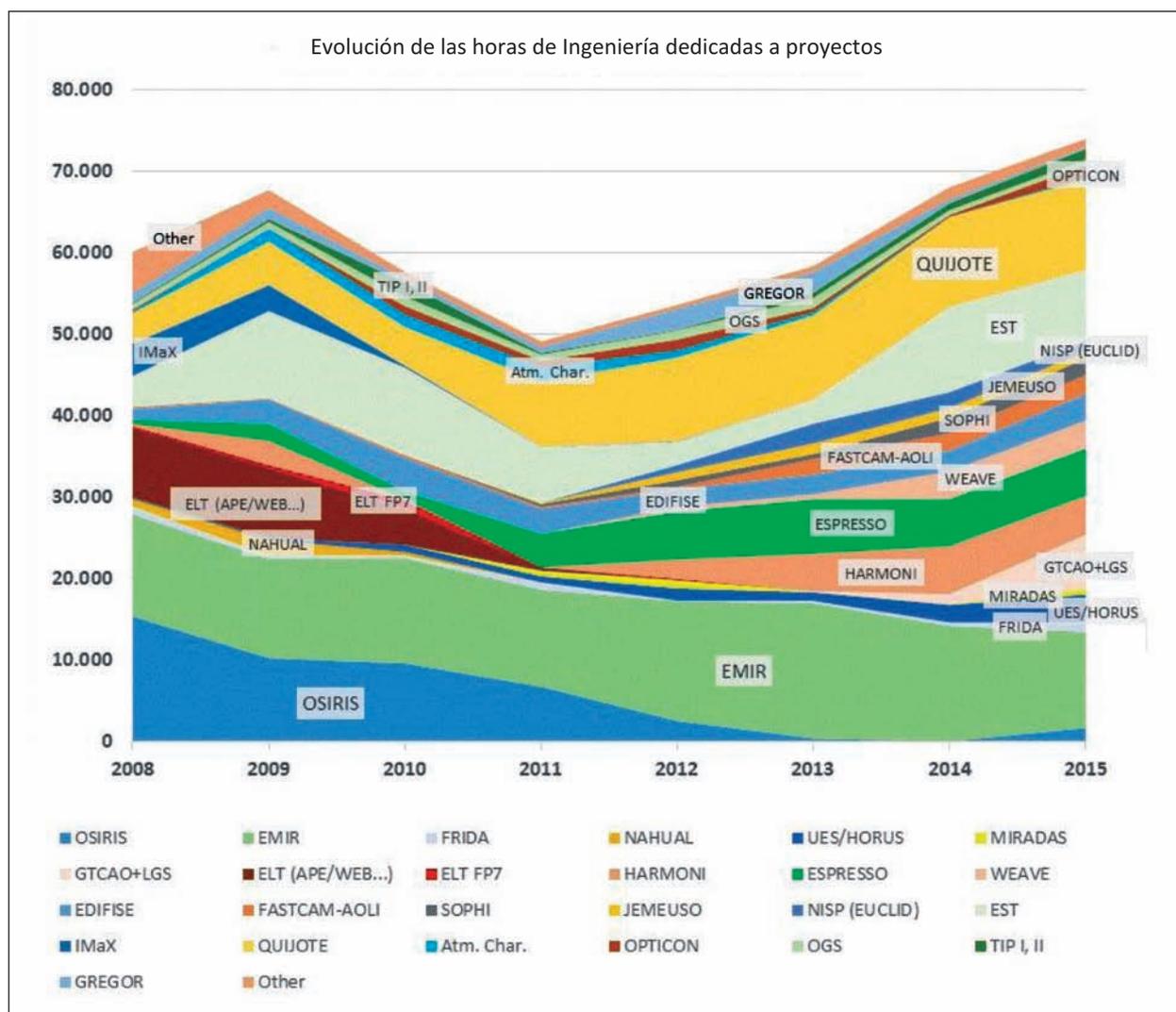


Gráfico III

La siguiente tabla muestra, esquemáticamente, la dedicación de los ingenieros a los proyectos durante 2015. El tono más oscuro de la casilla indica un mayor número de horas dedicadas a ese proyecto y la letra

“G” indica que es el encargado de la gestión del mismo, cuestión que por razones obvias sucede especialmente en el Departamento de Proyectos, pero también en algunas personas de otros departamentos.

Participación de Ingeniería en los proyectos (Año 2015)		DIMMA	EDIFISE	EMIR	ESPRESSO	EST (SOLARNET)	FASTCAM-AOLI	FRIDA	GREGOR	HARMONI	HORUS/HORS	PRUEBAS LGS EN OGS	JEMEUSO	SOPHI	GTCAO-LGS	MIRADAS	NISP (EUCLID)	PLATO	OGS (Oper.& Mant.)	OPTICON FP7 JRA's	OSIRIS	QUIJOTE	TIP Upgrades	FOVIA TTNN	WEAVE	
					G									G							G				G	
Dep. Proyectos	A. Alonso		G																							
	A. Pérez																						G			
	Ch. Grivel					G																				
	J. M. Herreros									G															G	
	J. Patrón				G			G																		
	M. Amate				G																					
	M. Barreto			G																						
	M. Reyes								G				G	G	G											
	V. González																						G			
Dep. Electrónica	E. Ballesteros																									
	E. Joven																									
	H. M. Chulani																									
	J. J. Díaz																									
	J. M. Delgado																									
	J. V. Gigante																									
	L. F. Rodríguez																									
	M. A. Núñez																									
	N. Martínez																									
	N. Morales																									
	O. Tubio																									
	R. Hoyland																									
	T. A. Viera																									
Y. Martín																										
Dep. Mecánica	A. Mato																									
	A. Vega																									
	E. Hernández																									
	F. Tenegi																									
	J. Alonso																									
	J. Cózar																									
	J. Pan																									
	J. Peñate																									
	M. A. Estéves																									
	N. Vega																									
	P. Fernández																									
	P. Redondo																									
	S. Santana																									
V. Sánchez																										
Dep. Óptica	A. B. Fragoso																									
	F. Gracia																									
	I. Montilla																									
	J. L. Rasilla																									
	J. Sánchez-Capuchino																									
	L. Montoya																									
	M. A. Cagigas																									
	M. Insausti																									
	M. Puga																									
R. López																										
Dep. Software	C. Martín																									
	E. Páez																									
	H. Moreno																									
	J. C. López																									
	J. J. Fernández																									
	J. Marco																									
	J. Rosich																									
	M. Aguiar																									
	Mª F. Gómez																									
O. Casanova																										
P. López																										

Gráfico IV

## MEJORA DE LAS CAPACIDADES

### Departamentos y laboratorios

A continuación se menciona brevemente la actividad departamental en los proyectos del Área y algunas de las mejoras al equipamiento de los laboratorios y capacidades.

#### *Departamento de Electrónica*

En el año 2015 las infraestructuras del Departamento de Electrónica se han visto reforzadas gracias a la financiación obtenida de la convocatoria de infraestructuras científico-técnicas del Ministerio de Economía y Competitividad. En este contexto se procedió a renovar algunos de los equipos del laboratorio, osciloscopios, generadores de señales y fuentes de alimentación, así como a la adquisición de la actualización MATLAB para los miembros del Departamento, que se vio completada con la habitual actualización de LABVIEW, la cual se ha convertido en una herramienta de trabajo usual, y con el software de diseño eléctrico E-PLAN, que ha sido adoptado como estándar de trabajo en telescopios como GTC y organizaciones como ESO.

También en el año 2015 se procedió a la instalación de la conexión de la Sala Apantallada a la red del IAC mediante fibra óptica, al objeto de que mantenga las prestaciones de aislamiento pero permita la conexión a internet, lo que puede resultar vital en muchas medidas. También se han adquirido e instalado los equipos de red necesarios para dicha conexión.

El objetivo planteado más relevante, sin duda, ha sido la extensión de las capacidades del Laboratorio LISA al infrarrojo, al amparo parcial de la financiación obtenida con tal finalidad. En esta dirección, además de identificar la reorganización necesaria de los laboratorios del Área para ubicarla, y plantear las obras menores necesarias, se ha procedido a gestionar el suministro de un criostato de dimensiones adecuadas donde realizar las pruebas de los detectores infrarrojos. Tras redactar el pliego de prescripciones técnicas, se ha lanzado un procedimiento negociado sin publicidad, el cual ha cumplido todos los hitos previstos hasta la aceptación en las instalaciones del fabricante. Paralelamente, las solicitudes de pedido de contratos menores para la adquisición de componentes accesorios al banco, como la cabeza fría, mangueras de Helio, cables extensores, así como otros equipos de vacío, bomba turbomolecular, válvula de guillotina, y otros accesorios de conexión, han sido satisfactoriamente completadas y suministradas.

En lo que a las infraestructuras para microondas se refiere, en el año 2015 y también con la aportación de la mencionada financiación específica para infraestructuras, se ha procedido a reemplazar el analizador de redes del que se disponía (PNA E8643B, mod. W1185-259335, de Agilent Technologies) por un nuevo modelo N5245A PNA-X de Keysight Technologies Spain, el cual ofrece un ancho de banda de 10MHz a 50 GHz y cuatro puertos de análisis simultáneos. No sólo funciona como un analizador de redes sino además como un medidor de ruido y analizador de señales, siendo capaz de hacer todas estas medidas simultáneamente.

#### *Departamento de Mecánica*

La actividad del Departamento de Mecánica ha venido marcada por la participación en un gran número de proyectos, 12 en total, significando un 90% del tiempo del Departamento. Este año la dedicación se ha centrado mayoritariamente en cuatro proyectos, alcanzando un 64,57% del tiempo, QUIJOTE (21,68%), EST (16,17%), EMIR (14,13%), ESPRESSO (12,60%). La dedicación a WEAVE (8,31), HARMONI, GTC-O-LGS y HORS ha significado un 23,86%, y la dedicación a SOLAR ORBITER, CARMENES, GREGOR y DESI, ha sido del 1,68%, siendo en los dos últimos casi testimonial. Se ha dedicado un 2,23% a consultas técnicas de otros proyectos. En cuanto a actividades propias del departamento, este año se empezó a generar una página web interna. A continuación se exponen, para cada proyecto, las principales tareas realizadas.

En el contexto del Proyecto EST se va a implementar un "image-slicer" que será testado en GRIS, el espectrógrafo del telescopio solar GREGOR. El nuevo banco óptico consta de los siguientes subsistemas optomecánicos: sistema de barrido de campo de foco, sistema de reimaginación, IFU (Integral Field Unit), polarímetro y espejos dobladores de haz. El banco óptico se ha diseñado para que esta configuración sea fácilmente intercambiable con el modo actual de observación, el modo rendija. Para lograr este fin ambos bancos apoyan sobre la misma base cinemática evitando procesos de realineado cada vez que se desee cambiar el modo de observación. El sistema de barrido de campo se logra mediante el movimiento de una ventana en dos direcciones. Éste sistema de preóptica, llamado FoV-SS por sus siglas en inglés (*Field of View Scanning System*) permitirá el análisis de una porción del campo. En 2015 se han analizado diferentes alternativas con configuraciones mecánicas para este sistema, así como el desarrollo y diseño detallado para la

solución adoptada. Se ha desarrollado y verificado el concepto elegido mediante un prototipo. Este subsistema se encuentra prácticamente terminado, a falta de concluir la integración a nivel de hardware para comenzar la realización de una batería de pruebas que permitan cuantificar las prestaciones del sistema. En 2015 se ha validado el prototipo de la montura optomecánica de la IFU, el componente óptico más sensible, que incorpora un sistema gimbal hecho a medida que garantiza el ajuste del *image-slicer* con la precisión especificada. Esta precisión se ha alcanzado utilizando técnicas de pulido óptico para los materiales en contacto directo, minimizando de esta forma los errores de forma y acabados superficiales hasta tolerancias no alcanzables de otro modo. Se ha iniciado la fase de diseño detallado de la montura optomecánica de la IFU y del resto de componentes optomecánicos de la nueva configuración del banco óptico. Tanto el polarímetro, como los tres espejos dobladores han de tener dos posiciones en el banco, para satisfacer la operatividad del conjunto cuando se opera con o sin polarímetro. Para lograr este fin se están diseñando monturas que permiten el desplazamiento de la óptica; estos diseños están pensados para que puedan ser automatizados en evoluciones a medio plazo del sistema.

En QUIJOTE se realizó a principios de año la aceptación del segundo telescopio en el Observatorio del Teide. Durante el primer semestre del año se terminó la integración final del criostato del segundo instrumento TGI (*Thirty Giga Hertz Instrument*) y se realizó la integración de veintinueve receptores (píxeles) de dicho instrumento. El TGI se trasladó al Observatorio del Teide en el mes de junio, consiguiendo alcanzar las especificaciones criogénicas requeridas. Sin embargo, durante la realización de distintos ensayos se encontraron problemas con la protección eléctrica de los LNAs y fugas en los conectores eléctricos de los receptores, que perjudicaron el nivel de vacío del instrumento. En el último trimestre del año se procedió a trasladar el instrumento de nuevo al IAC, donde se retiraron los LNAs (*Low Noise Amplifiers*) dañados y los que no lo estaban para su reparación y protección así como los conectores eléctricos. En diciembre se integraron tres pixel (con LNAs protegidos) en el criostato para su posterior prueba y verificación. Durante todo el año se ha seguido dando soporte a la operación del instrumento multifrecuencia (MFI, 10-14GHz y 16-20GHz), de los dos telescopios y del edificio, en el que se amplió y puso en marcha el nuevo sistema de suministro de aire comprimido para el experimento. Finalmente se realizaron la compra de componentes comerciales para la optomecánica del tercer instrumento

FGI (*Forty Giga Hertz Instrument*) así como la fabricación de prototipos de algunos componentes de la optomecánica.

En EMIR se ha continuado con la fase de AIV del sistema, pero ya con todos los subsistemas integrados y siendo verificados para la validación del instrumento. La unidad reconfigurable de rendijas (CSU) se encuentra ya integrada en el instrumento y se comenzaron las pruebas de validación final en frío con resultados hasta ahora satisfactorios. Se han solucionado los problemas de la unidad de traslación del detector (DTU), integrándose en frío y validándose su funcionalidad. La automatización del vacío está totalmente validada integrándose la monitorización y control del sistema de enfriamiento permitiendo realizar de forma totalmente automática el inicio del pre-enfriado con CCC's al cumplimiento de las consignas establecidas así como el restablecimiento del sistema ante fallos no controlados. Se ha recibido todo el material para la realización del mantenimiento del sistema de enfriamiento de EMIR previo traslado al telescopio. Se ha iniciado el planteamiento de la configuración final de transporte, tanto desde el punto de vista logístico como de todos los elementos necesarios para garantizar la integridad del instrumento. Asimismo se ha definido un plan de recepción de EMIR en las instalaciones del telescopio GTC. El establecimiento de los procedimientos de operación, integración y verificación de los subsistemas que integran el instrumento se están redactando, haciéndose partícipe a GTC en su difusión para iniciar de esta forma la formación del personal asignado en telescopio al Proyecto.

En ESPRESSO, el principal objetivo del Proyecto durante 2015 ha sido la recepción y verificación de todos los elementos subcontratados e iniciar su integración. Se realizó la recepción, verificación y aceptación de todos los componentes de las monturas ópticas. Después de la recepción, verificación y aceptación del banco óptico (BO), se realizó la metrología dimensional, se embaló y se envió a Ginebra. Se presume que durante el viaje surgieron problemas de corrosión, que obligaron a repetir el tratamiento superficial, que una vez concluido, se aceptó de nuevo y el BO se volvió a enviar, quedando pendiente la formalización de la recepción. Se realizó la recepción, verificación y aceptación de las monturas ópticas, e inmediatamente se procedió al mecanizado de componentes e integración de las mismas, iniciándose el proceso de integración.

En WEAVE se trabajó paralelamente en varios procedimientos de contratación administrativa para el suministro de los cinco subsistemas incluidos en la memoria técnico-económica de fondos FEDER 2013-2015: (1) Diseño detallado, fabricación y verificación del nuevo

sistema de soporte y traslación del foco primario del Telescopio William Herschel (WHT), incluyendo su electrónica de control y los equipos de almacenaje de instrumentación correspondientes. (2) Suministro de una lente correctora para el foco primario del telescopio WHT. (3) Suministro de un sistema mecánico que permita la retracción de las fibras durante su posicionamiento en el foco primario del telescopio WHT. Dicho sistema constará de 360 unidades retractoras de fibras (FRUs). (4) Fabricación, documentación detallada de fabricación, manuales y pruebas de aceptación de un *subrack*, tres cuadros de electrónica, cableado de interconexión y cajas de transporte para el sistema de control del espectrógrafo para cartografiado en el telescopio WHT. (5) Suministro del motor para el rotador del nuevo foco primario del telescopio WHT. Este equipamiento ha sido entregado y aceptado por el IAC, a falta de realizar las últimas pruebas de verificación del sistema 1 y de la finalización de la serie del sistema 3.

En HARMONI, tras las investigaciones sobre componentes electromecánicos de la fase anterior, se fabricó un prototipo de mecanismo criogénico para derivación de pupila, basado en un motor de eje hueco y encoder capacitivo. Actualmente se están realizando las pruebas de prestaciones. Por otro lado se ha realizado una serie de consultas para conseguir un bobinado del mecanismo de *shutter* compatible con los ciclos criogénicos, y también está en fase de pruebas. Por otro lado se ha empezado a estudiar la problemática de las uniones adhesivas en criogenia, como posibilidad de diseño a las monturas optomecánicas del instrumento. Como elemento de apoyo a las pruebas, se ha desarrollado una pequeña cámara de bajo coste, que puede operar a temperaturas criogénicas, lo que facilita las medidas y monitorización de mecanismos en el interior de los criostatos de pruebas.

En GTC/O se realizó el seguimiento de la fabricación y la aceptación de la mecánica del sensor de frente de onda, y en GTC/O-LGS se dio soporte a las pruebas del LGS de la ESO en el Observatorio del Teide.

En CARMENES se terminaron de integrar las cuatro monturas optomecánicas pendientes (dos unidades de entrada de fibras y dos monturas de espejos parabólicos) se elaboró la documentación anexa (planos, vídeos explicativos de la secuencia de integración), se embalaron y se enviaron los subsistemas a Granada y Heidelberg.

En HORS se realizaron diseños mecánicos con vistas a mejorar el brazo de adquisición después de la primera visita al GTC y tener garantía de introducir la fuente de luz en el haz de fibras. Asimismo se diseñaron piezas para soportar un láser, un prisma y una mi-

nicámara web que garantizaran la alineación con GTC. Finalmente se participó en el segundo *commissioning*.

En SOLAR ORBITER se terminó el diseño del secundario, y se completó un diseño del soporte y del mecanismo de ascensión recta del espejo primario.

En GREGOR se ha implementado la motorización del *tilt* del espejo colimador.

En cuanto a equipamiento, el departamento ha mejorado su infraestructura con varios equipos, como el medidor de espesores de recubrimientos, el equipo de monitorización de parámetros de ciclos cerrados, el dinamómetro digital y una máquina de impresión 3D para fabricar de manera rápida y a bajo coste, piezas en materiales plásticos que pueden servir para validar diseños conceptuales, así como para fabricar piezas funcionales que no estén sometidas a grandes esfuerzos ni gradientes térmicos. Finalmente el departamento se ha encargado de comprobar la funcionalidad del equipo de ensayo de vibraciones LDS V810, logrando con la colaboración de la empresa Brüel & Kjaer ponerlo en marcha, quedando pendiente la reparación o sustitución del controlador.

#### Departamento de Óptica

Durante el año 2015 se mantuvo una alta actividad en los siguientes proyectos; HARMONI, ESPRESSO, AOLI y HORS.

El Proyecto HARMONI para llevar a cabo el instrumento de primera luz de E-ELT, celebró el Kick-Off meeting con ESO en septiembre de 2015. La participación del departamento en el proyecto se centra en la parte de la pre-óptica y su adaptación a las interfaces con otros subsistemas. En este ámbito continuaron las labores de refinamiento del diseño cara a la nueva fase que ha comenzado.

En el contexto de SOLARNET, el personal del Departamento continuó los estudios de algoritmos óptimos de reconstrucción del frente de onda que forman parte de las simulaciones de Óptica Adaptativa Multiconjugada (MCAO) para astronomía solar. Además se dio soporte a la empresa Winlight, que es la encargada de realizar la fabricación de la IFU para el espectrógrafo GREGOR.

Las tareas en el Proyecto ESPRESSO en 2015, se centraron en el seguimiento de la fabricación de los distintos elementos ópticos del espectrógrafo y en la integración del subsistema "Fiber Link" cuya entrega al consorcio del proyecto se espera que se realice en los primeros meses de 2016.

La verificación final del instrumento EMIR, ha sido otra de las grandes tareas del Departamento durante el

año 2015. Se realizaron pruebas de la CSU en frío dentro del EMTCS, y la verificación de EMIR, en modo imagen y espectroscopía, con todos los subsistemas ya integrados. Además, se recibió y se probó un nuevo grisma de muy baja resolución. Este instrumento se espera entregar en los primeros meses de 2016.

En el Proyecto AOLI, cuyo objetivo es el disponer de un instrumento que combina las capacidades de las técnicas de "Lucky Imaging" con las de Óptica Adaptativa en el telescopio WHT, se ha realizado una reconfiguración y modularización del instrumento en el laboratorio para simplificar su transporte e integración en telescopio.

El espectrógrafo HORS fue enviado y probado en el telescopio GTC donde se encuentra actualmente. La integración fue un éxito y actualmente se está mejorando el sistema de la alimentación a través de fibras ópticas para optimizar la eficiencia del instrumento. En el entorno del proyecto EDiFiSE se ha continuado su caracterización en el laboratorio tanto a nivel de los haces de fibras como del espectrógrafo.

Se ha continuado con las labores de operación de la estación OGS situada en el observatorio del Teide, soportando distintos proyectos de la Agencia Espacial Europea (ESA).

Otro proyecto que ha tenido actividad es el Proyecto GTCOA cuyo objetivo es disponer de Óptica Adaptativa en el telescopio GTC. Dentro de este ámbito, el Departamento ha dado un importante soporte a las actividades de generación de una estrella láser artificial por parte del personal de ESO en el Observatorio del Teide.

La inversión en el Laboratorio de Óptica durante 2015 se centró sobre todo en la reposición de material deteriorado. Ha habido una importante inversión en material fungible para reparar la máquina de películas delgadas, que permite realizar recubrimientos ópticos. Además se adquirió un reflectómetro para realizar medidas de eficiencia en grandes espejos.

De nuevo, el Laboratorio de Óptica y su equipamiento fue requerido por parte de distintos proyectos internos del IAC y de instituciones externas como GRANTECAN S.A. para la realización de determinadas pruebas y medidas relacionadas con el instrumento de Óptica Adaptativa del telescopio GTC. El interferómetro Zygo, el espectrofotómetro Cary-5 y el espectro-radiómetro son los equipamientos más utilizados.

El Laboratorio de Fibras mantuvo su actividad desarrollando los haces de fibras para los proyectos ESPRESSO y HORS.

Un año más, el Departamento acogió a dos estudiantes del grado de Física de la Universidad de La

guna para realizar las prácticas de empresa. Una de ellos realizó tareas de caracterización de fibras ópticas y el segundo fue formado en la puesta en marcha de la máquina de películas delgadas.

Finalmente, durante el año 2015 el Departamento ha renovado parte de su software de control de instrumentación de laboratorio, desarrollando herramientas en el entorno del lenguaje Python. En este sentido, se ofreció una beca de verano de tres meses para colaborar en parte de este desarrollo y se organizó un curso de Python para el personal del departamento. También se puso en marcha una página Web interna con el fin de agilizar la información dentro del Departamento y difundir las capacidades técnicas y de herramientas disponibles en los laboratorios al resto de miembros del Área y del IAC.

#### *Departamento de Software*

La actividad de este Departamento ha estado centrada principalmente en el desarrollo de instrumentación para el telescopio GTC, con un 67,4 % de los recursos, seguida a partes iguales aproximadamente por los proyectos relacionados con el Sol (14,9%) y microondas (15,5%), este último constituido únicamente por el Proyecto QUIJOTE.

Entre los proyectos para el telescopio GTC, este año ha irrumpido el proyecto de desarrollo de la Óptica Adaptativa de GTC, GTCOA, que el IAC ha retomado heredando el trabajo ya realizado por GRANTECAN S.A. GTCOA, tanto en desarrollo de software como en gestión, ha supuesto el 23,7% de la actividad. No obstante, EMIR, con un 30,1% sigue siendo el Proyecto con más recursos. Por detrás de EMIR viene FRIDA que este año, y gracias a la contratación de un ingeniero para el desarrollo del software de alto nivel, ha aumentado significativamente su dedicación.

En los proyectos solares, el esfuerzo se ha puesto principalmente en TIP II (9,4%), seguido de EST-SO-LARNET (4,8%) y el espectrógrafo de GREGOR (0,7%).

Este año el Departamento ha vuelto a entrar en proyectos de Óptica Adaptativa, actividad que hacía muchos años en la que no se participaba. Estratégicamente debe ser una línea que debemos mantener porque el software, tanto a bajo como a alto nivel, es muy relevante en este tipo de proyectos y puede ser determinante en el éxito del mismo.

A nivel interno, también se ha ido mejorando el *framework* de simuladores de mecanismos, que está siendo usado principalmente por los proyectos relacionados con el telescopio GTC. Estos simuladores software de mecanismos se han confirmado de gran utili-

dad para poder trabajar en el desarrollo de software sin disponer del mecanismo físico. También han permitido comprobar el cumplimiento de interfaces, facilitando las tareas de integración futuras.

En EMIR, durante todo 2015, se han estado integrando y poniendo a punto todos los subsistemas que componen el instrumento. El Proyecto se encuentra en su etapa de integración final y no solo se han realizado los desarrollos planificados, sino también se han tenido que resolver todas las incidencias que han surgido en esta complicada fase. Se puede destacar la integración de todos los componentes software de control y de reducción de datos, y la puesta a punto y ajustes de los mecanismos de posicionado del foco y de la unidad de rendijas reconfigurables. Aunque no afecta al usuario final, también se ha realizado una importante modernización de la plataforma, pasando de Solaris a Linux.

Un becario de verano colaboró con el software del Proyecto EMIR, desarrollando una interfaz gráfica de estado de todos los mecanismos y el detector en Java e integrándola en el módulo Inspector.

En HORS/HORUS, un espectrógrafo visitante para el telescopio GTC, miembros del Departamento han contribuido significativamente a su instalación y Primera Luz en telescopio, realizando el software de control de instrumento y su interface con el telescopio. Al ser un instrumento visitante, no ha sido necesario cumplir con todos los requerimientos de software de otros instrumentos, como OSIRIS o EMIR, y su desarrollo ha sido más sencillo y corto en el tiempo. Se utilizó Lab-View sobre Windows para su implementación.

En el Proyecto SOLARNET, el Departamento ha finalizado una tarea importante con la puesta en funcionamiento de los instrumentos SHABAR, su calibración, y el análisis de sus datos sobre el comportamiento atmosférico de los Observatorios del IAC.

Como apoyo a las instalaciones telescópicas del Observatorio del Teide, este año y gracias a un becario de verano, se ha podido actualizar el sistema FOVIA de autoguiado, una necesidad muy demandada por los usuarios.

QUIJOTE ha reducido la actividad casi hasta el 50% porque el Proyecto se encuentra bastante avanzado en los aspectos de software. Se ha estado trabajando en los instrumentos y también en el control y apuntado de los telescopios.

En MIRADAS, destaca el paso de la revisión final de diseño (FDR) y el inicio del desarrollo de los componentes del sistema de control.

Finalmente en TIP II y el espectrógrafo GREGOR el esfuerzo se ha puesto en el control de la unidad de ca-

libración y en el control del movimiento del espejo colimador, y también en gran medida en la actualización de los programas de control de los polarímetros para su puesta en marcha con una versión moderna del sistema operativo Linux.

#### *Departamento de Proyectos*

Centra su actividad en la gestión e ingeniería de sistemas de los proyectos instrumentales del IAC. EMIR se mantiene como el Proyecto con mayor dedicación en el Departamento, con un 23% del tiempo dedicado a proyectos. Esto es debido a que es el único Proyecto que tiene asignados a tiempo completo un gestor y un ingeniero de sistemas. A continuación con una dedicación entre el 10% y el 12% del tiempo del Departamento dedicado a proyectos están aquellos que han contado todo el año con un gestor del Departamento asignado a ellos a tiempo completo, en concreto QUIJOTE, SOLARNET-EST, OSIRIS (nuevos estudios) y ESPRESSO.

La gestión de los instrumentos del telescopio GTC, esto es EMIR, GTCAL, FRIDA y los nuevos estudios de OSIRIS, supone el 40% del tiempo del personal del Departamento. El porcentaje de tiempo dedicado a instrumentos para telescopios de la ESO (VLT y EELT), correspondiente a los proyectos ESPRESSO y HARMONI, se sitúa en un 15%. La actividad en HARMONI ha sido baja hasta que por fin arrancó formalmente la fase B de los instrumentos del E-ELT en el último trimestre.

La dedicación al Proyecto QUIJOTE y su programa de telescopios e instrumentos en el rango de microondas se mantiene en el 13% del tiempo de proyectos. Las actividades vinculadas a la OGS, incluyendo los estudios que se desarrollan bajo contrato con la ESA para OGS de gran apertura y su instrumentación, ocupan el 6% del tiempo de proyectos del Departamento. Finalmente la dedicación a los proyectos de espacio ha disminuido al 3%, debido a que en JEMEUSO sólo se ha trabajado en el demostrador MINIEUSO, en SOLAR ORBITER solo estamos involucrados en parte del OGSE, y la participación en EUCLID y PLATO no se gestiona en el Departamento.

## FORMACIÓN

A lo largo de 2015 los miembros de la Ingeniería en participado en varias actividades de formación vinculadas con los proyectos en los que participan o gestionan.

En aspectos **generales, multidisciplinarios**, a los cuales ha asistido numeroso personal de varios departamentos, la formación ha consistido en:

- Cursos: Sensibilización medioambiental; Contratación Administrativa; Igualdad (IAC); Introducción a la Óptica (Tenerife).

En aspectos **electrónicos** o para el personal del Departamento de Electrónica, la formación ha consistido en:

- Curso: Introducción y prácticas de microondas, impartido por R. Hoyland (IAC).

En aspectos **ópticos** o para el personal del Departamento de Óptica, la formación ha consistido en:

- Cursos: Introducción a Python (IAC); Optical System Design using Zemax (Reino Unido); IAC
- Congresos: Adaptive Optics for Extremely Large Telescopes IV. 2015 (EEUU); European Week of Astronomy and Space Science (EWASS9) (Tenerife); Vth Science with GTC (México).

En aspectos **mecánicos** o para el personal del Departamento de Mecánica, la formación ha consistido en:

- Cursos: Diseño, Fabricación y Modelado de Materiales Compuestos; Teoría y Simulación (Álava y Vizcaya); Introducción y prácticas de microondas, impartido por R. Hoyland (IAC); Launchspace Space Mechanisms Course (Bilbao); Cryo-Vacuum (Granada); Curso Simplificado de MathCad Prime 3.0 (IAC).
- Congresos: European Week of Astronomy and Space Science (EWASS) (Tenerife); IMCOS 2015 - Integrated Modeling of Complex Opto-Mechanical Systems (Italia).
- Seminario: Mantenimiento de Rodamientos y Alineación de Máquina (Tenerife).
- Feria: Metal Madrid 2015 (Madrid).

En aspectos de **software** o para el personal del Departamento de Software, la formación ha consistido en:

- Cursos: LabView Core 1 y 2 (On line); Gestión de contenedores Docker con Google Container Engine y Kubernetes (Tenerife).
- Congresos: Jornadas de Ingeniería del Software y Bases de Datos (SISTEDES 2015); Jornadas de la Sociedad de Arquitectura y Tecnología de Computadores (SARTECO 2015) (Córdoba); Jornadas Técnicas de la RedIris 2015 y European Week of Astronomy and Space Science (EWASS) (Tenerife); LabView Developers Days (Bilbao).

En aspectos de **gestión de proyectos, ingeniería de sistemas** o para el personal del Departamento de Proyectos, la formación ha consistido en:

- Curso: Studio 5000 Logix Designer Nivel 1 y Nivel 2 (Barcelona).
- Congresos: European Week of Astronomy and Space Science (EWASS) y Jornadas Científicas y Tecnológicas (Tenerife); Adaptive Optics for Extremely Large Telescopes IV. 2015 (EEUU).

Adicionalmente, diverso personal de Ingeniería ha asistido a varios cursos y charlas sobre aspectos relativos a la seguridad y salud en el trabajo. Estas han sido: Riesgo y medidas preventivas en trabajos en altura; Manipulación de productos químicos; Radiaciones Láser; Conducción en condiciones peligrosas y Herramientas manuales y equipos de trabajo.

Finalmente, hay que mencionar que, al igual que otros años, los presupuestos de formación también han permitido las visitas a los Observatorios del IAC para que las personas recién incorporadas o becarios los conozcan.

En general, las actividades de formación han sido bien valoradas por los asistentes. La estadística total, obtenida a partir de las estadísticas de satisfacción realizadas por el Área de Instrumentación, muestra los siguientes valores:

Aspecto	Valoración* (de 1 a 5)
Contenido	3,9
Duración	3,8
Profesor	4,4
Aplicabilidad de los conocimientos	4,1
Valoración global	3,9
*1=Deficiente; 5=Excelente	

La comparación con los valores obtenidos en 2014 muestra unos resultados muy similares.

La tabla completa con todos los detalles de las actividades de formación, sus valoraciones y los comentarios que algunos asistentes han hecho, se encuentra en la Secretaría del Área donde puede ser consultada para la organización y planificación de futuras actividades formativas.

También se ha seguido con la política de dejar una copia del material formativo en el Archivo Documental para conservar y difundir el conocimiento entre los miembros del Área.

## PERSONAL

### Altas

- **Departamento de Electrónica.** En el mes de enero se incorporó al Departamento de Electrónica Y. Martín Hernando, ingeniera de Telecomunicación por la Universidad de Bilbao, para desarrollar labores concretas en los proyectos JEM-EUSO y EDiFISE.  
En el mes de mayo, y al objeto de desarrollar actividades en el Proyecto GTCAO, se incorporaron al Departamento los ingenieros N. Morales Hernández y N. Martínez Rey, el primero para el control de tiempo real de la Óptica Adaptativa y la segunda para el diseño electrónico del Proyecto.
- **Departamento de Mecánica.** Se incorporó en el mes de enero J. Cózar Castellano, para participar en el Proyecto QUIJOTE y en el mes de julio J. Pan Fernández, para participar en el Proyecto GTCAO.
- **Departamento de Óptica.** En abril, se produjo la incorporación de M.Á. Cagigas García para realizar tareas de diseño óptico en el Proyecto HARMONI, y D. Fernández Fernández, como técnico, en el mes de noviembre para realizar tareas de soporte en los laboratorios de óptica, fibras y películas delgadas del Departamento.
- **Departamento de Software.** Se incorporaron a trabajar los ingenieros Ó. Casanova González y J.J.

Fernández Valdivia, para los proyectos GTCAO y HORS.

### Bajas

- **Departamento de Electrónica.** En el mes de octubre, una vez concluida la vigencia de la financiación disponible para el Proyecto GTCAO con tal finalidad, causaron baja los ingenieros N. Morales Hernández y N. Martínez Rey.
- **Departamento de Software.** Causaron baja Ó. Casanova González y J.J. Fernández Valdivia.
- **Departamento de Mecánica.** Causó baja J. Pan Fernández. También causaron baja J. Peñate Castro y P. Redondo Caicoya (en excedencia), ambos en el mes de junio.
- **Departamento de Óptica.** Cesaron en su actividad J. Sánchez Capuchino (en excedencia), M. Puga Antolín, que estaba trabajando en el Proyecto AOLI, y A. Rodríguez Pardevila, que estaba en tareas de apoyo al Laboratorio de óptica y de soporte a los telescopios del Departamento de Astrofísica.

### Evolución de los contratos

En el gráfico siguiente (Gráfico V) se muestra la evolución de los contratos de Ingeniería y los becarios desde el año 2005 en unidades de FTE (Equivalente a Dedicación Completa, en inglés). Es de destacar el in-

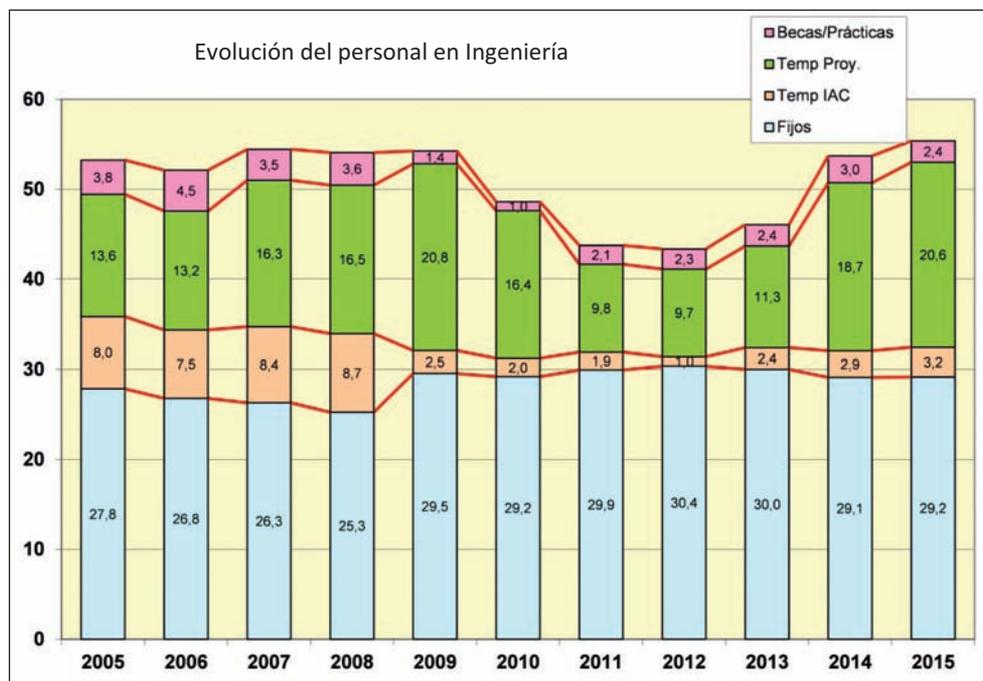


Gráfico V

cremento continuado hasta 2009 de los contratos temporales en proyectos a cargo de financiación externa, a continuación el descenso debido a la falta de financiación y, en los tres últimos años, el aumento de los contratos temporales, donde hay una contribución importante del Programa Severo Ochoa y, más recientemente, en 2015, de la financiación del Gobierno de Canarias al Proyecto GTCAO. En 2008-2009 también se aprecia el proceso de consolidación donde varios temporales pasaron a ocupar plazas fijas.

Dentro del programa de becas de verano, hemos recibido a seis estudiantes o recién titulados de diversas especialidades técnicas. También recibimos a varios estudiantes de la Universidad de La Laguna, uno de ellos realizó su Proyecto Fin de Carrera y cuatro que realizaron sus prácticas en empresa. Más adelante se menciona con más detalle el trabajo de cada uno de ellos.

## BECARIOS

Este año al igual que otros se ha dado la oportunidad a varios estudiantes o recién licenciados de disfrutar de una beca para la realización de un estudio o trabajo en el Área de Instrumentación que, en algunos casos, ha servido para la realización posterior del proyecto Fin de Carrera.

### *Becas de verano*

- J.M. Herruzo Ruiz (Estudiante de Ingeniería Informática de la Universidad de Córdoba).

Durante el verano de 2015, ha colaborado en el IAC con el Proyecto "Creación de una interfaz de usuario para operar un SIDECAR ASIC vía Gbit Ethernet". Esta actividad, enmarcada en las tareas de preparación de sistemas de caracterización de detectores infrarrojos del laboratorio LISA, pone a disposición las herramientas necesarias para la caracterización de detectores de la familia HxRG de Teledyne. Como resultado del trabajo se dispone de una interfaz gráfica que, haciendo uso de las librerías proporcionadas por Teledyne Imaging Sensors, permite la configuración de un sistema basado en SIDECAR ASIC + Detector HxRG y la adquisición e inspección de datos para la caracterización del detector.

Tutor: *J.J. Díaz*, del Departamento de Electrónica, fue su tutor y supervisó su estancia.

- J.L. Bru Agullo (Ingeniero Informático por la Universidad de Alicante).

Realizó el proyecto de beca de verano "Desarrollo del Panel de Estado de EMIR", dentro del Departamento de Software. Su labor consistió en: familiarizarse con el instrumento EMIR; conocer el entorno de des-

arrollo de software del Gran Telescopio CANARIAS GTC y en particular el módulo Inspector; desarrollar una interfaz gráfica de estado de todos los mecanismos y detector de EMIR en Java e integrarla en el módulo Inspector y elaborar toda la documentación necesaria. Tutora: *J. Rosich* con el apoyo del resto del Departamento de Software para proyectos del telescopio GTC, fue su tutora y supervisó su estancia.

- J. Sobrino Sánchez (Estudiante en Ingeniería Informática de la Universidad de Sevilla).

Realizó su proyecto de beca de verano dentro del Departamento de Software sobre el Proyecto "Actualización de FOVIA, el Sistema de Autoguiado de los Telescopios TCS e IAC-80". Las tareas que realizó durante su estancia consistieron en: estudiar la herramienta gráfica de programación LabView mediante lectura de manuales y realización de varios cursos online; desarrollar un proyecto LabView con diferentes unidades de programación V.I. para implementar las funciones de atención de comandos de usuario desde la interface gráfica, la adquisición, promediado y visualización de imágenes, las comunicaciones con el sistema de control del telescopio mediante RS232 para el envío y la recepción de comandos siguiendo el protocolo establecido, y las comunicaciones con el sistema de control del telescopio mediante una tarjeta de entrada/salida digital para enviar la señal de error de guiado; desarrollar una DLL de funciones C para el procesamiento de la imagen, adaptando el código ya existente para el anterior sistema -estas funciones implementan diferentes algoritmos para el cálculo del máximo y del centroide y la aplicación del filtro de mediana para eliminar el ruido de la imagen- y realizar las pruebas en el Observatorio con el sistema real obteniendo resultados satisfactorios.

Tutores: *M. Aguiar* del Departamento de Software y *E. Joven*, del Departamento de Electrónica, fueron sus tutores y supervisaron su estancia.

- E. Guerra Segura (Ingeniero de telecomunicaciones por la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria).

Realizó su proyecto de beca de verano dentro del Departamento de Óptica, sobre el "Desarrollo de software de control para instrumentación del Laboratorio de Óptica". Sus tareas consistieron en mejorar el *framework* para el control de instrumentación del laboratorio, actualizando el control de varios dispositivos y creando las interfaces de usuario necesarias. Utilizó para el desarrollo Qt y Python.

Tutores: *R. López* y *J.L. Rasilla*, del Departamento de Óptica.

- C. Padilla Hernández (Estudiante de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria).

Colaboró activamente como becario de verano, en el "AIV de las monturas optomecánicas de ESPRESSO y en el montaje, integración y pruebas de los instrumentos TGI y FGI (Thirty & Forty Giga-hertz Instruments) del experimento QUIJOTE". Las tareas que realizó durante su estancia fueron: toma de contacto con la herramienta de diseño 3D Creo Elements/Pro, con el programa de gestión Windchill y con la herramienta de cálculo por elementos finitos ANSYS, así como conocimiento genérico de los proyectos; participación en la integración, verificación y pruebas de varios receptores del instrumento de 30GHz; participación en el diseño de útiles de manipulación e interfaces, con generación de modelos 3D y cálculos analíticos; participación en la integración y verificación de las monturas de ESPRESSO; procesado de datos de metrología y cálculo de compensación de errores. Asimismo participó en la redacción de documentación, tanto de análisis y resultados de pruebas, así como revisión de procedimientos de montaje e integración y verificación de los receptores de QUIJOTE como de las monturas de ESPRESSO.

Tutores: S. Santana y A. Vega, del Departamento de Mecánica fueron sus tutores y supervisaron y dirigieron sus actividades dentro de ambos proyectos.

- A.F. Moreno Martín (Ingeniero Industrial por la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria).

Colaboró activamente en las "Pruebas Criogénicas para Prototipos de Mecanismos", en el marco del Proyecto HARMONI. Las tareas que realizó durante su estancia consistieron en: formación en CREO Parametric (programa de CAD) y ANSYS Workbench (programa de elementos finitos); diseño mecánico de piezas soporte para realización de pruebas; realización de pruebas de prestaciones del mecanismo de precisión de rotación de pupila; generación de modelos térmicos del mecanismo con programa de elementos finitos; prueba del mecanismo en frío, para lo que ha requerido formación en criogenia y vacío; análisis de los datos obtenidos de las pruebas y redacción de conclusiones; y rediseño de algunos elementos del mecanismo a partir de las conclusiones obtenidas.

Tutores: E. Hernández, del Departamento de Mecánica, L.F. Rodríguez y J.V. Gigante, del Departamento de Electrónica, fueron sus tutores y supervisaron y dirigieron sus actividades dentro del Proyecto.

#### Estancias en prácticas

- M. Urrutia Aparicio (Estudiante del Grado de Físicas de la Universidad de La Laguna).

Realizó sus prácticas externas en el Departamento de Electrónica, desde el 23 de noviembre hasta el 18 de

diciembre. Realizó un análisis de la funcionalidad de la interfaz "Camera link" para la conexión de la cámara OCAM2 del Proyecto GTCAO a los sistemas disponibles de digitalización de imágenes, respecto a la diversidad de longitudes de cables, presencia de repetidor, y su funcionamiento con simulador de cámara. A tal efecto determinó las combinaciones viables dados los elementos hardware disponibles, el montaje de dichas configuraciones, la adquisición de datos y redactó las conclusiones pertinentes, tras desarrollar la estrategia para verificar el correcto funcionamiento.

Tutor: L.F. Rodríguez, del Departamento de Electrónica.

- L. Rodríguez (Estudiante de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Civil e Industrial, Sección Mecánica, de la Universidad de La Laguna).

Se incorporó en el mes de octubre para realizar sus prácticas curriculares de grado en el Departamento de Mecánica, realizando la determinación de pares de apriete de tornillos en piezas de aluminio y cobre, con insertos metálicos.

Tutor: V. Sánchez, del Departamento de Mecánica.

- N. Bethencourt de León (Estudiante del Grado de Físicas de la Universidad de La Laguna).

Realizó las prácticas de empresa en el Departamento de Óptica entre los meses de noviembre y diciembre. El tema que desarrolló durante su estancia fue la caracterización de fibras ópticas para su uso en instrumentación astronómica; realizando medidas de DRF y *scrambling* de un conjunto de fibras con diferentes geometrías de núcleo.

Tutor: F. Gracia, del Departamento de Óptica.

- W. Martín (Estudiante de Grado de Físicas de la Universidad de La Laguna).

Realizó las prácticas de empresa en el Departamento de Óptica entre los meses de noviembre y diciembre. Durante su estancia participó en la puesta en marcha de una máquina para realizar recubrimientos ópticos.

Tutores: R. López y J.L. Rasilla, del Departamento de Óptica.

#### Proyectos Fin de Carrera

- C. Estévez Díaz (Estudiante de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Civil e Industrial, Sección Mecánica, de la Universidad de La Laguna).

De diciembre 2014 a marzo 2015, realizó su proyecto de Fin de Carrera, dentro del Proyecto HARMONI.

Supervisor: E. Hernández, del Departamento de Mecánica.

# PRODUCCIÓN

Componen Producción el Taller de Mecánica, Taller de Electrónica, Gabinete de Delineación Técnica y el SIE de Instrumentación.

Es importante mencionar que la disminución de los valores en los números de solicitudes y facturación de horas que veremos a continuación respecto a años anteriores se debe a que Mantenimiento Instrumental pasó a depender de Subdirección a mediados de año.

Por el tipo de trabajo que realiza el SIE, en un principio, tampoco entra en este sistema de solicitudes de trabajo y facturación.

En 2015 los trabajos solicitados por los distintos proyectos a Producción fueron 626. Hubo 23 cancelaciones de solicitudes realizadas por los peticionarios y 5 rechazadas por los talleres o servicios, bien por no corresponderles a ellos el tipo de trabajo solicitado o bien por falta de información o documentación para poder ejecutarlos.

Hay que tener en cuenta que las solicitudes canceladas sí se contabilizan como emitidas pero no como ejecutadas. Las rechazadas no se contabilizan en ninguno de los casos.

Puede ocurrir que el número de solicitudes ejecutadas sea mayor que el de las emitidas. Esto es debido a solicitudes que fueron emitidas en 2014 pero que se ejecutaron en 2015.

La distribución de solicitudes por Taller o Servicio podemos verla en la tabla que aparece al pie de página.

En total de horas invertidas para realizar todos estos trabajos fue de 15.118,3 h.

Los porcentajes de dedicación de este tiempo a los distintos proyectos lo podemos ver en el Gráfico VI.

A continuación se detalla la dedicación de cada uno de los componentes de Producción.



Gráfico VI

## Taller de Mecánica

### MEJORAS EN INFRAESTRUCTURA

Durante 2015, el Taller de Mecánica no tuvo grandes adquisiciones en infraestructuras nuevas ya que hubo que modificar los planes para hacer frente a la avería que sufrió el cabezal del único centro de 5 ejes de que dispone. La avería supuso cambiar el cabezal por uno nuevo. Otras mejoras fueron la adquisición de un armario que cumpliera la normativa para poder guardar ácidos y bases y la obra de remodelación de los vestuarios y baños.

### ACTIVIDAD

La actividad desarrollada por el Taller de Mecánica durante el año 2015 ha estado relacionada con trabajos solicitados por Proyectos, Departamentos y Servi-

	EMITIDAS	EJECUTADAS	CANCELADAS	RECHAZADAS
Gabinete de Delin. Técnica	172	176	4	0
Taller Electrónica	62	62	3	1
Taller Mecánica	392	394	16	4
<b>TOTALES</b>	<b>626</b>	<b>632</b>	<b>23</b>	<b>5</b>

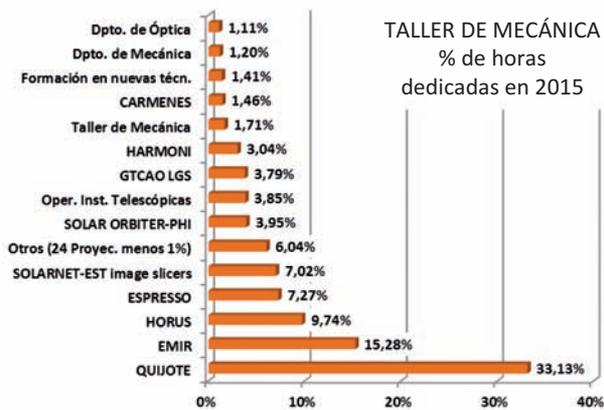


Gráfico VII

cios del IAC. Las horas dedicadas para realizar estos trabajos fue de 9.407,5 h.

La distribución la podemos ver en el gráfico VII.

## FORMACIÓN

La formación recibida por personal del Taller de Mecánica fue la siguiente: Cursos: SolarLab; Riesgos y Medidas preventivas en puestos de mantenimiento; Renovación homologación soldadores; carretillas elevadoras; Introducción microondas y mantenimiento de rodamientos y alineación de máquinas.

## Taller de Electrónica

### ACTIVIDAD

El Taller de Electrónica ha facturado 3.514,3 h en 2015. El porcentaje de dedicación puede verse en el gráfico VIII.

La actividad en el Taller Electrónica ha estado principalmente relacionada con el Proyecto EMIR. Se han realizado tareas tales como:

- Modificaciones en el sistema de vacío con nuevos requerimientos.
- Asistencia en tareas de AIV.
- Fabricación e instalación circuitos de Agua Glicolada.
- Fabricación de pantalla portátil del Sistema de Vacío.
- Diseño y documentación de un nuevo subsistema dentro del vacío para monitorización de presión y temperatura de helio y caudal y temperatura de agua glicolada.
- Montaje de subracks, cableados, etiquetado cables, integración en sala AIV, etc...

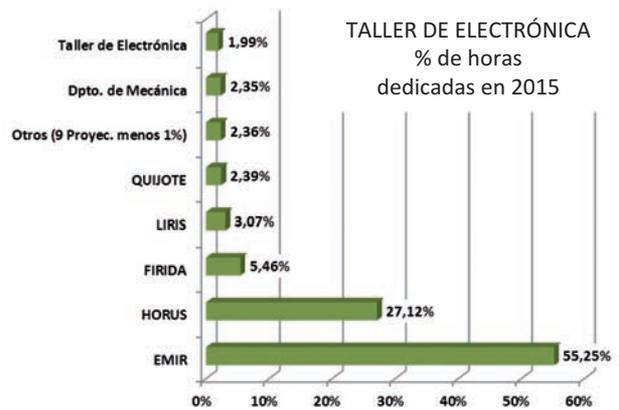


Gráfico VIII

Otro proyecto con un porcentaje alto de dedicación fue HORUS para el que se realizaron, entre otros, trabajos de realización del esquema del módulo Cab\_A\_SOL1/SOL2; mecanizado, cableado y montaje de elementos en el rack; Diseño, documentación y lista materiales del circuito de refrigeración y aire seco; Diseño y listado de materiales del control local/remoto del Cabinet B; Montaje de subracks, cableados (cables externos, cableado tierras armarios, ensamblar equipos en armarios); Asistencia en la instalación del instrumento en el telescopio GTC.

En total durante 2015 el Taller de Electrónica facturó 3.514,3 h.

El porcentaje de dedicación puede verse en el siguiente gráfico (Gráfico VIII).

## FORMACIÓN

La formación recibida por personal del Taller de Electrónica fue la siguiente: Cursos: Riesgos y medidas preventivas en puestos de mantenimiento y carretillas elevadoras.

## Gabinete de Delineación Técnica

### MEJORAS EN INFRAESTRUCTURA

Durante el año 2015, las mejoras en infraestructura realizadas en el Gabinete de Delineación Técnica se enfocaron en dos nuevas estaciones de trabajo.

### ACTIVIDAD

La actividad desarrollada durante el año 2015 en el Gabinete de Delineación Técnica ha estado principalmente relacionada, al igual que otros años, con traba-

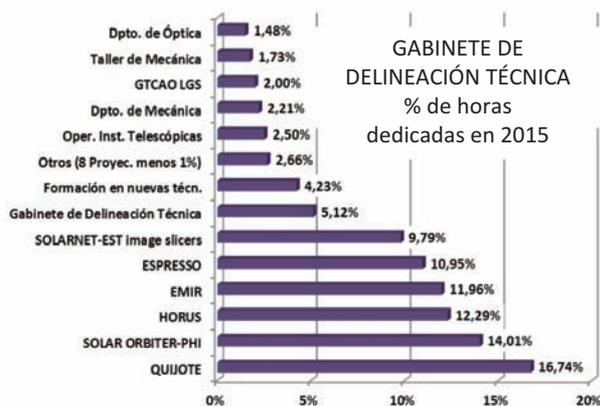


Gráfico IX

jos solicitados por proyectos, departamentos y servicios del IAC. En total se facturaron 2.196,8 h.

En el gráfico IX se puede ver la distribución total del tiempo facturado y los porcentajes de dedicación.

Los trabajos han consistido en la realización de planos de fabricación, generación de conjuntos en 3D y algunos diseños. Algunos proyectos solicitaron trabajos más laboriosos. Por ejemplo EMIR solicitó asignar materiales a las piezas de los grismas partiendo de la documentación debiendo tener en cuenta de verificar que el cómputo de masa era el correcto. QUIJOTE solicitó tomar medidas del nuevo almacén del edificio, generar el 3D e incorporarlo al 3D del edificio. Para DIMMAX hubo que tomar medidas de la tapa C8 del telescopio en el OT y hacer el plano de fabricación. HORUS solicitó realizar el diseño y sus correspondientes planos de los soportes de sujeción de los distintos módulos que hay en el armario de Control.

## FORMACIÓN

La formación recibida por personal del Gabinete de Delineación Técnica fue la siguiente: Cursos: Igualdad de oportunidades y prevención violencia de género en la empresa y formación y observación del Sol. Asistió al Día de la Instrumentación en el Astrofísico (TécnoDIA). Realizaron ejercicios prácticos con nuestros propios manuales y además: integrar en Windchill conjuntos y planos de diferentes proyectos; aprendizaje librería de tornillo tuerca y perfiles en Creo-parametric; Cómo añadir un nuevo material a la librería de Windchill y aprendizaje de cableado de conjuntos 3D en Creo-parametric.

## SIE de Instrumentación

El SIE de Instrumentación tiene como objetivo principal instalar, mantener y actualizar todos los paquetes de software específicos usados por los distintos Departamentos, Talleres y Servicios pertenecientes al Área de Instrumentación, así como ofrecer información, ayuda y soporte sobre determinado hardware de uso no común.

## ACTIVIDAD

Las principales actividades realizadas durante 2015, además de dar soporte al personal y distintos proyectos, renovación de equipos de sobremesa y portátiles, gestión de compras de material, gestión de préstamos de material, etc. fueron:

- Instalación de nuevo programa de análisis térmico TaiTherm en Sala de CAD.
- Cambio de tarjeta gráfica de equipo de Sala de CAD por problemas de estabilidad del sistema.
- Mudanza de personal de Mecánica a despachos en el pasillo de Mecánica.
- Mantenimiento de las licencias del software del Área de Instrumentación.
- Actualización de equipos obsoletos.
- Asesoramiento al LGS para publicar los experimentos en la Web.
- Asesoramiento para la compra de un equipo de altas prestaciones de cálculo con GPU para R. Hoyaland y otro para el Departamento de Electrónica.
- Actualización de la imagen del software del Departamento de Mecánica.
- Participación en la organización del TecnoDía.
- Configuración de una Web departamental para el Departamento de Mecánica.
- Puesta en marcha de impresora de etiquetas en el equipo del Taller de Electrónica del LPKF.
- Colaboración en la actualización del software eGroupware por parte del SIE de Investigación.
- Gestión de los accesos a los laboratorios del Área.
- Negociación renovación licencias PTC por dos años.
- Asesoramiento y configuración de una macro para importar documentos externos en Windchill para J. Pan.
- Configuración del Ansys Space Claim para pruebas del Departamento de Mecánica.
- Actualización a Fedora 21 de los equipos Linux del Área.

## FORMACIÓN

La persona que lleva este Servicio asistió a los siguientes cursos: Python junto al Departamento de Óptica; SolarLab. Asistencia a presentación Google Cloud Platfaorm en las instalaciones de MAC en Santa Cruz de Tenerife.

El Jefe de Producción asistió al curso: Riesgos y medidas preventivas en trabajos de altura. También asistió a la Feria Internacional de Máquina-Herramienta - EMO de Milán.

## Sala AIV

Con el objetivo de liberar espacio en el almacén de la Sala AIV ocupado, tanto por maquinaria auxiliar necesaria para movimiento de cargas, tales como cesta elevadora, carretilla elevadora, elevadora manual, etc., o por elementos difícilmente almacenables en estanterías (mesas ópticas, rangers nitrógeno líquido de 500 litros etc.), se edificó un garaje/almacén en el muelle de carga por fuera del taller de Mecánica. Ello ha supuesto un gran beneficio para este taller ya que era donde se aparcaba toda esta maquinaria auxiliar cuando no había sitio en el almacén de la Sala AIV.

## Sala AIV de Grandes Instrumentos

E.J. Cadavid, J.A. Morrison, J.J. González, J E. García, P. A. Ayala y Gerencia Operacional.

## ACTIVIDAD

### *Obras realizadas por Mantenimiento Civil*

- Actualización del sistema de control de la climatización. La empresa ejecutora fue AIRLAN.

- Reparación de canalones y pintura de los soportes y las pasarelas en la cubierta. La empresa ejecutora fue VERTICAL III.
- Mantenimiento de los puentes grúas. La empresa ejecutora fue PIMEG.

### *Traslado de la Planta de Aluminizado*

El traslado de la Planta de Aluminizado está condicionado por la entrega de EMIR a GTC ya que la caja de transporte del instrumento ocupa en su totalidad el local donde se prevé emplazar la máquina. Por este motivo en 2015 solo se pudo realizar el acondicionamiento del cuadro eléctrico utilizado para las pruebas de QUIJOTE para utilizarlo en la alimentación de la Planta de Aluminizado.

### *Otras actividades*

- En la zona de almacén por un lado se cambió la configuración de las estanterías existentes permitiendo la utilización de la balda superior y además instalamos una nueva en la pared este.
- Se cambiaron los filtros de sistema de aire seco.

## Colaboración con empresas

GRANTECAN S.A. solicitó cuatro trabajos: Eliminar el sobre espesor del diámetro de centrado del brazo de AF de FC del telescopio GTC, fabricación de dos piezas relacionadas con la alineación del brazo, mecanizar un espejo metálico y realizar la metrología de los espejos en el brazo de A&G de Folder Cassegrain.

Para la ONCE se fabricaron dos pértigas que permiten a un invidente hacer senderismo de forma segura acompañado por otra persona.

Para el Museo de La Ciencia y el Cosmos se comprobó el funcionamiento del driver del motor del instrumento del módulo "Safari Cósmico".

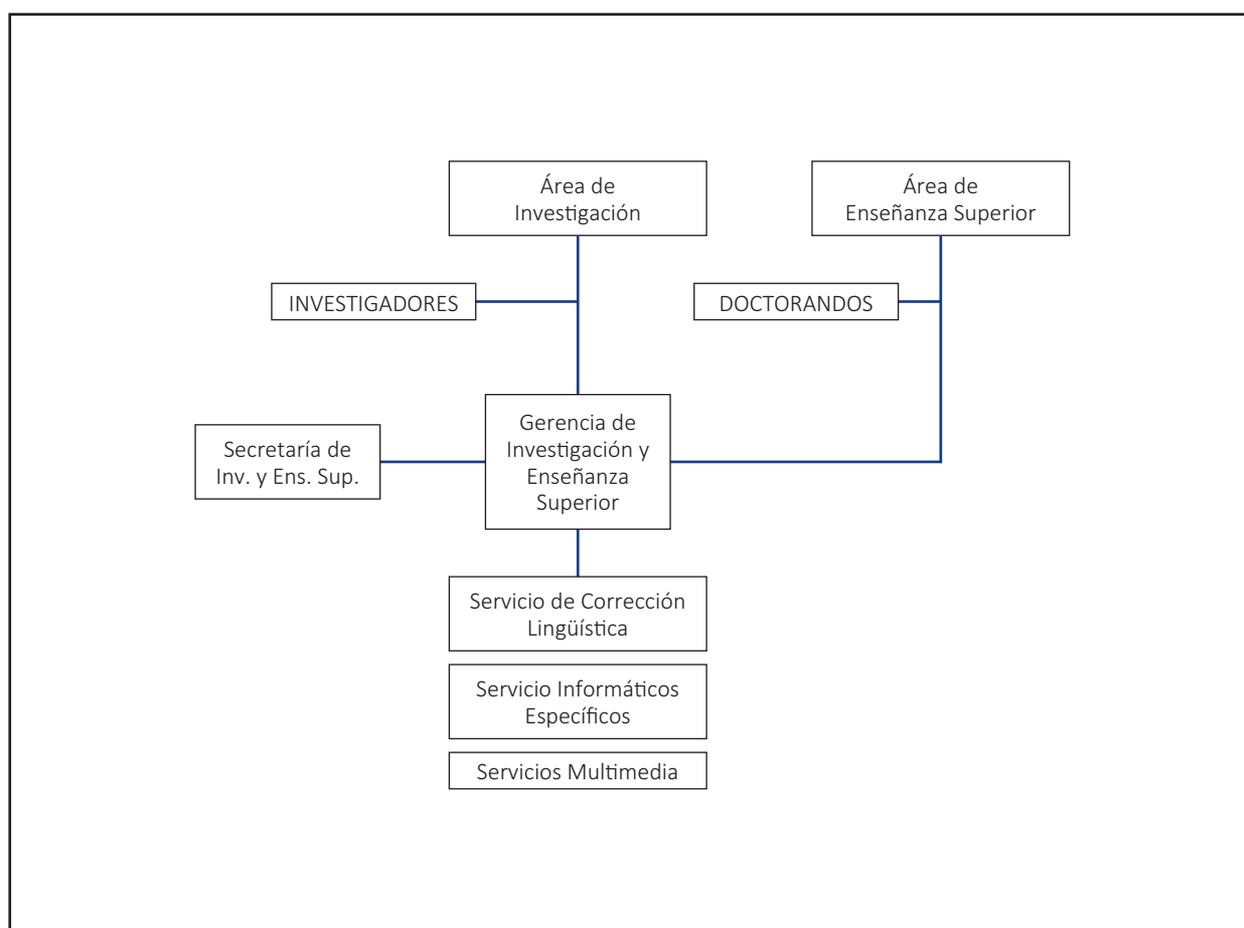
# ÁREA DE ENSEÑANZA SUPERIOR

**C**

orresponde al Área de Enseñanza Superior organizar y coordinar las actividades del Instituto para la difusión de los conocimientos astronómicos, la colaboración con la enseñanza universitaria especializada en Física y Astronomía y la formación y capacitación del personal científico y técnico en todos los campos relacionados con la Astrofísica. La formación de nuevos doctores en Astrofísica es uno de los cometidos fundamentales del Área.

El Área de Enseñanza organiza, en particular, el programa de Becas de Formación de Doctores en Astrofísica (Astrofísicos Residentes propios del IAC, Astrofísicos Residentes del Programa de Colaboración con La Caixa, doctorandos internacionales y parte de los programas de FPI, FPU y ayudas del Gobierno de Canarias), la “Canary Islands Winter School of Astrophysics” –este

año se organizó la XXVII edición– y el programa de Becas de Verano de Iniciación a la Investigación Astrofísica. También acoge a estudiantes en formación de redes internacionales, en particular del programa de la Unión Europea “Marie Curie” (red DAGAL en 2012) y de doctorandos de cotutela con varias universidades europeas.



El IAC también participa en los estudios de posgrado (Máster y doctorado) que han obtenido las menciones de "Excelencia" y "Hacia la Excelencia" en todas las convocatorias del Ministerio de Educación y Ciencia.

Dentro de la actividad docente correspondiente a 2015 se impartieron los cursos que se relacionan a continuación:

## CURSOS DE DOCTORADO

### CURSOS IMPARTIDOS DENTRO DEL MÁSTER DE ASTROFÍSICA

Segundo cuatrimestre del curso académico 2014-15 (febrero a junio de 2015)

I Curso:

"Instrumentación básica"

Dr. R. J. García López (IAC-ULL)

"Cosmología"

Dr. J. Betancort Rijo (IAC-ULL)

"Técnicas de espectroscopía"

Dres. M.J. Arévalo Morales, M. Collados Vera, J. Cepa Nogue (IAC-ULL) y C. Ramos Almeida (IAC)

"Nebulosas ionizadas"

Dr. C. Esteban López (IAC-ULL)

"Exoplanetas y Exobiología"

Dres. P. Montañés Rodríguez, V. Sánchez Bejar, R. Alonso Sobrino, D. J.A. Belmonte Avilés, H. Deeg y E. Pallé Bago (IAC)

"Radioastronomía"

Dres. R.T. Génova Santos (IAC) y J. Betancort Rijo (IAC-ULL)

"Astrofísica de Altas Energías y Astropartículas"

Dres. I. Pérez Fournón y D. R.J. García López (IAC-ULL)

"Técnicas de simulación numérica"

Prof. F. Moreno Inertis (IAC-ULL) y Dr. A.C. González García (CSIC)

"Astrofísica computacional"

Prof. E. Mediavilla Gradolph (IAC-ULL)

"Física del plasma cósmico"

Prof. F. Moreno Inertis (IAC-ULL)

"Física de objetos compactos y procesos de acreción"

Dr. I. González Martínez-Pais (IAC-ULL)

"Estructura del Universo a Gran Escala"

Dr. J. Betancort Rijo (IAC-ULL)

Primer cuatrimestre del curso académico 2015-16 (septiembre de 2015-enero de 2016)

I Curso:

"Estructura y Evolución Estelar"

Dr. B. Ruiz Cobo (IAC-ULL)

"Atmósferas Estelares"

Prof. A. Herrero Davó (IAC-ULL)

"Física Galáctica"

Dr. A. Aparicio Juan (IAC-ULL)

"Física Extragaláctica"

Dres. C.M. Gutiérrez de la Cruz y M. Prieto Muñoz (IAC-ULL)

"Técnicas computacionales básicas"

Dr. S.L. Hidalgo Rodríguez (IAC)

"Técnicas observacionales básicas"

Dres. J. Cepa Nogue, M.J. Arévalo Morales y C. Lázaro Hernando (IAC-ULL)

"Técnicas Astrofísicas de Objetos Extensos"

Dr. I. Pérez Fournón (IAC-ULL)

II Curso:

"Actividades Complementarias de Investigación"

Dres. M.J. Arévalo Morales, J. Cepa Nogue y C. Lázaro Hernando (IAC-ULL)

"Espectropolarimetría en Astrofísica"

Dres. J.A. Rubiño Martín y M.J. Martínez González (IAC)

"Técnicas de programación"

Dr. A.M. de Vicente Garrido (IAC)

"Instrumentación avanzada"

Prof. F. Garzón López (IAC-ULL)

### CURSOS IMPARTIDOS EN LA LICENCIATURA DE FÍSICA

Segundo cuatrimestre del curso académico 2014-15 (febrero a junio de 2015)

GRADO EN FÍSICA:

I Curso:

"Física Básica II"

Dres. C. Régulo Rodríguez y P. Rodríguez Gil (IAC-ULL)

**III Curso:**

“Dinámica de fluidos Astrofísicos”

Dra. O. Khomenko (IAC-ULL)

“Electrónica y Óptica en Astrofísica”

Dres. J.A. Acosta Pulido y J.A. Castro Almazán (IAC)

“Técnicas Astrofísicas”

Prof. E. Mediavilla Gradolph (IAC-ULL) y

Dres. M. Mezcua Pallerola y M. Seidel (IAC)

**Primer cuatrimestre del curso académico 2015-16  
(septiembre de 2015 a enero de 2016)**

**I Curso:**

“Computación científica”

Dres. C. Esteban López (IAC-ULL),

I. Arregui Uribe-Echevarría, P.A. González Mora y

J. García Rojas (IAC)

**II Curso:**

“MM4: Ecuaciones diferenciales y variables complejas”

Dr. I. González Martínez-Pais (IAC-ULL)

**III Curso:**

“Astrofísica y Cosmología”

Prof. T. Roca Cortés (IAC-ULL)

**IV Curso:**

“Relatividad General”

Dr. F. Pérez Hernández (IAC-ULL)

“Prácticas Externas I: Gestión Proyectos de Innovación”

D. A. Sosa Méndez, Dña. I. Fernández Fuarrós,

D. J. Burgos Martín (IAC) y Dr. A. Aparicio Juan

(IAC-ULL)

“Prácticas Externas II”

Prof. F. Moreno Insertis y Dr. I. Pérez Fournon

(IAC-ULL)

GRADO EN MATEMÁTICAS:

**Segundo cuatrimestre del curso académico 2014-15  
(febrero a mayo de 2015)**

**IV Curso:**

“Análisis espectral de datos”

Dr. C. Lázaro Hernando (IAC-ULL)

**Primer cuatrimestre del curso académico 2015-16  
(septiembre de 2015 a enero de 2016)**

**I Curso:**

“Fundamentos de Física”

Dres. J. Cepa Nogué y M.J. Arévalo Morales

(IAC-ULL)

## SEMINARIOS CIENTÍFICOS

Siguiendo el programa de seminarios-charlas informativas para el personal del Instituto iniciado en 1995, cada semana y con cierto carácter informal, vienen dándose en el IAC, bajo el título de “Seminarios”, una serie de breves charlas informativas sobre el trabajo científico individual del personal del Instituto y visitantes. En el 2015 han tenido lugar los siguientes seminarios:

“Measuring galaxy clustering in photometric redshift surveys”

Dr. Aurelio Carnero Crosell (Obs. Nacional de Río de Janeiro, Brasil)

7 de enero

“Galaxy environments at low- and high-z & Constraining the dust content of tadpoles”

Dra. Rosa Calvi (IAC)

15 de enero

“On the origin of the absorption and emission line components in the spectra of PHL 293B”

Prof. Guillermo Tenorio-Tagle (INAOE, México)

22 de enero

“Aproximación científico/técnica de la Plataforma Oceánica de Canarias al conocimiento y aprovechamiento del oceano”

D. Octavio Llinais (Plataforma Oceánica de Canarias)

26 de enero

“Reading the Chemical Evolution of the Fornax dSph”

Mr. Ben Hendricks (Univ. de Heidelberg, Alemania)

27 de enero

“Very Low Mass Stars, Brown Dwarfs and Gas Giant Exoplanet”

Prof. France Allard

(Centre de Recherche Astronomique de Lyon, Francia)

29 de enero

“Solar Composition as a reference for Stars”

Dr. Nataliia Shchukina  
(Main Astronomical Obs., Academia Nacional  
de Ciencias, Ucrania)  
5 de febrero

“Search for weak periodic signals buried in noisy time series using modern Bayesian methods: secondary eclipses in Kepler light curves”

Dr. Hannu Parviainen  
(Univ. de Oxford, Reino Unido)  
10 de febrero

“The discovery of a supernova type Ia progenitor at the heart of a planetary nebula”

Dr. David Jones (IAC)  
12 de febrero

“Collisional phenomena in the lower solar atmosphere”

Dr. Jovo Vranjes (IAC)  
19 de febrero

“Morphological and Thermal Properties of The Solar Corona: Diagnostic Tools & Applications”

Dra. Chloé Guennou (IAC)  
24 de febrero

“Rare dusty galaxies in the early Universe: Herschel unveils extreme star-formation”

Dr. Julie Wardlow  
(Dark Cosmology Centre, Copenhagen, Dinamarca)  
26 de febrero

“New web technologies for modern astronomers - an interactive seminar”

Dr. Davide Ricci (IAC)  
5 de marzo

“Discovery and characterization of a planetary mass companion to the nearby M dwarf VHS J125601.92-2013125723.9.”

Mr. Bartosz Gauza (IAC)  
17 de marzo

“Probing the Dark Flow signal in WMAP 9 yr and PLANCK cosmic microwave background maps”

Dr. Fernando Atrio Barandela (Univ. de Salamanca)  
19 de marzo

“Dusting off the star formation history of AGN hosts with SHARDS”

Dr. Antonio Hernán-Caballero  
(IFCA Instituto de Física de Cantabria)  
24 de marzo

“Pieces to the puzzle of high-redshift galaxies”

Dr. Stefan Geier (GTC)  
26 de marzo

“Pluralism in contemporary cosmology”

Dr. Alan Heiblum (Univ. de Cambridge, Reino Unido)  
16 de abril

“Part 1: A supernova search in starburst galaxies & Part 2: Starbursts and EMIR project”

Dr. Matteo Miluzio (IAC)  
23 de abril

“SDSS-IV@IAC: The empire strikes back”

Dr. Carlos Allende (IAC)  
28 de abril

“Astronomical Site’s Characterization in the era of Extremely Large Telescopes: an overview of atmospheric turbulence monitoring for Adaptive Optics performance simulations”

Dr. Gianluca Lombardi (GTC)  
30 de abril

“Sobre la planimetría ortogonal en la Roma antigua: ¿Astronomía frente a Geometría?, el método de la “variatio””

Prof. Margarita Orfila (Univ. de Granada)  
5 de mayo

“An Unbiased ULIRG sample at  $z \sim 2$ ”

Dr. Jiasheng Huang  
(National Astronomical Obs. de China - Harvard  
Smithsonian Centre for Astrophysics, EEUU)  
7 de mayo

“M31N 2015-01a - A Luminous Red Nova in the Andromeda Galaxy”

Dr. Peter Pessev (GTC)  
14 de mayo

“Results from CanariCam Polarimetry: A Mid-Infrared Polarized View of Active Galactic Nuclei”

Prof. Enrique López Rodríguez  
(Univ. de Texas, EEUU)  
19 de mayo

“Tales from the Milky Way’s dwarf galaxies”

Dr. Shoko Jin  
(Kapteyn Astronomical Inst., Países Bajos)  
21 de mayo

- “Virtual Observatory Science and the ARCHES Project”  
Dr. Francisco Jiménez-Esteban  
(Centro de Astrobiología - CAB)  
22 de mayo
- “Gammaray-Astrophysics with MAGIC and CTA”  
Dr. Thomas Schweizer  
(Max-Planck-Inst. für Physics, Alemania)  
25 de mayo
- “The Extragalactic Background Light: Connecting Classical and High Energy Astronomy”  
Dr. Alberto Domínguez  
(Clemson Univ., Carolina del Sur, EEUU)  
26 de mayo
- “Dissecting local (U) LIRGs: A near-IR integral field spectroscopy perspective”  
Dr. Javier Piqueras (Centro de Astrobiología - CAB)  
2 de junio
- “The wounded Sun”  
Prof. Paul Cally (Monash Univ., Australia)  
3 de junio
- “Negative feedback in the most powerful active galaxies”  
Dra. Monserrat Villar  
(Centro de Astrobiología - CAB)  
4 de junio
- “Impact of Star Formation on Dusty and Magnetized ISM in Nearby Galaxies”  
Dr. Fatemeh Tabatabaei (IAC)  
9 de junio
- “A tale of globular clusters formation and evolution. The case of the old, metal-poor globular cluster NGC4372”  
Dr. Nikolay Kacharov  
(Univ. de Heidelberg, Alemania)  
10 de junio
- “Spectroscopic analysis of a large sample of L and T dwarfs”  
Dr. Federico Morocco  
(Univ. de Hertfordshire, Reino Unido)  
11 de junio
- “Zero Active Mass in FRW Cosmologies”  
Prof. Fulvio Melia  
(Steward Obs., Univ. de Arizona, EEUU)  
16 de junio
- “Understanding the obscuring torus and the nuclear star formation of AGN using GTC/CanariCam observations”  
Dr. Almudena Alonso  
(Instituto de Física de Cantabria)  
17 de junio
- “Is star formation a stochastic or a regulated process?”  
Prof. Pavel Kroupa (Univ. de Bonn, Alemania)  
18 de junio
- “Engineering developments for the Observatorio Astronómico de Javalambre”  
D. Áxel Yanes (Obs. de Javalambre, Teruel)  
18 de junio
- “Systems Engineering”  
Dra. Gelys Trancho (GMT)  
23 de junio
- “The Scaling Relations of Cluster Galaxies”  
Dr. Nathalie Ouellette (Queen’s Univ., Reino Unido)  
29 de junio
- “Tests for the Expansion of the Universe”  
Dr. Martín López-Corredoira (IAC)  
30 de junio
- “Near-Infrared colors of minor planets recovered from VISTA - VHS survey”  
Dr. Marcel Popescu (IMCCE)  
2 de junio
- “New Advances in Nebular Spectroscopy of Heavy Elements”  
Dr. Nicholas Sterling (Univ. de West-Georgia, EEUU)  
7 de julio
- “Probing the nature of Dark Matter with the SKA”  
Dr. Sergio Colafrancesco  
(Univ. de Witwatersrand, Sur África)  
8 de julio
- “Exploring the diversity of exoplanet atmospheres from the ground with the ACCESS Survey”  
Mr. Néstor Espinoza (Univ. Católica de Chile)  
9 de julio
- “Quasars as a tracer of large-scale structure at  $z \sim 0.5$ ”  
Dr. Hyunmi Song (KIAS, Korea)  
16 de julio

“Hot Bubbles in Nebulae around Evolved Stars: probing stellar evolution”

D. Jesús Toala (IAA)  
16 de julio

“The last asymptotic giant branch star”

Dr. María Lugaro (Konkoly Obs., Budapest, Hungría)  
30 de julio

“The XLENs Project: Constrain the Initial Mass Function and the Luminous & Dark Matter distribution in massive Early-Type Galaxies”

Dr. Chiara Spiniello  
(Max Planck Inst. für Astrophysics, Alemania)  
8 de septiembre

“Fifty years of secular evolution in galaxies: where do we stand?”

Dr. Dimitri Gadotti (ESO)  
17 de septiembre

“So you think you know about microwaves?”

Dr. Roger Hoyland (IAC)  
24 de septiembre

“Are mobile phones a danger to your health? (Part II)”

Dr. Roger Hoyland (IAC)  
29 de septiembre

“Reionization and Dwarf Galaxies”

Prof. Evan Skillman (Univ. de Minnesota, EEUU)  
1 de octubre

“Stars at the Eddington limit”

Prof. Norbert Langer  
(Argelander Inst., Univ. de Bonn, Alemania)  
6 de octubre

“The SARA Consortium: A Virtual Astronomy Department”

Prof. Terry Oswalt  
(Embry-Riddle Aeronautical Univ., Florida, EEUU)  
9 de octubre

“Localized starbursts in dwarf galaxies produced by impact of low metallicity cosmic gas cloud”

Dr. Jorge Sánchez-Almeida (IAC)  
15 de octubre

“First light of CARMENES, the Calar Alto exoplanet hunter”

Dr. José Caballero (Centro de Astrobiología - CAB)  
22 de octubre

“Physical Characterization of Brown Dwarfs”

Dra. Elena Manjavacas (IAC)  
29 de octubre

“Peering into the origin of substructures in M31 using planetary nebulae”

Dr. Xuan Fang (IAA)  
4 de noviembre

“The Science of Space Weather”

Ms. Judith T. Karpen (NASA)  
18 de noviembre

“J-PAS and J-PLUS: Large Sky Multi-filter Surveys from the Javalambre Observatory”

Dr. Javier Cenarro (CEFCA)  
24 de noviembre

“Planet-star-Galaxy connection”

Dr. Vardan Adibekyan (Univ. de Oporto, Portugal)  
25 de noviembre

“Gamma rays from the Universe’s middle age: pushing Very High Energy Astrophysics boundaries with MAGIC”

Dra. Marina Manganaro (IAC)  
1 de diciembre

“Constraints on the stellar IMF of early-type galaxies from optical and NIR spectral features”

Dr. Francesco La Barbera (INAF)  
3 de diciembre

“Medical Image Computing and its Applications to Clinical Practice”

Dr. Juan Ruiz Alzola (ULPGC)  
17 de diciembre

“Molecular cloud structure and its connection to star-formation at Galactic scales”

Mr. Jorge Abreu-Vicente  
17 de diciembre

## COLOQUIOS IAC

Siguiendo el programa iniciado en 1991, el IAC organiza una serie de conferencias de especial relevancia a las que asiste como invitado un científico de prestigio internacional. Con ello se pretende que los distintos grupos de Investigación tengan una oportunidad complementaria de establecer relaciones con personalidades científicamente relevantes, activas y en vanguardia a nivel mundial. Durante el 2015 tuvieron lugar los siguientes coloquios:

“The Peripheries of Nearby Galaxies: Dim but not Dull”  
 Prof. Annette Ferguson  
 (Obs. de Edinburgo, Reino Unido)  
 12 de marzo

“The Peripheries of Nearby Galaxies: Dim but not Dull”  
 Prof. Malcolm Longair  
 (Univ. de Cambridge, Reino Unido)  
 17 de marzo

“The jet feedback mechanism: from supernovae to clusters of galaxies”  
 Prof. Noam Soker (TECHNION, Israel)  
 10 de septiembre

“Simulating the formation of galaxies”  
 Prof. Joop Schaye (Univ. de Leiden, Países Bajos)  
 8 de octubre

“Critical Tests of Theory of the Early Universe using the Cosmic Microwave Background”  
 Prof. Eiichiro Komatsu  
 (Max Planck Inst. for Astrophysics, Alemania)  
 12 de noviembre

## BECAS

### ESTUDIANTES DE DOCTORADO

#### Becas de iniciación a la investigación en Astrofísica

El Programa de verano 2015 (1 de julio - 15 de septiembre) ha ofrecido 8 becas a estudiantes de Máster y de los últimos cursos de Grado, para integrarse en grupos de investigación del IAC como iniciación a la investigación en Astrofísica. La convocatoria tiene carácter internacional.

En el 2015 se concedieron becas de verano a los siguientes estudiantes:

- Gonzalo Alonso Álvarez (Univ. de Zaragoza)  
 Proyecto: “Study of the polarization of point sources in the QUIJOTE fields and characterization of the first data of the TGI instrument”

Directores: Dres. Ricardo Génova y Frederick Poidevin

- Pablo Hernández Garrido (Univ. de Santiago de Compostela)  
 Proyecto: “Arqueología galáctica en la Pequeña Nube de Magallanes: dinámica y evolución química”

Director: Dr. Ricardo Carrera

- Roi Naveiro Flores (Univ. de Salamanca)  
 Proyecto: “Searching for star clusters in IC 1613 with Subaru imaging”

Directores: Dres. Michael Beasley; Giuseppina Battaglia y Matteo Monelli

- Álvaro Hernández Cabezudo (Univ. de Salamanca)  
 Proyecto: “The detailed panchromatic view of Andromeda nuclear filaments using GALFIT”

Directores: Drs. Alina Strablyanska y Almudena Prieto

- Alberto Escrivá Mañas (Univ. de Barcelona)  
 Proyecto: “The stellar content in the outskirts of early-type galaxies”

Directores: Dres. Alejandro Vazdekis y Francesco La Barbera

- Marta Reina Campos (Univ. de Barcelona)  
 Proyecto: “Pattern Recognition and Scaling Analysis of Astronomical Images”

Directores: Dres. Fátima Tabatabaei y Johan Knapen

- Carlos A. Cruz Rodríguez (Univ. de La Laguna)  
 Proyecto: “Simulating real HST observational condition on synthetic, resolved stellar populations”

Directores: Dres. Antonio Aparicio y Sebastián Hidalgo

- Joseph John Fernández (Univ. de La Laguna)  
 Proyecto: “Searching for coma activity in Asteroids in Cometary Orbits (ACOs)”

Director: Dr. Javier Licandro

#### Nuevos Astrofísicos Residentes

Dentro del programa de Astrofísicos Residentes para realizar la tesis doctoral en el IAC, se han concedido nuevos contratos predoctorales a los siguientes estudiantes:

- Pedro Alonso Palicio  
 Proyecto: “Bar and bulge of the Milky Way in the GAIA era”

Directores: Dres. Inmaculada Martínez y Carlos Allende  
 Tutor: Dra. Inmaculada Martínez

- Patricia Chinchilla Gallego  
 Proyecto: “Search for super-Jupiters around nearby stars”

Director: Dr. Víctor Sánchez Béjar  
 Tutor: Dr. Víctor Sánchez Béjar

- Felipe Jiménez Ibarra  
 Proyecto: “The origin of the multi-wavelength variability in accreting black holes and neutron stars”

Director: Dres. Jorge Casares y Teodoro Muñoz  
 Tutor: Dr. Teodoro Muñoz

- Elena Alegría Nadine Mohd Noh-Velastin  
Proyecto: "The center of an active galaxy: rage and power of starving black holes"

Director: Dra. Almudena Prieto  
Tutor: Dr. José Antonio Acosta

- Efsan Sökmen  
Proyecto: "The star formation history of the milky way bulge by eyes of the ESO-VVV survey"

Directores: Dres. Antonio Aparicio y Sebastián Hidalgo  
Tutor: Dr. Antonio Aparicio

En octubre de 2012, el Ministerio de Economía y Competitividad y la Fundación "La Caixa" subscriben un convenio Marco de Colaboración en virtud del cual el Programa Internacional de Becas de Doctorado de la Fundación "La Caixa", destinado inicialmente a 4 centros de investigación biomédica, se vincula a los centros acreditados con el distintivo de excelencia Severo Ochoa. Por este motivo, en enero de 2013 se firma el Convenio de Colaboración entre el IAC y Fundación "La Caixa", que abre el "Programa Internacional de Becas de Doctorado La Caixa-Severo Ochoa".

El objetivo del convenio es establecer el esquema y los compromisos de la colaboración entre las entidades firmantes para ofertar contratos predoctorales en el IAC para la realización de tesis doctorales dentro del programa de doctorado del Departamento de Astrofísica de la Universidad de La Laguna.

Dentro del Programa Internacional de Becas de Doctorado La Caixa-Severo Ochoa 2015, para realizar la tesis doctoral en el IAC, se han concedido contratos a los siguientes estudiantes:

- Carina Fian  
Proyecto: "Aplicación de las lentes gravitatorias al estudio de la estructura de los quásares y de las galaxias lente"

Director: Prof. Evencio Mediavilla  
Tutor: Prof. Evencio Mediavilla

- Francesca Pinna  
Proyecto: "Unveiling the chemo-dynamical properties and origin of thick disks in spiral galaxies"

Director: Dr. Jesús Falcón  
Tutor: Dr. Jesús Falcón

#### Estudiantes de doctorado (Becas) con otras fuentes de financiación

Dentro del programa de becas FPI financiadas por el Ministerio de Economía y Competitividad, han iniciado la tesis en el IAC los estudiantes:

- Pablo Arrabal Haro – FPI - Severo Ochoa  
Proyecto: "The sources responsible of the re-ionization of the Universe"

Directores: Dres. José M. Rodríguez y Casiana Muñoz-Tuñón

- Víctor Pérez Mesa – FPI - Severo Ochoa  
Proyecto: "Estrellas AGB masivas y su influencia durante la formación del sistema solar temprano"

Directores: Dres. Aníbal García, Arturo Manchado y Olga Zamora

- Jorge Prieto Arranz – FPI - Severo Ochoa  
Proyecto: "Detection and characterization of exoplanets around bright stars"

Director: Dr. Enric Pallé

- Alejandro Lumbreras Calle – FPI  
Proyecto: "El papel de los estallidos de formación estelar en la formación y evolución de galaxias: Estallidos 5"

Directora: Dra. Casiana Muñoz-Tuñón

- Cristina Martínez Lombilla – FPI  
Proyecto: "La estructura y evolución de las galaxias y sus regiones centrales"

Director: Dr. Johan Knapen

- Javier Román García – FPI  
Proyecto: "Galaxias reales y virtuales: La formación de las galaxias a lo largo de la historia cósmica"

Director: Dr. Jesús Falcón

## TESIS DOCTORALES

En el 2015 se leyeron 16 tesis doctorales.  
(Ver PRODUCCIÓN CIENTÍFICA)

## XXVII ESCUELA DE INVIERNO "Astrofísica en Alta Resolución Temporal"

Este año tuvo lugar la vigesimoséptima edición de la Escuela de Invierno de Astrofísica de las Islas Canarias, cuyo título fue "High Timer Resolution Astrophysics". Se celebró del 9 al 20 de noviembre y por tercera vez en la sede central del Instituto de Astrofísica de Canarias en La Laguna. En esta edición, los cursos fueron impartidos por siete profesores expertos en distintos aspectos relacionados con la Astrofísica de alta resolu-

ción espacial. Se impartieron un total de 40 horas de clase y asistieron 17 alumnos de 6 países que actualmente preparan su tesis doctoral, o la han terminado recientemente, sobre un tema relacionado con el de la escuela. Se concedieron 3 ayudas a los asistentes. Dentro de las actividades paralelas a la escuela, los estudiantes y profesores visitaron el Instituto de Astrofísica, el Observatorio del Teide (Tenerife) y el Observatorio del Roque de los Muchachos (La Palma).

La dirección y organización estuvo a cargo de los Dres. Tariq Shabaz (IAC), Teodoro Muñoz-Darias (IAC), Jorge Casares Velázquez (IAC), Antonio Aparicio Juan (IAC/ULL) y Rafael Rebolo (IAC). Cambridge University Press editará el curso dentro de su serie dedicada a las Escuelas de Invierno de Astrofísica de las Islas Canarias. La relación de profesores y temas tratados es la siguiente:

RADIATION PROCESSES AND MODELS

Julian Malzac, Univ. de Toulouse, Francia

RADIO OBSERVATIONS OF PULSARS AND X-RAY BINARY SYSTEMS

Andrea Possenti, Obs. de Cabliari, Italia

OPTICAL OBSERVATIONS OF STELLAR AND NON-STELLAR OBJECTS

Danny Steeghs, Univ. de Warwick, Reino Unido

X-RAY OBSERVATIONS OF X-RAY BINARIES AND AGN

Tomaso Belloni, Obs. de Brera, Italia

INSTRUMENTATION - I

Phil Charles, Univ. de Southampton, Reino Unido

INSTRUMENTATION - II

Vik Dhillon, Univ. de Sheffield, Reino Unido

GAMMA-RAY OBSERVATIONS OF X-RAY BINARIES”

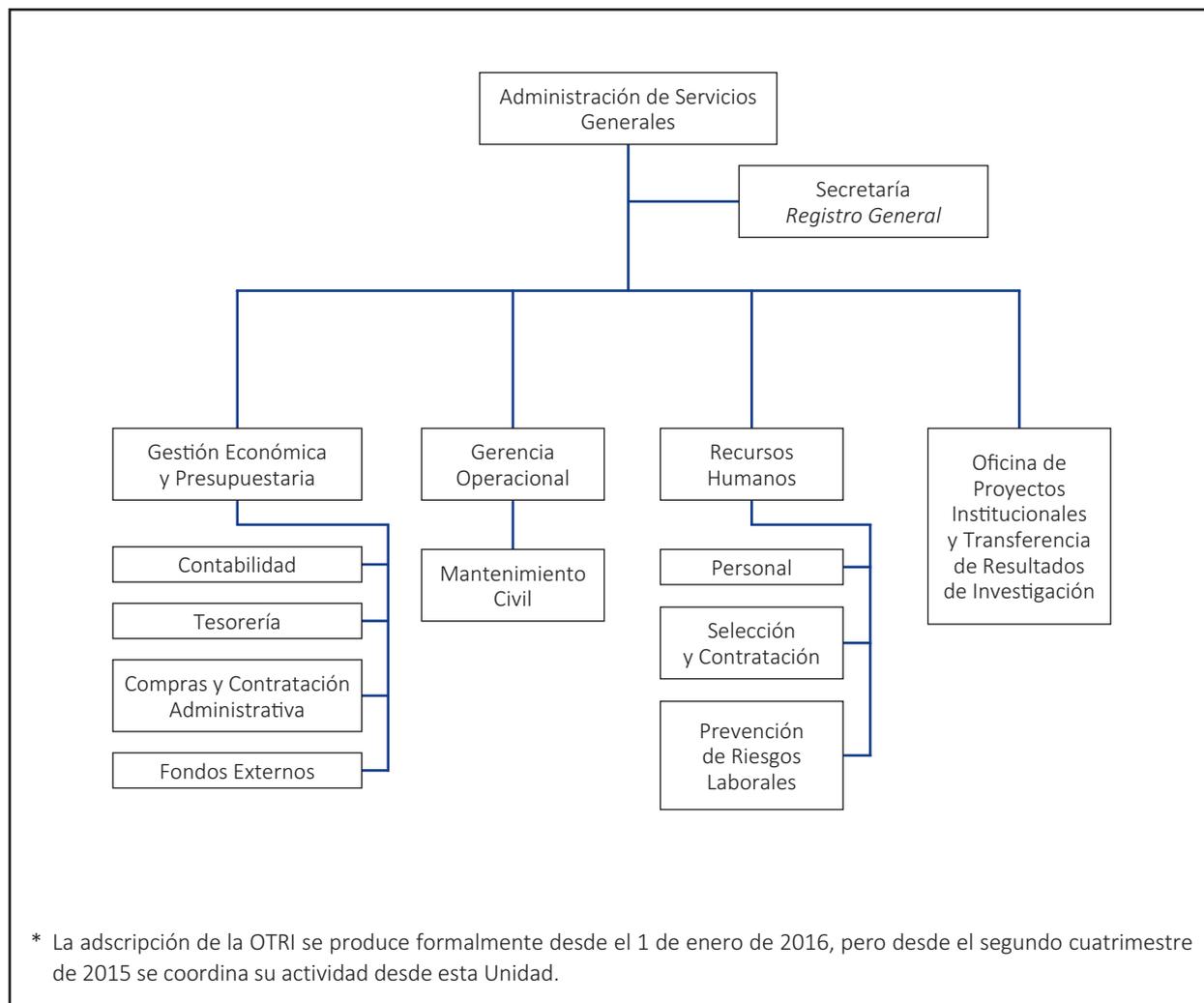
Elizabeth Ferrara, NASA Goddard Space Flight Center Univ. de of Maryland, EEUU





# ADMINISTRACIÓN DE SERVICIOS GENERALES

**L**a Administración de Servicios Generales tiene a su cargo las funciones administrativas y operacionales, de recursos humanos y gestión de proyectos institucionales y transferencia de tecnología, para dar soporte a la actividad del IAC y apoyo a la Dirección.



Los objetivos específicos durante el 2015, además de los propios relacionados con las funciones de sus distintas Unidades, fueron los siguientes:

- Acciones específicas hacia la optimización de recursos y reestructuración.
- Desarrollo de un expediente de promoción interna para personal laboral en el IAC.
- Búsqueda de soluciones para la provisión de soporte administrativo ante cargas puntuales de trabajo.
- Contribuir a una rápida y eficaz gestión de los procesos de compras y contratación administrativa con cumplimiento de plazos.
- Analizar la situación y principales problemas con los procesos de compra de material informático en el IAC, para la propuesta de acciones de mejora en 2016.
- Una mayor informatización de la gestión administrativa del centro.
- Llevar a cabo el anteproyecto de construcción del nuevo edificio en la Sede Central.
- Continuar con las acciones de apoyo a la Dirección en relación con los grandes proyectos institucionales del IAC, especialmente los de infraestructura científica, así como con los órganos de gobierno, comisiones y grupos de trabajo.
- Coordinación de las actividades del Grupo de Procesos y optimización de los mismos.

En la consecución de estos objetivos, tanto para este año como para los siguientes, y para todos sus ámbitos de actuación, la actividad se desarrolla en torno a cuatro pilares fundamentales: (1) orientación a usuario; (2) optimización de todos los procesos implicados; (3) eficiencia de los recursos disponibles, humanos y económicos; y (4) adaptación de procesos y relación con usuarios hacia una gestión telemática y administración electrónica.

## ADMINISTRACIÓN DE SERVICIOS GENERALES EN GRANDES CIFRAS

### Gestión económica y presupuestaria

Contabilidad	Nº	Valor k€
Facturas tramitadas	5.451	9.192
Altas de inventario	708	3.218

Tesorería	Nº	Importe k€
Órdenes de pago tramitadas	8.362	25.502
Expedientes de viaje	1.819	833

Compras Generales	Nº	Importe k€
No informáticas	401	1.279
Informáticas	79	199
Biblioteca	22	43
Dir. Gral. de Racionalización y CC	24	151
IN / OUT mercancías no asociadas a compras	267	40
Certificados de exención tránsito La Palma	98	N/A
* La actividad de compras generales durante 2015 ha aumentado un 11% respecto al año anterior, en el número de expedientes, y en un 14% en cuanto al presupuesto implicado.		

Licitaciones por procedimiento adjudicación	Nº	Importe k€
Contrato menor	3	48
Negociado sin publicidad	23	939
Procedimiento abierto	5	1.138
Prórrogas	14	527
* La actividad en licitaciones durante 2015 ha aumentado un 10% respecto al año anterior, en el número de expedientes, y en un 30% en cuanto al presupuesto implicado.		
* Las prórrogas tramitadas están relacionadas en su totalidad con la continuidad de servicios. El resto de expedientes corresponden en número a un 20% servicios y un 80% suministros, representando en importe algo más del 10% para servicios y casi el 90% para suministros. La actividad		

Fondos Externos	Nº	Importe k€
Requerimientos tramitados	50	–
Auditorías	4	–
Subvenciones justificadas	101	6.690
* La actividad en gestión de fondos externos durante 2015 ha aumentado un 58% respecto al año anterior en el número de expedientes, y en proporción equivalente en presupuesto.		

## Gerencia operacional

	Nº	Importe k€
Nuevas obras e instalaciones	5	52
Seguimiento de servicios externos	24	734
Actuaciones específicas en mantenimiento civil	2.376	163
Actuaciones específicas en seguridad	4	16
Actuaciones específicas en gestión medioambiental	3	15

## Recursos humanos

Selección y Contratación	Nº	Importe k€
Procesos selectivos de personal funcionario	3	–
Procesos selectivos iniciados de personal laboral	72	–
Contratación laboral temporales financiación interna	14	–
Contratación laboral temporales financiación externa	25	–
Contratación laboral temporal Prog. Garantía Juvenil	6	–
Contratación laboral temporal predoctorales	13	–
Procesos selectivos de promoción interna	26	–

Prevención de Riesgos Laborales	Nº	Importe k€
Especialidades preventivas cubiertas	3	–
Trabajadores cuyos puestos han sido evaluados	324	–
Trabajadores con reconocimiento general de salud	230	–
Trabajadores a los que se les ha dado formación	154	–
Accidentes de trabajo investigados	10	–
Cursos de formación en PRL	10	–
Simulacros de emergencia	1	–
<i>* No se produjo ningún accidente de trabajo de carácter grave y sólo 1 de los 10 accidentes de trabajo causa baja laboral por accidente de carácter leve.</i>		

Formación, Acción Social e Igualdad	Nº	Importe k€
Acciones formativas financiadas por INAP	6	13
Acciones formativas financiadas por IAC – presupuesto específico formación	9	25
Becas de formación convocadas	15	–
Solicitudes financiadas por el Plan Acción Social	264	20
<i>* Elaboración 2º Plan de Igualdad. Se incorpora el IAC a un proyecto Europeo de Igualdad de Género en Centros de Investigación en Física.</i>		

Oficina de Proyectos  
Institucionales y  
Transferencia de Resultados  
de Investigación

Financiación y gestión expedientes y proyectos	Nº	Importe k€
Solicitudes de financiación externa tramitadas	55	23.800
Solicitudes de financiación externa concedidas	24	8.386
Expedientes OTRI tramitados electrónicamente	312	–
Evaluaciones on-line recibidas a expedientes OTRI	50	–
Grandes proyectos institucionales gestionados	9	–
Informes sobre actividad y capacidad del IAC	20	–
Oportunidades de financiación difundidas	50	–
Jornadas informativas	2	–
* El nº de expedientes OTRI tramitados por vía telemática ha aumentado en 2015 un 19% respecto al año anterior, incluso cuando la OTRI contó con un efectivo menos a partir del 1 de abril.		

Registro General

	Nº	Valor k€
Entradas Dirección	263	–
Salidas Dirección	185	–
Entradas IAC	2.218	–
Salidas IAC	756	

## GERENCIA ADMINISTRATIVA

### Gestión Económica y Presupuestaria

Gerencia Administrativa es responsable de la gestión contable, financiera, económica, administrativa y presupuestaria, dando soporte a la actividad general del IAC. Para llevar a cabo sus fines, se estructura en unidades específicas: Contabilidad, Tesorería, Fondos Externos, y Compras y Contratación Administrativa.

Entre las principales actividades que son propias de la Gerencia Administrativa están las de impulsar y participar en la elaboración de los presupuestos anuales del centro, asesorar al resto de Áreas y Unidades sobre los procesos de gestión y control de los fondos internos y externos, y mantener actualizada la información contable y presupuestaria. Por la naturaleza de sus competencias, sirve de enlace en las relaciones con otras administraciones públicas, como la IGAE, AEAT y otras.

Durante el pasado 2015 ha seguido operando como vínculo con el INE y resto de entidades que solicitan datos para la elaboración de informes de esta naturaleza. De este modo, se han cumplimentado las en-

cuestas solicitadas relativas a comercio internacional de servicios, encuestas trimestrales de confianza empresarial, estadística de créditos públicos de I+D, actividades de I+D, encuesta TIC y e-comercio, etc.

Desde el punto de vista de la mejora de la gestión, se han implementado las recomendaciones incluidas en los informes de las auditorías y control financiero. Por ello, en la formulación de las cuentas anuales del 2015 se incluye la tabla de elementos de coste, y está muy avanzada la personalización del modelo de costes por actividades. Además, se han definido las condiciones técnicas para implementar el inventario de activos y se han actualizado las normas de compras al contado.

En lo que respecta a la gestión de los procesos, se ha estabilizado el proceso de compras y contratación administrativa. Teniendo como objetivo las mejoras al usuario se han aprobado y publicado las “guías” para la formulación de solicitudes de pedido de compras generales y de licitaciones, que han servido incluso de modelo para elaborar las guías del resto de procesos del IAC. Se ha abordado conjuntamente con el SIC, la mejora del subproceso de compras informáticas, con el objetivo de simplificar y estandarizar el mismo.

En relación con la tramitación de fondos externos, se han revisado y actualizado los procedimientos de gestión de subvenciones. Para ello, se ha aprobado la clasificación de estos fondos en financiación afectada y no afectada. Por el lado de los ingresos, se dispone ya de una visión actualizada e integrada de los acuerdos, convenios, contratos y ayudas a facturar que ha posibilitado la emisión de las facturas desde SAP. Se ha actualizado el Plan General Contable acercándolo a un sistema más financiero, adaptado a la gestión de presupuesto no limitativo.

Otra de las mejoras trascendentes en el año, ha sido la aprobación y puesta en marcha de un fondo operativo de Tesorería para gestionar con mayor agilidad los pagos relacionados con los viajes y también las facturas de contado que el acreedor acepte cobrar mediante transferencia bancaria.

Un ejemplo del impulso de la gestión por procesos ha sido la mejor coordinación de las unidades de contabilidad, compras y contratación, OTRI y fondos externos para realizar las tareas de justificación de la financiación competitiva obtenida por el IAC, y que tiene como objetivo mejorar la eficiencia en los procesos y recursos.

En el plano de la formación, se ha organizado una acción formativa transversal a la que han asistido un grupo de gestores del Área de Instrumentación y personal de la unidad de compras y contratación administrativa, denominada “Gestión de contratos administrativos en el IAC”. Además, el personal de la Gerencia Administrativa ha asistido a un curso de “Control Financiero de las subvenciones públicas” y ha participado en un seminario de Excel avanzado.

## GERENCIA OPERACIONAL

La Gerencia Operacional es responsable de los siguientes servicios:

- Gestión de Servicios Externos, incluyendo la definición de los pliegos de prescripciones técnicas y el seguimiento de las más de una docena de empresas externas que prestan servicios para el funcionamiento ordinario y continuado de la Sede Central.
- Gestión de obras y nuevas Instalaciones, desde la definición del alcance, el control de los proyectos y la contratación y supervisión de las empresas que realizan obras nuevas o de reparación, tanto civiles como de instalaciones.
- Gestión del Mantenimiento general del edificio, sus instalaciones y equipos; y el mantenimiento de los vehículos asignados a la Sede Central y al Observatorio del Teide.
- Coordinación de Actividades Empresariales, en estrecha colaboración con la Unidad de Prevención de Riesgos Laborales.
- Gestión Medioambiental y Gestión Energética del edificio.
- Adquisición de mobiliario y otro equipamiento general para los más de 300 puestos de trabajo existentes en la Sede Central.
- Coordinación con empresas de suministro eléctrico, agua y telefonía, y relaciones y gestiones con las administraciones locales y Cabildo, en este ámbito de competencia.
- Jefatura de Emergencias de la Sede Central, incluyendo formación, entrenamiento y dirección de una veintena de personas que conforman los equipos de primera intervención.

Dentro del plan de obras de mejora y de mantenimiento en 2015, se realizaron numerosos trabajos en el interior y en el exterior del edificio. Entre ellos, destaca

la continuación de las mejoras en las instalaciones eléctricas de baja tensión, promoviendo la seguridad y el ahorro energético. También se continuó con el pro-

grama de pintura en el interior del edificio y de impermeabilización de azoteas con poliurea en caliente. Asimismo, se realizaron obras de remodelación de aseos (2 en investigación y el vestuario de taller de mecánica).

En 2015, la Gerencia Operacional organizó y llevó a cabo un curso para 15 personas, sobre "Sensibilización en la Gestión medioambiental", con una duración de 14 horas. El curso incluyó herramientas y sistemas para la gestión ambiental, legislación medioambiental de

aplicación para el IAC, requisitos de control operacional de emisiones, vertidos, residuos y de otros aspectos ambientales que de alguna forma están relacionados con nuestra actividad.

También, dentro de los proyectos especiales de calidad en la Gestión Medioambiental, en 2015 la Gerencia Operacional puso en marcha, con éxito, los primeros módulos de prueba del futuro sistema de climatización alimentado por energía solar fotovoltaica.

## Ejecución del Presupuesto 2015

### Gastos realizados

DESTINO FONDOS	(Miles de €)
- Personal .....	13.967,46
- Funcionamiento (suministros y m. fungible) .....	7.634,28
- Financieros .....	171,28
- Transferencias corrientes .....	294,68
- Inversiones reales .....	3.178,77
- Activos financieros .....	67,20
- Pasivos financieros.....	19,96
- Compras .....	1.982,76
<b>TOTAL GASTOS .....</b>	<b>27.316,39</b>
<b>FONDO MANIOBRA NEGATIVO.....</b>	<b>- 293,56</b>

### Financiación generada

ORIGEN FONDOS	(Miles de €)
<b>DE LAS ADMINISTRACIONES CONSORCIADAS.....</b>	<b>11.944,59</b>
- Administración del Estado .....	8.076,62
- Comunidad Autónoma.....	3.867,97
- Universidad de La Laguna .....	0,00
- CSIC .....	0,00
<b>DE OTRAS INSTITUCIONES .....</b>	<b>15.078,24</b>
- MEC - Dirección General del Tesoro.....	6.240,32
- INAP .....	12,76
- CSIC .....	0,00
- Comunidad Autónoma/Canarias Cultura en Red...	300,05
- UE.....	5.406,39
- Universidad de La Laguna .....	5,90
- GRANTECAN S.A. ....	344,19
- FECYT .....	24,00
- Venta de servicios .....	1.673,19
- Otros ingresos .....	1.071,44
<b>TOTAL FINANCIACION .....</b>	<b>27.022,83</b>

## RECURSOS HUMANOS

En el 2015 se lleva a cabo la adscripción de Recursos Humanos y de las unidades y personal que de él dependen a Administración de Servicios Generales. Asimismo, la Unidad de Personal, que dependía hasta este momento de Gerencia Administrativa, pasa a Recursos Humanos. De esta forma, bajo este departamento se encuentran ahora las unidades y servicios de Personal, de Selección y Contratación y de Prevención de Riesgos Laborales.

Las novedades y actividad más destacadas durante 2015 son las siguientes:

### PERSONAL

**Personal funcionario**  
Efectivos a 31 de diciembre  
(fuente DARETRI)

<b>Personal funcionario:</b>	<b>32 (28H/4M)</b>
------------------------------	--------------------

En relación con la Oferta de Empleo Público de 2014, tomaron posesión de su plaza durante 2015 el Dr. Nicola Lodieu (Turno libre: Escala de Científicos Titulares de OPIS, Nivel 26) y el Dr. Johan Knapen (Turno Promoción interna. Investigador Científico. Nivel 28).

La Oferta de Empleo Público 2015 ha sido la siguiente:

- Orden ECC/2181/2015, de 9 de octubre, por la que se convoca proceso selectivo para ingreso, por el sistema general de acceso libre, en la Escala de Científicos Titulares de los Organismos Públicos de Investigación (BOE nº 251 20/10/2015) - 3 plazas.
- Orden ECC/2911/2015, de 18 de diciembre, por la que se convoca proceso selectivo para ingreso, por promoción interna, en la Escala de Investigadores Científicos de los Organismos Públicos de Investigación. (BOE nº 11 13/01/2016) - 4 plazas.
- Orden ECC/2912/2015, de 18 de diciembre, por la que se convoca proceso selectivo para ingreso, por promoción interna, en la Escala de Profesores de Investigación de los Organismos Públicos de Investigación. BOE nº 11 de 13/01/2016) - 2 plazas.

En 2015, además, se jubiló el Dr. Manuel Vázquez Abeledo, funcionario de carrera, Coordinador de Proyectos del IAC, perteneciente a la escala de Científico Titular de OPIS, así como D. Rafael Arnay de la Rosa, Administrador de Servicios Generales.

**Personal laboral**  
Efectivos a 31 de diciembre  
(fuente DARETRI)

<b>Personal directivo:</b>	<b>2 (2H/0M)</b>
<b>Personal laboral fijo:</b>	<b>141 (96H/45M)</b>
Convenio	80 (53H/27M)
Fuera de Convenio	61 (43H/18M)
<b>Personal laboral temporal:</b>	<b>159 (95H/64M)</b>
Convenio	7 (3H/4M)
Fuera de Convenio	152 (92H/60M)
<b>TOTAL</b>	<b>302 (193H/109M)</b>

Como Oferta de Empleo Público se produjo en 2015 la de Investigador Distinguido. Asimismo, a finales de año se convocó concurso público para la contratación de un Directivo para hacerse cargo de la Unidad de Administración de Servicios Generales. El Director resolvió la convocatoria a mediados de noviembre, produciéndose la incorporación de D. Jesús Burgos Martín, el 1 de diciembre, como Administrador de Servicios Generales.

En este año se jubiló D. Luis M. Chinarro Fuentes, laboral fijo, con la categoría profesional de Observador.

Por otra parte, al amparo de una convocatoria de la Secretaría de Estado de Investigación, Desarrollo e Innovación, para la promoción del empleo joven, se concedieron al IAC ayudas para un total de 9 actuaciones. Tras los correspondientes procesos selectivos se formalizaron seis contratos en prácticas subvencionados en el marco del Sistema Nacional de Garantía Juvenil y con la financiación del Fondo Social Europeo.

## PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES

En materia de prevención de riesgos laborales, podemos destacar durante 2015 lo siguiente:

- Nº de trabajadores cuyos puestos han sido evaluados: 324
- Nº de trabajadores a los que se les ha proporcionado formación: 154
- Nº de puestos, equipos o instalaciones modificados/sustituidos: 3
- Nº de Accidentes de trabajo investigados: 10. Sin baja 9 (6M/3H). Con baja a (1M)
- Enfermedades profesionales con baja/sin baja: 0/0
- Nº de acciones (excepto formación) para integrar la PRL en la organización: 2
- Nº de simulacros de emergencia: 1
- Vigilancia de la salud: Riesgos “administrativos” (PVD, etc.) 217; riesgos químicos 139; riesgos físicos 139; riesgos biológicos 15
- Cursos de formación en prevención de riesgos laborales: 10 cursos

Título de los cursos	Nº ediciones	Tipo curso *	Tipo Asistencia	Nº alumnos
Básico de PRL - 50 horas	5	1.1	On-line	21
Primeros auxilios	5	1.1	Presencial	8
Manejo carretillas elevadoras	1	2.2	Presencial	19
R&M Puesto de mantenimiento	2	1.1	Presencial	25
R&M Trabajos en altura	3	1.1	Presencial	21
R&M en el puesto	2	1.1	Presencial	29
Plan Emergencias. Criterios de actuación	1	1.1	Presencial	3
Conducción en condiciones peligrosas	1	5.2	Presencial	12
Igualdad de oportunidades y prevención violencia de género	2	7.2	Presencial	29
Mantenimiento. Higiénico sanitario de instalaciones con riesgo de legionella	1	2.2	Presencial	1
* Tipo de curso: 1.1 General de PRL, nivel básico; 2.2 General Seguridad, nivel técnico; 5.2 Específico Seguridad, nivel técnico; 7.2 Específico Psico/ergonomía, nivel técnico 7.2.				

## FORMACIÓN

Durante 2015 se convocaron las siguientes becas de formación:

- 6 becas de verano dirigidas a estudiantes universitarios, que estén cursando los últimos cursos de la carrera para su formación en la investigación astrofísica.
- 8 becas de verano para la formación en desarrollo tecnológico dirigidas a estudiantes universitarios de titulaciones superiores, que estén cursando los últimos cursos de la carrera o sean recién titulados.
- 1 beca de verano para la formación en comunicación y divulgación de la cultura científico-técnica en un centro de investigación dirigidas a titulados universitarios recientes.

Por otra parte, el INAP, en la convocatoria correspondiente a este año para la concesión de las subvenciones destinadas a la financiación de formación en el marco de la AFEDAP, concedió una ayuda para formación continua de 12.908,16 €, que fue gestionada en su práctica totalidad (99,9%) para la organización de los siguientes cursos, que totalizaron 83 horas formativas, para 104 personas (70H/34M):

- Manejo de carretillas: 12 horas. Asistencia: 19 (16hH/3M)
- Conducción de riesgo: 9 horas. Asistencia: 12 (10H/2M)
- Contratación administrativa: 12 horas. Asistencia: 17 (9H/8M)
- Microsoft Excel avanzado: 18 horas. Asistencia: 11 (0H/11M)
- Igualdad de oportunidades y prevención de violencia de género: 16 horas. Asistencia 29 (22H/7M)
- Sensibilización medioambiental: 16 horas. Asistencia: 16 (13H/3M)

También se impartieron, con cargo a financiación interna del centro, y para lo que se destinaron un total de 25.000 euros que se ejecutaron en su totalidad, las siguientes acciones: Gestión integral de edificios; mantenimiento higiénico sanitario de instalaciones con riesgos de legionella; gestor de comunicaciones CISCO; modelo costes para las Administraciones Públicas; developing applications with JAVA EE6 on Weblogic server 12c; control financiero de Subvenciones Públicas; diseño, fabricación y modelado de materiales compuestos (AyS-gaiker); redacción y estilo; mantenimientos de rodamientos y alineación de máquinas.

## ACCIÓN SOCIAL

El Plan de Acción Social ha sido elaborado por la Comisión de Acción Social (CAS) del IAC, partiendo de los planes establecidos en años anteriores, y los criterios marcados por la Comisión Paritaria del IAC, Convenio Colectivo del IAC, Plan de Igualdad del Ministerio de Política Territorial y de la Administración Pública, Plan de Igualdad del IAC y Resolución de 28 de julio de 2011, de la Secretaria de Estado para la Función Pública, sobre el acuerdo para los criterios comunes aplicables a los Planes de Acción Social en la AGE.

El presupuesto para 2015 ascendió a 20.000 euros y se ejecutó en su totalidad.

Tipo de ayuda	Nº solicitudes
1. Conciliación de la vida laboral y personal	34 (15M-19H)
2. Material escolar y servicios complementarios.	65 (30M-35H)
3. Estudios universitarios para los descendientes.	11 (6M-5H)
4. Estudios para el solicitante.	5 (3M-2H)
5. Ayuda médica (odontología, óptica, calzado ortopédico y audífonos).	144 (62M-82H)
6. Ayuda a familiares mayores de 70 años y/o discapacitados.	1 (0M-1H)
7. Ayuda por nacimiento o adopción de hijos.	4 (3M-1H)
8. Ayuda para víctimas de violencia de género.	0 (0M-0H)
9. Ayuda por jubilación	0 (0M-0H)

## IGUALDAD

En 2015, la Comisión de Igualdad (CI) realizó el seguimiento del I Plan de Igualdad, del que resultó un escrito de conclusiones y recomendaciones. También, actualizó los datos de Igualdad a 31 de diciembre 2014 e hizo una comparación con los datos del diagnóstico de 2009 que sirvieron de base a la elaboración del I Plan de Igualdad.

A partir de los resultados de la comparación de datos y de las conclusiones y recomendaciones del seguimiento del I Plan de Igualdad, la Comisión elaboró el II Plan de Igualdad del IAC que fue presentado al Comité de Dirección. En abril, la Comisión organizó una charla para todo el personal del IAC en la que presentó la nueva Comisión, su Plan de Actuación así como algunos resultados de datos de igualdad. Como colofón, la responsable de la Unidad de Comunicación y Cultura Científica UC3 impartió una charla sobre lenguaje sexista.

En diciembre, se organizó un curso de formación para todos los mandos sobre Igualdad y violencia de género en el ámbito laboral.

Por otra parte, en febrero de 2015, el IAC firmó el Acuerdo Marco Estratégico Tenerife Violeta (METV), coordinado por el Cabildo Insular de Tenerife, que impulsa la participación de empresas e instituciones de la isla en políticas de igualdad de género.

Finalmente, en diciembre, el IAC se sumó al Proyecto GENERA (*Gender Equality Network in the European Research Area*) financiado por la Comisión Europea y coordinado por el Stiftung Deutsches Elektronen Synchrotron –DESY–, Hamburgo (Alemania). En el proyecto participan un total de 13 entidades de 12 países europeos. El Proyecto durará hasta final de agosto de 2018 y pretende impulsar los planes de igualdad en centros de investigación del campo de la Física.

## OFICINA DE PROYECTOS INSTITUCIONALES Y TRANSFERENCIA DE RESULTADOS DE INVESTIGACIÓN (OTRI)

### INTRODUCCIÓN

La OTRI del IAC viene desarrollando su actividad desde 1989, y se centra principalmente en el impulso y gestión de ciertos proyectos institucionales que el IAC mantiene con el entorno nacional e internacional para el desarrollo de grandes infraestructuras científicas, la potenciación de los observatorios, la financiación de la actividad investigadora del centro, la explotación industrial de los desarrollos tecnológicos y una mayor coordinación con la comunidad científica y tecnológica.

A partir del segundo cuatrimestre de 2015 la coordinación de su actividad se ha llevado a cabo desde la Unidad de Administración de Servicios Generales, y a partir de 2016 se producirá su adscripción formal.

Las actuaciones más relevantes llevadas a cabo durante el 2015 se muestran a continuación.

Tabla 1

Línea de actuación y tipo de servicio	Actuaciones más relevantes a resaltar en el 2013
1. Financiación I+D+i. Información, gestión y coordinación de solicitudes de financiación externa	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Web de la OTRI del IAC y envío semanal de información.</li> <li>- Asesoramiento especializado sobre propuestas de financiación.</li> <li>- 55 nuevas propuestas en 2015 (23,8 M€): 24 concedidas, 9 en evaluación y 22 denegadas. Entre las actuaciones aprobadas se incluyen: Programa Severo Ochoa 2016-2019; RADIOFREGROUNDS, STARS4ALL y GENERA; Convenios de colaboración con ACIISI (GTCAO LS).</li> <li>- Preparación dossier sobre oportunidades H2020 para la astrofísica española y de otro dossier sobre H2020 e-infraestructuras y astrofísica europea.</li> <li>- Participación en reuniones nacionales y con la CE en relación con programas presentes y futuros de financiación de I+D+i.</li> <li>- Organización de seminario sobre Programa ERC H2020.</li> <li>- Análisis de las oportunidades: instrumento de Compra Pública Innovadora.</li> </ul>
2. Actividad de I+D+i del IAC y sus capacidades tecnológicas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Memoria de Actividades de I+D+i e información específica para distintas entidades regionales, nacionales e internacionales.</li> <li>- Participación en otros foros nacionales e internacionales, y otros encuentros en relación con las capacidades tecnológicas del IAC.</li> </ul>
3. Proyectos Institucionales Infraestructuras I+D+i y otras actuaciones de carácter internacional	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gestión del Proyecto "IAC - Centro de Excelencia Severo Ochoa 2012-2015"</li> <li>- Apoyo a la organización del Primer Encuentro Internacional 100xCIENCIA.</li> <li>- EST (SOLARNET, GREY, ESFRI); Cherenkov Telescope Array (CTA); DAGAL; Liverpool Telescope II; Equipamiento científico y tecnológico FEDER; WEAVE; GTCAO; OPTICON-II, GLORIA, SPIA, SPACEINN, ASK, STARS4ALL, RADIOFOREGROUNDS.</li> </ul>
4. Transferencia de Tecnología	<ul style="list-style-type: none"> <li>- IACTec: Convenio de colaboración con el Cabildo de Tenerife. Proyecto de formación y capacitación de tecnólogos.</li> <li>- Capacitación tecnológica. Contacto con clústeres empresariales.</li> <li>- Impulso a actividades de desarrollo tecnológico para micro-satélites.</li> </ul>
5. Otras	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Implementación de los procedimientos de la OTRI a los estándares ISO9001.</li> <li>- "Prácticas Externas II: Gestión de Proyectos de Innovación". ULL.</li> <li>- Tramitación y gestión de ayudas concedidas en el marco de la convocatoria de Garantía Juvenil.</li> </ul>

**HITOS Y ACTIVIDADES****1.- Proyectos de I+D+i de financiación externa. Información, asesoramiento y gestión**

Durante el 2015 se presentaron un total de 55 actuaciones, por una cuantía global de algo más de 23,8 millones de euros. Un total de 24 propuestas han sido ya concedidas y están en ejecución, a la fecha de preparación de esta Memoria. En la siguiente tabla se ofrece información por-menorizada de las propuestas aprobadas.

Tabla 2

Fuente de financiación	Nº Concedido	Presupuesto Solicitado	Presupuesto Concedido	Concedido vs solicitado
Ministerio de Economía y Competitividad	17	11675392	7104300	44,06%
Ramón y Cajal	2	785575	667200	64,96%
Empleo Joven - Garantía Juvenil	1	740074	296600	40,08%
Severo Ochoa	1	4000000	4000000	100,00%
Retos de Investigación. Proyectos	3	1982580	792000	44,19%
Proyectos. AyA y Espacio	10	4167163	1348500	34,64%
Comisión Europea - H2020	3	713882,5	713882,5	100,00%
H2020-ICT-2015	1	148882,5	148882,5	100,00%
H2020-SPACE-COMPET-05-2015	1	325000	325000	100,00%
H2020-GERI-2014-01	1	240000	240000	100,00%
Ministerio de Educación, Cultura y Deporte	2	40000	39240	98,10%
Estancias en centros extranjeros	2	40000	39240	98,10%
FECYT	1	28950,98	10000	34,54%
Cultura científica y de la innovación	1	28950,98	10000	34,54%
ACIISI	1	518500	518500	100,00%
Subvención directa - Convenio	1	518500	518500	100,00%
<b>Total</b>	<b>24</b>	<b>12976725</b>	<b>8385922</b>	<b>65%</b>

En base al número de propuestas 2015 y considerando que hasta la fecha se han denegado 22 propuestas, puede verse que los resultados preliminares otorgan al menos una tasa de éxito de un 44% (en número). Las 24 propuestas aprobadas han experimentado un recorte del 35% en lo que respecta a la financiación solicitada. Entre las solicitudes de este año está incluida una solicitud de subvención directa articulada mediante un convenio específico de colaboración firmado con la Agencia Canaria de Investigación, Innovación y Sociedad de la Información ACIISI, así como la financiación otorgada en el marco del Programa Severo Ochoa para el fortalecimiento institucional por un periodo de 4 años y una financiación de 4 millones de euros.

En el ámbito comunitario cabe destacar el apoyo continuado de la OTRI a la preparación de propuestas en H2020, y el apoyo específico prestado a la negociación del contrato y gestión de cuatro grandes proyectos colaborativos de H2020: GREST - "Getting Ready for the EST"; RADIOFORE-GROUNDS - "Ultimate modelling of Radio foregrounds"; STARS4ALL - "A Collective Awareness Platform for Promoting Dark Skies in Europe"; y GENERA - "Gender Equality Network in the European Research Area". Asimismo, la OTRI del IAC ha participado también muy activamente en diversas actividades organizadas por la Comisión Europea y por nuestros representantes nacionales en relación con el nuevo Programa Marco H2020.

En el ámbito nacional, destaca por su relevancia para el centro, el apoyo significativo de la OTRI, en estrecha colaboración con el resto de Áreas, para conseguir la renovación de la acreditación Severo Ochoa 2016-2019. Por otra parte, la OTRI ha realizado labores de gestión e intermediación con el MINECO en la ejecución del proyecto de equipamiento científico y técnico aprobado al IAC con un total de 9 actuaciones por un importe superior al millón de euros.

En el ámbito regional, se ha dado seguimiento a un nuevo convenio de colaboración entre GRANTECAN S.A., IAC y ACISI, para financiar el desarrollo del Sistema de Estrella Láser Guía para la Óptica Adaptativa del telescopio GTC. La financiación representa alrededor de los 2,7 millones de euros, con una cofinanciación al 85% de Fondos Estructurales de la Unión Europea.

## 2.- Actividades de I+D+i y sus capacidades tecnológicas

En relación con la difusión de las capacidades científicas y tecnológicas del IAC, buena parte de las actividades de este tipo se han llevado a cabo en el marco de los proyectos institucionales que se exponen más adelante. Entre otras acciones aisladas, podríamos citar por ejemplo la participación en el Foro Fi2 con la presentación “Grandes Proyectos Institucionales del IAC para el futuro”, así como visitas como la de la delegación de PLOCAN, del grupo “Big Data from Space” y de los participantes en el evento *CIBICAN Innovation Summit*.

Por otra parte, se han preparado más de una veintena de informes, encuestas y memorias sobre la actividad del IAC y sus capacidades, para entidades de diversa naturaleza.

## 3.- Proyectos institucionales.

### Proyectos de infraestructura científica y técnica y actuaciones similares de carácter internacional

Durante el 2015 cabe destacar las siguientes actividades de carácter institucional gestionadas desde la OTRI del IAC o en las que se ha participado muy activamente.

#### 3.a. IAC - Centro de Excelencia SEVERO OCHOA

Por su carácter institucional y estratégico se asignó a la OTRI la gestión técnica y económica del Programa Severo Ochoa en el IAC, así como la prestación de asistencia a su Director Científico, al Comité de Coordinación (CCSO) y al Comité Asesor Externo. El Programa, en el periodo 2012-2015, ha tenido por objetivo impulsar un ambicioso programa de investigación, movilidad y formación de investigadores estructurado en cinco grandes líneas: “Física Solar”, “Exoplanetas y Sistema Solar”, “Física Estelar e Interestelar”, “Formación y Evolución de Galaxias” y “Cosmología y Astropartículas”.

Durante 2015, con objeto de reforzar los grupos de investigación dentro de las líneas prioritarias antes mencionadas, se ha procedido a la contratación de cuatro investigadores en formación seleccionados dentro de la convocatoria de contratos pre-doctorales Severo Ochoa. Por otra parte, gracias al mecenazgo de la Fundación La Caixa, se han incorporado otros dos investigadores más en formación.

El Programa Severo Ochoa proporciona también apoyo a desarrollos instrumentales llevados a cabo en el IAC que tienen especial relevancia



para alcanzar los objetivos fijados en el Programa de Investigación. Un total de 12 actuaciones tecnológicas se han beneficiado hasta finales de 2015 del Programa Severo Ochoa, contribuyendo de forma significativa a una investigación de excelencia, de mayor calidad y más competitiva en el IAC. Los fondos asignados han sido destinados tanto a contratación de tecnólogos como a financiación de equipamiento, hardware y software de relevancia para las actuaciones.

Dentro del programa de movilidad, en 2015 se han promovido un total de 10 estancias cortas de profesores senior en el IAC. Los visitantes Severo Ochoa han impartido en el IAC al menos un “Seminario Severo Ochoa” y participan en las reuniones semanales “IAC Journal Club”, en las que presentan el artículo a discutir por los asistentes. Además se han financiado otras dos estancias, una de 3 meses y una de 1 mes, de miembros del staff del IAC en el Max-Planck Institute für Extraterrestrische y en el Royal Observatory of Edinburgh. De igual modo el programa ha cofinanciado la XXVII Canary Islands Winter School of Astrophysics titulada “Astrofísica en Alta Resolución Temporal”.

La principales actividades de divulgación del IAC en 2015 con la participación del Proyecto Severo Ochoa han sido la realización de videos promocionales sobre las principales líneas de investigación, la organización de 100xCIENCIA detallada en sección posterior, el concurso SolarLab y el Proyecto Romer. Por otro lado, algunos de los visitantes Severo Ochoa, investigadores contratados pre-doctorales y post-doctorales y la responsable de comunicación del programa Severo Ochoa, han participado en otras actividades de divulgación como charlas y eventos programados en diversos centros.

La principal acción estratégica de la OTRI en el marco del Programa Severo Ochoa fue su contribución a la nueva propuesta del Programa Severo Ochoa para conseguir la renovación de este sello de Excelencia por un nuevo periodo de 4 años (2016-2019). En noviembre se notificó al IAC la concesión del mismo. Asimismo, se ha habilitado la versión española de la Web programa Severo Ochoa en el IAC (<http://www.iac.es/severoochoa/index.php/es/>), inicialmente publicada sólo en inglés.

La OTRI del IAC coordinó la organización en 2015 del Primer Encuentro Internacional “100xCIENCIA: Communicating Frontier Science” entre periodistas y divulgadores de reconocido prestigio, con científicos destacados y responsables de comunicación para difundir la ciencia realizada por los 20 centros Severo Ochoa acreditados en España en el periodo 2011-2015, y fortalecer así las capacidades de comunicación y divulgación de su actividad científica con mayor impacto.

Durante este evento, por primera vez en España, se reunieron científicos destacados del conjunto de centros Severo Ochoa.

El Encuentro contó con unos 200 asistentes y tuvo lugar en el Teatro Circo de Marte (Santa Cruz de La Palma), los días 7, 8 y 9 de octubre de 2015.

### 3.b. Telescopio Solar Europeo (EST): SOLARNET, GRESt y ESFRl

El Telescopio Solar Europeo (EST) es una iniciativa de la Física Solar europea en la que participan más de 30 instituciones de 15 países comunitarios, bajo la coordinación del IAC, representando la mayor infraestructura

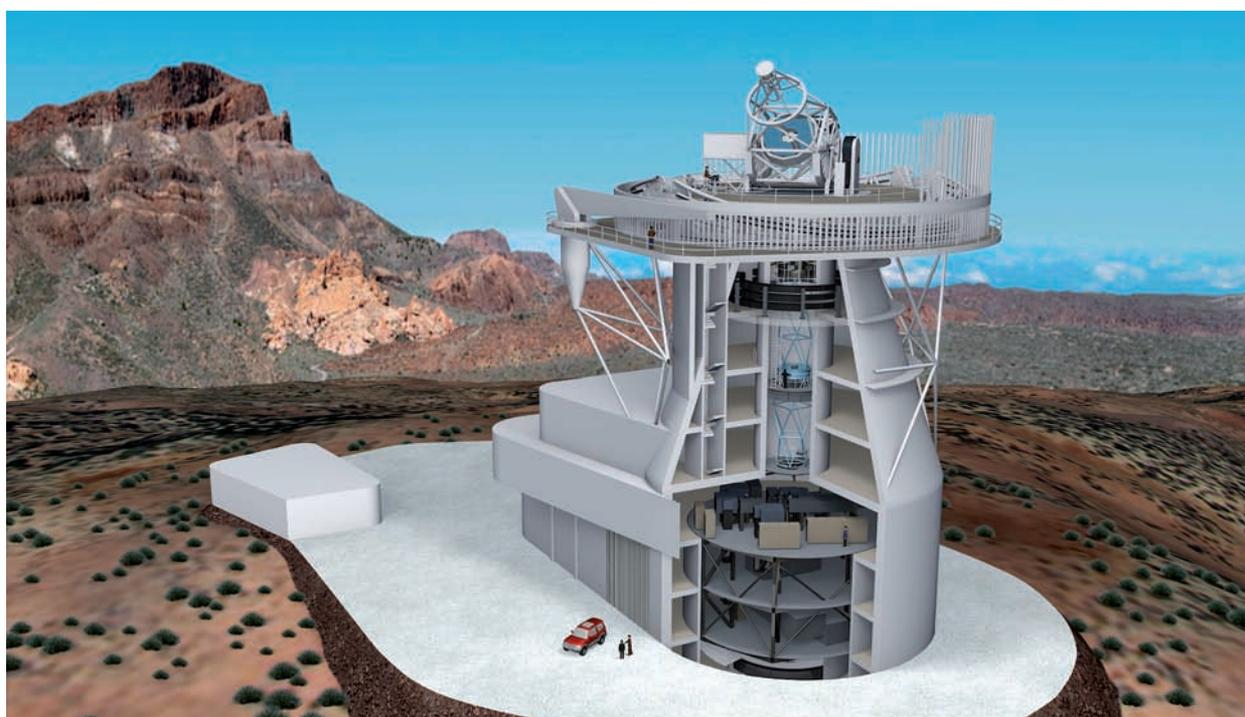
de investigación europea proyectada en el campo de la Física Solar desde Tierra, con un coste de construcción aproximado de 200 MEur.

La OTRI del IAC sigue prestando su apoyo y asesoramiento a este proyecto de infraestructura científica, que busca su espacio financiero en el ámbito nacional e internacional, de manera que sea factible poner en marcha las siguientes fases del Proyecto tras la finalización de su Diseño Conceptual hace ya algunos años. Así, en 2015 la OTRI coordinó el proceso de preparación de documentación y contacto con los socios europeos para lograr la inclusión del EST en la actualización de ESFRI 2016 (Foro Estratégico Europeo para las Infraestructuras de Investigación).

Dentro de las principales actuaciones gestionadas desde la OTRI del IAC en relación con el EST, cabe destacar la Iniciativa Integrada de Infraestructuras denominada SOLARNET ([www.solarnet-east.eu](http://www.solarnet-east.eu)), un proyecto coordinado por el IAC y con más de 30 entidades europeas de 15 países, que está permitiendo una mayor coordinación e integración de la Física Solar europea, y financia el acceso a telescopios solares y a bases de datos de misiones espaciales. En este sentido, durante el 2015 se ha continuado con la gestión técnica y económica de SOLARNET, destacando las siguientes actividades, entre las propias de coordinación y seguimiento:

- Apoyo a la tercera campaña de observación del Programa Transnacional de Acceso y Servicios (TAS): 110 días de observación, 61 astrónomos con acceso y 13 astrónomos con bolsas de viaje. Las cifras agregadas correspondiente a las tres campañas realizadas hasta la fecha se resumen en: 360 días de observación, 51 proyectos, 257 astrónomos de 18 países implicados, 44 astrónomos con bolsas de viaje, siendo e 50% nuevos usuarios de las infraestructuras.
- Apoyo al Programa de Movilidad de Jóvenes Investigadores: 6 jóvenes astrónomos realizaron estancias breves en instituciones científicas, universidades u observatorios de otros países. En tres años 15 jó-

Representación artística del Telescopio Solar Europeo EST en las cumbres de los Observatorios de Canarias.



venes astrónomos se han beneficiado con estancias cortas en instituciones de 8 países.

- Organización de la reunión de la junta directiva y del comité ejecutivo del Proyecto (Londres, 13 de octubre) y apoyo a la reunión de EAST (Londres, 15 de octubre).
- Organización del Mid-Term Review del Proyecto ante la CE, en estrecha colaboración con nuestro socio UCL (Londres, 14 de octubre).

Asimismo, la cohesión de la comunidad de Física Solar europea y la decidida apuesta por parte del IAC han permitido la exitosa participación en una nueva convocatoria de H2020 (Estudios de Diseño Detallados), con la aprobación de GRESt (H2020 2015 - 2018), como se indicó anteriormente. La OTRI se está encargando de la gestión del proyecto GRESt y las actuaciones de transferencia tecnológica, así como prestando asesoramiento en la estrategia de implementación de las siguientes etapas de construcción y operación.

### 3.c. Cherenkov Telescope Array (CTA)

El Proyecto Cherenkov Telescope Array (CTA) es la futura apuesta europea para la investigación de fuentes cósmicas de rayos gamma de las próximas décadas, con participación también de terceros países, para el estudio del Universo a muy altas energías. Con un presupuesto para construcción estimado en unos 300 millones de euros, CTA constará de dos observatorios, uno en el Hemisferio Norte y otro en el Hemisferio Sur, que albergarán en su conjunto alrededor de 100 telescopios de tres diferentes tamaños. Un total de unos 19 telescopios será la configuración para el CTA-Norte, con un tercio del presupuesto aproximadamente (en torno a 90 MEur); y el resto en el Hemisferio Sur.

La OTRI del IAC ha colaborado muy activamente con la Dirección del IAC, así como con CTA España, en la elaboración de informes técnicos conducentes a apoyar la candidatura de los Observatorios de Canarias para albergar el nodo CTA Norte. Finalmente, a mediados de 2015 se confirmó la selección del ORM como emplazamiento candidato para albergar el CTA. El IAC, junto a la comunidad científica española coordinada en CTA-España, con el apoyo del Ministerio de Economía y Competitividad y del Gobierno de Canarias, han trabajado desde el principio del Proyecto para atraer esta importante instalación a Canarias.

Durante el segundo semestre de 2015 se ha prestado asesoramiento para la puesta en marcha de las primeras licitaciones, la participación del IAC en la Sociedad CTAO GmbH, la futura puesta en marcha de la Oficina CTA en la Sede Central del IAC y la preparación de una solicitud de financiación FEDER para la ejecución de la fase 1 de construcción.

### 3.d. Liverpool Telescope 2 (LT2)

LT2 será un nuevo telescopio robótico de clase 4 m en el ORM, diseñado para sacar el máximo provecho de casos científicos que necesiten un seguimiento en el tiempo a gran escala y respuesta rápida de observación ante el aviso de otros telescopios, convirtiéndolo en una infraestructura clave a nivel mundial para el estudio de fenómenos astronómicos de transición (explosiones, atenuaciones rápidas, etc.). Habiendo comenzado su fase de diseño en 2012, se espera que esté operativo en 2020.





Imagen artística del Telescopio Liverpool 2 (LT2).

La OTRI del IAC ha continuado colaborando con el equipo que lidera esta iniciativa de la John Moores University (Reino Unido), con la preparación y revisión de documentación técnica del proyecto (Terms of Reference, Memorandum of Understanding, etc.). Se ha prestado también asesoramiento a la Dirección del IAC en relación con instrumentos de financiación disponibles con los que apoyar la participación del centro en este nuevo telescopio robótico, así como en las posibles estructuras de gestión y gobernanza prevista para el proyecto LT2, que contará finalmente con un Grupo Ejecutivo y un Consejo del Proyecto durante la actual fase de diseño preliminar del telescopio.

### *3.e. Plan Estratégico (2014-2017)*

El Plan Estratégico del IAC 2014-2017 se estructura sobre tres objetivos fundamentales, relacionados con la excelencia en I+D+i y nuestro potencial, la colaboración internacional como marco de trabajo y el compromiso con la sociedad. Durante 2015 la OTRI sigue prestando su apoyo a la Dirección del centro, en relación con las acciones de este Plan.

### *3.f. Equipamiento científico-tecnológico cofinanciado por FEDER. IACA13*

Con una financiación total aprobada (FEDER), por parte del Ministerio de Economía y Competitividad, de algo más del millón de euros, para un presupuesto de 1,3 millones de euros, se ejecutó durante el 2015 el 90% de esta financiación. Se adquirió equipamiento científico-tecnológico para reforzar las instalaciones técnicas del IAC y para respaldar actuaciones tecnológicas en las que el IAC participa con un papel destacado.

### *3.g. Detailed Anatomy of Galaxies. DAGAL*

DAGAL ([www.dagalnetwork.eu](http://www.dagalnetwork.eu)), red de formación de investigadores Marie Curie coordinada desde el IAC y financiada por la Comisión Europea, se ha desarrollado según su plan de trabajo previsto, alcanzando su estadio de madurez y preparándose para su finalización, prevista para marzo de 2016.

La OTRI ha participado en la coordinación de la reunión anual del proyecto celebrada en marzo en Heidelberg, velando como es habitual por el cumplimiento de la normativa comunitaria y aportando al consorcio los contenidos de gestión necesarios para ello.

Durante este año, la oficina ha coordinado la consecución del acuerdo alcanzado con la CE sobre la movilidad de los investigadores, llegando a una movilidad de los investigadores a otras instituciones, a fin de complementar su formación, de 78 semanas. Todos los jóvenes investigadores contratados por el proyecto han finalizado satisfactoriamente sus contratos con la Red, alcanzando con ello el objetivo inicial de 336 investigadores/mes.

### *3.e. Otras actuaciones de carácter institucional*

Se ha participado activamente en la implementación de un convenio de colaboración con la Agencia Canaria de Investigación, Innovación y Sociedad de la Información (ACISI) para la capacitación de ingenieros en áreas de valor estratégico para el IAC. Las primeras contrataciones bajo este nuevo programa se realizarán en 2016.



Se ha prestado apoyo a los grupos del IAC en relación con los proyectos instrumentales WEAVE y GTCOA, GTCOA LS, en lo que concierne a las condiciones técnicas y económicas que implica la cofinanciación europea de estas actividades.

Se ha prestado apoyo y colaboración en relación con las siguientes actuaciones que, en todo o en parte, tienen su consideración de proyectos de carácter institucional: OPTICON FP7-II, GLORIA, SPIA, SPACEINN y ASK.

#### 4.- Transferencia de Tecnología

La OTRI del IAC sigue colaborando con la Dirección del centro para lograr la puesta en marcha de IACTec, un espacio de cooperación tecnológica con el sector empresarial. Con este nuevo espacio se pretende explotar las capacidades tecnológicas en Astrofísica dentro de nuestro Archipiélago, con la consiguiente generación de un tejido productivo y una adecuada valorización socio-económica alrededor del desarrollo de instrumentación científica avanzada.

En 2015 se ha publicado la licitación de obra para la construcción de la sede de IACTec. Esta sede, que contará con una superficie total de 4000 m<sup>2</sup> en varias plantas incluyendo aparcamientos, dispondrá de zonas de despachos, laboratorios multi-servicios, salas limpias, aulas de formación, etc. Si bien no se quieren duplicar las capacidades actuales con las que cuenta el IAC, sí se desea que disponga de medios específicos para el desarrollo de esos proyectos de cooperación empresarial que serán los que se desarrollen en estas nuevas instalaciones del IAC.

Entre las actuaciones de carácter tecnológico que se espera puedan llevarse a cabo en este nuevo emplazamiento, están el desarrollo de cargas útiles y adaptación de nuestro conocimiento y tecnologías actuales para nano-satélites, así como otras áreas relacionadas con el desarrollo de instrumentación científica.

#### 5.- Otras actividades

##### 5.a. Adaptación a los estándares ISO9001

Durante 2015, la OTRI ha mantenido su compromiso de adaptar sus procedimientos a los estándares ISO9001, tras haber superado una auditoría llevada a cabo por PlanB, de la que resultó un informe favorable, indicando que la OTRI del IAC, si así se desea, podría superar satisfactoriamente un proceso de evaluación formal y certificación según norma ISO9001.

Las mejoras implementadas incluyen un manual y política de calidad, informes de progreso de los proyectos institucionales gestionados directamente o indirectamente desde la OTRI, propuesta de indicadores de calidad y seguimiento de los mismos, encuestas de satisfacción periódicas en relación con los servicios prestados, y un proceso definido de identificación de necesidades formativas del personal, entre otras.

Los objetivos de calidad propuestos para 2015, y el grado de cumplimiento de los mismos durante ese año, son publicados en la página Web de la OTRI.

##### 5.b. Otras actuaciones

Asimismo, durante 2015 cabe destacar la realización de otras actividades como:

- Se organizó en el mes de junio una charla informativa por parte de la OTRI sobre la convocatoria de Acciones Individuales Marie Skłodowska-Curie.
- Se realizó un estudio pormenorizado del instrumento de financiación “Compra Pública Innovadora” y de los programas nacionales (INNOCOMPRA e INNODEMANDA) a través de los cuales se articula.
- Personal de la OTRI ha colaborado un año más para impartir por cuarto año consecutivo la asignatura “Prácticas Externas I: Gestión de Proyectos de Innovación” a los alumnos de cuarto grado de Físicas de la Universidad de La Laguna (34 matriculados). Se han impartido un total de 60 horas lectivas, y los alumnos tuvieron también que preparar un proyecto completo, con los correspondientes requerimientos científicos y técnicos en cuanto a alcance, coste y tiempo.
- Se organizó en el mes de noviembre la sesión informativa sobre el Programa H2020-ERC que impartió en Tenerife Esther Rodríguez Blanco, Punto Nacional de Contacto del European Research Council.

El personal de la OTRI participó en varias actividades formativas:

- Gestión de procesos. UNIKEMIA, On-line. 20 horas.
- Curso Fundamentos de Negociación. UNIKEMIA, On-line. 20 horas.
- Jornadas sobre la Colaboración Administrativa mediante Convenios en el Sector Público Autonómico. Gobierno de Canarias. Marzo.
- Curso Microsoft Office Excel Avanzado. ESETEC. Mayo. 18 horas.
- Implantación modelo de evaluación del desempeño en el marco de la planificación de objetivos en las AAPP. INAP. Diciembre. 9 horas.
- Igualdad de Género. ESETEC. Diciembre. 8 horas.

## GRUPO DE PROCESOS

La excelencia de una organización, en lo que se refiere al cumplimiento de su misión y objetivos y a su actividad productiva, está fuertemente condicionada por la eficiencia de su sistema de gestión. Un sistema centrado únicamente en los departamentos y unidades de la organización presenta frecuentemente una inercia excesiva a los cambios y a la mejora continua, y una ausencia de foco común. Se ha demostrado que son muy ineficientes tanto en entidades privadas como públicas. El IAC es consciente de la necesidad de disponer de un sistema de gestión integral por procesos, sobre los que interactúan las diferentes unidades, generando valor transversal en toda la organización, y con una visión orientada a resultados y al propio usuario. Bajo estos principios de eficiencia, en el IAC se definieron los siguientes procesos de carácter estratégico: Proyectos, Recursos Humanos, Compras y Contratación, Finanzas y Viajes. La actividad en el IAC tiene un claro enfoque por proyectos, y es éste el proceso fundamental sobre el que el resto se organizan. Todos ellos configuran el denominado Grupo de Procesos, coordinado desde ASSGG, y se sustentan además sobre una serie de herramientas informáticas implementadas en el IAC al efecto, especialmente SAP.

Cada uno de estos procesos cuenta con un responsable en el centro, quien a su vez coordina un Grupo de Seguimiento y Mejora (GSM), con usuarios claves y funcionales técnicos, con el objetivo de ir resolviendo posibles incidencias, mejoras, y optimización de los recursos disponibles. Durante el 2015 su actividad ha sido la siguiente:

## Proyectos

(Responsable:  
*M. Reyes García Talavera*)

Se ha llevado a cabo una revisión de la documentación. Se han actualizado los manuales de SAP a falta del Manual de control de fechas. La revisión de la definición del proceso ha permitido detectar muchas desviaciones sistemáticas en cuanto a la ejecución del proceso en la práctica. Se ha decidido revisar esa definición para ajustarla más a la realidad en 2016. Se identificó hace tiempo como una mejora prioritaria el proporcionar una información económica única, fiable y completa para los usuarios. En 2015 se elaboraron los requerimientos para un nuevo informe que integrara todos los datos económicos útiles para los responsables.

## Recursos Humanos

(Responsable:  
*A. Ruigómez Momeñe*)

Se incorporan nuevos miembros al GSM. Se fijan como objetivos la elaboración de un informe sobre la situación actual del proceso, así como la elaboración de un listado de indicadores. Se identificaron las desviaciones y acciones de mejora en relación con la estructura organizativa y el procedimiento de selección y contratación. Se mejoró también la información de la base de datos dentro del módulo de RRHH en SAP, incorporando en el maestro de personal y estructura organizativa los datos correspondientes al Registro Central de Personal. Se habilitó también en la estructura organizativa el campo de competencias profesionales.

## Finanzas

(Responsable:  
*M. Ávila Miranda*)

El GSM de este proceso se reactivó durante 2015 con reuniones de trabajo sistemáticas de carácter mensual. Se ha comenzado a escribir y actualizar sus procedimientos, con la actualización de las normas de pagos al contado, se han revisado y actualizado los procedimientos de gestión de subvenciones y se ha procedido a emitir la facturación del IAC desde SAP, dando de baja los anteriores sistemas.

## Viajes

(Responsable:  
*I. Fernández Fuarros*)

Es el proceso de gestión de los desplazamientos del personal propio y adscrito, así como de los visitantes para la asistencia a programas de observación, congresos, reuniones de trabajo, etc. El proceso contempla las etapas de solicitud del viaje, anticipo a justificar y justificación del mismo. Durante el 2015 se han revisado tanto el procedimiento como su documentación anexa, se ha actualizado la información en la web interna, se han implementado todas las mejoras planteadas y aprobadas en el Grupo de Procesos, y se ha renovado y ampliado el GSM que, además, ha propuesto indicadores de medida y ha finalizado la revisión del Manual de Usuario.

## Compras y Contratación Administrativa

(Responsable:  
*M. Ávila Miranda*)

Al igual que bajo el proceso de Finanzas, se ha reactivado el GSM con reuniones mensuales. Con ánimo de acercar las necesidades del usuario al proceso, se han publicado tres manuales gráficos para crear las solicitudes de pedido de compras generales, de licitaciones y de entrada y salidas de mercancías. Se ha abordado conjuntamente con el SIC la mejora del subproceso de compras informáticas, con el propósito de implementarlas a lo largo del 2016.

## TIC en los Procesos

(Responsable:  
*C. Martín Galán*)

El SIC se encarga de la parametrización, configuración, desarrollo de aplicaciones y soporte a usuarios del sistema que sirve como plataforma tecnológica para la ejecución de los procesos. Los módulos existentes están integrados con funcionalidades de gestión de expedientes y flujos de trabajo. Para ofrecer este servicio el personal del SIC ha tenido que capacitarse, no solo en el ámbito tecnológico, sino también en el funcionamiento

específico de cada uno de los procesos. Siguiendo estándares de mejores prácticas en la gestión IT se ha incluido el soporte al sistema de gestión integral en los procesos de Atención al Usuario. La integración de la información y la calidad del dato único es una de las mayores ventajas de estos sistemas. El reto tecnológico en un futuro próximo es la integración con otras herramientas IT desplegadas en el centro, ampliando así el alcance de estas ventajas.





# UNIDAD DE COMUNICACIÓN Y CULTURA CIENTÍFICA [UC3]

**L**a Unidad de Comunicación y Cultura Científica (UC3), creada en 2014, bajo la dependencia directa del Director del IAC, tiene como meta situar al IAC y a los Observatorios de Canarias como referentes locales, nacionales e internacionales en materia de comunicación y divulgación de la Astronomía, estableciendo y ejecutando la estrategia y acciones de extensión cultural del IAC.

Esta unidad asumió las funciones que en comunicación institucional, divulgación y proyectos educativos canalizaba el anterior Gabinete de Dirección. La UC3 también da apoyo a otros departamentos y científicos del IAC que hacen divulgación científica y de cuya actividad se informa en estas páginas.

Los objetivos de la UC3 son: promoción nacional e internacional de los Observatorios de Canarias; comunicación de resultados científicos y técnicos; cobertura

de eventos especiales (astronómicos, institucionales...); comunicación interna; divulgación científica y técnica (exposiciones, ferias, charlas...); formación de comunicadores y periodistas especializados; formación de profesorado de Enseñanzas Medias; consolidación de las relaciones con la sociedad canaria; colaboraciones específicas (Museo de la Ciencia y el Cosmos...) y proyectos transversales.



## PERSONAL

El personal adscrito a la UC3 integra distintos perfiles profesionales:

- Carmen del Puerto Varela: periodista especializada y jefa de la Unidad (promocionó este año a Jefa de Departamento).
- Alfred Rosenberg González: astrofísico, asesor científico para la divulgación y la comunicación y coordinador de proyectos educativos.
- Nayra Rodríguez Eugenio: astrofísica, asesora científica para la divulgación y la comunicación y encargada de la difusión del proyecto Severo Ochoa así como de la explotación docente del telescopio Liverpool.
- Laura Calero Hernández: gestora de proyectos y recursos.
- M. Concepción Anguita Fontecha: coordinadora de la página web.
- Inés Bonet Márquez: diseñadora gráfica y audiovisual.
- Luis Chinarro Fuentes: astrofotógrafo (se jubiló el 28 de octubre)
- Ana Quevedo González: secretaria de apoyo.

Durante los tres meses de verano, la UC3 contó con una becaria: Elena Alonso García, para realizar tareas de comunicación bajo la tutoría de Carmen del Puerto. De octubre a diciembre, con objeto de apoyar distintos eventos especiales, entre ellos el Foro “100xCiencia”, la primera piedra del telescopio LST y el V Congreso de “Ciencia con el GTC”, se contrató a la periodista Anna Merce Gutiérrez Domènech, con financiación del programa Severo Ochoa. A finales de año se formalizó un contrato en prácticas de dos años subvencionado en el marco del Sistema Nacional de Garantía Juvenil y con la financiación del Fondo Social Europeo para la periodista Elena Mora Cuesta. Alfred Rosenberg ejerció como tutor del alumno del Máster de Física Adrián Hernández, quien diseñó un telescopio en microondas para medición del Sol y la Luna (en estas longitudes de onda) y desarrolló el módulo divulgativo.

La UC3 cuenta, además, con personal y empresas externas para diversos servicios con el fin de completar

sus funciones, tales como colaboraciones periodísticas, la gestión de redes sociales y plataformas online, los trabajos audiovisuales especializados, el mantenimiento técnico y desarrollo de nuevas funciones de la página web, el seguimiento de medios y la atención de visitas a los observatorios.

Carmen del Puerto forma parte de la Comisión de Igualdad del IAC aprobada por el Comité de Dirección el 22 de octubre de 2014. El 24 de abril, como parte de la presentación de esta comisión al personal del centro, dio una charla sobre “Lenguaje inclusivo: ¿Por que lo llaman AMOR cuando quieren decir SEXO?”, en el Aula del IAC.

## COMUNICACIÓN INTERNA

Se ha cuidado especialmente la comunicación interna a través del correo electrónico y de sistemas audiovisuales en distintas instalaciones del IAC, donde se proporciona toda la información posible de interés para el personal del centro: comunicados de prensa,



vídeos del IAC, información meteorológica... Algunas actuaciones de mejora en las instalaciones también están pensadas para poder atender mejor a los medios de comunicación, como la adaptación del hall de la Sede Central como “escenario” para grabaciones de las televisiones.

## COMUNICACIÓN EXTERNA

La UC3 aspira a convertirse en una estructura estable que permita una adecuada transmisión a la sociedad tanto de la actividad y los desarrollos científicos y tecnológicos que genere el IAC como los resultados obtenidos en sus observatorios y, en especial, con telescopios como el GTC. Para ello debe facilitar la información, especialmente a los medios de comunicación, utilizando todas las vías posibles, tradicionales (comunicados de prensa, memorias, folletos, página web...) y modernos, mediante el uso de las redes sociales (Facebook, Twitter, Blogs...).

### Notas de prensa y otros

2015 de nuevo ha sido un año con abundantes resultados científicos publicados en revistas científicas y eventos astronómicos populares (cometas, eclipses, superlunas, lluvias de estrellas...) que la UC3 ha hecho llegar a los medios de comunicación en forma de notas de prensa (113), entrevistas (24) y reportajes (2). Ha organizado 4 ruedas de prensa, con distintos motivos, entre ellos la reunión del Consejo Rector del IAC.



### Atención a medios de comunicación y productoras

Los medios de comunicación recurren a nuestros servicios para asesorarse sobre nuestro quehacer científico y tecnológico, para solicitar entrevistas, para tomar imágenes en nuestras sedes y observatorios y para requerir nuestros recursos de imágenes y vídeos.

En 2015 se han atendido más de 400 consultas de medios de comunicación locales, nacionales y extranjeros, tanto vía telefónica como por correo electrónico. Asimismo se ha proporcionado material fotográfico y audiovisual a más de 50 televisiones y productoras, y se han atendido las numerosas solicitudes de grabaciones en los Observatorios de Canarias, así como de otro tipo de visitas, entre ellas de TVE, BBC, NHK y la cadena francesa *France3*. También se ha atendido a varios fotógrafos aficionados que han realizado su actividad en los Observatorios.

Carmen del Puerto acompañó, junto con Carlos Martínez, subdirector del IAC, y Juan Carlos Pérez Arenchibia, administrador del Observatorio del Roque de los Muchachos, a un grupo de corresponsales de prensa europea en España durante su visita a este observatorio. En concreto, de *Le Monde*, *La Repubblica*, *ANSA*, *Süddeutsche Zeitung*, *Die Welt*, *Borsen* y *De Tijd*.

### Cobertura de reuniones científicas

La UC3 dio cobertura informativa a los congresos celebrados en Tenerife y La Palma. Entre ellos, y en co-



laboración con la Sociedad Española de Astronomía, la Semana Europea de la Astronomía y las Ciencias del Espacio (EWASS), en la que participaron 1.200 astrónomos, y el V Congreso “Ciencia con el GTC”, celebrado en Puebla (México).

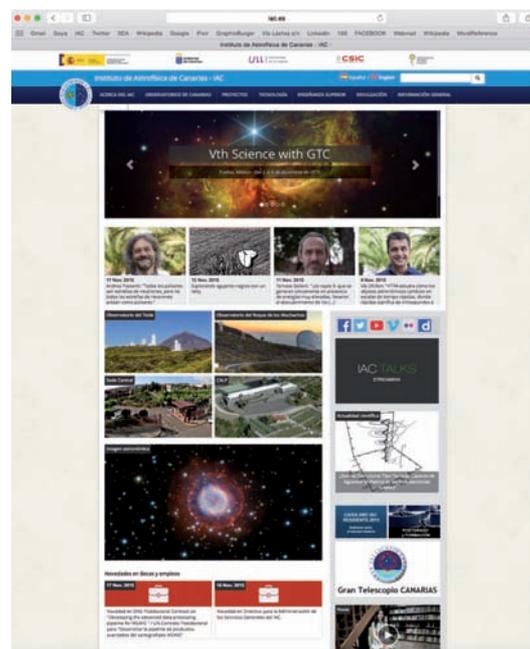
Asimismo, como es habitual, la UC3 informó de la Escuela de Invierno del IAC, dedicada este año a la Astrofísica de Alta Resolución Temporal.

### Web externa

Internet se ha convertido en una herramienta universal de comunicación y difusión, de ahí la importancia de una buena web institucional y de la presencia de un organismo público de investigación como el IAC en las plataformas sociales online. Su estructura en forma de “red” permite que la información difundida a través de estos medios llegue tanto a público previamente interesado –usuarios fidelizados- como a nuevos usuarios potenciales.

En 1985, como el año anterior, la UC3 ha sido la responsable de coordinar la web externa del IAC. A lo largo del año se fueron introduciendo algunas mejoras en ella, si bien fue en octubre cuando se estrenó con no-

torios cambios en su diseño y navegación. En su nuevo aspecto, hay un mayor predominio de imágenes en la página principal, en consonancia con otros centros internacionales de Astrofísica. Se ha cuidado su adaptación a distintos dispositivos y el cumplimiento con los criterios de accesibilidad exigidos como Administración Pública. Página web: [www.iac.es](http://www.iac.es).



Se adjuntan datos estadísticos de *Google Analytics* con respecto a la audiencia alcanzada en 2015, donde puede verse que el número de visitas a páginas fue de 1.242.855, con un número de sesiones de 413.294 (57,18% nuevas) y un número de usuarios de 240.271. El origen de las visitas fue tanto nacional como internacional. Los diez países que más nos visitaron fueron en este orden: España, Alemania, Reino Unido, México, Estados Unidos, Italia, Francia, Colombia, Argentina y Países Bajos.

La UC3 también ha sido responsable de la elaboración y actualización de contenidos de la web del Severo Ochoa: <http://www.iac.es/severochoa/index.php/es/NayraRodríguezEugenio> se ha ocupado de ello en colaboración con personal de la OTRI.

**Redes sociales**

Las redes sociales son herramientas que permiten y fomentan la participación activa, con el consiguiente aprendizaje e inmersión en la cultura científica que se pretende inculcar. Tanto empresas como instituciones están empleando este tipo de herramientas para incrementar su presencia social, y dar mayor alcance a la información que ponen a disposición del público. En 2015 se ha impulsado la difusión del IAC como institución científica en las plataformas sociales online, dando un salto de calidad para dar un mejor cumplimiento del compromiso fundamental de fomentar la cultura científica en la sociedad.

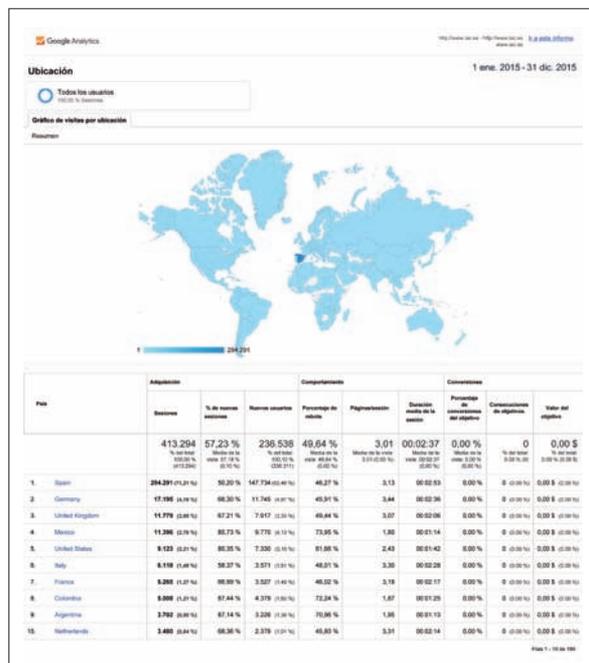
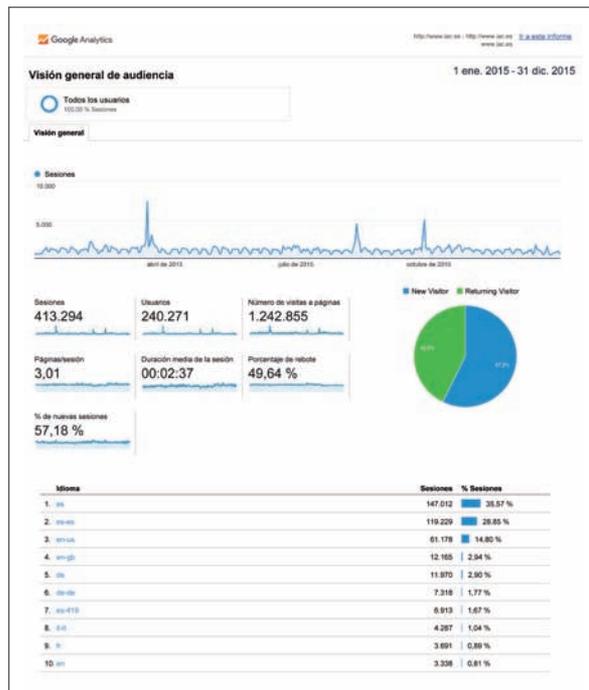
El 1 de julio de 2014, el IAC estrenó sus nuevas páginas oficiales en las redes sociales. En concreto, en las plataformas Facebook y Twitter, a las que se añadió la creación de un nuevo espacio tipo Blog denominado "Vía Láctea, s/n".

A 31 de diciembre de 2015, las cifras de los seguidores registrados eran:

Facebook: 5.625

Twitter 3.676

El Blog "Vía Láctea" 17.588 (el 81% nuevos y el 18,9 recurrentes)



### Debate en Twitter

El 17 de abril, el IAC participó, con otros centros de investigación y universidades de Canarias, en un debate abierto de una hora de duración en Twitter sobre I+D+i, con la colaboración de la Agencia Canaria de Investigación, Innovación y Sociedad de la Información (ACIISI). Intervinieron junto con el director del IAC, Rafael Rebolo, el rector de la Universidad de La Laguna (ULL), Eduardo Doménech, el rector de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (ULPGC), José Regidor, el director de la Plataforma Oceánica de Canarias (PLOCAN), Octavio Llinás, y el director de la ACIISI, Juan Ruiz Alzola. Se trató de una experiencia pionera para medir el pulso a la investigación científica, al desarrollo tecnológico y la Innovación, y promover su importancia, compartiendo impresiones y debatiendo con investigadores, innovadores, periodistas y público en general.

## SEGUIMIENTO DE EVENTOS ASTRONÓMICOS

2015 fue un año rico en eventos astronómicos, que comenzó y finalizó con la visita de cometas: *Lovejoy* (C/2014 Q2), en enero, y *Catalina* (C/2013 US10), en diciembre. En todos los casos, contamos con espectaculares imágenes obtenidas para la UC3 por el astrofotógrafo Daniel López, quien también ha producido y tratado por encargo otras imágenes astronómicas para el banco de imágenes del IAC y ha realizado diferentes trabajos fotográficos y timelapses.

### Cometa Lovejoy

La UC3 participó en diversas actividades de divulgación científica relacionadas con el paso del cometa Lovejoy, primero en su máxima aproximación a la Tierra (perigeo) el 7 de enero y por el punto de su órbita más cercano al Sol (perihelio) el 30 de enero. Daniel López realizó un *timelapse* con la secuencia del movimiento del cometa y obtuvo las imágenes que acompañan.



### Lluvias de Estrellas

Como es habitual, se hizo un seguimiento de las lluvias de estrellas más destacadas del año: las *Perseidas*, la noche del 12 al 13 de agosto, y las *Geminidas*, la noche del 14 al 15 de diciembre. Esta última, que fue espectacular, se retransmitió en directo desde el Observatorio del Teide, en Tenerife, el Observatorio del Roque de los Muchachos, en La Palma, y también desde Fuerteventura (Islas Canarias) y Cáceres (Extremadura). A pesar de que las condiciones meteorológicas no fueron excelentes en algunas de las localizaciones, las Geminidas no defraudaron. Se tomaron secuencias de video de la actividad.

### Eclipse total de Superluna

El eclipse total de Luna, que tuvo lugar la madrugada del 28 de septiembre, entre las 3:11 y las 4:23



hora local en Canarias (una hora más en la Península Ibérica), fue observado por varios grupos del IAC desde diferentes localizaciones de las Islas.

Un equipo de astrónomos del proyecto europeo GLORIA, liderado por el investigador del IAC Miquel Serra-Ricart y cuyo compromiso es trasladar la emoción de la Ciencia y ayudar a la audiencia no especializada a comprenderla, retransmitió en directo, a través de la web (sky-live.tv) y en colaboración con TVE, el espectáculo astronómico desde tres islas del Archipiélago Canario: Tenerife, Fuerteventura y La Palma.

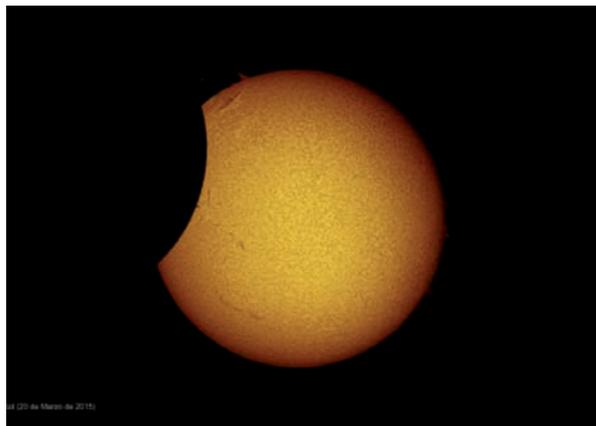
El astrofísico y divulgador del IAC Alfred Rosenberg y el astrofotógrafo Daniel López, realizaron el seguimiento del eclipse desde el Observatorio del Teide, en Tenerife. se tomaron secuencias nocturnas, donde se puede apreciar cómo, a medida que la Luna es eclipsada, aparecen estrellas que antes no eran visibles por el brillo de la luna llena. La secuencias tuvieron que ser interrumpidas poco después del comienzo de la fase de totalidad por el aumento de la humedad.

### *Eclipse de Sol*

El IAC participó en diversas actividades de divulgación científica relacionadas con el eclipse de Sol del 20 de marzo de 2015, que fue parcial en Canarias.

Astrofísicos del IAC y el astrofotógrafo Daniel López salieron a la caza del eclipse, buscando cielos despejados. Consiguieron su objetivo en el municipio de Granadilla, en el sur de la isla de Tenerife, desde donde obtuvieron imágenes del Sol eclipsado en diversas fases.

Otro grupo de astrofísicos y físicos solares del IAC colaboraron con el Museo de la Ciencia y el Cosmos (MCC), de Museos de Tenerife, en las actividades públicas de observación del eclipse que se tenía previsto realizar desde la terraza del museo entre las 07:45 y las



09:38h, momentos en que empezó y terminó el eclipse parcial en Canarias. La presencia de nubes no permitió ver el eclipse más de unos pocos segundos, pero los más de 400 visitantes, entre escolares y público general, que acudieron al museo pudieron asistir a una charla-taller (dos sesiones: 09:15 y 10:00h) impartida por personal del MCC, en la que se explicó cómo se producen los eclipses y se hicieron conexiones en directo con las plataformas web que retransmitían el eclipse total de Sol desde las Islas Feroe (Atlántico norte) y las Islas Svalbard (Océano glacial ártico).

Un equipo de astrónomos, liderados Miquel Serra-Ricart y situados en latitudes boreales -Islas Feroe-, observaron y transmitieron, en directo (plataforma web: sky-live.tv) los detalles del eclipse total de Sol del 20 de marzo. Aunque también tuvieron cielos parcialmente cubiertos en el momento de la totalidad, pudieron captar algunas imágenes de este excepcional momento entre las nubes. Los expedicionarios formaban parte del proyecto europeo GLORIA.

Además, algunos centros educativos de Canarias pudieron disfrutar del eclipse gracias a las 3.000 gafas especiales que el IAC prestó para esta ocasión.

Más información en: <http://www.iac.es/divulgacion.php?op1=16&id=928>



### *Auroras boreales*

El investigador del IAC Miquel Serra-Ricart coordinó la expedición para observar el fenómeno de las auroras boreales desde el sur de Groenlandia e Islandia del 19 al 29 de agosto. En el marco del proyecto europeo GLORIA, se retransmitió en directo el fenómeno los días 25, 26 y 27 de agosto. La propuesta de GLORIA incluía también compartir imágenes y realizar actividades educativas para los estudiantes. Tres centros de supercomputación españoles (CETA, CSUC y CESGA) replicaron el portal de la retransmisión (sky-live.tv) para posibilitar la entrada masiva de internautas.

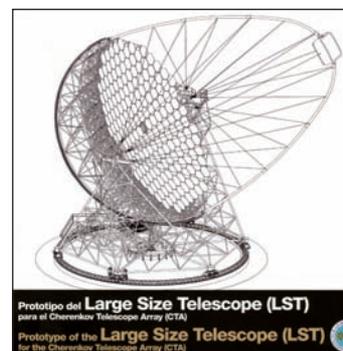
### *Cometa Catalina*

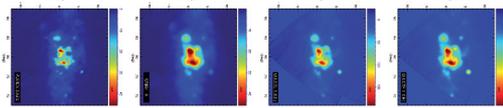
Desde principios de diciembre 2015, el cometa fue visible en el Hemisferio Norte en la madrugada, aunque las condiciones óptimas para observarlos sería durante la primera semana de enero, coincidiendo con la disminución de brillo lunar.

## EDICIONES IMPRESAS

La UC3, como responsable de las publicaciones institucionales y de divulgación, ha diseñado y producido, en algunos casos en colaboración con otros departamentos, las siguientes ediciones:

- Nuevo folleto institucional bilingüe, en el que se informa de forma resumida lo que es el IAC y sus observatorios.
- Un folletos sobre el Experimento QUIJOTE, inaugurado en 2015.
- Un folleto sobre los telescopios robóticos, inaugurados en 2015.
- Un folleto sobre el LST (*Large Size Telescope*).
- Un folleto sobre el EST (*European Solar Telescope*), con SOLARNET.





- Cartelería de los encuentros en el Teatro Leal de La Laguna y en el Teatro Guiniguada de Las Palmas.
- 2 marcadores de libros (telescopios del Experimento QUIJOTE y resultados del mismo).
- 1 postal (Experimento QUIJOTE).
- Calendario 2016
- Felicitación de Navidad 2016.
- Paneles con imágenes astronómicas y expositores para congresos (EWASS 2015, Foro "100xCiencia"), FI2, inauguraciones, CALP, Observatorios...



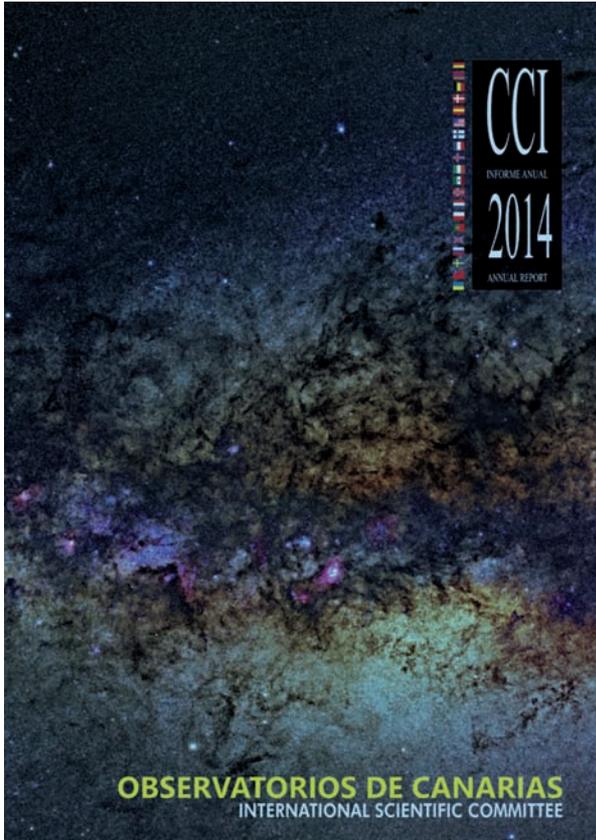
*Memoria Anual del IAC 2014*

Como es preceptivo, se publicó la Memoria anual del IAC correspondientes a 2014.



*CCI Annual Report*

La Secretaría del Comité Científico Internacional (CCI) de los Observatorios de Canarias, radicada en el IAC, publicó el informe anual correspondiente a 2015 sobre las actividades desarrolladas en estos Observatorios, cumpliendo así una de las funciones estableci-



das en el Protocolo de Acuerdo de Cooperación en Materia de Astrofísica, firmado en 1979.

Existe una versión digital del CCI Anual Report en la dirección Web

<http://www.iac.es/eno.php?op1=5&op2=134>

## VÍDEOS

### Serie "IAC Investiga"

La UC3 comenzó la producción de la serie "IAC Investiga", cinco vídeos que pretenden mostrar, de forma resumida y didáctica, las principales líneas de investigación del IAC, con el patrocinio del Programa Severo Ochoa. Estos audiovisuales se enmarcan dentro de los objetivos específicos de este programa de excelencia destinados a la divulgación de los resultados de la investigación al público en general y al fomento de vocaciones científicas. En 2015 se finalizaron dos de estos cinco vídeos: Física Solar y Sistemas Planetarios.

Los audiovisuales tienen una duración media de 10 minutos y en cada uno de ellos se da a conocer el valor científico de las investigaciones realizadas en el centro, su capacidad y experiencia en el desarrollo de instrumentación y proyectos tecnológicos, así como la calidad de su equipo humano.



Las cinco áreas de investigación de las que tratan los audiovisuales son: Física Solar, Sistemas Planetarios y Sistema Solar, Física Estelar e Interestelar, Formación y Evolución de Galaxias y Cosmología y Astropartículas. Los vídeos muestran cada una de estas áreas de estudio como una aventura intelectual y tecnológica; explican, de forma resumida y sencilla, los aspectos científicos y teóricos de cada área de estudio y destacan los beneficios que la investigación en Astrofísica aporta a la sociedad como herramienta de transferencia científico-técnica y de creación de tejido empresarial y humano especializado, así como de inspiración para satisfacer nuestra necesidad innata de saber.

El contenido de los audiovisuales se expresa de manera testimonial; son los investigadores e ingenieros involucrados en cada una de las áreas de estudio los que dan forma al relato. Cada vídeo es un mosaico de voces en el que el propio equipo humano hace de narrador configurando una única voz, clara, cercana y accesible. Los testimonios no sólo dan información, sino que expresan opiniones y especulan sobre los grandes interrogantes que aún existen sobre nuestro universo. También tienen especial importancia las localizaciones, ya que los protagonistas se ubican en lugares que



muestran su día a día y que son parte de las infraestructuras y servicios que hacen del IAC un centro de excelencia de prestigio internacional.

Los audiovisuales son publicados en las diferentes plataformas de visionado del IAC (YouTube, Dailymotion, web del programa Severo Ochoa en el IAC).

El equipo técnico que ha participado en su realización está formado por Iván Jiménez (guión y dirección), Inés Bonet (cámara, edición y postproducción), Daniel López (cámara Dolly y timelapses) y Nayra Rodríguez (producción).

### **Física Solar**

La línea de investigación “Física Solar” fue la primera en ser presentada, estrenándose en junio en Tenerife, formando parte de la Exposición “Luces del Universo”, que se realizó con motivo del 30 aniversario de los Observatorios de Canarias.

El Sol es el objeto astronómico más cercano y más importante para la vida en la Tierra. Nuestro astro gobierna el conjunto del Sistema Solar. Un horno que se formó hace unos 4.500 millones de años y que aún sigue encendido. Aunque es una estrella amarilla, pequeña y común en el Universo, una entre los cientos de miles de millones que hay en nuestra galaxia, el Sol es en realidad un objeto más complejo y enigmático de lo que parece a simple vista. Comprender su esencia y funcionamiento sigue siendo un reto para los científicos.

La historia del IAC está íntimamente relacionada con esta estrella. La línea de investigación de Física Solar fue una de las primeras en desarrollarse a finales de los años 70. Desde entonces, el IAC se ha consolidado como el mayor referente a nivel mundial en el estudio de nuestro astro.

En el vídeo intervienen los investigadores Manuel Vázquez, Héctor Socas, Manuel Collados, Javier Trujillo, Teodoro Roca, Elena Khomenko, Marian Martínez, Pere L. Pallé, David Orozco, Luzma Montoya y la estudiante de doctorado Ana Belén Griñón.

### **Sistemas Planetarios**

“Sistemas Planetarios” es el segundo capítulo de una serie audiovisual producida por el Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC) en la que este centro explica sus principales líneas de investigación. En este vídeo, investigadores e ingenieros cuentan las claves sobre el estudio de los exoplanetas (planetas que orbitan estrellas diferentes al Sol) y de los cuerpos menores (asteroides y cometas) del Sistema Solar, una aventura intelectual y tecnológica sin precedentes que permitirá

responder preguntas como: ¿Es la Tierra única? ¿Existe vida en otros planetas?

Hasta hace tan sólo dos décadas, nuestra lista de planetas conocidos empezaba en Mercurio y terminaba en Plutón. Se suponía que tenían que existir otros mundos en un número incalculable, pero no existía la tecnología para descubrirlos. Sin embargo, en 1995 unos investigadores dieron con un método de detección indirecto que les permitió descubrir el primer planeta que orbitaba una estrella distinta a nuestro Sol. Había nacido un nuevo campo de la investigación astrofísica, la dedicada a la búsqueda y estudio de los exoplanetas o planetas extrasolares.

A partir de este descubrimiento se dispararon los hallazgos hasta el punto de que actualmente hay miles de candidatos y la lista crece cada día. Nuevos métodos de detección y una nueva generación de telescopios e instrumentación avanzada están iniciando una auténtica revolución en el conocimiento, no sólo sobre el origen, la formación y evolución de los sistemas planetarios, sino también, sobre una de las cuestiones más importantes de la humanidad: ¿Estamos solos en el Universo?

El IAC ha sido uno de los centros de investigación pioneros en la investigación de exoplanetas. Fue una de las primeras instituciones científicas en realizar un rastreo para la detección de planetas extrasolares. También participó activamente en CoRot, el primer satélite dedicado a este fin, y gracias a sus datos el IAC lideró varios descubrimientos de gran impacto. Actualmente, participa en la mayor parte de los proyectos internacionales dedicados al desarrollo de instrumentación para la detección de exoplanetas, tanto para telescopios en tierra como en el espacio. El GTC, el mayor y el más avanzado telescopio óptico e infrarrojo del mundo, es uno de los aliados privilegiados con los que cuenta el centro en su Observatorio del Roque de los Muchachos para seguir a la cabeza de esta área de investigación.

Este vídeo tuvo su pre-estreno en septiembre en La Palma, formando parte de la Exposición “Luces del Universo”, que se realizó con motivo del 30 aniversario de los Observatorios de Canarias. En el vídeo intervienen los investigadores Hans Deeg, Enric Pallé, Javier Licandro, Roi Alonso, Rafael Rebolo, Carlos Allende, Jonay González, Víctor Sánchez Béjar, Pilar Montañés, Julia de León, la ingeniera Ana Fragoso y el estudiante de doctorado Alejandro Suárez.

El equipo técnico que ha participado en su realización está formado por Iván Jiménez (guión y dirección), Inés Bonet (cámara, edición y postproducción), Daniel López (cámara Dolly y *timelapses*) y Nayra Rodríguez (producción).

## Otros vídeos

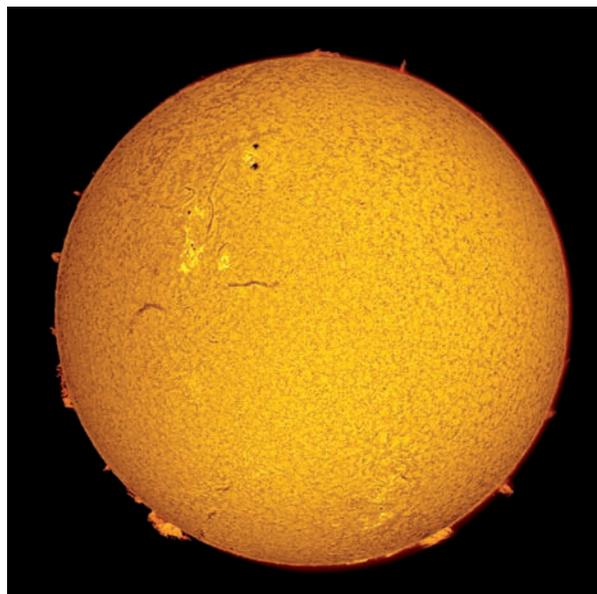
- Vídeo de 4 minutos (disponible en sus canales de vídeo de YouTube, Vimeo y Dailymotion) en el que se simula la formación y evolución de un cúmulo de galaxias que cubre un intervalo temporal de 13.000 millones de años, casi la edad del Universo. Esta simulación, realizada por Claudio Dalla Vecchia y con textos de Iván Jiménez, ha sido posible gracias a la capacidad de cálculo del superordenador Teide-HPC, instalado en el Instituto Tecnológico y de Energías Renovables (ITER) del Cabildo Insular de Tenerife.
- El IAC vuelve a ofrecer “VOCES”, un programa de entrevistas en vídeo con profesionales de prestigio en distintas áreas del conocimiento. Para comenzar y dar impulso a esta nueva etapa, VOCES eligió a una de las investigadoras, según la revista “Time”, más influyentes del mundo: Sara Seager, experta en planetas fuera de nuestro sistema solar y en la detección de vida en su superficie. La UC3 también está recuperando entrevistas ya realizadas con este formato para su difusión, además de las que se puedan realizar en el futuro.

## PROYECTOS EDUCATIVOS

### PROYECTO SOLARLAB

El proyecto divulgativo SolarLab finalizó en 2015 con un gran impacto en la comunidad educativa canaria tras dos años de actividad. Gracias a este proyecto, más de 80.000 estudiantes de toda Canarias han tenido la oportunidad de observar el Sol de forma segura y espectacular gracias a los tres telescopios solares que han itinerado por todo el archipiélago por periodos de una semana en cada centro educativo participante. Dichos telescopios, Ra, Helios o Tonatiuh, han pasado por 141 centros de enseñanza de las siete islas durante los dos últimos cursos escolares.

Ha sido indispensable la participación entusiasta de 307 profesores de secundaria, que han colaborado activamente en este proyecto, tanto en el curso de for-



mación específico ofrecido por físicos solares del IAC - Pere Lluís Pallé, Antonio Eff-Darwich, Héctor Socas y Mariam Martínez- el astrofotógrafo Daniel López y el coordinador del proyecto, Alfred Rosenberg, como en las numerosas actividades desarrolladas en los centros en torno al proyecto: astrofotografía, exposiciones, presentaciones, semanas de la ciencia, etc.

Durante el curso académico también se convocó, en el marco del proyecto, el concurso “Canarios bajo un mismo cielo”, en las modalidades científica, periodística, artística y literaria.

Como premio, los estudiantes y profesores ganadores disfrutaron los días 19, 20 y 21 de junio de un amplio programa de actividades, coordinadas desde el Instituto de Astrofísica de Canarias, que incluía una visita al Área de Instrumentación de su sede central así como a los Observatorios del Teide y del Roque de los Muchachos. En el Observatorio del Teide visitaron GREGOR (el mayor telescopio solar de Europa), la Pirámide (Laboratorio Solar, cuna de la heliosismología) y QUI-





JOTE (telescopio que observa el Universo en microondas), además de la gran oportunidad de realizar una observación nocturna con el telescopio IAC-80. En el Observatorio del Roque de los Muchachos también realizaron una observación nocturna y visitaron el Gran Telescopio CANARIAS (el mayor telescopio óptico-infrarrojo del planeta) y el telescopio MAGIC. El programa incluía, a su vez, un recorrido por la exposición “Luces del Universo”, que se ofrecía en la sala expositiva del Instituto Canarias Cabrera Pinto, y una visita al Museo de la Ciencia y el Cosmos.

Los centros ganadores del concurso fueron, en esta ocasión, el I.E.S Garoé (El Hierro), el IES Tafira-Nelson Mandela (Gran Canaria), el IES Santa Brígida (Gran Canaria), el IES Valle de los Nueve (Gran Canaria), el colegio Echeyde III (Tenerife) y el IES Jandía (Fuerteventura).



Este proyecto ha sido posible gracias a la colaboración de la compañía Binter Canarias, el Museo Elder de la Ciencia y la Tecnología, el Cabildo de La Palma, el Museo de la Ciencia y el Cosmos, de Museos de Tenerife, y la Consejería de Educación, Universidades y Sostenibilidad del Gobierno de Canarias. También ha contado con la financiación de los programas “Severo Ochoa” y “SOLARNET”, que se desarrollan en el IAC.

La Dra. Nayra Rodríguez Eugenio fue contratada con fecha 1 de abril de 2014 en el marco del Proyecto “Acuerdo suscrito entre el Instituto de Astrofísica y la Universidad John Moores de Liverpool, para la instalación y operación del TELESCOPIO LIVERPOOL (2003), Programa para la explotación docente y divulgativa del telescopio Liverpool” y del Programa de Excelencia “Se-

vero Ochoa 2012-2015” (7E4411). Su contrato tenía como objeto la difusión del programa Severo Ochoa (SO) del IAC y actividades de divulgación relacionadas, así como el desarrollo de la tercera fase del proyecto educativo con el Telescopio Liverpool, en concreto, la ejecución del programa divulgativo correspondiente al tiempo de observación del período 2014-2015, entre los IES nacionales y los aficionados de todo el mundo.

La Dra. Rodríguez-Eugenio ha realizado las tareas asignadas a dicho contrato en el marco de los proyectos de referencia y se han llevado a cabo de forma satisfactoria. Entre las tareas relacionadas con el Programa SO destacan: elaboración y publicación de contenidos (noticias, eventos, entrevistas, destacados,...) para la web SO del IAC; asesoría científica y producción de los audiovisuales divulgativos ‘IAC Investiga’ sobre las líneas de investigación del Programa SO del IAC; participación activa en el Comité Organizador Local y el Grupo de Trabajo de Difusión del Foro 100xCIENCIA organizado por los centros SO, mediante la elaboración y publicación de contenidos para la web del evento, creación de lista de medios y difusión a los mismos, puesta en marcha y desarrollo de contenidos y concurso en redes sociales; difusión de noticias, notas de prensa y eventos a los medios de comunicación y también de forma interna al personal del IAC; charlas y actividades de divulgación en teatros, ferias, semanas de la ciencia, etc.

Página web: [www.iac.es/solarlab](http://www.iac.es/solarlab)

### PROYECTOS DIDÁCTICOS CON EL TELESCOPIO LIVERPOOL

Con respecto a la tercera fase del proyecto educativo con el Telescopio Liverpool, Nayra Rodríguez Eugenio, contratada para ello, se han llevado a cabo las si-

guientes tareas: gestión de nuevos usuarios del portal y asesoramiento científico; organización, participación como ponente y difusión de la I Escuela de Verano sobre Astronomía para profesores “Astronomy Adventure in the Canary Islands”, organizada en colaboración con la Universidad John Moores de Liverpool (Reino Unido) y el NUCLIO de Astronomía (Portugal); difusión de los resultados del proyecto educativo piloto sobre caracterización de exoplanetas desarrollado en colaboración con la asociación de astrónomos aficionados CIDAM y el instituto La Devesa de Elche; petición de nuevas observaciones con el Telescopio Liverpool correspondientes al período 2014-2015.

En el tiempo que resta hasta la fecha estimada de finalización de su contrato se prevé que puedan finalizarse las siguientes tareas del proyecto educativo: actualización de la web del proyecto con los nuevos contenidos desarrollados (manuales educativos de observación astronómica, información sobre el Telescopio Liverpool, software de análisis de imágenes astronómicas, Unidades Didácticas sobre temas astronómicos usando imágenes del Telescopio Liverpool); realización de nuevas observaciones para su aprovechamiento por escolares dentro del proyecto de caracterización de exoplanetas; y la elaboración del informe final.

El desarrollo de proyectos didácticos para el aprovechamiento de las observaciones por escolares y aficionados no ha podido realizarse por varias razones de carácter logístico y administrativo. En primer lugar, el proyecto Severo Ochoa ha requerido una implicación de Rodríguez Eugenio más alta de lo previsto, en especial en lo relacionado a su participación en la organización del Foro “100xCIENCIA” (que no estaba previsto en el plan de actuación 2014-2015). En segundo lugar, para el desarrollo de los proyectos educativos se pre-



pararon dos propuestas, en años consecutivos, que se presentaron a la Convocatoria de Ayudas para el fomento de la cultura científica, tecnológica y de la innovación de FECYT, que no consiguieron financiación (se solicitaba la misma para cubrir el desarrollo de la nueva web y algunos contenidos audiovisuales), lo que ha retrasado también el desarrollo y publicación de los nuevos materiales didácticos.

**PROYECTO RØMER**

(ver Colaboraciones con el MCC)

**“EXPLORANDO EL UNIVERSO”**

Con motivo del 30 aniversario de la inauguración oficial de la sede central del Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC) y de los Observatorios del Teide (Tenerife) y del Roque de los Muchachos (La Palma), en febrero de 2015 se celebró un encuentro de divulgación científica en el Teatro Leal de San Cristóbal de La Laguna, en el que investigadores del IAC presentaron sus



áreas de trabajo. Lo hicieron en una sesión específica durante la mañana para alumnos de Bachillerato y concertados previamente y en otra por la tarde para público general. La experiencia se repitió en abril en el Teatro Guiniguada, en Las Palmas de Gran Canaria.

**EXPOSICIONES**

**“A LA LUZ DEL CONOCIMIENTO”**

EL IAC participó en abril en la organización de los actos de celebración del Día del Libro de la Universidad de La Laguna y el Año Internacional de la Luz con paneles explicativos (Luz eclipsada, Fenómenos luminosos, La Luz y el Universo y La Luz y la Astrofísica), 8 artículos firmados por investigadores del IAC para una edición especial y un taller de observación del Sol en directo, a la entrada de la biblioteca central de la ULL, material disponible también en una página web: <http://bbtk.exposicion.ull.es/luz/>



**EXPOSICIÓN “LUCES DEL UNIVERSO”**

Con motivo del 30 aniversario, el IAC diseñó una exposición interactiva “Luces del Universo” sobre la historia –pasado, presente y futuro– de la Astrofísica en Canarias que han visitado 20.000 personas. Primero se exhibió en la Sala de Arte Instituto Canarias Cabrera Pinto de La Laguna (Tenerife), del 6 al 5 de julio, y después, en el Palacio Salazar de Santa Cruz de La Palma, del 16 de septiembre al 10 de octubre. El IAC contó para esta exposición con el patrocinio del Gran Telescopio de Canarias (GRANTECAN), S.A., Canarias Cultura en Red del Gobierno de Canarias, el Cabildo Insular de Tenerife, la Fundación “CajaCanarias” y la Obra Social “La Caixa”. Asimismo han colaborado el Museo de la Ciencia y el Cosmos, de Museos de Tenerife, Televisión Española en Canarias (TVEC) y las instituciones científicas presentes en los Observatorios.

Comisarios:  
Ignacio García de la Rosa  
Juan Antonio Belmonte



Coordinadora general:  
Carmen del Puerto  
Coordinador artístico:  
Gotzon Cañada  
Producción:  
Unidad de Comunicación y Cultura Científica  
(UC3) del IAC

## CONTENIDO DE LA EXPOSICIÓN

### 1. Historia en imágenes

A los hitos históricos relacionados con el IAC y sus observatorios, en la exposición se dedican ocho paneles gráficos, con una selección de eventos importantes que siguen un hilo conductor cronológico. Empiezan en “Los orígenes... antes de 1985”, que se remontan a Isaac Newton pues fue él quien, en su Tratado de Óptica (1730), se refirió a las dificultades de la observación astronómica debidas a la atmósfera terrestre y sugirió que los telescopios debían colocarse “en la cima de las montañas más altas, por encima de las nubes más espesas”.

En 1856, el astrónomo británico Charles Piazzi Smyth comprobó que, efectivamente, los sitios de gran altitud ofrecían claras ventajas para la observación astronómica. Llegó a esta conclusión después de observar a diversos niveles en Tenerife, desde Guajara y luego desde Altavista, junto al Pico del Teide.

Posteriormente, el astrónomo francés Jean Mascart, que viajó a Tenerife para observar el cometa Halley en 1910, propuso la creación de un observatorio internacional en la montaña Guajara, proyecto que se frustró al iniciarse la Primera Guerra Mundial.

Fue casi cincuenta años después, con motivo del eclipse de Sol de 1959, visible como total en Canarias, cuando astrónomos de todo el mundo visitaron las Islas y el interés por instalar en ellas un observatorio permanente volvió a ponerse de manifiesto.

Como resultado de este interés, científicos españoles liderados por el astrofísico Francisco Sánchez midieron las condiciones astronómicas del cielo de Canarias para la moderna astronomía y, convencidos de su excelente calidad, promovieron, dentro y fuera de nuestras fronteras, este recurso natural, poniéndolo en valor.

En 1973 se creó en la Universidad de La Laguna el Instituto Universitario de Astrofísica, del que pasó a depender el Observatorio del Teide. Francisco Sánchez fue nombrado director, por Orden Ministerial 14/12/73. El 17 de octubre de 1975, por acción coordinada de la Universidad de La Laguna, el CSIC y la Mancomunidad Interinsular de Cabildos de la provincia de

Santa Cruz de Tenerife, se firmó, en el despacho del Ministro de Educación y Ciencia, el convenio por el cual se creaba el primitivo Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC), que englobaba al Instituto Universitario de Astrofísica y que fundamentaría ya definitivamente el centro de investigación de proyección internacional. Aun así, tendrían que pasar siete años más para que el IAC alcanzara, en 1982, su estructura jurídico-administrativa definitiva, por Real Decreto-Ley.

El 2 de junio de 1979, se firmaron en Santa Cruz de La Palma los Acuerdos Internacionales de Cooperación en Materia de Astrofísica, que abrieron los Observatorios de Canarias a la comunidad astrofísica internacional.

Y llegamos a 1985, fecha en la que fueron inaugurados la sede central del IAC en La Laguna y los Observatorios del Teide, en Tenerife, y del Roque de los Muchachos, en La Palma. A estas Inauguraciones solemnes se dedica uno de los paneles.

A continuación, el panel “Últimos 30 años en imágenes”, se hace un recorrido histórico año por año, desde 1986 hasta 2015, que recoge algunas de las actividades realizadas y por realizar con motivo de este 30 aniversario.

El último panel de esta serie se dedica a los galardonados con el Premio Nobel que han visitado el IAC o participado en sus actividades.

### 2. Caleidoscopio GTC

En este módulo, el visitante puede comenzar un viaje adentrándose en un universo extraño. Un enorme caleidoscopio, contribución de GTC, permite una experiencia única en la que la imagen del visitante se refleja infinitas veces en un paisaje cósmico cambiante y sorprendente. No se trata de un mero divertimento. En algunos modelos de universo, hoy en día descartados, el espacio se imaginaba ilimitado, a la vez que finito, como la superficie de un balón. Un rayo de luz que salía de nuestra espalda llegaba a los ojos después de recorrer la superficie del universo-balón y veíamos todo repetido, incluidos a nosotros mismos. Un auténtico universo caleidoscópico para hacerse preguntas y experimentar la cosmología, con música compuesta expresamente por el grupo Black Mirror.

### 3. Hitos científicos del IAC

En la búsqueda de respuestas a los interrogantes del Universo, los telescopios de los Observatorios de Canarias han permitido visitar paisajes cósmicos impresionantes, cuyas imágenes adornan la exposición. Sin embargo, la producción de imágenes no es la única,

ni principal finalidad del IAC. La evaluación del éxito científico es más sutil, porque el avance del conocimiento científico se asemeja a la resolución colectiva de un gigantesco puzzle del que no conocemos la imagen final. En la exposición “Luces del Universo”, el IAC quiere mostrar su contribución a la solución de este puzzle, señalando algunas de las piezas más importantes que ha conseguido colocar en estos últimos 30 años. Y lo hace con un módulo interactivo donde los visitantes pueden descubrir las piezas colocadas por el IAC mediante un simple movimiento de su mano. Cuando finalice la itinerancia de esta exposición, este módulo será cedido al Museo de la Ciencia y el Cosmos

Para alcanzar estos hitos científicos, el IAC ha movilizizado los esfuerzos de numeroso personal científico, ingenieril, técnico y de administración, que ha conseguido colocar a Canarias en el mapa de la investigación astrofísica mundial. La historia de este centro siempre ha sido transparente y los medios de comunicación han dado buena cuenta de ella. Con la exposición “Luces del Universo” se quieren condensar esos 30 años y mostrar que aquella institución joven que inauguraba los Observatorios de Canarias en 1985 ha sabido crecer manteniendo la juventud y, lo que es más importante, la curiosidad.

Los 22 hitos científicos del IAC que se muestran en el módulo de la exposición se seleccionaron a partir de una lista de más de 80 artículos, liderados por investigadores del IAC, publicados en revistas de gran impacto, como *Science* y *Nature*, y en otras revistas de referencia que contasen con un número de citas muy elevado, un criterio usado habitualmente para valorar la relevancia científica. El listado final se obtuvo de manera democrática por un proceso interno de selección entre los propios investigadores del centro que valoraron el trabajo de sus colegas, no pudiendo votar sus propias contribuciones.

#### 4. Máquinas del tiempo

La exposición también exhibe un telescopio antiguo fabricado a finales del siglo XIX y utilizado en la expedición al Observatorio Meteorológico de Guajara (Las Cañadas del Teide) que el astrónomo francés Jean Mascart lideró, junto con numerosos científicos europeos, con motivo del paso del cometa Halley cerca del Sol en la primavera de 1910. Junto a este telescopio, restaurado por el Museo de la Ciencia y el Cosmos (MCC), de Museos de Tenerife, y cedido para esta exposición por el Centro de Investigación Atmosférica de Izaña (Agencia Estatal de Meteorología), se muestra una maqueta (en este caso cedida por el MCC), a escala 1:50, del

Gran Telescopio CANARIAS (GTC), que con sus 10,4 m de diámetro, es hoy por hoy el mayor telescopio óptico-infrarrojo del mundo. Telescopios de ayer y de hoy, auténticas “máquinas del tiempo”.

#### 5. Rincón de los recuerdos

En este “rincón”, se muestran algunos artículos que también forman parte de la historia del IAC y de los Observatorios, como ediciones en papel antiguas y recientes, vídeos en VHS, reliquias tecnológicas, premios o productos de merchandising.

#### 6. Consorcios internacionales

A lo largo de estos 30 años, el IAC se ha involucrado en más de una treintena de consorcios internacionales de gran ciencia. Entre ellos destacan redes terrestres de telescopios dedicados a líneas punteras como la Heliosismología o a experimentos de vanguardia como la detección del eco del Universo temprano o la búsqueda de exoplanetas. También destacan aquellos dedicados a la construcción de grandes instalaciones telescópicas como el EST o sus instrumentos, como HARMONI para el E-ELT (Telescopio Europeo Extremadamente Grande). Finalmente, el IAC ha tenido una participación muy destacada en grandes consorcios de las agencias espaciales, como ESA o NASA, con misiones espaciales tan relevantes como los satélites SOHO, Herschel o Planck y, en un futuro próximo, Plato, destinado a la detección de un planeta gemelo de la Tierra que pueda albergar vida entre las estrellas cercanas

#### 7. Astrofísica en los Observatorios

El módulo “Astrofísica en los Observatorios” consiste en dos pantallas táctiles que nos permiten explorar los telescopios pasados, presentes y futuros, del Observatorio del Teide y del Roque de los Muchachos. Los telescopios están inicialmente agrupados por temática (“Telescopios Solares”, “Telescopios Nocturnos” y “Telescopios Especiales”) de forma que los visitantes puedan comprobar, por ejemplo, la relevancia del estudio del Sol, la importancia del tamaño del espejo que recoge la luz o que el Universo debe ser observado en todas las longitudes de onda (desde los rayos gamma hasta las ondas de radio) para poder ser entendido. El propósito final es llegar a las fichas individuales para cada telescopio en las que se resumen sus características, anécdotas, curiosidades e hitos obtenidos con dicha instalación tanto por el IAC como por las instituciones propietarias del mismo. Este módulo expositivo, que cuenta con la financiación del Cabildo de Tenerife, será otro de los cedidos al Museo de la Ciencia y el Cos-

mos tras los actos previstos para conmemorar el 30 aniversario.

### 8. Sala de proyección

En una gran pantalla, los visitantes de la exposición podrán contemplar una serie de vídeos institucionales y de divulgación científica producidos por el IAC, así como imágenes de las Inauguraciones de 1985, facilitadas por TVEC.

### 9. Inmersión solar

En este espacio, en la planta superior y diseñado por un colectivo de profesionales creativos independientes, los visitantes interactuarán con el Sol manejando su poderosa actividad de una forma directa e intuitiva. Podrán observar y provocar las tremendas llamaradas de la corona, acelerar o ralentizar el ciclo solar, cambiar el espectro lumínico que emana de nuestra estrella, y no sólo individualmente, sino también en grupos. Se trata de probar, jugar y conocer al astro más temperamental de nuestro sistema solar.

### 10. Luces del Universo

“Luces del Universo” es el título genérico elegido para esta exposición por varios motivos, y uno de ellos tiene que ver, obviamente, con la celebración del Año Internacional de la Luz 2015 a la que el IAC también ha querido sumarse. Cuatro paneles muestran con bellas imágenes diferentes aspectos relacionados con la Luz: *“Luz y Astrofísica”*

La Astrofísica es una ciencia observacional. Eso significa que no podemos interactuar con los objetos de nuestro estudio y que debemos esperar pacientemente a que la Luz nos informe de todo lo que acontece en el Cosmos. Estamos limitados por las astronóm-





micas distancias entre objetos, así como por una velocidad fantástica que se nos terminará antojando insuficiente.

*“Luz cósmica”*

Resulta un reto apasionante tratar de explicar el Universo que nos rodea a partir de un puñado de fotones: que el Universo tiene 13.800 millones de años; que está en expansión acelerada; que las galaxias están formadas por cientos de miles de millones de estrellas; que las estrellas nacen, viven y mueren; que existen exoplanetas en torno a la mayoría de las estrellas... hace falta un puñado de fotones y mucho ingenio.

*“Luz eclipsada”*

Los eclipses están, sin duda, entre los fenómenos astronómicos más espectaculares para el ser humano,

siempre condicionado, por naturaleza, a observar cualquier cambio que suceda a su alrededor. Podemos imaginarnos un universo sin más planetas, sin estrellas ni galaxias, pero nunca un universo sin Sol ni Luna. Cuando se alinean en su danza cósmica, pueden producir efectos de luz maravillosos.

*“Fenómenos luminosos”*

No siempre son necesarios sofisticados instrumentos para estudiar y disfrutar del cielo. Muchas veces son otras las claves, tales como estar en un lugar privilegiado o entender qué es lo que estamos viendo. Algunos de los fenómenos luminosos que podemos observar en lugares privilegiados del planeta son el resultado de la interacción entre la luz que proviene del Universo (especialmente del Sol, nuestra estrella más cercana)



y uno de los dos escudos que nos protegen de su violenta naturaleza: la atmósfera y el campo magnético terrestre.

### 11. El Sol y Planetas Extrasolares desde el IAC

En la exposición “Luces del Universo” se mostraron los dos primeros vídeos de “IAC Investiga” producidos por este instituto con financiación del programa Severo Ochoa.

## EVENTOS ESPECIALES

### INAUGURACIÓN DE QUIJOTE Y TELESCOPIOS ROBÓTICOS

La UC3 colaboró en la inauguración de nuevos telescopios en el Observatorio del Teide con motivo del 30 aniversario de los Observatorios de Canarias, tanto en la logística de la ceremonia como en la cobertura informativa.



### PRIMERA PIEDRA DEL TELESCOPIO LST

La UC3 colaboró en el acto de la primera piedra del telescopio LST en el Observatorio del Roque de los Muchachos, en La Palma, tanto en la logística de la ceremonia como en la cobertura informativa, incluida la rueda de prensa organizada con motivo de la presencia del Premio Nobel de Física Takaaki Kajita.



### INAUGURACIÓN DEL NUEVO “JKT”

La UC3 cubrió el acto de reapertura del telescopio JKT, en el Observatorio del Roque de los Muchachos, que tras más de una década de inactividad ha sido transformado en un telescopio operado remotamente con fines científicos, educativos y de divulgación por el consorcio SARA.

## OTROS PROYECTOS DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA

### “ESTRELLAS ENTRE VINEDOS”



En abril de 2015 se celebró en el municipio de Tegueste (Tenerife) una jornada especial con motivo del 30 aniversario de los Observatorios de Canarias que combinó el mundo del vino, la música y la astronomía. Además de una charla a la comunidad educativa de Tegueste y a los estudiantes de la Facultad de Educación de la Universidad de La Laguna, el evento incluyó una charla de divulgación, la degustación del vino Sextante, especialmente elaborado para la ocasión por la Asociación Vitivinícola de Tegueste (AVITE), el espectáculo Constelación, ofrecido por el músico Benito Cabrera, y una observación astronómica nocturna a cargo del Grupo de Observadores Astronómicos de Tenerife (GOAT).

### DESFILE “MODA COSMICA”

Sobre una pasarela al aire libre que reproducía un brazo de nuestra galaxia, la Vía Láctea, y ante unas 400 personas que acudieron el 6 de junio a la plaza junto a



la iglesia de la Concepción de La Laguna (Tenerife), desfilaron 25 modelos diseñados por alumnas y alumnos de la Escuela de Arte y Superior de Diseño (EASD) “Fernando Estévez”. Lo hicieron en el marco del proyecto conjunto “Moda Cósmica” de esta escuela y el IAC, con financiación de la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT), el Ayuntamiento de San Cristóbal de La Laguna y la Consejería de Educación, Universidades y Sostenibilidad del Gobierno de Canarias. Ganó un diseño inspirado en la granulación de la superficie del Sol. Otro inspirado en los espejos del Gran Telescopio CANARIAS obtuvo una mención especial. También hubo un concurso de diseño infantil. Todo el proyecto puede consultarse en su página web: <http://www.iac.es/modacosmica>



FORO “100×CIENCIA”



Organizado localmente y a iniciativa el IAC, el foro “100×CIENCIA: Communicating Frontier Science” reunió a más de 200 personas del 7 al 9 de octubre, en el Teatro Circo de Marte, en Santa Cruz de La Palma. Centrado en la información y la divulgación científica, ha logrado, por primera vez, que los 20 centros científicos de excelencia Severo Ochoa se unan y compartan en el mismo espacio físico sus líneas de investigación y sus inquietudes. Es el primer esfuerzo coordinado en materia de comunicación de estos centros de investigación, y pretende crear un espacio de





colaboración para optimizar sus esfuerzos en la comunicación y la divulgación.

El resultado del congreso puede verse en la web del mismo <http://www.iac.es/congreso/100xciencia/index.php/es/>, con los materiales generados y coordinados por la UC3: 12 notas de prensa, 24 entrevistas, 1 reportaje final, numerosa repercusión en medios, una completa galería de fotos y vídeos. Entre los invitados, además de los directores de los centros Severo Ochoa, se encontraban periodistas y divulgadores científicos de prestigio como Kenneth Chang, del New York Times, Patricia Fernández de Lis, de País/Materia, Pampa García Molina, de la agencia SINC, Pere Estupinyà, del programa “El ladrón de Cerebros” y Pere Buhigas, del programa “Lab24” de RTVE, entre otros.

Gracias al acuerdo firmado entre el IAC y Santander Universidades, de Banco Santander, se concedieron 25 ayudas a jóvenes periodistas científicos o estudiantes de periodismo de últimos cursos y de distintos países para asistir a “100xCIENCIA”.



## PREMIOS

El “Teatro de Títeres” y el proyecto “SolarLab”, ambos liderados por Alfred Rosenberg, de la UC3, recibieron en 2015 el Premio “Convive del IAC”.

## COLABORACIONES CON EL MUSEO DE LA CIENCIA Y EL COSMOS

En el marco del convenio general que el Organismo Autónomo de Museos y Centros del Cabildo Insular de Tenerife tiene suscrito con el IAC, las actuaciones que se llevaron a cabo a lo largo de 2015 con el Museo de la Ciencia y el Cosmos (MCC) fueron las siguientes:

### PROYECTOS

#### “Proyecto Rømer”

La Organización de las Naciones Unidas (ONU), en su 68ª Asamblea Anual, proclamó 2015 como el Año Internacional de la Luz, coincidiendo con varios aniversarios de descubrimientos en el área desde hace mil años, como los trabajos de óptica de Ibn Al-Haytham, en 1015, la descripción teórica del efecto fotoeléctrico por Albert Einstein en 1905, o la incorporación de la luz en la cosmología mediante la relatividad general en 1915. Precisamente, la luz es la herramienta fundamental de la Astrofísica. Prácticamente todo lo que se conoce del Universo lo sabemos gracias a ella. Y si hay algo especialmente sorprendente sobre la luz es su velocidad, sólo superada por nuestra imaginación. Por esta razón, el IAC y el Museo de la Ciencia y el Cosmos (MCC), de Museos de Tenerife, pusieron en marcha el “Proyecto Rømer”, invitando a los participantes que lo desearan a colaborar en la determinación de esa constante universal que abreviamos con la letra “c”.



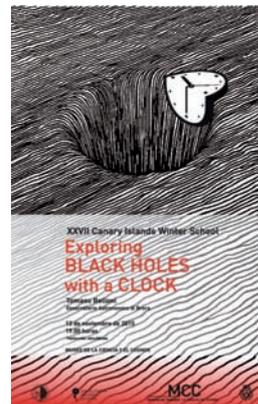
Con este proyecto, que continúa, se pretende hacer divulgación, tanto en el campo de la astrofísica como en el de la física fundamental, aunando una observación astronómica sencilla con la medida de la velocidad de la luz. Puede participar cualquier persona haciendo

observaciones con telescopios ya sean pequeños o profesionales, sabiendo que el astrónomo danés Ole Rømer determinó en 1676, y por primera vez, esta constante universal gracias a esas mismas observaciones.

Página web: [www.iac.es/romer](http://www.iac.es/romer)

### CONFERENCIAS

- “Cosmovisiones: un paseo por los cielos de la Historia”. Por Andrea Rodríguez Antón, IAC. 27 de febrero.
- “...infinidad de formas maravillosas...”. Por Daniel López, astrofotógrafo colaborador de la UC3, y Antonio Mampaso, IAC. 5 de marzo.
- “Estrellas gigantes rojas: fábricas de elementos pesados”. Por Amanda Karakas, Observatorio Mount Stromlo (Universidad Nacional Australia). 19 de junio (en inglés, con traducción simultánea). En el marco de la serie de charlas de divulgación impartidas por destacados astrónomos participantes en EWASS 2015.
- “Ciencia desde el Espacio”. Por Álvaro Giménez, Agencia Espacial Europea (ESA). 25 de junio. En el marco de la serie de charlas de divulgación impartidas por destacados astrónomos participantes en EWASS 2015.



Diseños: Miriam Cruz (MMC)

- “¿Qué le ocurre a nuestro universo?”. Por Stephane Courteau (Universidad de Queen (Canadá). 3 de julio (en inglés, con traducción simultánea). En el marco de la serie de charlas de divulgación impartidas por destacados astrónomos participantes en EWASS 2015.
- “Explorando agujeros negros con un reloj”. Por Tomaso Belloni, Osservatorio Astronomico di Brera (Italia), 13 de noviembre (en inglés, con traducción simultánea).
- “¿Qué sabes de la Luna? Curiosidades y una observación que no puedes perderte”. Por Alfred Rosenberg, IAC, y Oswaldo González, MCC. 20 de noviembre.

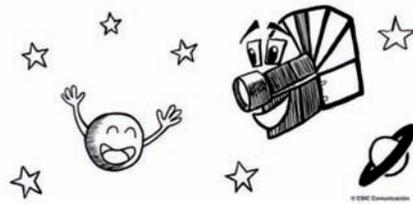
Otras colaboraciones con el Museo:

- Observación en la terraza del Museo del eclipse parcial de Sol (Ver Seguimiento de Eventos Astronómicos)
- Día Internacional de los Museos 2015. Medida del radio de la Tierra en colaboración con NAROM, Andoya Space Center, en Noruega.

OTRAS COLABORACIONES

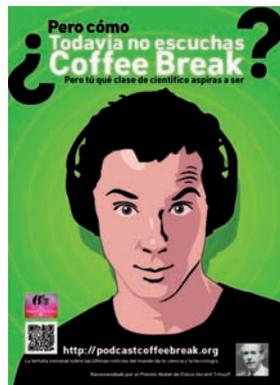
- La UC3 coordina desde el 2 de julio de 2015 la sección semanal “Crónicas de Astromanía” de EL PAÍS/Materia, inspirado en el blog, habiéndose publicado 27 artículos en este periódico en su formato digital.
- También colabora con la Revista *Astronomía* con un breve artículo mensual.
- Alfred Rosenberg contribuyó con un capítulo (“Luz y Universo”) al libro editado por Superior de Investigaciones Científicas.
- La UC3 colabora con Podcast “Coffee Break”, una iniciativa del astrofísico Héctor Socas: <http://podcastcoffeebreak.org/blog/>
- El IAC sigue colaborando con la Fundación Starlight.

- Alfred Rosenberg colaboró con la iniciativa DISA-Lab (2015) <http://disalab.fundaciondisa.es>
- Alfred Rosenberg participó como Profesor en el “Campus de Excelencia de Las Palmas de Gran Canaria” del 29 de junio al 24 de Julio de 2015 (Total de 40 horas). También ha dado unas 20 charlas en centros escolares a lo largo del año.
- Se colaboró con la II semana de la Astrofísica de Valverde, con actividades en el Hierro (charla infantil, observaciones, astrofoto, etc.).
- EL IAC colaboró con el concurso de dibujo de la misión CHEOPS de la ESA.



- Cerca de 3.000 dibujos de niños europeos, entre ellos unos 250 españoles, viajarán al espacio. Lo harán a bordo de CHEOPS (*CHAracterizing ExOPlanet Satellite*), un telescopio cuyo objetivo es identificar nuevos planetas fuera del Sistema Solar –lo que se conoce como exoplanetas– y que está previsto que se lance al espacio en diciembre de 2017. El concurso de dibujos es una iniciativa de la Agencia Espacial Europea, que quiere acercar los proyectos de desarrollo espacial a los más pequeños, y en España cuenta con la colaboración del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), el Instituto de Estudios Espaciales de Cataluña (IEEC) y el IAC.
- Colaboración en la película de planetario “El Mundo Anillo. Viaje a un exoplaneta”.

La película, para su proyección en cúpulas y planetarios, ha sido producida por el CETA-CIE-MAT, el IAC y Eurocosmos como resultado de un proyecto de divulgación científica financiado por



la FECYT. “El Mundo Anillo. Viaje a un exoplaneta” pretende despertar la curiosidad del público y que éste pueda entender las condiciones que deben darse para la existencia de agua líquida y de vida orgánica en otros planetas. La película será distribuida gratuitamente entre aquellos planetarios y asociaciones astronómicas de España y América Latina que lo soliciten.

### PARTICIPACIÓN EN CONGRESOS

El astrofísico John Beckman, en nombre de la UC3, presentó el póster titulado “The Instituto de Astrofísica de Canarias: 30 years of Research and Communication in Astronomy”, en la XXIX Asamblea General de la Unión Astronómica Internacional (IAU) celebrada en Hawai de 3 al 14 de agosto.

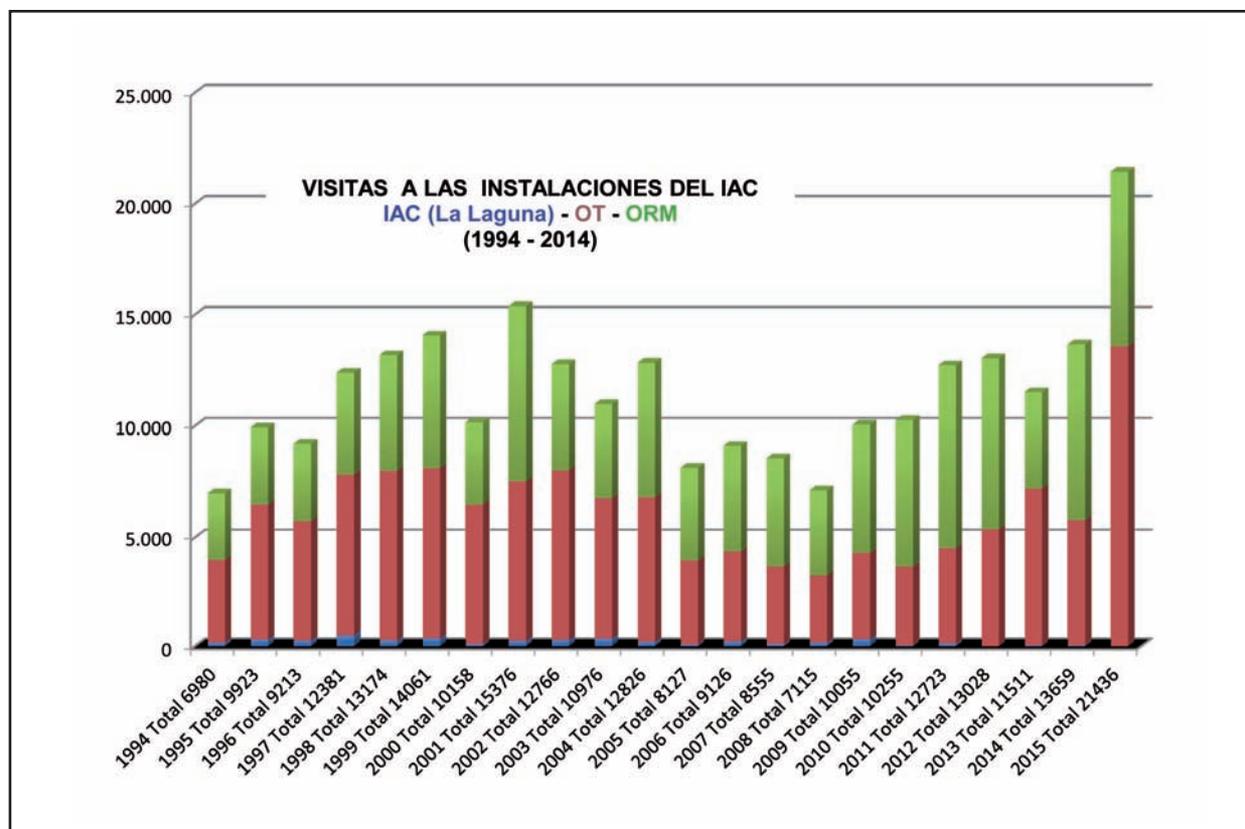


### VISITAS AL IAC Y A LOS OBSERVATORIOS

El IAC y sus Observatorios del Teide y del Roque de los Muchachos constituyen un obligado punto de encuentro de la comunidad astronómica internacional y, por ello, anualmente reciben visitas de científicos (también de ingenieros y técnicos) procedentes de todo el mundo. Muchos de ellos vienen a observar con los telescopios instalados en los Observatorios, tras haber solicitado y conseguido el tiempo de observación que

asignan los comités correspondientes. Otros vienen a colaborar con el personal del Instituto que trabaje en su mismo campo, a impartir un curso a dar una charla o a asistir a las numerosas reuniones científicas celebradas en Canarias.

A fin de facilitar, actualizar y agilizar el trámite de acceso de los visitantes a los Observatorios se dispone en la Web de un formulario de solicitud y reserva de



visita. También se incluye un documento en el que se detallan una serie de normas y recomendaciones para los visitantes.

Los Observatorios de Canarias también reciben regularmente otros tipo de visitas, como grupos escolares, medios de comunicación, participantes en congresos de las Islas, turistas... En 2015 se adjudicó a la empresa *Volcano Life Experience* un contrato para gestionar y atender las visitas en el Observatorio del Teide, mientras que se mantiene el contrato de servicios con la empresa *Astrocamp* en el Observatorio de Roque de los Muchachos. (Ver para más detalle SUBDIRECCIÓN, Observatorio del Teide y Observatorio del Roque de los Muchachos).

En total, en 2015 se recibieron 21.436 visitas a las instalaciones del IAC, principalmente por la gran afluencia en las Jornadas de Puertas Abiertas en el Observatorio del Teide, lo que supone un incremento del 57% con respecto al 2014, año en que se recibieron 13.659.

#### JORNADAS DE PUERTAS ABIERTAS EN EL OBSERVATORIO DEL TEIDE

Las últimas Jornadas de Puertas Abiertas del Observatorio del Teide (Izaña, Tenerife), organizadas por el Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC) los días 3 y 4 de julio, se cerraron con un incremento de asistencia de un 35% con respecto 2014, alcanzando un total de 3.475 visitantes (1.125 el viernes y 2.350 el sábado).

Durante toda la mañana y parte de la tarde se abrieron al público las siguientes instalaciones: Teles-

copio Solar THEMIS, IAC-80, Telescopio Carlos Sánchez, Laboratorio Solar, Estación Óptica Terrestre (OGS) y Torre Solar al Vacío (VTT), además del recientemente inaugurado Experimento QUIJOTE. En cada una de estas ubicaciones, voluntarios del Área de Investigación y de la Unidad de Comunicación y Cultura Científica (UC3) daban charlas divulgativas cada media hora. Cinco voluntarios de la Sociedad para el Estudio y el Conocimiento de la Astronomía de Tenerife (SECAT) colaboraron en las observaciones con telescopios solares.

El personal del Observatorio gestionó el aparcamiento de los vehículos. Para facilitar la fluidez de la circulación, se instalaron 80 plazas adicionales en el área del helipuerto (entraron cerca de 800 vehículos). Asimismo, ocho guías de la empresa *Volcano Life Experience* se encargaron de regular el número de visitantes en cada emplazamiento.

Las condiciones meteorológicas fueron favorables y los servicios de emergencia funcionaron correctamente, habiendo tenido que atender seis desmayos en el curso de las jornadas sin mayores incidentes.

El objetivo de estos encuentros, cuyo número de visitantes sigue en alza cada año, es acercar y difundir entre el público general conceptos básicos de la cultura astronómica, realizando observaciones en directo y explicando qué es un telescopio, cómo funciona y la importancia del estudio de esta ciencia para la sociedad.



## VISITANTES DESTACADOS



El embajador de Estados Unidos en España, James Costos, visitó el IAC el 19 de febrero. En la foto, acompañado del director y del subdirector del IAC, Rafael Rebolo y Carlos Martínez Roger, respectivamente, a la entrada de la sede central de este centro en La Laguna. Foto: Luis Chinarro (IAC).



Representantes del Partido Popular de Canarias visitaron la sede central del IAC en La Laguna el 23 de febrero. De izquierda a derecha, Carlos Martínez, subdirector del IAC, Antonio Alarcó, senador del Partido Popular (PP) y presidente de la Comisión de Investigación del Senado, Manuel Domínguez, presidente insular del PP de Tenerife y alcalde de Los Realejos, Mari Barreto, ingeniera del IAC, Asier Antona, secretario autonómico del PP de Canarias y presidente del Grupo Popular en el Parlamento de Canarias, Begoña Gar-

cía, coordinadora de Instrumentación del IAC, y Rafael Rebolo, director del IAC, junto a EMIR, instrumento para el Gran Telescopio CANARIAS (GTC). Foto: Luis Chinarro (IAC).



El Embajador de Francia en España, Jérôme Bonnafont, visitó el 5 de mayo la sede central del IAC y el Observatorio del Teide, en Tenerife, acompañado por el Cónsul Honorario de Francia en



El alcalde de La Laguna, Fernando Clavijo, visitó el IAC primero como alcalde de La Laguna el 10 de marzo y como presidente del Gobierno de Canarias el 29 de julio. A la izquierda, acompañado del director del IAC, Rafael Rebolo, y derecha, atendiendo a los medios de comunicación a su llegada al IAC. Fotos: Luis Chinarro (IAC).

Canarias, Francisco de Esteban García, y el Consejero de Ciencia y Tecnología de la Embajada, Bertrand Bouchet. En la foto, la delegación francesa frente al telescopio THEMIS, junto a su director, Bernard Gelly, y Rafael Rebolo, director del IAC. Crédito: Luis Chinarro (IAC).



El nuevo alcalde de La Laguna, José Alberto Díaz Domínguez, visitó la sede central del IAC el 31 de julio. En la foto con su jefe de Gabinete, Sergio Alonso, recibiendo las explicaciones del director del IAC, Rafael Rebolo, en el Área de Instrumentación y en presencia de otros miembros del IAC. Foto: Luis Chinarro (IAC).



## ARTÍCULOS EN REVISTAS INTERNACIONALES CON ÁRBITRO PI

A search for diffuse bands in fullerene planetary nebulae: evidence of diffuse circumstellar bands

Díaz-Luis, J. J.; García-Hernández, D. A.; Kameswara Rao, N.; Manchado, A.; Cataldo, F.  
2015A&A...573A..97D

Census of H II regions in NGC 6754 derived with MUSE: Constraints on the metal mixing scale

Sánchez, S. F. *et al.* (incluye a Falcón-Barroso, J.; Barrera-Ballesteros, J. K.)  
2015A&A...573A.105S

Defocused transmission spectroscopy: a potential detection of sodium in the atmosphere of WASP-12b

Burton, J. R.; Watson, C. A.; Rodríguez-Gil, P.; Skillen, I.; Littlefair, S. P.; Dhillon, S.; Pollacco, D.  
2015MNRAS.446.1071B

Differences between CO- and calcium triplet-derived velocity dispersions in spiral galaxies: evidence for central star formation?

Riffel, R. A. *et al.* (incluye a Gonzalez Martin, O.; Ramos Almeida, C.; Ruschel-Dutra, D.)  
2015MNRAS.446.2823R

Discovery of very high energy  $\gamma$ -ray emission from the blazar 1ES 0033+595 by the MAGIC telescopes

Aleksić, J. *et al.* (incluye a Becerra González, J.; Berger, K.; Colombo, E.; García López, R. J.; Herrera, J.; Herrero, A.; Tescaro, D.)  
2015MNRAS.446..217A

Dissecting galactic bulges in space and time - I. The importance of early formation scenarios versus secular evolution

Seidel, M. K.; Cacho, R.; Ruiz-Lara, T.; Falcón-Barroso, J.; Pérez, I.; Sánchez-Blázquez, P.; Vogt, F. P. A.; Ness, M.; Freeman, K.; Aniyán, S.  
2015MNRAS.446.2837S

Energy in density gradient

Vranjes, J.; Kono, M.  
2015PhPl...22a2105V

Experimental validation of Lyot stop apodization in ground-based coronagraphy

Cagigas, M. A. *et al.* (incluye a Femenía, B.; Pérez-Prieto, J. A.; Rodríguez, L. F.; López, R.; Oscoz, A.; Rebolo, R.)  
2015MNRAS.446..627C

Formation of S0 galaxies through mergers. Bulge-disc structural coupling resulting from major mergers

Querejeta, M.; Eliche-Moral, M. C.; Tapia, T.; Borlaff, A.; Rodríguez-Pérez, C.; Zamorano, J.; Gallego, J.  
2015A&A...573A..78Q

# PUBLICACIONES



## Internal Proper Motions in the Eskimo Nebula

García-Díaz, Ma. T.; Gutiérrez, L.; Steffen, W.; López, J. A.; Beckman, J. E.  
2015ApJ...798..129G

Ionized gas kinematics of galaxies in the CALIFA survey. I. Velocity fields, kinematic parameters of the dominant component, and presence of kinematically distinct gaseous systems  
García-Lorenzo, B. *et al.* (incluye a Barrera-Ballesteros, J. K.; Falcón-Barroso, J.; Méndez-Abreu, J.; Aguerri, J. A. L.)  
2015A&A...573A..59G

Kepler-432 b: a massive warm Jupiter in a 52-day eccentric orbit transiting a giant star  
Ortiz, M. *et al.* (incluye a Deeg, H. J.; Montañés-Rodríguez, P.; Nespral, D.; Nowak, G.; Palle, E.)  
2015A&A...573L...6O

Mapping the Interstellar Medium with Near-infrared Diffuse Interstellar Bands  
Zasowski, G. *et al.* (incluye a García-Hernández, D. A.)  
2015ApJ...798...35Z

Mass accretion rates from multiband photometry in the Carina Nebula: the case of Trumpler 14  
Beccari, G.; De Marchi, G.; Panagia, N.; Valenti, E.; Carraro, G.; Romaniello, M.; Zoccali, M.; Weidner, C.  
2015A&A...574A..44B

Mid-IR Spectra of Type Ia SN 2014J in M82 Spanning the First 4 Months  
Telesco, C. M. *et al.* (incluye a Álvarez, C.; Fernández, S.; Rebolo, R.)  
2015ApJ...798...93T

Morphology and Dynamics of Solar Prominences from 3D MHD Simulations  
Terradas, J.; Soler, R.; Luna, M.; Oliver, R.; Ballester, J. L.  
2015ApJ...799...94T

Multiwavelength observations of Mrk 501 in 2008  
Aleksić, J. *et al.* (incluye a Becerra González, J.; Berger, K.; Colombo, E.; García López, R. J.; Herrero, A.; Tescaro, D.; MAGIC Collaboration)  
2015A&A...573A..50A

Overview of the SDSS-IV MaNGA Survey: Mapping nearby Galaxies at Apache Point Observatory  
Bundy, K. *et al.* (incluye a Falcón-Barroso, J.; Belfiore, Francesco; Knapen, J. H.)  
2015ApJ...798....7B

Planck intermediate results. XVIII. The millimetre and sub-millimetre emission from planetary nebulae  
Planck Collaboration *et al.*  
2015A&A...573A...6P

PyNeb: a new tool for analyzing emission lines. I. Code description and validation of results  
Luridiana, V.; Morisset, C.; Shaw, R. A.  
2015A&A...573A..42L

Sodium and Oxygen Abundances in the Open Cluster NGC 6791 from APOGEE H-band Spectroscopy  
Cunha, K. *et al.* (incluye a Allende Prieto, C.; Carrera, R.)  
2015ApJ...798L..41C

Statistics of Microlensing Caustic Crossings in Q 2237+0305: Peculiar Velocity of the Lens Galaxy and Accretion Disk Size  
Mediavilla, E.; Jimenez-Vicente, J.; Muñoz, J. A.; Mediavilla, T.; Ariza, O.  
2015ApJ...798..138M

The binary near-Earth Asteroid (175706) 1996 FG3 - An observational constraint on its orbital evolution  
Scheirich, P. *et al.* (incluye a Licandro, J.; Alf-Lagoa, V.)  
2015Icar..245...56S

The EAGLE project: simulating the evolution and assembly of galaxies and their environments  
Schaye, J. *et al.* (incluye a Dalla Vecchia, C.)  
2015MNRAS.446..521S

The Gaia-ESO Survey: Kinematics of seven Galactic globular clusters  
Lardo, C. *et al.* (incluye a Allende Prieto, C.)  
2015A&A...573A.115L

The Mass Profile and Shape of Bars in the Spitzer Survey of Stellar Structure in Galaxies (S4G): Search for an Age Indicator for Bars  
Kim, T. *et al.* (incluye a Knapen, J. H.; Erroz-Ferrer, S.)  
2015ApJ...799...99K

The Na-O anticorrelation in horizontal branch stars. V. NGC 6723  
Gratton, R. G.; Lucatello, S.; Sollima, A.; Carretta, E.; Bragaglia, A.; Momany, Y.; D'Orazi, V.; Salaris, M.; Cassisi, S.; Stetson, P. B.  
2015A&A...573A..92G

The nature and origin of substructure in the outskirts of M31 - II. Detailed star formation histories  
Bernard, E. J. *et al.* (incluye a Hidalgo, S. L.; Aparicio, A.)  
2015MNRAS.446.2789B

The old, metal-poor, anticentre open cluster Trumpler 5  
Donati, P.; Cocozza, G.; Bragaglia, A.; Pancino, E.; Cantat-Gaudin, T.; Carrera, R.; Tosi, M.  
2015MNRAS.446.1411D

The Stellar Initial Mass Function at  $0.9 < z < 1.5$   
Martín-Navarro, I. *et al.* (incluye a Pérez-González, P. G.; Trujillo, I.; Vazdekis, A.)  
2015ApJ...798L...4M

The VLT/NaCo large program to probe the occurrence of exoplanets and brown dwarfs in wide orbits. I. Sample definition and characterization  
Desidera, S. *et al.* (incluye a Esposito, M.)  
2015A&A...573A.126D

Tracking Advanced Planetary Systems (TAPAS) with HARPS-N . I. A multiple planetary system around the red giant star TYC 1422-614-1

- Niedzielski, A.; Villaver, E.; Wolszczan, A.; Adamów, M.; Kowalik, K.; Maciejewski, G.; Nowak, G.; **García-Hernández, D. A.**; Deka, B.; Adamczyk, M.  
*2015A&A...573A..36N*
- Very low-luminosity Class I/flat outflow sources in  $\sigma$  Orionis  
Riaz, B.; Thompson, M.; Whelan, E. T.; **Lodieu, N.**  
*2015MNRAS.446.2550R*
- Weak Galactic Halo-Dwarf Spheroidal Connection from RR Lyrae Stars  
Fiorentino, G.; Bono, Giuseppe; **Monelli, M.**; Stetson, Peter B.; Tolstoy, Eline; **Gallart, C.**; Salaris, Maurizio; **Martínez-Vázquez, C. E.**; Bernard, Edouard J.  
*2015ApJ...798L..12F*
- B fields in OB stars (BOB): on the detection of weak magnetic fields in the two early B-type stars  $\beta$  CMa and  $\epsilon$  CMa. Possible lack of a “magnetic desert” in massive stars  
Fossati, L. *et al.* (incluye a **Simón-Díaz, S.**)  
*2015A&A...574A..20F*
- Characterization of the known T-type dwarfs towards the  $\sigma$  Orionis cluster  
Peña Ramírez, K.; Zapatero Osorio, M. R.; **Béjar, V. J. S.**  
*2015A&A...574A.118P*
- Chemical enrichment in very low metallicity environments: Boötes I  
Romano, D.; Bellazzini, M.; Starkenburg, E.; **Leaman, R.**  
*2015MNRAS.446.4220R*
- Chemoarchaeological downsizing in a hierarchical universe: impact of a top-heavy IGMF  
Gargiulo, I. D.; Cora, S. A.; Padilla, N. D.; Muñoz Arancibia, A. M.; Ruiz, A. N.; Orsi, A. A.; Tecce, T. E.; **Weidner, C.**; Bruzual, G.  
*2015MNRAS.446.3820G*
- Composite bulges: the coexistence of classical bulges and discy pseudo-bulges in SO and spiral galaxies  
Erwin, P.; Saglia, Roberto P.; Fabricius, Maximilian; Thomas, Jens; Nowak, Nina; Rusli, Stephanie; Bender, Ralf; **Vega Beltrán, J. C.**; **Beckman, J. E.**  
*2015MNRAS.446.4039E*
- Constraining the shaping mechanism of the Red Rectangle through the spectro-polarimetry of its central star  
**Martínez González, M. J.**; **Asensio Ramos, A.**; **Manso Sainz, R.**; **Corradi, R. L. M.**; Leone, F.  
*2015A&A...574A..16M*
- Dark Matter Mass Fraction in Lens Galaxies: New Estimates from Microlensing  
Jiménez-Vicente, J.; **Mediavilla, E.**; Kochanek, C. S.; Muñoz, J. A.  
*2015ApJ...799..149J*
- Discovery of true, likely and possible symbiotic stars in the dwarf spheroidal NGC 205  
Gonçalves, D. R.; Magrini, Laura; **de la Rosa, I. G.**; Akras, Stavros  
*2015MNRAS.447..993G*
- Globular Cluster Populations: First Results from S4G Early-type Galaxies  
Zaritsky, D. *et al.* (incluye a **Erroz-Ferrer, S.**; **Knapen, J. H.**)  
*2015ApJ...799..159Z*
- H II Regions Within a Compact High Velocity Cloud. A Nearly Starless Dwarf Galaxy?  
Bellazzini, M. *et al.* (incluye a **Battaglia, G.**)  
*2015ApJ...800L..15B*
- Large SDSS Quasar Groups and their Statistical Significance  
Park, C.; Song, H.; Einasto, M.; **Lietzen, H.**; Heinamaki, P.  
*2015JKAS...48...75P*
- Legacy Extragalactic UV Survey (LEGUS) With the Hubble Space Telescope. I. Survey Description  
Calzetti, D. *et al.* (incluye a **Herrero, A.**)  
*2015AJ....149...51C*
- Low-resolution optical spectra of ultracool dwarfs with OSIRIS/GTC  
Metodieva, Y.; Antonova, A.; Golev, V.; Dimitrov, D.; **García-Álvarez, D.**; Doyle, J. G.  
*2015MNRAS.446.3878M*
- Magnetic and Dynamical Photospheric Disturbances Observed During an M3.2 Solar Flare  
Kuckein, C.; **Collados, M.**; **Manso Sainz, R.**  
*2015ApJ...799L..25K*
- Orbital and Physical Properties of the  $\sigma$  Ori Aa, Ab, B Triple System  
**Simón-Díaz, S.** *et al.*  
*2015ApJ...799..169S*
- Radial variations in the stellar initial mass function of early-type galaxies  
**Martín-Navarro, I.**; Barbera, Francesco La; **Vazdekis, A.**; **Falcón-Barroso, J.**; Ferreras, Ignacio  
*2015MNRAS.447.1033M*
- Results of a Search for  $\gamma$  Dor and  $\delta$  Sct Stars With the Kepler Spacecraft  
Bradley, P. A.; Guzik, J. A.; Miles, L. F.; **Uytterhoeven, K.**; **Jacikiewicz, J.**; Kinemuchi, K.  
*2015AJ....149...68B*
- Stellar Kinematics and Structural Properties of Virgo Cluster Dwarf Early-type Galaxies from the SMAKCED Project. III. Angular Momentum and Constraints on Formation Scenarios  
Toloba, E. *et al.* (incluye a **Falcón-Barroso, J.**; **Ryś, A.**)  
*2015ApJ...799..172T*
- The centre-to-limb variations of solar Fraunhofer lines imprinted upon lunar eclipse spectra. Implications for exoplanet transit observations  
Yan, F.; Fosbury, R. A. E.; Petr-Gotzens, M. G.; Zhao, G.; **Pallé, E.**  
*2015A&A...574A..94Y*
- The Chandra Planetary Nebula Survey (ChanPlaNS). III. X-Ray Emission from the Central Stars of Planetary Nebulae  
Montez, R., Jr. *et al.* (incluye a **Corradi, R. L. M.**; **Jones, D.**)  
*2015ApJ...800...8M*

- The First Billion Years project: gamma-ray bursts at  $z > 5$   
Elliott, J.; Khochfar, S.; Greiner, J.; Dalla Vecchia, C.  
*2015MNRAS.446.4239E*
- The Gaia-ESO survey: Discovery of a spatially extended low-mass population in the Vela OB2 association  
Sacco, G. G. *et al.* (incluye a Allende Prieto, C.)  
*2015A&A...574L...7S*
- The GALEX/S4G UV-IR Color-Color Diagram: Catching Spiral Galaxies Away from the Blue Sequence  
Bouquin, A. Y. K. *et al.* (incluye a Röck, B. R.; Knapen, J. H.)  
*2015ApJ...800L..19B*
- The Hubble Space Telescope UV Legacy Survey of galactic globular clusters - II. The seven stellar populations of NGC 7089 (M2)  
Milone, A. P. *et al.* (incluye a Aparicio, A.)  
*2015MNRAS.447..927M*
- The Power Spectrum of the Milky Way: Velocity Fluctuations in the Galactic Disk  
Bovy, J.; Bird, J. C.; García Pérez, A. E.; Majewski, S. R.; Nidever, D. L.; Zasowski, G.  
*2015ApJ...800...83B*
- The two-colour EMCCD instrument for the Danish 1.54 m telescope and SONG  
Skottfelt, J. *et al.* (incluye a Pallé, P. L.)  
*2015A&A...574A..54S*
- The VLT-FLAMES Tarantula Survey. XVIII. Classifications and radial velocities of the B-type stars  
Evans, C. J. *et al.* (incluye a Simón-Díaz, S.)  
*2015A&A...574A..13E*
- Time Variation of Kepler Transits Induced By Stellar Rotating Spots—a Way to Distinguish between Prograde and Retrograde Motion. I. Theory  
Mazeh, T.; Holczer, T.; Shporer, A.  
*2015ApJ...800..142M*
- 3D kinematics of the near-IR HH 223 outflow in L723  
López, R.; Acosta-Pulido, J. A.; Estalella, R.; Gómez, G.; García-Lorenzo, B.  
*2015MNRAS.447.2588L*
- Asymptotic giant branch stars in the Large Magellanic Cloud: evolution of dust in circumstellar envelopes  
Dell’Aglì, F.; Ventura, P.; Schneider, R.; Di Criscienzo, M.; García-Hernández, D. A.; Rossi, C.; Brocato, E.  
*2015MNRAS.447.2992D*
- BUBBLY: a method for detecting and characterizing interstellar bubbles using Fabry-Perot spectroscopy  
Camps-Fariña, A.; Zaragoza-Cardiel, J.; Beckman, J. E.; Font, J.; García-Lorenzo, B.; Erroz-Ferrer, S.; Amram, P.  
*2015MNRAS.447.3840C*
- Chemical abundances of the secondary star in the neutron star X-ray binary Cygnus X-2  
Suárez-Andrés, L.; González Hernández, J. I.; Israelian, G.; Casares, J.; Rebolo, R.  
*2015MNRAS.447.2261S*
- Chromospheric Diagnosis with Ca II Lines: Forward Modeling in Forward Scattering. I  
Carlin, E. S.; Asensio Ramos, A.  
*2015ApJ...801...16C*
- Drift wave stabilized by an additional streaming ion or plasma population  
Bashir, M. F.; Vranjes, J.  
*2015PhRvE..91c3113B*
- Evidence of coupling between the thermal and nonthermal emission in the gamma-ray binary LS I +61 303  
Paredes-Fortuny, X.; Ribó, M.; Bosch-Ramon, V.; Casares, J.; Fors, O.; Núñez, J.  
*2015A&A...575L...6P*
- Frontier Fields: Combining HST, VLT, and Spitzer data to explore the  $z \sim 8$  Universe behind the lensing cluster MACSJ0416.1-2403  
Laporte, N.; Streblyanska, A.; Kim, S.; Pelló, R.; Bauer, F. E.; Bina, D.; Brammer, G.; De Leo, M. A.; Infante, L.; Pérez-Fournon, I.  
*2015A&A...575A..92L*
- Further evidence for a time-dependent initial mass function in massive early-type galaxies  
Ferrerias, I.; Weidner, C.; Vazdekis, A.; La Barbera, F.  
*2015MNRAS.448L..82F*
- Joint Analysis of BICEP2/Keck Array and Planck Data  
BICEP2/Keck and Planck Collaborations *et al.* (incluye a Rebolo, R.; Rubiño-Martín, J. A.)  
*2015PhRvL.114j1301B*
- Jupiter as an Exoplanet: UV to NIR Transmission Spectrum Reveals Hazes, a Na Layer, and Possibly Stratospheric H<sub>2</sub>O-ice Clouds  
Montañés-Rodríguez, P.; González-Merino, B.; Pallé, E.; López-Puertas, Manuel; García-Melendo, E.  
*2015ApJ...801L...8M*
- Liverpool telescope 2: a new robotic facility for rapid transient follow-up  
Copperwheat, C. M. *et al.* (incluye a Gutierrez, C. M.; Knapen, J. H.; Oscoz, A.; Palle, E.; Rebolo, R.)  
*2015ExA....39..119C*
- Made-to-measure models of the Galactic box/peanut bulge: stellar and total mass in the bulge region  
Portail, M.; Wegg, C.; Gerhard, O.; Martínez-Valpuesta, I.  
*2015MNRAS.448..713P*
- Measurement of the Crab Nebula spectrum over three decades in energy with the MAGIC telescopes  
Aleksić, J. *et al.* (incluye a Becerra González, J.; Colombo, E.; García López, R. J.; Herrera, J.; Tescaro, D.)  
*2015JHEAp...5...30A*
- New Radio Observations of Anomalous Microwave Emission in the H II Region RCW175  
Battistelli, E. S. *et al.* (incluye a Génova-Santos, R.)  
*2015ApJ...801..111B*

Optical Observations of Psr J2021+3651 in the Dragonfly Nebula With the GTC

Kirichenko, A.; Danilenko, Andrey; Shternin, Peter; Shibarov, Yuriy; Ryspaeva, Elizaveta; Zyuzin, Dima; Durant, Martin; Kargaltsev, Oleg; Pavlov, George; **Cabrera-Lavers, A.**  
2015ApJ...802...17K

Photometric Amplitude Distribution of Stellar Rotation of KOIs—Indication for Spin-Orbit Alignment of Cool Stars and High Obliquity for Hot Stars

**Mazeh, T.**; Perets, H. B.; McQuillan, A.; Goldstein, E. S.  
2015ApJ...801....3M

Robustness of cosmic neutrino background detection in the cosmic microwave background

Audren, B. *et al.* (incluye a **Pellejero-Ibañez, M.**; **Tramonte, D.**)  
2015JCAP...03..036A

Spectral Softening Between Outburst and Quiescence In The Neutron Star Low-Mass X-Ray Binary SAX J1750.8-2900

Allen, J. L.; **Linares, M.**; Homan, J.; Chakrabarty, D.  
2015ApJ...801...10A

Spectro-Polarimetric Imaging Reveals Helical Magnetic Fields in Solar Prominence Feet

**Martínez González, M. J.**; Manso Sainz, R.; Asensio Ramos, A.; Beck, C.; de la Cruz Rodríguez, J.; **Díaz, A. J.**  
2015ApJ...802....3M

Spectroscopic Confirmation of an Ultra Massive and Compact Galaxy At  $Z = 3.35$ : a Detailed Look At an Early Progenitor of Local Giant Ellipticals

Marsan, Z. C. *et al.* (incluye a **Geier, S.**)  
2015ApJ...801..133M

Spectroscopic variability of two Oe stars

Rauw, G. *et al.* (incluye a **Knapen, J.H.**; **Sánchez Gallego, J.**)  
2015A&A...575A..99R

Subaru and Swift observations of V652 Herculis: resolving the photospheric pulsation

Jeffery, C. S.; Kurtz, D.; Shibahashi, H.; Starling, R. L. C.; Elkin, V.; **Montañés-Rodríguez, P.**; McCormac, J.  
2015MNRAS.447.2836J

The Cherenkov Telescope Array potential for the study of young supernova remnants

Acharya, B. S. *et al.* (incluye a **García López, R.**)  
2015APh....62..152A

The classification of frequencies in the  $\gamma$  Doradus/ $\delta$  Scuti hybrid star HD 49434

Brunsdon, E.; Pollard, K. R.; Cottrell, P. L.; **Uytterhoeven, K.**; Wright, D. J.; De Cat, P.  
2015MNRAS.447.2970B

The double-degenerate, super-Chandrasekhar nucleus of the planetary nebula Henize 2-428

Santander-García, M.; **Rodríguez-Gil, P.**; **Corradi, R. L. M.**; **Jones, D.**; Miszalski, B.; Boffin, H. M. J.; Rubio-Díez, M. M.; Kotze, M. M.  
2015Natur.519...63S

The Gaia-ESO Survey: A globular cluster escapee in the Galactic halo

Lind, K. *et al.* (incluye a **Allende Prieto, C.**)  
2015A&A...575L..12L

The GAPS programme with HARPS-N at TNG. V. A comprehensive analysis of the XO-2 stellar and planetary systems

Damasso, M. *et al.* (incluye a **Esposito, M.**; **Murabito, S.**; **Rosenberg, A.**)  
2015A&A...575A.111D

The High AV Quasar Survey: Reddened Quasi-Stellar Objects Selected from Optical/Near-Infrared Photometry—II

Krogager, J.-K. *et al.* (incluye a **Geier, S.**)  
2015ApJS..217....5K

The Hubble Space Telescope UV Legacy Survey of Galactic Globular Clusters. I. Overview of the Project and Detection of Multiple Stellar Populations

Piotto, G. *et al.* (incluye a **Aparicio, A.**; **Hidalgo, S.**; **Monelli, M.**)  
2015AJ....149...91P

The Nuclear Near-Infrared Spectral Properties of Nearby Galaxies

Mason, R. E. *et al.* (incluye a **González Martín, O.**; **Ramos Almeida, C.**; **Ruschel Dutra, D.**)  
2015ApJS..217...13M

The Puzzling Li-Rich Red Giant Associated With Ngc 6819

Carlberg, J. K. *et al.* (incluye a **Allende Prieto, C.**)  
2015ApJ...802....7C

The StEllar Counterparts of COmpact high velocity clouds (SECCO) survey. I. Photos of ghosts

Bellazzini, M.; Beccari, G.; **Battaglia, G.**; Martin, N.; Testa, V.; Ibata, R.; Correnti, M.; Cusano, F.; Sani, E.  
2015A&A...575A.126B

The VLT-FLAMES Tarantula Survey. XIX. B-type supergiants: Atmospheric parameters and nitrogen abundances to investigate the role of binarity and the width of the main sequence

McEvoy, C. M. *et al.* (incluye a **Simón-Díaz, S.**; **Herrero, A.**)  
2015A&A...575A..70M

WISE J072003.20-084651.2: an Old and Active M9.5 + T5 Spectral Binary 6 pc from the Sun

**Burgasser, A. J.** *et al.* (incluye a **Jehin, E.**; **Delrez, L.**; **Manfroid, J.**)  
2015AJ....149..104B

X-Ray Evidence for a Pole-dominated Corona on AB Dor Drake, J. J.; Chung, S. M.; Kashyap, V. L.; **García-Alvarez, D.**

2015ApJ...802...62D

A Classical Morphological Analysis of Galaxies in the Spitzer Survey of Stellar Structure in Galaxies (S4G)

Buta, R. J. *et al.* (incluye a **Knapen, J. H.**; **Erroz Ferrer, S.**)  
2015ApJS..217...32B

A refined sub-grid model for black hole accretion and AGN feedback in large cosmological simulations

Steinborn, L. K.; Dolag, K.; Hirschmann, M.; **Prieto, M. A.**; Remus, R.-S.  
2015MNRAS.448.1504S

Bar pattern speeds in CALIFA galaxies. I. Fast bars across the Hubble sequence

**Aguerri, J. A. L. et al.** (incluye a Méndez-Abreu, J.; Falcón-Barroso, J.; Barrera-Ballesteros, J.; García-Lorenzo, B.)  
2015A&A...576A.102A

Bent by baryons: the low-mass galaxy-halo relation

Sawala, T. et al. (incluye a Dalla Vecchia, C.)  
2015MNRAS.448.2941S

Binarity and the Abundance Discrepancy Problem in Planetary Nebulae

**Corradi, R. L. M.; García-Rojas, J.; Jones, D.; Rodríguez-Gil, P.**  
2015ApJ...803...99C

CALIFA, the Calar Alto Legacy Integral Field Area survey. III. Second public data release

García-Benito, R. et al. (incluye a Falcón-Barroso, J.; Aguerri, J. A. L.; Barrera-Ballesteros, J. K.; García-Lorenzo, B.)  
2015A&A...576A.135G

Chemical Abundances of the Highly Obscured Galactic Globular Clusters 2MASS GC02 and Mercer 5

Peñalosa, F.; Pessev, P.; Vaázquez, Sergio; Borissova, Jura; Kurtev, Radostin; Zoccali, Manuela  
2015PASP..127..329P

Co-spatial Long-slit UV/Optical AL Spectra of 10 Galactic Planetary Nebulae with HST/STIS. I. Description of the Observations, Global Emission-line Measurements, and CNO Abundances

Dufour, R. J.; Kwitter, Karen B.; Shaw, Richard A.; Henry, Richard B. C.; Balick, Bruce; **Corradi, R. L. M.**  
2015ApJ...803...23D

Continuum Intensity and [O I] Spectral Line Profiles in Solar 3D Photospheric Models: The Effect of Magnetic Fields

**Fabbian, D.; Moreno-Insertis, F.**  
2015ApJ...802...96F

Determination of the spectroscopic stellar parameters for 257 field giant stars

Alves, S.; Benamati, L.; Santos, N. C.; Adibekyan, V. Zh.; Sousa, S. G.; **Israelian, G.**; De Medeiros, J. R.; Lovis, C.; Udry, S.  
2015MNRAS.448.2749A

Discovery of Two New Thermally Bloated Low-Mass White Dwarfs Among the Kepler Binaries

Rappaport, S.; Nelson, L.; Levine, A.; Sanchis-Ojeda, R.; Gandolfi, D.; **Nowak, G.; Palle, E.**; Prsa, A.  
2015ApJ...803...82R

Extremely Metal-poor Galaxies: The Environment

**Filho, M. E.; Sánchez Almeida, J.; Muñoz-Tuñón, C.**; Nuza, S. E.; Kitaura, F.; Heß, S.  
2015ApJ...802...82F

Gaia-ESO Survey: Analysis of pre-main sequence stellar spectra

Lanzafame, A. C. et al. (incluye a **González Hernández, J. I.**; **Allende Prieto, C.**)  
2015A&A...576A..80L

Height Variation of the Vector Magnetic Field in Solar Spicules

**Orozco Suárez, D.; Asensio Ramos, A.; Trujillo Bueno, J.**  
2015ApJ...803L..18O

High redshift galaxies in the ALHAMBRA survey . I. Selection method and number counts based on redshift PDFs

Viironen, K. et al. (incluye a Cerviño, M.; Cepa, J.; **Aguerri, J. A. L.**)  
2015A&A...576A..25V

High-resolution transmission spectrum of the Earth's atmosphere-seeing Earth as an exoplanet using a lunar eclipse

Yan, F.; Fosbury, R. A. E.; Petr-Gotzens, M. G.; Zhao, G.; Wang, W.; Wang, L.; Liu, Y.; **Pallé, E.**  
2015IJAsB..14..255Y

Homogeneous spectroscopic parameters for bright planet host stars from the northern hemisphere . The impact on stellar and planetary mass

Sousa, S. G.; Santos, N. C.; Mortier, A.; Tsantaki, M.; Adibekyan, V.; Delgado Mena, E.; **Israelian, G.**; Rojas-Ayala, B.; Neves, V.  
2015A&A...576A..94S

Kepler-423b: a half-Jupiter mass planet transiting a very old solar-like star

Gandolfi, D. et al. (incluye a Deeg, H. J.; Alonso, R.; **Hoyer, S.**)  
2015A&A...576A..11G

Li abundances in F stars: planets, rotation, and Galactic evolution

Delgado Mena, E.; **Bertrán de Lis, S.**; Adibekyan, V. Zh.; Sousa, S. G.; Figueira, P.; Mortier, A.; **González Hernández, J. I.**; **Tsantaki, M.**; **Israelian, G.**; Santos, N. C.  
2015A&A...576A..69D

MAGIC observations of MWC 656, the only known Be/BH system

Aleksić, J. et al. (incluye a **Becerra González, J.**; **Colombo, E.**; **García López, R. J.**; **Herrera, J.**; **Kadenius, V.**; **Tescaro, D.**; **Will, M.**)  
2015A&A...576A..36A

Mass constraints to Sco X-1 from Bowen fluorescence and deep near-infrared spectroscopy

**Mata Sánchez, D.**; **Muñoz-Darias, T.**; **Casares, J.**; **Steehgs, D.**; **Ramos Almeida, C.**; **Acosta Pulido, J. A.**  
2015MNRAS.449L...1M

Oxygen abundances in G- and F-type stars from HARPS. Comparison of [OI] 6300 Å and OI 6158 Å

**Bertrán de Lis, S.**; Delgado Mena, E.; Adibekyan, V. Zh.; Santos, N. C.; **Sousa, S. G.**  
2015A&A...576A..89B

Planck intermediate results. XIX. An overview of the polarized thermal emission from Galactic dust

Planck Collaboration et al. (incluye a **Poidevin, F.**; **Rebolo, R.**; **Rubiño-Martín, J. A.**)  
2015A&A...576A.104P

- Planck intermediate results. XXI. Comparison of polarized thermal emission from Galactic dust at 353 GHz with interstellar polarization in the visible  
Planck Collaboration *et al.* (incluye a Poidevin, F.; Rebolo, R.)  
*2015A&A...576A.106P*
- Planck intermediate results. XXII. Frequency dependence of thermal emission from Galactic dust in intensity and polarization  
Planck Collaboration *et al.* (incluye a Roudier, G.)  
*2015A&A...576A.107P*
- Possible ring material around centaur (2060) Chiron  
Ortiz, J. L.; Duffard, R.; Pinilla-Alonso, N.; Alvarez-Candal, A.; Santos-Sanz, P.; Morales, N.; Fernández-Valenzuela, E.; Licandro, J.; Campo Bagatin, A.; Thirouin, A.  
*2015A&A...576A..180*
- Resolving the AGN and Host Emission in the Mid-infrared using a Model-independent Spectral Decomposition  
Hernán-Caballero, A.; Alonso-Herrero, A.; Hatziminaoglou, E.; Spoon, Henrik W. W.; Ramos Almeida, C.; Díaz Santos, T.; Hönl, S. F.; González-Martín, O.; Esquej, P.  
*2015ApJ...803..109H*
- Solar Space Density of the Red Clump Stars and the Scale-Length of the Thin Disc  
Yaz Gökçe, E.; Karaali, S.; Duran, Ş.; Bilir, S.; Yalçinkaya, A.; Ak, S.; Ak, T.; López-Corredoira, M.; Cabrera-Lavers, A.  
*2015PASA...32...12Y*
- The 2009 multiwavelength campaign on Mrk 421: Variability and correlation studies  
Aleksić, J. *et al.* (incluye a Becerra González, J.; Berger, K.; Colombo, E.; García López, R. J.; Herrero, A.; Tesaro, D.)  
*2015A&A...576A.126A*
- The ALHAMBRA survey: accurate merger fractions derived by PDF analysis of photometrically close pairs  
López-Sanjuan, C. *et al.* (incluye a Aguerri, J. A. L.; Cepa, J.; Cerviño, M.)  
*2015A&A...576A..53L*
- The APOGEE Spectroscopic Survey of Kepler Planet Hosts: Feasibility, Efficiency, and First Results  
Fleming, S. W. *et al.* (incluye a Allende Prieto, C.; García-Hernández, D. A.; Zamora, O.)  
*2015AJ....149..143F*
- The Differences in the Torus Geometry between Hidden and Non-hidden Broad Line Active Galactic Nuclei  
Ichikawa, K. *et al.* (incluye a Ramos Almeida, C.; Asensio Ramos, A.; González-Martín, O.)  
*2015ApJ...803...57I*
- The HU Aqr planetary system hypothesis revisited  
Goździewski, K. *et al.* (incluye a Nowak, G.)  
*2015MNRAS.448.1118G*
- The initial mass function of early-type galaxies: no correlation with [Mg/Fe]  
La Barbera, F.; Ferreras, I.; Vazdekis, A.  
*2015MNRAS.449L.137L*
- The powerful jet of an off-nuclear intermediate-mass black hole in the spiral galaxy NGC 2276  
Mezcua, M.; Roberts, T. P.; Lobanov, A. P.; Sutton, A. D.  
*2015MNRAS.448.1893M*
- The Role of Bars in AGN Fueling in Disk Galaxies Over the Last Seven Billion Years  
Cisternas, M.; Sheth, Kartik; Salvato, Mara; Knapen, J. H.; Civano, Francesca; Santini, Paola  
*2015ApJ...802..137C*
- Three Red Giants With Substellar-Mass Companions  
Niedzielski, A.; Wolszczan, A.; Nowak, G.; Adamów, M.; Kowalik, K.; Maciejewski, G.; Deka-Szymankiewicz, B.; Adamczyk, M.  
*2015ApJ...803....1N*
- Three-dimensional Radiative Transfer Simulations of the Scattering Polarization of the Hydrogen Ly $\alpha$  Line in a Magnetohydrodynamic Model of the Chromosphere–Corona Transition Region  
Štěpán, J.; Trujillo Bueno, J.; Leenaarts, J.; Carlsson, M.  
*2015ApJ...803...65S*
- Wave heating of the solar atmosphere  
Arregui, I.  
*10.1098/rsta.2014.0261*
- Young  $[\alpha/\text{Fe}]$ -enhanced stars discovered by CoRoT and APOGEE: What is their origin?  
Chiappini, C. *et al.* (incluye a Allende Prieto, C.)  
*2015A&A...576L..12C*
- A cosmological context for compact massive galaxies  
Stringer, M.; Trujillo, I.; Dalla Vecchia, C.; Martínez-Valpuesta, I.  
*2015MNRAS.449.2396S*
- Alfvén wave coupled with flow-driven fluid instability in interpenetrating plasmas  
Vranjes, J.  
*2015PhPl...22e2102V*
- An open-source, massively parallel code for non-LTE synthesis and inversion of spectral lines and Zeeman-induced Stokes profiles  
Socas-Navarro, H.; de la Cruz Rodríguez, J.; Asensio Ramos, A.; Trujillo Bueno, J.; Ruiz Cobo, B.  
*2015A&A...577A...7S*
- ARES v2: new features and improved performance  
Sousa, S. G.; Santos, N. C.; Adibekyan, V.; Delgado-Mena, E.; Israelian, G.  
*2015A&A...577A..67S*
- Deep SDSS optical spectroscopy of distant halo stars. II. Iron, calcium, and magnesium abundances  
Fernández-Alvar, E. *et al.*  
*2015A&A...577A..81F*
- Discovery of a Young Planetary Mass Companion to the Nearby M Dwarf VHS J125601.92-125723.9  
Gauza, B.; Béjar, V. J. S.; Pérez-Garrido, Antonio; Rosa Zapatero Osorio, María; Lodieu, N.; Rebolo, R.; Pallé, E.; Nowak, G.  
*2015ApJ...804...96G*

Estimating the magnetic field strength from magnetograms  
**Asensio Ramos, A.; Martínez González, M. J.; Manso Sainz, R.**  
*2015A&A...577A.125A*

Evolutionary stellar population synthesis with MILES - II. Scaled-solar and  $\alpha$ -enhanced models  
**Vazdekis, A.; Coelho, P.; Cassisi, S.; Ricciardelli, E.; Falcón-Barroso, J.; Sánchez-Blázquez, P.; Barbera, F. La; Beasley, M. A.; Pietrinferni, A.**  
*2015MNRAS.449.1177V*

Exploring Anticorrelations and Light Element Variations in Northern Globular Clusters Observed by the APOGEE Survey  
**Mészáros, Sz. et al. (incluye a García-Hernández, D. A.; Allende Prieto, C.; García Pérez, A. E.; Zamora, O.)**  
*2015AJ....149..153M*

First EURONEAR NEA discoveries from La Palma using the INT  
**Vaduvescu, O. et al. (incluye a de Leon, J.; Cabrera-Lavers, A.; Alvarez, C.; Díaz Alfaro, M.; Zamora, O.; Gomez-Jimenez, M.; Génova-Santos, R.; Rubiño-Martín, J. A.; Hidalgo, S.; Murabito, S.; Font, J.; Bereciartua, A.; Serra-Ricart, M.)**  
*2015MNRAS.449.1614V*

Ground-based search for lightning in Jupiter with GTC/OSIRIS fast photometry and tunable filters  
**Luque, A.; Gordillo-Vázquez, F. J.; Pallé, E.**  
*2015A&A...577A..94L*

Hydra II: A Faint and Compact Milky Way Dwarf Galaxy Found in the Survey of the Magellanic Stellar History  
**Martin, N. F. et al. (incluye a Gallart, C.; Monelli, M.; Montegudo, L.)**  
*2015ApJ...804L...5M*

Magnetohydrodynamic wave propagation from the subphotosphere to the corona in an arcade-shaped magnetic field with a null point  
**Santamaria, I. C.; Khomenko, E.; Collados, M.**  
*2015A&A...577A..70S*

On the origin of the angular momentum of galaxies: cosmological tidal torques supplemented by the Coriolis force  
**Casuso, E.; Beckman, J. E.**  
*2015MNRAS.449.2910C*

Precision Measurement of the Proton Flux in Primary Cosmic Rays from Rigidity 1 GV to 1.8 TV with the Alpha Magnetic Spectrometer on the International Space Station  
**Aguilar, M. et al. (incluye a Clavero, R.; García-López, R.; Tescaro, D.)**  
*2015PhRvL.114q1103A*

Rotationally resolved spectroscopy of dwarf planet (136472) Makemake  
**Lorenzi, V.; Pinilla-Alonso, N.; Licandro, J.**  
*2015A&A...577A..86L*

Sparse inversion of Stokes profiles. I. Two-dimensional Milne-Eddington inversions  
**Asensio Ramos, A.; de la Cruz Rodríguez, J.**  
*2015A&A...577A.140A*

Stellar parameters of early-M dwarfs from ratios of spectral features at optical wavelengths  
**Maldonado, J. et al. (incluye a Esposito, M.; González Hernández, J. I.; Rebolo, R.; Suárez Mascareño, A.)**  
*2015A&A...577A.132M*

Stellar population synthesis models between 2.5 and 5  $\mu$ m based on the empirical IRTF stellar library  
**Röck, B.; Vazdekis, A.; Peletier, R. F.; Knapen, J. H.; Falcón-Barroso, J.**  
*2015MNRAS.449.2853R*

Testing the chemical tagging technique with open clusters  
**Blanco-Cuaresma, S. et al. (incluye a González-Hernández, J. I.)**  
*2015A&A...577A..47B*

The nuclear and extended infrared emission of the Seyfert galaxy NGC 2992 and the interacting system Arp 245  
**García-Bernete, I. et al. (incluye a Ramos Almeida, C.; Acosta-Pulido, J. A.; González-Martín, O.; Pérez García, A. M.)**  
*2015MNRAS.449.1309G*

The Pillars of the Earth and the Sky: Capital Cities, Astronomy and Landscape  
**Belmonte, J. A.; González-García A. C.**  
*10.1558/jsa.v1i1.26952*

The solar oxygen abundance from an empirical three-dimensional model  
**Socas-Navarro, H.**  
*2015A&A...577A..25S*

VIMOS integral field spectroscopy of blue compact galaxies. I. Morphological properties, diagnostic emission-line ratios, and kinematics  
**Cairós, L. M.; Caon, N.; Weilbacher, P. M.**  
*2015A&A...577A..21C*

A large spectroscopic sample of L and T dwarfs from UKIDSS LAS: peculiar objects, binaries, and space density  
**Marocco, F.; Jones, H. R. A.; Day-Jones, A. C.; Pinfield, D. J.; Lucas, P. W.; Burningham, B.; Zhang, Z. H.; Smart, R. L.; Gomes, J. I.; Smith, L.**  
*2015MNRAS.449.3651M*

A SLUGGS and Gemini/GMOS combined study of the elliptical galaxy M60: wide-field photometry and kinematics of the globular cluster system  
**Pota, V. et al. (incluye a Beasley, M. A.)**  
*2015MNRAS.450.1962P*

Astronomy, Architecture, and Symbolism: The Global Project of Sneferu at Dahshur  
**Belmonte, J. A.; Magli, G.**  
*10.1177/0021828615582356*

Chemical abundances and kinematics of 257 G-, K-type field giants. Setting a base for further analysis of giant-planet properties orbiting evolved stars  
**Adibekyan, V. Zh. et al. (incluye a Israelian, G.)**  
*2015MNRAS.450.1900A*

- Constraining the Baryon Fraction in the Warm Hot Intergalactic Medium at Low Redshifts with Planck Data  
**Génova-Santos, R.**; Atrio-Barandela, F.; Kitaura, F.-S.; Mücke, J. P.  
*2015ApJ...806..113G*
- Constraining the halo bispectrum in real and redshift space from perturbation theory and non-linear stochastic bias  
 Kitaura, F.-S.; Gil-Marín, Héctor; Scóccola, C. G.; Chuang, Chia-Hsun; Müller, Volker; Yepes, Gustavo; Prada, Francisco  
*2015MNRAS.450.1836K*
- Equation of state for solar near-surface convection  
**Vitas, N.**; Khomenko, E.  
*2015AnGeo..33..703V*
- Extreme emission-line galaxies out to  $z \sim 1$  in zCOSMOS. I. Sample and characterization of global properties  
 Amorín, R. *et al.* (incluye a Ricciardelli, E.)  
*2015A&A...578A.105A*
- GLACE survey: OSIRIS/GTC tuneable filter H $\alpha$  imaging of the rich galaxy cluster ZwCl 0024.0+1652 at  $z = 0.395$ . I. Survey presentation, TF data reduction techniques, and catalogue  
 Sánchez-Portal, M. *et al.* (incluye a Pintos-Castro, I.; Cepa, J.; Pérez García, A. M.; Bongiovanni, A.; Castro-Rodríguez, N.; Pérez-Fournón, I.; Polednikova, J.; Ramón-Pérez, M.; Rodríguez-Espinosa, J. M.)  
*2015A&A...578A..30S*
- High-precision acoustic helium signatures in 18 low-mass low-luminosity red giants. Analysis from more than four years of Kepler observations  
 Corsaro, E.; De Ridder, J.; García, R. A.  
*2015A&A...578A..76C*
- IMF&ndashMetallicity: A Tight Local Relation Revealed by the CALIFA Survey  
**Martín-Navarro, I.** *et al.* (incluye a Vazdekis, A.; Falcón-Barrero, J.)  
*2015ApJ...806L..31M*
- Iron and s-elements abundance variations in NGC 5286: comparison with 'anomalous' globular clusters and Milky Way satellites  
 Marino, A. F. *et al.* (incluye a Aparicio, A.)  
*2015MNRAS.450..815M*
- Kinetic instability of drift magnetosonic wave in anisotropic low beta plasmas  
 Naim, H.; Bashir, M. F.; Vranjes, J.; Murtaza, G.  
*2015PhPl...22f2117N*
- LEGUS Discovery of a Light Echo Around Supernova 2012aw  
 Van Dyk, S. D. *et al.* (incluye a Herrero, A.)  
*2015ApJ...806..195V*
- Model comparison for the density structure along solar prominence threads  
**Arregui, I.**; Soler, R.  
*2015A&A...578A.130A*
- New H-band Stellar Spectral Libraries for the SDSS-III/APOGEE Survey  
**Zamora, O.** *et al.* (incluye a García-Hernández, D. A.; Allende Prieto, C.; Carrera, R.; García Pérez, A. E.; Machado, A.)  
*2015AJ....149..181Z*
- Nuclear obscuration in LINERs. Clues from Spitzer/IRS spectra on the Compton thickness and the existence of the dusty torus  
**González-Martín, O.**; Masegosa, J.; Márquez, I.; Rodríguez-Espinosa, J. M.; Acosta-Pulido, J. A.; Ramos Almeida, C.; Dultzin, D.; Hernández-García, L.; Ruschel-Dutra, D.; Alonso-Herrero, A.  
*2015A&A...578A..74G*
- On the Dust Environment of Main-Belt Comet 313P/Gibbs  
 Pozuelos, F. J.; Cabrera-Lavers, A.; Licandro, J.; Moreno, F.  
*2015ApJ...806..102P*
- Orientalio ad sidera: astronomy and landscape in Qart Hadašt/Carthago Nova  
 González-García, A. C.; Noguera Celdrán, J. M.; Belmonte Avilés, J. A.; Rodríguez Antón, A.; Ruiz Valderas, E.; Madrid Balanza, M. J.; Zamora, E.; Bonnet Casciaro, J.  
*10.14201/zephyrus201575139160*
- Period, epoch, and prediction errors of ephemerides from continuous sets of timing measurements  
**Deeg, H. J.**  
*2015A&A...578A..17D*
- Probing the Dark Matter Radial Profile in Lens Galaxies and the Size of X-Ray Emitting Region in Quasars with Microlensing  
 Jiménez-Vicente, J.; Mediavilla, E.; Kochanek, C. S.; Muñoz, J. A.  
*2015ApJ...806..251J*
- Radial velocities and metallicities from infrared Ca ii triplet spectroscopy of open clusters. II. Berkeley 23, King 1, NGC 559, NGC 6603, and NGC 7245  
 Carrera, R.; Casamiquela, L.; Ospina, N.; Balaguer-Núñez, L.; Jordi, C.; Monteagudo, L.  
*2015A&A...578A..27C*
- San Pedro Mártir observations of microvariability in obscured quasars  
 Polednikova, J. *et al.* (incluye a Cepa, J.; de Diego, J. A.; Bongiovanni, A.; Pérez García, A. M.; Pintos-Castro, I.; Ramón-Pérez, M.)  
*2015A&A...578A.121P*
- Surface abundances of ON stars  
 Martins, F.; Simón-Díaz, S.; Palacios, A.; Howarth, I.; Georgy, C.; Walborn, N. R.; Bouret, J.-C.; Barbá, R.  
*2015A&A...578A.109M*
- The rvfit Code: A Detailed Adaptive Simulated Annealing Code for Fitting Binaries and Exoplanets Radial Velocities  
 Iglesias-Marzoa, R.; López-Morales, M.; Arévalo Morales, M. J.  
*2015PASP..127..567I*

- The Arizona Radio Observatory Survey of Molecular Gas in Nearby Normal Spiral Galaxies I: The Data  
Vila-Vilaro, B.; Cepa, J.; Zabludoff, A.  
*2015ApJS...218...28V*
- The EAGLE simulations of galaxy formation: calibration of subgrid physics and model variations  
Crain, R. A. *et al.* (incluye a Dalla Vecchia, C.)  
*2015MNRAS.450.1937C*
- The GAPS programme with HARPS-N at TNG. VII. Putting exoplanets in the stellar context: magnetic activity and asteroseismology of  $\tau$  Bootis A  
Borsa, F. *et al.* (incluye a Esposito, M.)  
*2015A&A...578A..64B*
- The January 2015 outburst of a red nova in M 31  
Kurtenkov, A. A. *et al.* (incluye a Pessev, P.; Geier, S.)  
*2015A&A...578L..10K*
- Transits and starspots in the WASP-6 planetary system  
Tregloan-Reed, J. *et al.* (incluye a Ricci, D.)  
*2015MNRAS.450.1760T*
- Unprecedented study of the broadband emission of Mrk 421 during flaring activity in March 2010  
Aleksić, J. *et al.* (incluye a Becerra González, J.; Colombo, E.; García López, R. J.; Herrera, J.; Kadenius, V.; Tescaro, D.)  
*2015A&A...578A..22A*
- Using the Rossiter–McLaughlin Effect to Observe the Transmission Spectrum of Earth’s Atmosphere  
Yan, F.; Fosbury, R. A. E.; Petr-Gotzens, M. G.; Pallé, E.; Zhao, G.  
*2015ApJ...806L..23Y*
- Variation in sunspot properties between 1999 and 2014  
Rezaei, R.; Beck, C.; Lagg, A.; Borrero, J. M.; Schmidt, W.; Collados, M.  
*2015A&A...578A..43R*
- 49 new T dwarfs identified using methane imaging  
Cardoso, C. V. *et al.* (incluye a Zhang, Z. H.)  
*2015MNRAS.450.2486C*
- A FWHM–K2 Correlation in Black Hole Transients  
Casares, J.  
*2015ApJ...808...80C*
- A search for lithium in metal-poor L dwarfs  
Lodieu, N.; Burgasser, A. J.; Pavlenko, Y.; Rebolo, R.  
*2015A&A...579A..58L*
- Active Region Morphologies Selected from Near-side Helioseismic Data  
MacDonald, G. A.; Henney, C. J.; Díaz Alfaro, M.; González Hernández, I.; Arge, C. N.; Lindsey, C.; McAteer, R. T. J.  
*2015ApJ...807...21M*
- An Elemental Assay of Very, Extremely, and Ultra-metal-poor Stars  
Hansen, T. *et al.* (incluye a García Pérez, A. E.)  
*2015ApJ...807..173H*
- An equatorial ultra iron-poor star identified in BOSS  
Allende Prieto, C.; Fernández-Alvar, E.; Aguado, D. S.; González Hernández, J. I.; Rebolo, R.; Lee, Y. S.; Beers, T. C.; Rockosi, C. M.; Ge, J.  
*2015A&A...579A..98A*
- Are Tornado-like Magnetic Structures Able to Support Solar Prominence Plasma?  
Luna, M.; Moreno-Insertis, F.; Priest, E.  
*2015ApJ...808L..23L*
- Bayesian peak bagging analysis of 19 low-mass low-luminosity red giants observed with Kepler  
Corsaro, E.; De Ridder, J.; García, R. A.  
*2015A&A...579A..83C*
- Binary Central Stars of Planetary Nebulae Discovered Through Photometric Variability. III. The Central Star of Abell 65  
Hillwig, T. C.; Frew, D. J.; Louie, M.; De Marco, O.; Bond, H. E.; Jones, D.; Schaub, S. C.  
*2015AJ....150...30H*
- Central star formation and metallicity in CALIFA interacting galaxies  
Barrera-Ballesteros, J. K. *et al.* (incluye a García-Lorenzo, B.; Falcón-Barroso, J.)  
*2015A&A...579A..45B*
- Chromospheric Polarization in the Photospheric Solar Oxygen Infrared Triplet  
Del Pino Alemán, T.; Trujillo Bueno, J.  
*2015ApJ...808L..13D*
- CLASH-VLT: Substructure in the galaxy cluster MACS J1206.2-0847 from kinematics of galaxy populations  
Girardi, M. *et al.* (incluye a Boschin, W.)  
*2015A&A...579A...4G*
- Evidence for Evaporation-incomplete Condensation Cycles in Warm Solar Coronal Loops  
Froment, C.; Auchère, F.; Bocchialini, K.; Buchlin, E.; Guenou, C.; Solomon, J.  
*2015ApJ...807..158F*
- Evidence of amplitude modulation due to resonant mode coupling in the  $\delta$  Scuti star KIC 5892969. A particular or a general case?  
Barceló Forteza, S.; Michel, E.; Roca Cortés, T.; García, R. A.  
*2015A&A...579A.133B*
- Evolution of galaxy stellar masses and star formation rates in the EAGLE simulations  
Furlong, M. *et al.* (incluye a Dalla Vecchia, C.)  
*2015MNRAS.450.4486F*
- Formation of S0 galaxies through mergers. Explaining angular momentum and concentration change from spirals to S0s  
Querejeta, M.; Eliche-Moral, M. C.; Tapia, T.; Borlaff, A.; van de Ven, G.; Lyubenova, M.; Martig, M.; Falcón-Barroso, J.; Méndez-Abreu, J.  
*2015A&A...579L...2Q*

H $\alpha$  kinematics of S4G spiral galaxies - II. Data description and non-circular motions

Erroz-Ferrer, S. *et al.* (incluye a Knapen, J. H.; Leaman, Ryan; Cisternas, Mauricio; Font, Joan; Beckman, John E.; Martínez-Valpuesta, I.)

2015MNRAS.451.1004E

Ionized gas in the XUV disc of the NGC 1512/1510 system

López-Sánchez, Á. R.; Westmeier, T.; Esteban, C.; Koribalski, B. S.

2015MNRAS.450.3381L

MAGIC detection of short-term variability of the high-peaked BL Lac object 1ES 0806+524

Aleksić, J. *et al.* (incluye a Becerra González, J.; Colombo, E.; García López, R. J.; Herrera, J.; Tescaro, D.; Will, M.)

2015MNRAS.451.5258A

MAGIC detection of short-term variability of the high-peaked BL Lac object 1ES 0806+524

Aleksić, J. *et al.* (incluye a Becerra González, J.; Colombo, E.; García López, R. J.; Herrera, J.; Tescaro, D.; Will, M.)

2015MNRAS.451..739A

Massive Relic Galaxies Challenge the Co-evolution of Supermassive Black Holes and Their Host Galaxies

Ferré-Mateu, A.; Mezcua, M.; Trujillo, I.; Balcells, M.; van den Bosch, R. C. E.

2015ApJ...808...79F

Multiple stellar populations in Magellanic Cloud clusters - III. The first evidence of an extended main sequence turn-off in a young cluster: NGC 1856

Milone, A. P.; Bedin, L. R.; Piotto, G.; Marino, A. F.; Cassisi, S.; Bellini, A.; Jerjen, H.; Pietrinferni, A.; Aparicio, A.; Rich, R. M.

2015MNRAS.450.3750M

Multiwavelength behaviour of the blazar OJ 248 from radio to  $\gamma$ -rays

Carnerero, M. I. *et al.* (incluye a Acosta-Pulido, J. A.; Arévalo, M. J.; Bueno Bueno, A.; González-Morales, P. A.; Grinon-Marin, A. B.; Lázaro, C.; Pastor Yabar, A.; Puerto Giménez, I.; Velasco, S.)

2015MNRAS.450.2677C

New OB star candidates in the Carina Arm around Westerlund 2 from VPHAS+

Mohr-Smith, M. *et al.* (incluye a Corradi, R. L. M.)

2015MNRAS.450.3855M

Observational Consequences of Turbulent Pressure in the Envelopes of Massive Stars

Grassitelli, L.; Fossati, L.; Simón-Díaz, S.; Langer, N.; Castro, N.; Sanyal, D.

2015ApJ...808L..31G

OMEGA - OSIRIS Mapping of Emission-line Galaxies in A901/2 - I. Survey description, data analysis, and star formation and AGN activity in the highest density regions

Chies-Santos, A. L. *et al.* (incluye a Pintos-Castro, I.)

2015MNRAS.450.4458C

On the morphology of dust lanes in galactic bars

Sánchez-Menguiano, L.; Pérez, I.; Zurita, A.; Martínez-Valpuesta, I.; Aguerri, J. A. L.; Sánchez, S. F.; Comerón, S.; Díaz-García, S.

2015MNRAS.450.2670S

On the nature of transverse coronal waves revealed by wavefront dislocations

López Ariste, A.; Luna, M.; Arregui, I.; Khomenko, E.; Collados, M.

2015A&A...579A.127L

Probing the very high energy  $\gamma$ -ray spectral curvature in the blazar PG 1553+113 with the MAGIC telescopes

Aleksić, J. *et al.* (incluye a Becerra González, J.; Colombo, E.; García López, R. J.; Herrera, J.; Tescaro, D.; Will, M.)

2015MNRAS.450.4399A

Rapid Rotation of Low-mass Red Giants Using APOKASC: A Measure of Interaction Rates on the Post-main-sequence

Tayar, J. *et al.* (incluye a García-Hernández, D. A.; Zamora, O.; Allende Prieto, C.)

2015ApJ...807...82T

Spatial deconvolution of spectropolarimetric data: an application to quiet Sun magnetic elements

Quintero Noda, C.; Asensio Ramos, A.; Orozco Suárez, D.; Ruiz Cobo, B.

2015A&A...579A...3Q

Spectroscopic survey of Kepler stars. I. HERMES/Mercator observations of A- and F-type stars

Niemczura, E. *et al.* (incluye a Uytterhoeven, K.)

2015MNRAS.450.2764N

Starbursts Are Preferentially Interacting: Confirmation from the Nearest Galaxies

Knapen, J. H.; Cisternas, M.

2015ApJ...807L..16K

The BaLROG project - I. Quantifying the influence of bars on the kinematics of nearby galaxies

Seidel, M. K.; Falcón-Barroso, J.; Martínez-Valpuesta, I.; Díaz-García, S.; Laurikainen, E.; Salo, H.; Knapen, J. H.

2015MNRAS.451..936S

The Chemistry of Planetary Nebulae in the Outer Regions of M31

Corradi, R. L. M.; Kwitter, K. B.; Balick, B.; Henry, R. B. C.; Hensley, K.

2015ApJ...807..181C

The Eleventh and Twelfth Data Releases of the Sloan Digital Sky Survey: Final Data from SDSS-III

Alam, S. *et al.* (incluye a Allende Prieto, C.; Carrera, R.; Esposito, M.; Fernández-Alvar, E.; García-Hernández, D. A.; García Pérez, A. E.; Génova-Santos, R.; González Hernández, J. I.; López-Corredoira, M.; Machado, A.; Pellejero-Ibañez, M.; Pérez-Fournon, I.; Rubiño-Martín, J. A.; Scóccola, C. G.; Streblynska, A.; Zamora, O.)

2015ApJS..219...12A

The GAPS Programme with HARPS-N at TNG. VIII. Observations of the Rossiter-McLaughlin effect and characterisation of the transiting planetary systems HAT-P-36 and WASP-11/HAT-P-10

Mancini, L. *et al.* (incluye a Esposito, M.; Murabito, S.)  
2015A&A...579A.136M

The Hubble Space Telescope UV Legacy Survey of Galactic Globular Clusters - IV. Helium content and relative age of multiple stellar populations within NGC 6352

Nardiello, D. *et al.* (incluye a Aparicio, A.; Hidalgo, S. L.)  
2015MNRAS.451.4831N

The Hubble Space Telescope UV Legacy Survey of Galactic Globular Clusters - IV. Helium content and relative age of multiple stellar populations within NGC 6352

Nardiello, D. *et al.* (incluye a Aparicio, A.; Hidalgo, S.)  
2015MNRAS.451..312N

The impact of surface dynamo magnetic fields on the solar iron abundance

Shchukina, N.; Trujillo Bueno, J.  
2015A&A...579A.112S

The initial mass function of a massive relic galaxy

Martín-Navarro, I.; La Barbera, F.; Vazdekis, A.; Ferré-Mateu, A.; Trujillo, I.; Beasley, M. A. 2015MNRAS.451.5600M

The initial mass function of a massive relic galaxy

Martín-Navarro, I. (Instituto de Astrofísica de Canarias, E-38200 La Laguna, Tenerife, Spain; Departamento de Astrofísica, Univer; La Barbera, F.; Vazdekis, A.; Ferré-Mateu, A.; Trujillo, I.; Beasley, M. A.)  
2015MNRAS.451.1081M

The Large Magellanic Cloud as a laboratory for hot bottom burning in massive asymptotic giant branch stars

Ventura, P.; Karakas, A. I.; Dell'Agli, F.; Boyer, M. L.; García-Hernández, D. A.; Di Criscienzo, M.; Schneider, R.  
2015MNRAS.450.3181V

The little-studied cluster Berkeley 90. I. LS III +46 11: a very massive O3.5 If\* + O3.5 If\* binary

Maíz Apellániz, J. *et al.* (incluye a Simón-Díaz, S.)  
2015A&A...579A.108M

The Odd Offset between the Galactic Disk and Its Bar in NGC~3906

de Swardt, B. *et al.* (incluye a Cisternas, M.; Erroz-Ferrer, S.; Knapen, J. H.)  
2015ApJ...808...90D

The Orientation of Pre-Romanesque Churches in the Iberian Peninsula

Gonzalez-Garcia, A. C.; Belmonte, J. A.  
10.1007/s00004-014-0231-7

The Spitzer Survey of Stellar Structure in Galaxies (S4G): Multi-component Decomposition Strategies and Data Release

Salo, H. *et al.* (incluye a Knapen, J. H.; Cisternas, M.; Erroz-Ferrer, S.)  
2015ApJS..219....4S

The Spitzer Survey of Stellar Structure in Galaxies (S4G): Precise Stellar Mass Distributions from Automated Dust Correction at 3.6  $\mu$ m

Querejeta, M. *et al.* (incluye a Cisternas, M.; Knapen, J. H.; Erroz-Ferrer, S.)  
2015ApJS..219....5Q

The Spitzer Survey of Stellar Structure in Galaxies (S4G): Stellar Masses, Sizes, and Radial Profiles for 2352 Nearby Galaxies

Muñoz-Mateos, J. C. *et al.* (incluye a Erroz-Ferrer, S.; Knapen, J. H.)  
2015ApJS..219....3M

The star formation history of galaxies: the role of galaxy mass, morphology and environment

Guglielmo, V.; Poggianti, Bianca M.; Moretti, Alessia; Fritz, Jacopo; Calvi, R.; Vulcani, Benedetta; Fasano, Giovanni; Paccagnella, Angela  
2015MNRAS.450.2749G

The stellar spectral features of nearby galaxies in the near infrared: tracers of thermally pulsing asymptotic giant branch stars?

Riffel, R. *et al.* (incluye a Gonzalez Martin, O.; Ruschel-Dutra, D.; Ramos Almeida, C.)  
2015MNRAS.450.3069R

Transiting exoplanets from the CoRoT space mission. XXVII. CoRoT-28b, a planet orbiting an evolved star, and CoRoT-29b, a planet showing an asymmetric transit

Cabrera, J. *et al.* (incluye a Klagyivik, P.; Alonso, R.; Deeg, H. J.; Pallé, E.)  
2015A&A...579A..36C

Triggered star formation in a merging, gas-rich dwarf galaxy around NGC 7241

Leaman, R.; Erroz-Ferrer, S.; Cisternas, M.; Knapen, J. H.  
2015MNRAS.450.2473L

Witnessing the emergence of a carbon star

Guzman-Ramirez, L. *et al.* (incluye a Jones, D.)  
2015MNRAS.451L...1G

A New sdO+dM Binary with Extreme Eclipses and Reflection Effect

Derekas, A. *et al.* (incluye a Garcia-Alvarez, D.)  
2015ApJ...808..179D

A remarkable recurrent nova in M31: Discovery and optical/UV observations of the predicted 2014 eruption

Darnley, M. J. *et al.* (incluye a Rodríguez-Gil, P.)  
2015A&A...580A..45D

Baryon effects on the internal structure of  $\Lambda$ CDM haloes in the EAGLE simulations

Schaller, Matthieu; Frenk, Carlos S.; Bower, Richard G.; Theuns, Tom; Jenkins, Adrian; Schaye, Joop; Crain, Robert A.; Furlong, Michelle; Dalla Vecchia, C.; McCarthy, I. G.  
2015MNRAS.451.1247S

Calcium triplet metallicity calibration for stars in the Galactic bulge

Vázquez, S.; Zoccali, M.; Hill, V.; Gonzalez, O. A.; Saviane, I.; Rejkuba, M.; **Battaglia, G.**  
2015A&A...580A.121V

Chemical Cartography with APOGEE: Metallicity Distribution Functions and the Chemical Structure of the Milky Way Disk

Hayden, M. R. *et al.* (incluye a **Allende Prieto, C.**; **García-Hernández, D. A.**; **García Pérez, A. E.**; **Zamora, O.**)

2015ApJ...808..132H

Comparative internal kinematics of the H II regions in interacting and isolated galaxies: implications for massive star formation modes

**Zaragoza-Cardiel, J.**; **Beckman, J. E.**; **Font, J.**; **García-Lorenzo, B.**; **Camps-Fariña, A.**; **Fathi, K.**; **James, P. A.**; **Erroz-Ferrer, S.**; **Barrera-Ballesteros, J.**; **Cisternas, M.**

2015MNRAS.451.1307Z

Comparison of Sunyaev-Zel'dovich measurements from Planck and from the Arcminute Microkelvin Imager for 99 galaxy clusters

Perrott, Y. C. *et al.* (incluye a **Barrena, R.**; **Hempel, A.**; **Rubiño-Martín, J. A.**)

2015A&A...580A..95P

Constraining the Redshift Evolution of the Cosmic Microwave Background Blackbody Temperature with PLANCK Data.

de Martino, I.; **Génova-Santos, R.**; **Atrio-Barandela, F.**; **Ebeling, H.**; **Kashlinsky, A.**; **Kocevski, D.**; **Martins, C. J. A. P.**

2015ApJ...808..128D

Evidence for temporal evolution in the M33 disc as traced by its star clusters

**Beasley, M. A.**; **San Roman, Izaskun**; **Gallart, C.**; **Sarajedini, Ata**; **Aparicio, A.**

2015MNRAS.451.3400B

HerMES: Current Cosmic Infrared Background Estimates Can Be Explained by Known Galaxies and Their Faint Companions at  $z < 4$

Viero, M. P. *et al.* (incluye a **Pérez-Fournon, I.**)

2015ApJ...809L..22V

High-resolution Imaging of NGC 2346 with GSAOI/GeMS: Disentangling the Planetary Nebula Molecular Structure to Understand Its Origin and Evolution

**Manchado, A.**; **Stanghellini, Letizia**; **Villaver, Eva**; **García-Segura, Guillermo**; **Shaw, Richard A.**; **García-Hernández, D. A.**

2015ApJ...808..115M

On the Absolute Age of the Metal-rich Globular M71 (NGC 6838). I. Optical Photometry

Di Cecco, A. *et al.* (incluye a **Monelli, M.**)

2015AJ....150...51D

Optical spectroscopy of candidate Alpha Persei white dwarfs

Casewell, S. L.; **Dobbie, P. D.**; **Geier, S.**; **Lodieu, N.**; **Hambly, N. C.**

2015MNRAS.451.4259C

Photometric scaling relations of anti-truncated stellar discs in S0-Scd galaxies

**Eliche-Moral, M. C.**; **Borlaff, A.**; **Beckman, J. E.**; **Gutiérrez, L.**  
2015A&A...580A..33E

Planck intermediate results. XXIII. Galactic plane emission components derived from Planck with ancillary data

Planck Collaboration *et al.* (incluye a **Génova-Santos, R. T.**; **Rebolo, R.**; **Rubiño-Martín, J. A.**)

2015A&A...580A..13P

Planck intermediate results. XXIV. Constraints on variations in fundamental constants

Planck Collaboration *et al.* (incluye a **Rebolo, R.**)

2015A&A...580A..22P

Rotational modulation of the linear polarimetric variability of the cool dwarf TVLM 513-46546

**Miles-Páez, P. A.**; **Zapatero Osorio, M. R.**; **Pallé, E.**

2015A&A...580L..12M

Spatially adaptive radiation-hydrodynamical simulations of galaxy formation during cosmological reionization

**Pawlik, A. H.**; **Schaye, Joop**; **Dalla Vecchia, C.**

2015MNRAS.451.1586P

Testing Microvariability in Quasar Differential Light Curves Using Several Field Stars

**de Diego, J. A.**; **Polednikova, J.**; **Bongiovanni, A.**; **Pérez García, A. M.**; **De Leo, M. A.**; **Verdugo, T.**; **Cepa, J.**

2015AJ....150...44D

The Carina Project. VIII. The  $\alpha$ -element abundances

**Fabrizio, M.** *et al.* (incluye a **Monelli, M.**)

2015A&A...580A..18F

The First Billion Years project: the escape fraction of ionizing photons in the epoch of reionization

**Paardekooper, J.-P.**; **Khochfar, Sadegh**; **Dalla Vecchia, C.**

2015MNRAS.451.2544P

The Gaia-ESO Survey: Empirical determination of the precision of stellar radial velocities and projected rotation velocities

**Jackson, R. J.** *et al.* (incluye a **Allende Prieto, C.**)

2015A&A...580A..75J

The incidence of bar-like kinematic flows in CALIFA galaxies

**Holmes, L.** *et al.* (incluye a **Barrera-Ballesteros, J. K.**)

2015MNRAS.451.4397H

The post-common envelope central stars of the planetary nebulae Henize 2-155 and Henize 2-161

**Jones, D.**; **Boffin, H. M. J.**; **Rodríguez-Gil, P.**; **Wesson, R.**; **Corradi, R. L. M.**; **Miszalski, B.**; **Mohamed, S.**

2015A&A...580A..19J

The trace of a substantial assembly of massive E-S0 galaxies at  $0.8 < z < 1.5$  in galaxy number counts

**Prieto, M.**; **Eliche-Moral, M. Carmen**

2015MNRAS.451.1158P

The VLT-FLAMES Tarantula Survey. XXII. Multiplicity properties of the B-type stars

Dunstall, P. R.; Dufton, P. L.; Sana, H.; Evans, C. J.; Howarth, I. D.; Simón-Díaz, S.; de Mink, S. E.; Langer, N.; Maíz Apellániz, J.; Taylor, W. D.

2015A&A...580A..93D

Thermophysical modeling of asteroids from WISE thermal infrared data - Significance of the shape model and the pole orientation uncertainties

Hanuš, J.; Delbo', M.; Ďurech, J.; Alí-Lagoa, V.

2015Icar...256..101H

WASP-14 b: transit timing analysis of 19 light curves

Raetz, St. *et al.* (incluye a Nowak, G.)

2015MNRAS.451.4139R

Young  $\alpha$ -enriched giant stars in the solar neighbourhood

Martig, M. *et al.* (incluye a Carrera, R.; García-Hernández, D. A.; Zamora, O.)

2015MNRAS.451.2230M

B fields in OB stars (BOB). Detection of a strong magnetic field in the O9.7 V star HD 54879

Castro, N. *et al.* (incluye a Simón-Díaz, S.; Herrero, A.)

2015A&A...581A..81C

Chemical Thermodynamics Applied to the Diels–Alder Reaction of C60 Fullerene with Polyacenes

Cataldo F.; García-Hernández D. A.; Manchado A.

10.1080/1536383X.2014.997354

Colours and luminosities of  $z = 0.1$  galaxies in the EAGLE simulation

Trayford, J. W.; Theuns, Tom; Bower, Richard G.; Schaye, Joop; Furlong, Michelle; Schaller, Matthieu; Frenk, Carlos S.; Crain, Robert A.; Dalla Vecchia, C.; McCarthy, Ian G.

2015MNRAS.452.2879T

Constraining the evolution of the CMB temperature with SZ measurements from Planck data

Luzzi, G.; Génova-Santos, R. T.; Martins, C. J. A. P.; De Petris, M.; Lamagna, L.

2015JCAP...09..011L

Constraints on the substellar companions in wide orbits around the Barnard's Star from CanariCam mid-infrared imaging

Gauza, B.; Béjar, V. J. S.; Rebolo, R.; Álvarez, C.; Bihain, G.; Zapatero Osorio, M. R.; Caballero, J. A.; Telesco, C. M.; Pakham, C.

2015MNRAS.452.1677G

Dynamical masses of a nova-like variable on the edge of the period gap

Rodríguez-Gil, P. *et al.* (incluye a Shahbaz, T.; Martínez-Pais, I. G.; Armas Padilla, M.)

2015MNRAS.452..146R

Dynamics of Multi-cored Magnetic Structures in the Quiet Sun

Requerey, I. S.; Del Toro Iniesta, Jose Carlos; Bellot Rubio, Luis R.; Martínez Pillet, V.; Solanki, Sami K.; Schmidt, Wolfgang

2015ApJ...810...79R

Environment of the Submillimeter-bright Massive Starburst HFLS3 at  $z \sim 6.34$

Laporte, N. *et al.* (incluye a Pérez-Fournon, I.; Cabrera-Lavers, A.; Marques-Chaves, R.; Martínez-Navajas, P.; Streblyanska, A.)

2015ApJ...810..130L

Forecasting the precipitable water vapour content: validation for astronomical observatories using radiosoundings

Pérez-Jordán, G.; Castro-Almazán, J. A.; Muñoz-Tuñón, C.; Codina, B.; Vernin, J.

2015MNRAS.452.1992P

Fossil group origins. V. The dependence of the luminosity function on the magnitude gap

Zarattini, S. *et al.* (incluye a Aguerri, J. A. L.; Barrena, R.; Boschín, W.; Castro-Rodríguez, N.)

2015A&A...581A..16Z

From stellar to planetary composition: Galactic chemical evolution of Mg/Si mineralogical ratio

Adibekyan, V.; Santos, N. C.; Figueira, P.; Dorn, C.; Sousa, S. G.; Delgado-Mena, E.; Israelian, G.; Hakobyan, A. A.; Mordasini, C.

2015A&A...581L...2A

Galaxy clusters and groups in the ALHAMBRA survey

Ascaso, B. *et al.* (incluye a Aguerri, J. A. L.; Cepa, J.; Cerviño, M.)

2015MNRAS.452..549A

Lamost Observations in the Kepler Field. I. Database of Low-resolution Spectra

De Cat, P. *et al.* (incluye a Uytterhoeven, K.)

2015ApJS..220...19D

Localized Starbursts in Dwarf Galaxies Produced by the Impact of Low-metallicity Cosmic Gas Clouds

Sánchez Almeida, J.; Elmegreen, B. G.; Muñoz-Tuñón, C.; Elmegreen, D. M.; Pérez-Montero, E.; Amorín, R.; Filho, M. E.; Ascasibar, Y.; Papaderos, P.; Vílchez, J. M.

2015ApJ...810L..15S

Measurement of the underlying event activity using charged-particle jets in proton-proton collisions at  $\sqrt{s}=2.76$  TeV

Khachatryan, V. *et al.* (incluye a Vazquez Acosta, M.)

2015JHEP...09..137K

Near-infrared polarimetric adaptive optics observations of NGC 1068: a torus created by a hydromagnetic outflow wind

Lopez-Rodríguez, E. *et al.* (incluye a González Martín, O.; Ramos Almeida, C.)

2015MNRAS.452.1902L

On the C60 Fullerene Adduct with Pentacene: Synthesis and Stability

Cataldo, F.; García-Hernández, D. A.; Manchado, A.

10.1080/1536383X.2015.1006398

On the formation and evolution of the first Be star in a black hole binary MWC 656

Grudzinska, M. *et al.* (incluye a Casares, J.; Herrero, A.)

2015MNRAS.452.2773G

- On the nature of H $\alpha$  emitters at  $z \sim 2$  from the HiZELS survey: physical properties, Ly $\alpha$  escape fraction and main sequence  
Oteo, I.; Sobral, D.; Ivison, R. J.; Smail, I.; Best, P. N.; Cepa, J.; Pérez-García, A. M.  
*2015MNRAS.452.2018O*
- Planck 2013 results. XXXII. The updated Planck catalogue of Sunyaev-Zeldovich sources  
Planck Collaboration *et al.* (incluye a Barrena, R.; Ferragamo A.; Génova-Santos, R. T.; Hempel, A.; Rebolo, R.; Rubiño-Martín, J. A.; Streblyanska, A.; Tramonte, D.)  
*2015A&A...581A..14P*
- Rotation periods of late-type dwarf stars from time series high-resolution spectroscopy of chromospheric indicators  
Suárez Mascareño, A.; Rebolo, R.; González Hernández, J. I.; Esposito, M.  
*2015MNRAS.452.2745S*
- s-process enrichment in the planetary nebula NGC 3918. Results from deep echelle spectrophotometry  
García-Rojas, J.; Madonna, S.; Luridiana, V.; Sterling, N. C.; Morisset, C.; Delgado-Inglada, G.; Toribio San Cipriano, L.  
*2015MNRAS.452.2606G*
- 301.-  
Search for neutral color-octet weak-triplet scalar particles in proton-proton collisions at  $\sqrt{s}=8$  TeV  
Khachatryan, V. *et al.* (incluye a Vazquez Acosta, M.)  
*2015JHEP...09..201K*
- The CALIFA survey across the Hubble sequence. Spatially resolved stellar population properties in galaxies  
González Delgado, R. M. *et al.* (incluye a Aguerri, J. A. L.)  
*2015A&A...581A.103G*
- The effect of baryons on the inner density profiles of rich clusters  
Schaller, M.; Frenk, C. S.; Bower, R. G.; Theuns, T.; Trayford, J.; Crain, R. A.; Furlong, M.; Schaye, J.; Dalla Vecchia, C.; McCarthy, I. G.  
*2015MNRAS.452..343S*
- The GAPS programme with HARPS-N at TNG. IX. The multi-planet system KELT-6: Detection of the planet KELT-6 c and measurement of the Rossiter-McLaughlin effect for KELT-6 b  
Damasso, M. *et al.* (incluye a Esposito, M.; Gomez-Jimenez, M.; Murabito, S.)  
*2015A&A...581L...6D*
- The Hubble Space Telescope UV Legacy Survey of Galactic Globular Clusters: The Internal Kinematics of the Multiple Stellar Populations in NGC 2808  
Bellini, A. *et al.* (incluye a Cassisi, S.)  
*2015ApJ...810L..13B*
- The radial abundance gradient of chlorine in the Milky Way  
Esteban, C.; García-Rojas, J.; Pérez-Mesa, V.  
*2015MNRAS.452.1553E*
- Tracking Advanced Planetary Systems (TAPAS) with HARPS-N. II. Super Li-rich giant HD 107028  
Adamów, M.; Niedzielski, A.; Villaver, E.; Wolszczan, A.; Kowalik, K.; Nowak, G.; Adamczyk, M.; Deka-Szymankiewicz, B.  
*2015A&A...581A..94A*
- Virgo cluster and field dwarf ellipticals in 3D - III. Spatially and temporally resolved stellar populations  
Ryś, A.; Koleva, M.; Falcón-Barroso, J.; Vazdekis, A.; Lisker, Thorsten; Peletier, Reynier; van de Ven, Glenn.  
*2015MNRAS.452.1888R*
- VLT X-Shooter spectroscopy of the nearest brown dwarf binary  
Lodieu, N.; Zapatero Osorio, M. R.; Rebolo, R.; Béjar, V. J. S.; Pavlenko, Y.; Pérez-Garrido, A.  
*2015A&A...581A..73L*
- A MUSE map of the central Orion Nebula (M 42)  
Weilbacher, P. M. *et al.* (incluye a Martinsson, T.)  
*2015A&A...582A.114W*
- A seismic and gravitationally bound double star observed by Kepler. Implication for the presence of a convective core  
Appourchaux, T. *et al.* (incluye a Régulo, C.)  
*2015A&A...582A..25A*
- A test for asymptotic giant branch evolution theories: planetary nebulae in the Large Magellanic Cloud  
Ventura, P.; Stanghellini, L.; Dell'Agli, F.; García-Hernández, D. A.; Di Criscienzo, M.  
*2015MNRAS.452.3679V*
- An Infrared Diffuse Circumstellar Band? The Unusual 1.5272 Micron DIB In the Red Square Nebula  
Zasowski, G.; Chojnowski, S. Drew; Whelan, D. G.; Miroshnichenko, A. S.; García-Hernández, D. A.; Majewski, S. R.  
*2015ApJ...811..119Z*
- B fields in OB stars (BOB): Low-resolution FORS2 spectropolarimetry of the first sample of 50 massive stars  
Fossati, L. *et al.* (incluye a Herrero, A.)  
*2015A&A...582A..45F*
- Constraint on the time variation of the fine-structure constant with the SDSS-III/BOSS DR12 quasar sample  
Albaret, F. D. *et al.* (incluye a Gutiérrez, C. M.; López-Corredoira, M.; Machado, A.; García-Hernández, D. A.)  
*2015MNRAS.452.4153A*
- Constraints on the evolutionary mechanisms of massive galaxies since  $z \approx 1$  from their velocity dispersions  
Peralta de Arriba, L. *et al.* (incluye a Balcells, M.; Trujillo, I.; Falcón-Barroso, J.; Martín-Navarro, I.)  
*2015MNRAS.453..704P*
- Damped transverse oscillations of interacting coronal loops  
Soler, R.; Luna, M.  
*2015A&A...582A.120S*
- Detection of a large Be circumstellar disk during X-ray quiescence of XTE J1946+274  
Özbey Arabacı, M.; Camero-Arranz, A.; Zurita, C.; Gutiérrez-Soto, J.; Nespoli, E.; Suso, J.; Kiaerad, F.; García-Rojas, J.; Kiziloğlu, Ü.  
*2015A&A...582A..53O*

- Detection of satellite remnants in the Galactic halo with Gaia-III. Detection limits for ultrafaint dwarf galaxies  
Antoja, T. *et al.* (incluye a Aparicio, A.; Hidalgo, S.)  
*2015MNRAS.453..541A*
- Discovery of the Massive Overcontact Binary VFTS352: Evidence for Enhanced Internal Mixing  
Almeida, L. A. *et al.* (incluye a Herrero, A.)  
*2015ApJ...812..102A*
- First NuSTAR Observations of Mrk 501 within a Radio to TeV Multi-Instrument Campaign  
Furniss, A. *et al.* (incluye a Becerra González, J.; Clavero, R.; Colombo, E.; García López, R. J.; Herrera, J.; Manganaro, M.; Tesaro, D.; Will, M.)  
*2015ApJ...812...65F*
- Gaia FGK benchmark stars: abundances of  $\alpha$  and iron-peak elements  
Jofré, P. *et al.* (incluye a González Hernández, J. I.)  
*2015A&A...582A..81J*
- HerMES: ALMA Imaging of Herschel-selected Dusty Star-forming Galaxies  
Bussmann, R. S. *et al.* (incluye a Pérez-Fournon, I.)  
*2015ApJ...812...43B*
- Hierarchical star formation across the ring galaxy NGC 6503  
Gouliermis, D. A. *et al.* (incluye a Herrero, A.)  
*2015MNRAS.452.3508G*
- Isotropic Inelastic Collisions in a Multiterm Atom with Hyperfine Structure  
Belluzzi, L.; Landi Degl'Innocenti, E.; Trujillo Bueno, J.  
*2015ApJ...812...73B*
- KIC 4768731: a bright long-period roAp star in the Kepler field  
Smalley, B. *et al.* (incluye a Uytterhoeven, K.)  
*2015MNRAS.452.3334S*
- Model Comparison for the Density Structure across Solar Coronal Waveguides  
Arregui, I.; Soler, R.; Asensio Ramos, A.  
*2015ApJ...811..104A*
- Molecular hydrogen abundances of galaxies in the EAGLE simulations  
Lagos, C. P. *et al.* (incluye a Dalla Vecchia, C.)  
*2015MNRAS.452.3815L*
- On the Source of Propagating Slow Magnetoacoustic Waves in Sunspots  
Krishna Prasad, S.; Jess, D. B.; Khotenko, E.  
*2015ApJ...812L..15K*
- Planck intermediate results. XXV. The Andromeda galaxy as seen by Planck  
Planck Collaboration *et al.* (incluye a Rubiño-Martín, J. A.)  
*2015A&A...582A..28P*
- Planck intermediate results. XXVI. Optical identification and redshifts of Planck clusters with the RTT150 telescope  
Planck Collaboration *et al.* (incluye a Barreiro, R. B.; Génova-Santos, R. T.; Hempel, A.; Rubiño-Martín, J. A.)  
*2015A&A...582A..29P*
- Planck intermediate results. XXVIII. Interstellar gas and dust in the Chamaeleon clouds as seen by Fermi LAT and Planck  
Planck *et al.* (incluye a Rebolo, R.)  
*2015A&A...582A..31A*
- Planck intermediate results. XXVIII. Interstellar gas and dust in the Chamaeleon clouds as seen by Fermi LAT and Planck  
Planck Collaboration *et al.* (incluye a Rebolo, R.)  
*2015A&A...582A..31P*
- Probing M subdwarf metallicity with an esdK5+esdM5.5 binary  
Pavlenko, Ya. V.; Zhang, Z. H.; Gálvez-Ortiz, M. C.; Kushniruk, I. O.; Jones, H. R. A.  
*2015A&A...582A..92P*
- QUIJOTE scientific results - I. Measurements of the intensity and polarisation of the anomalous microwave emission in the Perseus molecular complex  
Génova-Santos, R. *et al.* (incluye a Martín, J. A. Rubiño; Rebolo, R.; Peláez-Santos, A.; López-Caraballo, C. H.; Gutiérrez, C. M.; Hoyland, R.; Poidevin, F.; Tramonte, D.; Vignaga, R.)  
*2015MNRAS.452.4169G*
- Search for a Higgs boson in the mass range from 145 to 1000 GeV decaying to a pair of W or Z bosons  
Khachatryan, V. *et al.* (incluye a Vazquez Acosta, M.)  
*2015JHEP...10..144K*
- SHARDS: A Global View of the Star Formation Activity at  $z \sim 0.84$  and  $z \sim 1.23$   
Cava, A. *et al.* (incluye a Muñoz-Tuñón, C.; Rodríguez-Espinoza, J. M.)  
*2015ApJ...812..155C*
- Single stellar populations in the near-infrared. I. Preparation of the IRTF spectral stellar library  
Meneses-Goytia, S.; Peletier, R. F.; Trager, S. C.; Falcón-Barroso, J.; Koleva, M.; Vazdekis, A.  
*2015A&A...582A..96M*
- Single stellar populations in the near-infrared. II. Synthesis models  
Meneses-Goytia, S.; Peletier, R. F.; Trager, S. C.; Vazdekis, A.  
*2015A&A...582A..97M*
- Stellar populations of galaxies in the ALHAMBRA survey up to  $z \sim 1$ . I. MUFFIT: A multi-filter fitting code for stellar population diagnostics  
Díaz-García, L. A. *et al.* (incluye a Cerviño, M.; Cepa, J.; Aguerri, J. A. L.)  
*2015A&A...582A..14D*
- The Absolute Age of the Globular Cluster M15 Using Near-infrared Adaptive Optics Images from PISCES/LBT.  
Monelli, M. *et al.*  
*2015ApJ...812...25M*
- The ACS LCID Project: On the Origin of Dwarf Galaxy Types—A Manifestation of the Halo Assembly Bias?  
Gallart, C. *et al.* (incluye a Monelli, M.; Aparicio, A.; Battaglia, G.; Drozdovsky, I.; Hidalgo, S. L.)  
*2015ApJ...811L..18G*

- The ALHAMBRA survey: Estimation of the clustering signal encoded in the cosmic variance  
López-Sanjuan, C. *et al.* (incluye a **Aguerri, J. A. L.**; **Cepa, J.**; **Cerviño, M.**)  
*2015A&A...582A..16L*
- The alignment and shape of dark matter, stellar, and hot gas distributions in the EAGLE and cosmo-OWLS simulations  
Velliscig, M. *et al.* (incluye a **Dalla Vecchia, C.**)  
*2015MNRAS.453..721V*
- The Brightest Young Star Clusters in NGC5253.  
Calzetti, D. *et al.* (incluye a **Herrero, A.**)  
*2015ApJ...811...75C*
- The Gaia-ESO Survey: chemical signatures of rocky accretion in a young solar-type star  
Spina, L. *et al.* (incluye a **Allende Prieto, C.**)  
*2015A&A...582L...6S*
- The impact from survey depth and resolution on the morphological classification of galaxies  
Pović, M. *et al.* (incluye a **Aguerri, J. A. L.**; **Pérez-García, A. M.**; **Cepa, J.**; **Cerviño, M.**)  
*2015MNRAS.453.1644P*
- The K2-ESPRINT Project I: Discovery of the Disintegrating Rocky Planet K2-22b with a Cometary Head and Leading Tail  
Sanchis-Ojeda, R. *et al.* (incluye a **Pallè, E.**; **Miles-Páez, P. A.**; **Montañés-Rodríguez, P.**; **Nowak, G.**)  
*2015ApJ...812..112S*
- The MAGellanic Inter-Cloud (MAGIC) project - II. Slicing up the Bridge  
Noël, N. E. D.; Conn, B. C.; Read, J. I.; Carrera, R.; Dolphin, A.; Rix, H.-W.  
*2015MNRAS.452.4222N*
- The VLT-FLAMES Tarantula Survey. XXIII. Two massive double-lined binaries in 30 Doradus  
Howarth, I. D. *et al.* (incluye a **Simón-Díaz, S.**)  
*2015A&A...582A..73H*
- The warm molecular gas and dust of Seyfert galaxies: two different phases of accretion?  
**Mezcua, M.**; **Prieto, M. A.**; **Fernández-Ontiveros, J. A.**; **Tristram, K.**; **Neumayer, N.**; **Kotilainen, J. K.**  
*2015MNRAS.452.4128M*
- Tracing kinematic (mis)alignments in CALIFA merging galaxies. Stellar and ionized gas kinematic orientations at every merger stage  
**Barrera-Ballesteros, J. K.** *et al.* (incluye a **García-Lorenzo, B.**; **Falcón-Barroso, J.**; **Aguerri, J. A. L.**)  
*2015A&A...582A..21B*
- Very high-energy  $\gamma$ -ray observations of novae and dwarf novae with the MAGIC telescopes  
**Ahnen, M. L.** *et al.* (incluye a **Becerra González, J.**; **Clavero, R.**; **Colombo, E.**; **García López, R. J.**; **Herrera, J.**; **Manganaro, M.**; **Tescaro, D.**; **Will, M.**)  
*2015A&A...582A..67A*
- Where are the solar magnetic poles?  
**Pastor Yabar, A.**; **Martínez González, M. J.**; **Collados, M.**  
*2015MNRAS.453L..69P*
- Abundances, Stellar Parameters, and Spectra from the SDSS-III/APOGEE Survey  
**Holtzman, J. A.** *et al.* (incluye a **Allende Prieto, C.**; **Carrera, R.**; **García Pérez, A. E.**; **García-Hernández, D. A.**; **Zamora, O.**)  
*2015AJ....150..148H*
- Analysis of the acoustic cut-off frequency and high-frequency peaks in six Kepler stars with stochastically excited pulsations  
**Jiménez, A.**; **García, R. A.**; **Pérez Hernández, F.**; **Mathur, S.**  
*2015A&A...583A..74J*
- Asteroseismology of Solar-Type Stars with K2: Detection of Oscillations in C1 Data  
**Chaplin, W. J.** *et al.* (incluye a **Régulo, C.**)  
*2015PASP..127.1038C*
- Bayesian least squares deconvolution  
**Asensio Ramos, A.**; **Petit, P.**  
*2015A&A...583A..51A*
- Calibration aspects of the JEM-EUSO mission  
**Adams, J. H.** *et al.* (incluye a **Joven, E.**; **Licandro, J.**; **Reyes, M.**; **Serra, M.**; **Takeda, M.**; **Vaduvescu, O.**)  
*2015ExA....40...91A*
- Classification of sodium MRI data of cartilage using machine learning  
**Madelin G.**; **Poidevin F.**; **Makrymallis A.**; **Regatte R. R.**  
*10.1002/mrm.25515*
- Clustering of intermediate redshift quasars using the final SDSS III-BOSS sample  
**Eftekharzadeh, S.**; **Myers, Adam D.**; **White, Martin**; **Weinberg, David H.**; **Schneider, Donald P.**; **Shen, Yue**; **Font-Ribera, Andreu**; **Ross, Nicholas P.**; **Paris, Isabelle**; **Streblyanska, A.**  
*2015MNRAS.453.2779E*
- Clustering of intermediate redshift quasars using the final SDSS III-BOSS sample  
**Eftekharzadeh, S.**; **Myers, Adam D.**; **White, Martin**; **Weinberg, David H.**; **Schneider, Donald P.**; **Shen, Yue**; **Font-Ribera, Andreu**; **Ross, Nicholas P.**; **Paris, Isabelle**; **Streblyanska, A.**  
*2015MNRAS.453.2780E*
- Co-spatial Long-slit UV/Optical Spectra of Ten Galactic Planetary Nebulae with HST/STIS. II. Nebular Models, Central Star Properties, and He+CNO Synthesis  
**Henry, R. B. C.**; **Balick, B.**; **Dufour, R. J.**; **Kwitter, K. B.**; **Shaw, R. A.**; **Miller, T. R.**; **Buell, J. F.**; **Corradi, R. L. M.**  
*2015ApJ...813..121H*
- Deconstructing the narrow-line region of the nearest obscured quasar  
**Villar Martín, M.**; **Bellocchi, E.**; **Stern, J.**; **Ramos Almeida, C.**; **Tadhunter, C.**; **González Delgado, R.**  
*2015MNRAS.454..439V*

Evidence of the Missing Baryons from the Kinematic Sunyaev-Zeldovich Effect in Planck Data  
Hernández-Monteagudo, C.; Ma, Yin-Zhe; Kitaura, Francisco S.; Wang, Wenting; Génova-Santos, R.; Macías-Pérez, Juan; Herranz, Diego.  
*2015PhRvL.115s1301H*

Fossil group origins - VI. Global X-ray scaling relations of fossil galaxy clusters  
Kundert, A. *et al.* (incluye a Aguerri, J. A. L.; Barrena, R.; Zarattini, S.)  
*2015MNRAS.454..161K*

Ground-based tests of JEM-EUSO components at the Telescope Array site, "EUSO-TA"  
Adams, J. H. *et al.* (incluye a Joven, E.; Licandro, J.; Reyes, M.; Serra, M.; Takeda, M.; Vaduvescu, O.)  
*2015ExA....40..301A*

Gyro-viscosity and linear dispersion relations in pair-ion magnetized plasmas  
Kono, M.; Vranjes, J.  
*2015PhPl...22k2101K*

Identifying the best iron-peak and  $\alpha$ -capture elements for chemical tagging: The impact of the number of lines on measured scatter  
Adibekyan, V. *et al.* (incluye a González Hernández, J. I.; Suárez-Andrés, L.; Israelian, G.)  
*2015A&A...583A..94A*

JEM-EUSO observational technique and exposure  
Adams, J. H. *et al.* (incluye a Joven, E.; Licandro, J.; Reyes, M.; Serra, M.; Takeda, M.; Vaduvescu, O.)  
*2015ExA....40..117A*

JEM-EUSO: Meteor and nuclearite observations  
Adams, J. H. *et al.* (incluye a Joven, E.; Licandro, J.; Reyes, M.; Serra, M.; Takeda, M.; Vaduvescu, O.)  
*2015ExA....40..253A*

Multi-parametric Study of Rising 3D Buoyant Flux Tubes in an Adiabatic Stratification Using AMR  
Martínez-Sykora, J.; Moreno-Insertis, F.; Cheung, M. C. M.  
*2015ApJ...814....2M*

Oscillations and Waves in Sunspots  
Khomenko, E.; Collados, M.  
*2015LRSP...12....6K*

Performances of JEM-EUSO: angular reconstruction. The JEM-EUSO Collaboration  
Adams, J. H. *et al.* (incluye a Joven, E.; Licandro, J.; Reyes, M.; Serra, M.; Takeda, M.; Vaduvescu, O.)  
*2015ExA....40..153A*

Performances of JEM-EUSO: energy and X max reconstruction  
Adams, J. H. *et al.* (incluye a Joven, E.; Licandro, J.; Reyes, M.; Serra, M.; Takeda, M.; Vaduvescu, O.)  
*2015ExA....40..183A*

Physical properties of the extreme Centaur and super-comet candidate 2013 AZ60  
Pál, A. *et al.* (incluye a Acosta-Pulido, J. A.; Licandro, J.; Cabrera-Lavers, A.)  
*2015A&A...583A..93P*

Post first dredge-up [C/N] ratio as age indicator. Theoretical calibration  
Salaris, M.; Pietrinferni, A.; Piersimoni, A. M.; Cassisi, S.  
*2015A&A...583A..87S*

Precision Measurement of the Helium Flux in Primary Cosmic Rays of Rigidities 1.9 GV to 3 TV with the Alpha Magnetic Spectrometer on the International Space Station  
Aguilar, M. *et al.* (incluye a Clavero, R.; García-López, R.; Tescaro, D.)  
*2015PhRvL.115u1101A*

Recovering star formation histories: Integrated-light analyses vs. stellar colour-magnitude diagrams  
Ruiz-Lara, T. *et al.* (incluye a Gallart, C.; Monelli, M.; Beasley, M.; Aparicio, A.; Hidalgo, S. L.)  
*2015A&A...583A..60R*

Science of atmospheric phenomena with JEM-EUSO  
Adams, J. H. *et al.* (incluye a Joven, E.; Licandro, J.; Reyes, M.; Serra, M.; Takeda, M.; Vaduvescu, O.)  
*2015ExA....40..239A*

Search for a charged Higgs boson in pp collisions at  $\sqrt{s}=8$  TeV  
Khachatryan, V. *et al.* (incluye a Tapper, A.; Vazquez Acosta, M.)  
*2015JHEP...11..018K*

Space experiment TUS on board the Lomonosov satellite as pathfinder of JEM-EUSO  
Adams, J. H. *et al.* (incluye a Joven, E.; Licandro, J.; Reyes, M.; Serra, M.; Takeda, M.; Vaduvescu, O.)  
*2015ExA....40..315A*

Supernovae and Their Expanding Blast Waves during the Early Evolution of Galactic Globular Clusters  
Tenorio-Tagle, G.; Muñoz-Tuñón, C.; Silich, S.; Cassisi, S.  
*2015ApJ...814L...8T*

The atmospheric monitoring system of the JEM-EUSO instrument  
Adams, J. H. *et al.* (incluye a Joven, E.; Licandro, J.; Reyes, M.; Serra, M.; Takeda, M.; Vaduvescu, O.)  
*2015ExA....40...45A*

The binary millisecond pulsar PSR J1023+0038 during its accretion state - I. Optical variability  
Shahbaz, T.; Linares, M.; Nevado, S. P.; Rodríguez-Gil, P.; Casares, J.; Dhillion, V. S.; Marsh, T. R.; Littlefair, S.; Leckngam, A.; Poshyachinda, S.  
*2015MNRAS.453.3461S*

The binary millisecond pulsar PSR J1023+0038 during its accretion state - I. Optical variability  
Shahbaz, T.; Linares, M.; Nevado, S. P.; Rodríguez-Gil, P.; Casares, J.; Dhillion, V. S.; Marsh, T. R.; Littlefair, S.; Leckngam, A.; Poshyachinda, S.  
*2015MNRAS.453.3462S*

- The Carina Project IX: On Hydrogen and Helium Burning Variables  
Coppola, G. *et al.* (incluye a **Monelli, M.**)  
*2015ApJ...814...71C*
- The early days of the Sculptor dwarf spheroidal galaxy  
Jablonka, P. *et al.* (incluye a **Battaglia, G.**)  
*2015A&A...583A..67J*
- The EUSO-Balloon pathfinder  
Adams, J. H. *et al.* (incluye a **Joven, E.**; **Licandro, J.**; **Reyes, M.**; **Serra, M.**; **Takeda, M.**; **Vaduvescu, O.**)  
*2015ExA....40..281A*
- The infrared camera onboard JEM-EUSO  
Adams, J. H. *et al.* (incluye a **Joven, E.**; **Licandro, J.**; **Reyes, M.**; **Serra, M.**; **Takeda, M.**; **Vaduvescu, O.**)  
*2015ExA....40...61A*
- The JEM-EUSO instrument  
Adams, J. H. *et al.* (incluye a **Joven, E.**; **Licandro, J.**; **Reyes, M.**; **Serra, M.**; **Takeda, M.**; **Vaduvescu, O.**)  
*2015ExA....40...19A*
- The JEM-EUSO mission: An introduction  
Adams, J. H. *et al.* (incluye a **Joven, E.**; **Licandro, J.**; **Reyes, M.**; **Serra, M.**; **Vaduvescu, O.**)  
*2015ExA....40....3A*
- The JEM-EUSO observation in cloudy conditions  
Adams, J. H. *et al.* (incluye a **Joven, E.**; **Licandro, J.**; **Reyes, M.**; **Serra, M.**; **Takeda, M.**; **Vaduvescu, O.**)  
*2015ExA....40..135A*
- The little-studied cluster Berkeley 90. II. The foreground ISM  
Maíz Apellániz, J.; Barbá, R. H.; Sota, A.; Simón-Díaz, S.  
*2015A&A...583A.132M*
- The Rotation Period of C/2014 Q2 (Lovejoy)  
Serra-Ricart, M.; Licandro, J.  
*2015ApJ...814...49S*
- The WEBT campaign on the BL Lac object PG 1553+113 in 2013. An analysis of the enigmatic synchrotron emission  
Raiteri, C. M. *et al.* (incluye a **Acosta-Pulido, J. A.**; **Arévalo, M. J.**; **Carnerero, M. I.**; **González-Morales, P. A.**; **Griñon-Marin, A. B.**; **Lázaro, C.**; **Pastor Yabar, A.**; **Velasco, S.**)  
*2015MNRAS.454..353R*
- Tracing the Reverberation Lag in the Hard State of Black Hole X-Ray Binaries  
De Marco, B.; Ponti, G.; Muñoz-Darias, T.; Nandra, K.  
*2015ApJ...814...50D*
- Ultra high energy photons and neutrinos with JEM-EUSO  
Adams, J. H. *et al.* (incluye a **Joven, E.**; **Licandro, J.**; **Reyes, M.**; **Serra, M.**; **Takeda, M.**; **Vaduvescu, O.**)  
*2015ExA....40..215A*
- Variability in a Young, L/T Transition Planetary-mass Object  
Biller, B. A. *et al.* (incluye a **Manjavacas, E.**)  
*2015ApJ...813L..23B*
- X-Ray Emission from Massive Stars in Cyg OB2  
Rauw, G. *et al.* (incluye a **Herrero, A.**)  
*2015ApJS..221....1R*
- A deep look at the nuclear region of UGC 5101 through high angular resolution mid-IR data with GTC/CanariCam  
Martínez-Paredes, M. *et al.* (incluye a **Ramos Almeida, C.**; **González-Martín, O.**; **Asensio Ramos, A.**; **García-Bernete, I.**; **Rodríguez Espinosa, J. M.**)  
*2015MNRAS.454.3577M*
- AGB stars in the SMC: evolution and dust properties based on Spitzer observations  
Dell'Agli, F.; García-Hernández, D. A.; Ventura, P.; Schneider, R.; Di Criscienzo, M.; Rossi, C.  
*2015MNRAS.454.4235D*
- An eclipsing double-line spectroscopic binary at the stellar/substellar boundary in the Upper Scorpius OB association  
Lodieu, N. *et al.* (incluye a **Alonso, R.**; **González Hernández, J. I.**; **Suárez Mascareño, A.**; **Deeg, H. J.**; **Prieto Arranz, J.**; **Rebolo, R.**; **Pallé, E.**; **Béjar, V. J. S.**; **Ferragamo, A.**; **Rubiño-Martín, J. A.**)  
*2015A&A...584A.128L*
- Clear Evidence for the Presence of Second-generation Asymptotic Giant Branch Stars in Metal-poor Galactic Globular Clusters  
García-Hernández, D. A.; Mészáros, Sz.; Monelli, M.; Cassisi, S.; Stetson, P. B.; Zamora, O.; Shetrone, M.; Lucatello, S.  
*2015ApJ...815L...4G*
- Cosmological implications of baryon acoustic oscillation measurements  
Aubourg, É. *et al.* (incluye a **Pellejero-Ibañez, M.**; **Rubiño-Martín, J. A.**; **Génova-Santos, R.**; **Scóccola, C. G.**)  
*2015PhRvD..92I3516A*
- Evershed flow observed in neutral and singly ionized iron lines  
Khomenko, E.; Collados, M.; Shchukina, N.; Díaz, A.  
*2015A&A...584A..66K*
- Evidence for a metal-poor population in the inner Galactic bulge  
Schultheis, M. *et al.* (incluye a **García Pérez, A. E.**; **García-Hernández, D. A.**; **Zamora, O.**; **Allende Prieto, C.**)  
*2015A&A...584A..45S*
- Extinction curve template for intrinsically reddened quasars  
Zafar, T.; Møller, P.; Watson, D.; Fynbo, J. P. U.; Krogager, J.-K.; Zafar, N.; Saturni, F. G.; Geier, S.; Venemans, B. P.  
*2015A&A...584A.100Z*
- Fast-to-Alfvén Mode Conversion Mediated by the Hall Current. I. Cold Plasma Model  
Cally, P. S.; Khomenko, E.  
*2015ApJ...814..106C*

- Fifteen years of XMM-Newton and Chandra monitoring of Sgr A<sup>\*</sup>: evidence for a recent increase in the bright flaring rate  
Ponti, G. *et al.* (incluye a Muñoz-Darias, T.)  
*2015MNRAS.454.1525P*
- HD 144548: A young triply eclipsing system in the Upper Scorpius OB association  
Alonso, R.; Deeg, H. J.; Hoyer, S.; Lodieu, N.; Palle, E.; Sanchis-Ojeda, R.  
*2015A&A...584L...8A*
- Interacting galaxies in the nearby Universe: only moderate increase of star formation  
Knapen, J. H.; Cisternas, M.; Querejeta, M.  
*2015MNRAS.454.1742K*
- Low-level accretion in neutron star X-ray binaries  
Wijnands, R.; Degenaar, N.; Armas Padilla, M.; Altamirano, D.; Cavecchi, Y.; Linares, M.; Bahramian, A.; Heinke, C. O.  
*2015MNRAS.454.1371W*
- Mapping atomic and diffuse interstellar band absorption across the Magellanic Clouds and the Milky Way  
Bailey, Mandy; van Loon, Jacco Th.; Sarre, Peter J.; Beckman, J. E.  
*2015MNRAS.454.4013B*
- Merger traces in the spatial distribution of stellar populations in the Fornax dSph galaxy  
del Pino, A.; Aparicio, A.; Hidalgo, S. L.  
*2015MNRAS.454.3996D*
- MUSE tells the story of NGC 4371: The dawning of secular evolution  
Gadotti, D. A.; Seidel, M. K.; Sánchez-Blázquez, Patricia; Falcón-Barroso, J.; Husemann, Bernd; Coelho, Paula; Pérez, Isabel.  
*2015A&A...584A..90G*
- Open cluster Dolidze 25: Stellar parameters and the metallicity in the Galactic anticentre  
Negueruela, I.; Simón-Díaz, S.; Lorenzo, J.; Castro, N.; Herrero, A.  
*2015A&A...584A..77N*
- pt5m - a 0.5 m robotic telescope on La Palma  
Hardy, L. K.; Butterley, T.; Dhillon, V. S.; Littlefair, S. P.; Wilson, R. W.  
*2015MNRAS.454.4316H*
- Radiative Transfer Modeling of the Enigmatic Scattering Polarization in the Solar Na I D1 Line  
Belluzzi, L.; Trujillo Bueno, J.; Landi Degl'Innocenti, E.  
*2015ApJ...814..116B*
- Relativistic baryonic jets from an ultraluminous supersoft X-ray source  
Liu, Ji-Feng *et al.* (incluye a Cabrera-Lavers, A.; Álvarez, P.)  
*2015Natur.528..108L*
- Resolving the Innermost Region of the Accretion Disk of the Lensed Quasar Q2237+0305 through Gravitational Microlensing  
Mediavilla, E.; Jiménez-vicente, J.; Muñoz, J. A.; Mediavilla, T.  
*2015ApJ...814L..26M*
- Small-scale magnetic flux emergence in a sunspot light bridge  
Louis, R. E.; Bellot Rubio, L. R.; de la Cruz Rodríguez, J.; Socas-Navarro, H.; Ortiz, A.  
*2015A&A...584A...1L*
- Sub-arcsec mid-IR observations of NGC 1614: Nuclear star formation or an intrinsically X-ray weak AGN?  
Pereira-Santaella, M. *et al.* (incluye a Ramos Almeida, C.)  
*2015MNRAS.454.3679P*
- Swift J1357.2-0933: a massive black hole in the Galactic thick disc  
Mata Sánchez, D.; Muñoz-Darias, T.; Casares, J.; Corral-Santana, J. M.; Shahbaz, T.  
*2015MNRAS.454.2199M*
- The abundance of satellites depends strongly on the morphology of the host galaxy  
Ruiz, P.; Trujillo, I.; Mármol-Queraltó, E.  
*2015MNRAS.454.1605R*
- The Data Reduction Pipeline for the Apache Point Observatory Galactic Evolution Experiment  
Nidever, D. L. *et al.* (incluye a Allende Prieto, C.; García Pérez, A. E.; Mészáros, Sz.)  
*2015AJ....150..173N*
- The EAGLE simulations of galaxy formation: the importance of the hydrodynamics scheme  
Schaller, M.; Dalla Vecchia, C.; Schaye, Joop; Bower, Richard G.; Theuns, Tom; Crain, Robert A.; Furlong, Michelle; McCarthy, Ian G.  
*2015MNRAS.454.2277S*
- The EChO science case  
Tinetti, Giovanna *et al.* (incluye a Allende Prieto, C.; Alvarez Iglesias, C. A.; Deeg, H. J.; Espinoza Contreras, M.; Esposito, M.; Femenía Castella, B.; García López, R. J.; Gonzalez Hernandez, J.; González Merino, B.; Israelian, G.; Laken, B.; Licandro, J.; Lodieu, N.; Miles-Paez, P.; Montañés Rodríguez, P.; Murgas Alcaino, F.; Parviainen, H.; Peña Ramírez, K. Y.; Ramos, A. A.; Rebolo López, R.; Sánchez Béjar, V. J.; Sanromá, E.; Tingley, B. W.; Valdivieso, M. L.)  
*2015ExA....40..329T*
- The effect of tides on the Fornax dwarf spheroidal galaxy  
Battaglia, G.; Sollima, A.; Nipoti, C.  
*2015MNRAS.454.2401B*
- The evolution of the disc variability along the hard state of the black hole transient GX 339-4  
De Marco, B.; Ponti, G.; Muñoz-Darias, T.; Nandra, K.  
*2015MNRAS.454.2360D*
- The Historical X-ray Transient KY TrA in quiescence  
Zurita, C.; Corral-Santana, J. M.; Casares, J.  
*2015MNRAS.454.3351Z*

The Hubble Space Telescope UV Legacy Survey of Galactic Globular Clusters - V. Constraints on formation scenarios  
Renzini, A. *et al.* (incluye a Hidalgo, S. L.)  
2015MNRAS.454.4197R

The SDSS-III APOGEE Spectral Line List for H-band Spectroscopy  
Shetrone, M. *et al.* (incluye a Allende Prieto, C.; Zamora, O.; García-Hernández, D. A.; Souto, D.)  
2015ApJS..221...245

The SDSS-IV Extended Baryon Oscillation Spectroscopic Survey: Quasar Target Selection  
Myers, A. D. *et al.* (incluye a Streblyanska, .)  
2015ApJS..221...27M

The sensitivity of harassment to orbit: mass loss from early-type dwarfs in galaxy clusters  
Smith, R. *et al.* (incluye a Beasley, M. A.; Aguerri, J. A. L.)  
2015MNRAS.454.2502S

Transiting exoplanets from the CoRoT space mission. XXVIII. CoRoT-33b, an object in the brown dwarf desert with 2:3 commensurability with its host star  
Csizmadia, Sz. *et al.* (incluye a Alonso, R.; Deeg, H. J.; Klagyivik, P.)  
2015A&A...584A..13C

Variable stars in Local Group Galaxies - I. Tracing the early chemical enrichment and radial gradients in the Sculptor dSph with RR Lyrae stars  
Martínez-Vázquez, C. E.; Monelli, M.; Bono, G.; Stetson, P. B.; Ferraro, I.; Bernard, E. J.; Gallart, C.; Fiorentino, G.; Iannicola, G.; Udalski, A.  
2015MNRAS.454.1509M

Very High Energy  $\gamma$ -Rays from the Universe's Middle Age: Detection of the  $z = 0.940$  Blazar PKS 1441+25 with MAGIC  
Ahnen, M. L. *et al.* (incluye a Clavero, R.; Colombo, E.; García López, R. J.; Herrera, J.; Manganaro, M.; Tescaro, D.; Will, M.; Bastieri, D.)  
2015ApJ...815L..23A

VLT FORS2 optical imaging and spectroscopy of nine luminous type 2 AGN at  $0.3 < z < 0.6$  - I. Ionized gas nebulae  
Humphrey, A.; Villar-Martín, M.; Ramos Almeida, C.; Tadhunter, C. N.; Arribas, S.; Bessiere, P. S.; Cabrera-Lavers, A.  
2015MNRAS.454.4452H

What Is the Redshift of the Gamma-ray BL Lac Source S4 0954+65?  
Landoni, M.; Falomo, R.; Treves, A.; Scarpa, R.; Reverte Payá, D.  
2015AJ....150..181L

## INVITED REVIEWS (ARTÍCULOS DE REVISIÓN INVITADOS) IR E INVITED TALKS (CHARLAS INVITADAS) IT

Trujillo I. "The hunt for relic Galaxies" en "Getting a Grip on Galactic Girths", 2-6 febrero, Kashiwa City, Japón.

Trujillo I. "Build-up of stellar halos en "Baryons at low densities: the stellar halos around galaxies", 23-27 febrero, ESO, Garching, Alemania.

Herrero A. "Massive stars formation and evolution: open questions and MOS" en "Multi-Object spectroscopy in the Next Decade: Big Questions, Large Surveys and Wide Fields", 2-6 marzo, La Palma.

Corradi R.L.M. "Towards a complete census of Planetary Nebulae, symbiotic stars and related systems in the Milky Way" en "Milky Way Astrophysics from Wide-Field Surveys", 30 marzo-4 abril, Londres, Reino Unido.

Oscos A. "Living on the edge. Astronomical observations at the diffraction limit" en "15th International ELMI Meeting", 19-22 mayo, Sitges, Barcelona.

Esteban, C. "Abundance determinations in HII regions, an issue still open" en "Multiwavelength Dissection of Galaxies", 24-29 mayo, Sydney, Australia.

Deeg H.J. "Characterizing transiting planet system parameters from ground and space" en "Planetary Systems: A Synergistic View. 11th Rencontres du Vietnam", 19-25 julio, Quy Nhom, Vietnam.

Collados M. "Solar polarimetry from the ground" en "3rd SOLARNET Workshop: Polarization in the Sun, the Solar System, and Beyond", 25-28 mayo, Granada.

Orozco D. "Quiet sun magnetic fields" en "3rd SOLARNET Workshop: Polarization in the Sun, the Solar System, and Beyond", 25-28 mayo, Granada.

Battaglia G. "Stellar Kinematics and DM in Dwarf Galaxies" en "IAUS 317: The General Assembly of Galaxy Halos: Structure, Origin and Evolution", 3-14 agosto, Honolulu, Hawai.

García-Hernández D. A. "Dust and molecules in extra-galactic planetary nebulae" en "IAUS 317: The General Assembly of Galaxy Halos: Structure, Origin and Evolution", 3-14 agosto, Honolulu, Hawai.

Ventura, P., Dell'Agli, F., Di Criscienzo, M., García-Hernández, D. A., Stanghellini, L., Schneider, R. "Challenges of AGB modelling with dust" en "IAUS 317: The General Assembly of Galaxy Halos: Structure, Origin and Evolution", 3-14 agosto, Honolulu, Hawai.

Martínez González M. J. "The activity cycle as seen from the poles" en "Hinode 9 Meeting", 14-18 septiembre, Belfast, Reino Unido.

Trujillo Bueno J. "CLASP: Solar UV Spectropolarimetry" en "Polarization to Study the Solar System and Beyond", 21-23 septiembre, Bruselas, Bélgica.

Collados M. "European Solar Telescope (EST)" en "Ground Based Solar Observations in the Space Instrumentation Era", 5-9 octubre, Coimbra, Portugal.

García-Hernández D. A., Machado A. "On the formation of molecules and solid-state compounds from the AGB to the PN phases" en "11th Pacific Rim Conference on Stellar Astrophysics: Physics and Chemistry of the Late Stages of Stellar Evolution", 14-17 diciembre, Hong Kong, China.

Cataldo F., García-Hernández, D. A., Machado A., Kwok. S. "Laboratory study of carbonaceous dust and molecules of astrochemical interest" en "11th Pacific Rim Conference on Stellar Astrophysics: Physics and Chemistry of the Late Stages of Stellar Evolution", 14-17 diciembre, Hong Kong, China.

## COMUNICACIONES A CONGRESOS INTERNACIONALES CI

"225th Meeting of the AAS", 4-8 enero, Seattle, Washington, EEUU

Kwitter, K.B.; Balick, B.; Henry, R. B.C.; Corradi, R.L.M. "What Are M31 Disk Planetary Nebulae Trying to Tell Us?"

Santos, F.P. et al. (incluye Poidevin F.) "Comparing polarized submm emission and near-infrared extinction polarization in the Vela C giant molecular cloud"

Nidever, D.L. et al. (incluye Gallart C., Monelli M., Monteagudo-Nervi6n L.) "First Results from the Survey of the Magellanic Stellar History (SMASH)"

Fissel, L.M. et al. (incluye Poidevin F.) "Detailed Magnetic Field Morphology of the Vela C Molecular Cloud from the BLASTPol 2012 flight"

Schmidt, S.J. et al. (incluye Allende-Prieto C.) "Using APOGEE Data to Examine Late-K and Early-M Dwarfs"

Dufour, R.J.; Kwitter, K.B.; Shaw, R.A.; Balick, B.; Henry, R.B.C.; Miller, T.R.; Corradi, R.L.M. "Cospatial Longslit UV-Optical Spectra of Ten Galactic Planetary Nebulae with HST STIS: Description of observations, global emission-line measurements, and empirical CNO abundances"

Shaw, R.A.; Kwitter, K.B.; Henry, R.B.C.; Dufour, R.J.; Balick, B.; Corradi, R.L.M. "New CNO Elemental Abundances in Planetary Nebulae from Spatially Resolved UV/Optical Emission Lines"

Henry, R.B.C.; Balick, B.; Dufour, R.J.; Kwitter, K.B.; Shaw, R.A.; Corradi, R.L.M. "Central Star Properties and C-N-O Abundances in Eight Galactic Planetary Nebulae from New HST/STIS Observations"

Miller, T.R.; Henry, R.B.C.; Dufour, R.J.; Kwitter, K.B.; Shaw, R.A.; Balick, B.; Corradi, R.L.M. "Analysis of Co-spatial UV-Optical STIS Spectra of Planetary Nebulae From HST Cycle 19 GO 12600"

Camacho, I. "First OB-stars in the iron-poor Local Group galaxy sextans A"

Mason, R. et al. (incluye González-Martín O., Ramos-Alemida C.) "The nuclear near-infrared spectral properties of nearby galaxies"

Bradli, J.C. et al. (incluye Pérez-Fournon I.) "Analyzing Star Formation Properties in Dusty Early Universe Galaxies Using Gravitational Lensing"

Johnson, J. et al. (incluye Allende-Prieto C., García-Hernández D.A.) "Stellar Populations with APOGEE and Kepler"

Blake, C. et al. (incluye Allende-Prieto C.) "The APOGEE Low-Mass Star Ancillary Project"

Smith, V.V. et al. (incluye Allende-Prieto C., García-Pérez A.E.) "Chemical Abundance Comparisons between ASPCAP and Manual Analyses in Open Cluster Red Giants"

Hayden, M.R. et al. (incluye Allende-Prieto C., García-Pérez A.E.) "Chemical Cartography with SDSS-III APOGEE: DR12 Results"

Zasowski, G., Ménard B., Bizyaev D., García-Hernández D. et al. "Probing Milky Way Structure with Near-Infrared Diffuse Interstellar Bands"

Hasselquist, S. et al. (incluye Allende-Prieto C., García-Pérez A.E.) "Detection of Neodymium in APOGEE H-band Spectra and its Application to Chemical Tagging"

García Pérez A. E., Johnson J., Allende-Prieto C. et al. "A Detailed Characterization of the Milky Way Bulge with APOGEE"

Carlberg, J.K. et al. (incluye Allende-Prieto C.) "A Puzzling Lirich Red Giant in the APOGEE Field"

Arfon Williams, R. et al. (incluye Allende Prieto C., Carrera R., García-Pérez A.E.) "A Pipeline for the Analysis of APOGEE Spectra Based on Equivalent Widths"

Crass, J. et al. (incluye Rebolo R., Puga M., Oscoz A., González-Escalera V., López R., Pérez-Prieto J., Rodríguez-Ramos L.F., Velasco S.) "The Adaptive Optics Lucky Imager: Diffraction limited imaging at visible wavelengths with large ground-based telescopes"

Allende-Prieto, C. et al. "FERRE: A Code for Spectroscopic Analysis"

Seidel, M.K., Falc6n-Barroso, J. "Secular evolution in action: unravelling the nature of bars and bulges"

Lisker, T. et al. (incluye Falc6n-Barroso J.) "The dwarf galaxy population of nearby galaxy clusters"

Riaz, B.; Whelan, E.; Thompson, M.; Vorobyov, E.; Lodieu, N. "Very low-luminosity Class I/Flat outflow sources in sigma Orionis: Clues to alternative formation mechanisms for very low-mass stars"

“Solar Magnetic Fields: From Measurements towards Understanding”, 12-16 enero, Berna, Suiza

Trujillo-Bueno J. “UV Polarized Radiation Observables for Probing the Upper Chromosphere and Corona” (IT)

“Galaxies Inside and Out”, 25-28 enero, Teheran, Irán

Falcón Barroso J. “Angular momentum in Nearby Galaxies”

“The Spectral Energy Distribution of High Redshift Galaxies: Lessons Learned and Open Questions”, 26-30 enero, Sexten, Italia

Rodríguez Espinosa J.M. “Episodic star formation in two LAEs at  $z=5.1$ ”

“2nd Solarnet Meeting: Solar and Stellar Magnetic Activity”, 2-5 febrero, Palermo, Italia

Martínez González M.J. “Small scale solar magnetic fields”

Trujillo Bueno J. “UV Polarized radiation observables for probing the outer solar atmosphere”

Pastor Yabar A. “SDO/HMI Polar fields”

“Cosmic Overdensities through Cosmic Time”, 17-18 febrero, Birmingham, Reino Unido

Rodríguez-Espinosa J.M. “A possible proto-cluster at  $z=6.5$ ”

“Baryons at low densities: the stellar halos around galaxies”, 23-27 febrero, Garching, Alemania

Trujillo I. “Build-up of stellar halos”

“Science from the Frontier Fields Conference”, 23-27 febrero, Fidenza, Italia

Barrena R. “Optical follow-up of Planck SZ sources”

“Networking Qatar Exoplanet Research Workshop”, 2-4 marzo, Doha, Qatar

Alonso R. “Spectropolarimetry of transiting exoplanets using GTC”

“Ground and Space Observatories: A Joint Venture to Planetary Science”, 2-5 marzo, Santiago, Chile

Pallé E. “The solar system planets as templates for exoplanet characterization”

“Multi-Object Spectroscopy in the Next Decade: Big Questions, Large Surveys and Wide Fields”, 2-6 marzo, Santa Cruz de La Palma

Barrena R., Rebolo R., Rubiño-Martín J.A., Girardi M., Boschin W. “MOS capabilities on the 4m and 10m La Palma telescopes”

Allende C. “APOGEE and what follows”

Herrero A. “Massive stars formation and evolution: open questions and MOS”

Jin S., Tolstoy E., Irwin M., Hartke J., Helmi A., Battaglia G., Breddels M. “Stellar kinematics and metallicities in the Draco and Ursa Minor dwarf galaxies”

Falcón Barroso J. & the CALIFA collaboration “The Calar Alto Legacy Integral Field Area survey: Overview, status and latest results”

Aguero J.A.L. “The WEAVE spectroscopic nearby galaxy cluster survey: the origin of low-mass halos”

Cepa J. & the J-PAS collaboration “J-PAS: The Javalambre-Physics of the Accelerated Universe Astrophysical Survey”

Garzón F. & the EMIR IAC team “EMIR, the NIR MOS and imager for the GTC”

Agulli I., Aguerri J.A.L., Barrena R., Diaferio A., Sánchez-Janssen R. “The origin of dwarf galaxies in clusters: the faint end slope of the galaxy luminosity function”

Carrera R., Casamiquela L., Jordi C., Balaguer-Nuñez L., “The Open Cluster Abundances from Spanish Observatories survey (OCCASO) and its projection into the WEAVE era”

López R., Acosta-Pulido J.A., Estalella R., Gómez G., García-Lorenzo B. “MOS mapping of the NIR outflow HH 223”

Martínez-Valpuesta I. “Metallicity gradients in the Milky Way Bulge”

Montes D., Taberner H.M., González Hernández J.I. “Searching for new members of stellar kinematic groups: kine-chemical tagging FGK stars with GES data”

Prieto M., Eliche-Moral M.C. “The trace of the hierarchical assembly of massive E{SOs galaxies at  $0.8 < z < 1.5$  in galaxy number counts”

Seidel M.K. “BaLROG - The influence of bars on the dynamical structure and stellar populations in 3D”

Simón-Díaz S. “Revisiting old questions on massive stars using new large spectroscopic surveys of Galactic OB stars”

Stringer M., Trujillo I., Dalla Vecchia C., Martínez-Valpuesta I. “A cosmological context for compact massive galaxies”

Zarattini S., Aguerri J.A.L., Sánchez-Janssen R., “The dependence of the luminosity function on the magnitude gap”

“Unveiling the AGN – Galaxy Evolution Connection”, 9-13 marzo, Puerto Varas, Chile

Ramos-Almeida C. “Are luminous AGN triggered by galaxy interactions?”

“Sunspot formation: theory, simulations and observations”, 9-13 marzo, Estocolmo, Suecia

Vitas N. “Observational diagnostics of magnetoconvection in a sunspot umbra”

“Deep15: Back at the Edge of the Universe. Latest Results from the Deepest Astronomical Surveys” 15-19 marzo, Sintra, Portugal

Marques-Chaves R. “The most luminous, dusty star-forming galaxies at high redshift discovered by Herschel: the ALMA view”

“UK ALMA Science Meeting 2015”, 30 marzo-2 abril, Manchester, Reino Unido

Pérez Fournon I. “Herschel-selected high redshift galaxies”

“Milky Way Astrophysics from Wide-Field Surveys”, 30 marzo-4 abril, Londres, Reino Unido

Orozco D., Jones D. “The contribution of Wide-Field surveys to the search for planetary nebulae with binary central stars”

“Frontiers of Stellar Spectroscopy in the Local Group and Beyond”, 27-30 Abril, Heidelberg, Alemania

Herrero A. “Massive stars in nearby galaxies: paving the way for the Deep Universe”

Camacho Iñesta I. “Improving the o-abundance determination of IC1613”

“Massive Stars and the GAIA ESO Survey”, 5-7 mayo, Bruselas, Bélgica

Simón-Díaz S. “The IACUB Project: A new era in the study of galactic OB stars”

Herrero A. “Spectral analyses of O-type stars in the GES”

“The 2nd COST workshop on Polarization and Active Galactic Nuclei International Meeting”, 11-12 mayo, Estrasburgo, Francia

Ramos-Almeida C., Martínez-González M.J., Asensio-Ramos A., Acosta-Pulido J.A., Höning S., Alonso-Herrero A., Tadjunter C. “Upholding the Unified Model for Active Galactic Nuclei: VLT/FORS2 Spectropolarimetry of Seyfert 2 galaxies”

“Workshop estallidos 2015: Census and Fundamental Properties of Star-forming Galaxies”, 11-13 mayo, Granada

Dalla Vecchia C. “Galaxy formation essentials”

Sánchez Almeida J. “A simple intuitive description of star-formation sustained by accretion”

Calvi R. “Tadpole galaxies in the shards survey”

Lumbreras A. “The role of starbursts in the formation and evolution of galaxies”

Rodríguez Espinosa J.M. “Clustering of high redshift sources”

Del Olmo A. “Direct imaging of the cosmic web in the local Universe”

“IAUS 314: Young Stars & Planets near the Sun”, 11-15 mayo, Atlanta, Georgia, EEUU

Lodieu N. “Near-infrared spectroscopy of Brown Dwarf and Planetary-mass Members in Upper Scorpius”

Gauza B. “A young planetary mass companion to the nearby M dwarf VHS”

“2nd SHARDS Team Meeting”, 13-14 mayo, Madrid

Rodríguez-Espinosa J.M. “Clustering of LAEs in the ALBA survey”

Cebrián Renau M. “Cosmic evolution of the quenching mechanisms of satellites in the last  $\sim 9$  Gyr”

Trujillo I. “The Stellar Initial Mass Function at  $0.9 < z < 1.5$ ”

“3rd SOLARNET Workshop: Polarization in the Sun, the Solar System, and Beyond”, 25-28 mayo, Granada

Trujillo Bueno J., Belluzzi L. “A Possible Resolution of the Paradox of the Enigmatic D1 Line Polarization

del Pino Alemán T., Trujillo Bueno J., Manso Sainz R. “Chromospheric Dichroism in Oxygen Photospheric Lines”

Alsina Ballester E., Belluzzi L., Trujillo Bueno J. “Modeling the polarization of strong resonance lines in the general Hanle-Zeeman regime” (P).

“Amazing Science with CARMENES”, 21-22 mayo, Granada

Simón-Díaz S. “The infrared view of Massive Stars”

“Multiwavelength Dissection of Galaxies”, 24-29 Mayo, Sydney, Australia

Carrera R. “The Galactic disc viewed from the Open Clusters perspective: OCCASO survey”

Sánchez Almeida J. “Evidence for gas accretion from the cosmic web feeding star formation in the local Universe”

Toribio San Cipriano L. “Carbon abundances and radial gradients in nearby spiral galaxies” (CO)

“BUKS2015: MHD Waves and Instabilities in the Solar Atmosphere”, 25-29 mayo, Budapest, Hungría

Arregui I. “Bayesian seismology of the solar atmosphere”

Khomenko E. “Waves and instabilities in partially ionized plasmas”

Luna M. “Large-amplitude oscillations in prominences”

“Gas, Dust, and Star-Formation in Galaxies from the Local to Far Universe”, 25-29 mayo, Creta, Grecia

Camps Fariña A. “Fabry-Pérot spectroscopy: A powerful method for detecting expanding gas in discs”

“The Local Group Astrostatistics Conference: Bridging Observations & Simulations is”, 1-4 junio, Michigan, EEUU

Hidalgo-Rodríguez S.L. “Radial gradients of stellar populations: The early evolution of dwarf galaxies”

Aparicio J. “Effects of global cosmic reionization and SNe feedback of the SFH of dwarf galaxies”

Martínez-Valpuesta I. “Numerical simulations of the MW bulge: Kinematics and metallicity”

“592. WE-Heraeus-Seminar: Reconstructing the Milky Way’s History: Spectroscopic Surveys, Asteroseismology and Chemodynamical Models”, 1-5 junio, Bad Honnef, Alemania

Allende Prieto C. “Automated spectroscopic analysis pipelines”

“TherMoPS II (Thermal Models for Planetary Science II)”, 3-5 junio, Puerto de la Cruz, Tenerife

Licandro J. “When comets sleep: size, albedo and beaming parameter distribution of Asteroids in Cometary Orbits”

De León J “Origins of the solar system and what physical properties of minor bodies tell us”

“Physics of Evolved Stars”, 8-12 junio, Niza, Francia

Jones D. “Planetary Nebulae: What can they tell us about binary evolution?”

“IGM@50 is the Intergalactic Medium driving Star Formation?” 8-12 junio, Abbazia di Spineto, Italia

Del Olmo García A.M. “Direct imaging in the cosmic web in the Local Universe”

Sánchez Almeida J. “Evidence for gas accretion from the cosmic web feeding star formation in the local Universe”

Muñoz-Tuñón C. “Evidence of cold flow accretion in nearby starburst in cosmos”

“The KASC8/TASC1 Workshop. Space Asteroseismology: The Next Generation”, 15-19 junio, Aarhus, Dinamarca

Pallé P.L. “SONG Asteroseismic campaign of solar-like targets”

“Flux Emergence Workshop (FEW2015)”, 15-19 junio, Boulder, Colorado, EEUU

Moreno-Insertis F., Martínez Sykora J., Hansteen V. “Small-scale flux emergence in the quiet Sun”

Nóbrega-Siverio D., Moreno-Insertis F., Martínez-Sykora J. “Cold jet following flux emergence in a radiation MHD experiment including heat conduction”

Galsgaard K., Moreno-Insertis F. “Eruptions in an emerging magnetic flux tube”

“Archeo Cosmic Conference: First Stars, Galaxies and Black Holes: Now and Then”, 16-19 junio, Groningen, Países Bajos

Monelli M. “The star formation history of Local Group Galaxies: Isolated vs M31 satellites”

“CHEOPS Science Workshop #3”, 17-19 junio, Madrid

Pallé E. “The CHEOPS-K2 synergies”

Alonso R. “Testing ideas for on-sky local flat fielding of CHEOPS images”

Hoyer S. “GTC OSIRIS transmission spectroscopy observations of the Qatar-1b exoplanet”

Ricci D. “Preliminary results of exoplanetary transit observations with wide-FastCam”

Asensio Torres, R., Deeg H.J. “Ageing of the low Earth orbiting detectors of the CoRoT misión”

“Meeting on Fundamental Cosmology”, 17-19 junio, Santander

Tramonte D. “The thermal Sunyaev-Zel’dovich 1-point PDF as a cosmological tool”

Pellejero Ibañez M. “Cosmology with the 2-pt correlation function from BOSS dr12 data”

Rubiño-Martín J.A. “The Quijote experiment: project status and future plans”

Peláez A. E. “Quijote observations of the Fan region”

Pastor A. “Neutrino cosmology after Planck”

“40 years of X-ray bursts: Extreme explosions in dense environments”, 17-19 junio, Madrid

Linares M. “The Fermi GBM X-ray burst catalog”

“EWASS 2015”, 22-26 junio, La Laguna, Tenerife

*S2: The Journey of Dwarf Galaxies*

Rys A., Łokas E., Falcón-Barroso J., van de Ven G. “Making observations and simulations meet: looking at both worlds through the eye of SAURON”

Smith R., Sánchez-Janssen R., Beasley M., Candlish G., Gibson B., Puzia T., Aguerri J.A.L. et al. “Harassment Simulations of Cluster Dwarf Galaxies”

Lyubenova M., van de Ven G., Falcón-Barroso J. “Looking for the progenitors of dwarf ellipticals: what do we learn from the giants?”

López-Sánchez A.R., Koribalski B., Esteban C., Moreno-Raya M., Jerjen H., Popping A., García-Rojas J. “The environment of nearby Blue Compact Dwarf Galaxies”

Agulli I., Aguerri J.A.L., Barrena R., Diaferio A., Sánchez-Janssen R. “Dwarf galaxies in Abell 85: a test bench for galaxy evolution models”

Leaman R., Beasley M., Wisnioski E., Martig M., Battaglia G., de Boer T., Trevor Mendel J., Brooks A. “Disentangling ISM turbulence and latent dynamical heating in Local Group dwarf galaxies”

Gallart C. “Full star formation histories of Local Group dwarf galaxies: insights on the origin of the different dwarf galaxy types”

Monelli M. “The star formation history of M31 dSph satellites”

del Pino A., Łokas E., Hidalgo S.L., Fouquet S., Aparicio A. “Searching for Interaction Footprints in Resolved Dwarf Spheroidal Galaxies”

Martínez-Delgado D., Läsker R., Sharina M., Toloba E., Fliri J. et al. “Discovery of an ultra-diffuse galaxy in the piscis-perseus supercluster”

Aparicio A., Hidalgo S.L. (on behalf of the LCID collaboration) "Effects of Global Cosmic Reionization and SNe Feedback on the Star Formation"

Beccari G., Bellazzini M., Ibatá R., Battaglia G. et al. "The SECCO survey: looking for faint dwarf galaxies within Ultra Compact High Velocity clouds"

Bettinelli M., Hidalgo S.L., Cassisi S., Aparicio A., Piotto G. "The Star Formation History of the Sextans I Dwarf Spheroidal"

Cicúendez Salazar L., Battaglia G. "Searching for the signature of tidal disturbance in Milky Way dwarf galaxies"

Fusco F., Aparicio A., Buonanno R., Hidalgo S.L., Cassisi S., Bono G. "The star formation histories of NGC 6822 and Ursa Minor"

Hidalgo S.L., Monelli M., Aparicio A., Gallart C., Skillman E., Cassisi S. "Radial gradients of stellar populations: the early evolution of dwarf galaxies"

Iorio G., Fraternali F., Battaglia G., Nipoti C. "Dynamics of the dwarf Irregular galaxies in the Local Group: a 3D self consistent approach"

Martínez-Vázquez C.E., Monelli M., Gallart C., Stetson P.B., Bernard E.J., Bono G., Fiorentino G. "Old population gradients on Sculptor dSph. Studying its fast and early formation history"

Mentz J., Peletier R., Loubser I., Koleva M., Falcón Barroso J. "Probing multiple components of an early type galaxy with MUSE"

Murabito S., Hidalgo S.L., Aparicio A. "Do the Ultra-faint Dwarf Galaxies contain a multipopulation system?"

Pessev P. "The globular clusters systems of dwarf galaxies as proxies of the galaxy formation processes"

### ***S3: Deconstructing Massive Galaxy Formation***

de la Rosa I.G., La Barbera F., Ferreras I., Sánchez Almeida J. "The fate of the massive high-redshift compact galaxies"

Trujillo I. "Evolution of massive galaxies over cosmic time"

Ferré-Mateu A., Mezcuá M., Trujillo I., Balcells M., van den Bosch R. "Witnessing a different (co-) evolution for relic massive galaxies and their Übermassive black holes"

Cebrián M., Trujillo I. "How does the environment affect the size of the galaxies?"

Quilis V., Navarro-González J., Ricciardelli E., Vazdekis A. "Fully cosmological virtual massive galaxies at  $z = 0$ : stellar populations"

Lyubenova M., Martín-Navarro I., van de Ven G., Vazdekis A., Falcón-Barroso J. "IMF shape and normalisation of early type galaxies from combined dynamical and stellar population perspectives"

Martín-Navarro I., Vazdekis A., La Barbera F., Ferreras I., Trujillo I., Falcón-Barroso J. et al. "Unraveling IMF variations in ETGs"

Vazdekis A., Koleva M., Ricciardelli E. "Stellar population model predictions in the blue and UV spectral ranges"

Röck B., Vazdekis A., Peletier R., Knapen J.H. "Revealing the secrets of galaxies in the infrared based on newly developed single-burst stellar population models"

Castro-Rodríguez N., López-Corredoira M. "The age of extremely red and massive elliptical galaxies at high redshift"

de Lorenzo-Cáceres A., Sánchez-Blázquez P., Tojeiro R., Vazdekis A., Falcón-Barroso J. "Deconstructing double-barred galaxies: star formation histories"

Gadotti D.A., Seidl M., Gonzalez O., Sánchez-Blázquez P., Falcón-Barroso J. et al. "The complex formation history of galaxies as seen by MUSE"

Lumbreras-Calle A., Sánchez-Blázquez P., Pérez-González P.G. "The growth of massive galaxies through accretion of satellites: a photometric analysis"

Montes M., Trujillo I., Prieto M.A., Acosta-Pulido J.A. "Uncovering the giant: age and metallicity gradients support hierarchical formation for M87"

Peralta de Arriba L., Balcells M., Trujillo I., Falcón-Barroso J. "A novel technique to characterize the merging channel of the galaxies"

Prieto M., Eliche-Moral M.C. "The progressive assembly of massive E-S0 galaxies at  $0.8 < z < 1.5$  revealed by galaxy number counts"

Seidel M.K., Cacho R., Ruiz Lara T., Falcón Barroso J. et al. "Extragalactic Archeology: dissecting galactic bulges in space and time"

Seidel M.K., Falcón Barroso J., Martínez-Valpuesta I. "BaLROG - The influence of bars on the dynamical structure and stellar populations in 3D"

Sreejith S., Kelvin L., Trujillo I., Ruiz P. "Unveiling the Hidden Structure Within Early-Type Galaxies"

Stringer M. "A cosmological context for compact massive galaxies"

### ***S5: The Sun under the Microscope***

Asensio Ramos A., de la Cruz Rodríguez J. "Sparse inversion of Stokes profiles"

Fabbian D., Doerr H.P., Moreno-Insertis F. "Chemical abundances of the solar photosphere from three-dimensional magnetoconvection models and LARS@VTT observations"

Vitas N., Fischer C.E. "Manganese lines as temperature indicators of the solar photosphere"

Orozco Suárez D. "Magnetic fields in chromospheric structures"

Guennou C., Hahn M., Wolf Savin D. "Elemental abundance variations in plume and interplume regions"

del Pino Alemán T., Trujillo Bueno J., Manso Sainz R. "Chromospheric Dichroism in Oxygen Photospheric Lines"

Pastor Yabar A., Martínez González M.J., Collados M., GRIS Team "Quiet Sun magnetic properties as observed with GREGOR"

Collados M., Pastor Yabar A., Órozco Suárez D., Martínez González M.J. and the GRIS Team "High-resolution fine structure of small pores"

Arregui I. "Bayesian inference in solar physics"

Luna M. "Seismology to understand the nature of solar prominences"

Vranjes J. "Ion acoustic wave in inhomogeneous and permeating plasmas"

Griñón Marín A.B., Socas Navarro H., Centeno Elliott R. "Study of torsional oscillations in NOAA 11084"

Alsina E., Belluzzi L., Trujillo Bueno J. "Modeling the polarization of strong resonance lines in the general Hanle-Zeeman regime"

Vranjes J. "Unsolved issues of collisions in the lower solar atmosphere"

#### **S6: The Formation and Destruction of Molecular Clouds**

Zaragoza-Cardiel J., Font J., Camps-Fariña A., Beckman J.E. "Evidence for the non-destruction of the most massive molecular clouds even after the birth of massive star clusters"

Camps Fariña A., Beckman J.E., Zaragoza Cardiel J., Font J., Serrano Borlaff A., García Lorenzo B., Amram P. "Quantitative estimates of the feedback impact of young star clusters on their surroundings"

Klagyivik P., Csizmadia S., Gandolfi D., Deeg H.J., Parviainen H., Nespral D. et al. "Late signs of how molecular clouds collapse to clusters - are the orbital planes of binaries parallel in NGC 2264?"

#### **S7: Worlds within Particles: Representing Supernovae and Stellar Populations in Galaxy Simulations**

Camps Fariña A., Beckman J.E., Zaragoza Cardiel J., Font J., Serrano Borlaff A., García Lorenzo B., Fathi K. "Kinematic and physical parameters of supernova bubbles in nearby galaxies: inputs for feedback simulators"

Clavero R., Tesaro D. on behalf of the AMS Collaboration "Astrophysics of cosmic rays: B/C flux ratio with AMS-02"

#### **S8: What happened to the Gas? Understanding the Evolution of Galaxies**

Sánchez Almeida J., Elmegreen B.G., Muñoz-Tuñón C. et al. and the PORTO team "Evidence for gas accretion from the cosmic web feeding star formation in the local Universe"

Barrera-Ballesteros J.K., Sanchez S.F., García-Lorenzo B., Falcón-Barroso J. "Central star formation and chemical enrichment in CALIFA interacting galaxies"

Calvi R., Muñoz Tuñón C., Rodríguez Espinosa J.M. "The dust analysis in a local sample of tadpole galaxies"

Del Olmo A., Sánchez Almeida J., Muñoz-Tuñón C. "Direct imaging of the cosmic web in the local Universe"

#### **S9: First Science from Gaia - The Gaia Research for European Astronomy Training (GREAT) Network Science Symposium**

Pinilla-Alonso N., de León J., Campins H., Lorenzi V., Licandro J., Morate D., Tanga P., Cellino A., Delbo M. "Primitive Asteroids Spectroscopic Survey (PRIMASS): ground-based observations in support of GAIA Mission"

Abedi H., López-Corredoira M., Mateu C., Romero-Gomez M., Aguilar L., Figueras F., Garzón F. "What is the shape of the Galactic Disk Warp?"

Jordi C., Casamiquela L., Carrera R., Balaguer-Núñez L., on behalf of the OCCASO team "First results of the Open Cluster Chemical Abundances from Spanish Observatories survey (OCCASO)"

Garzón F. and the EMIR team "EMIR, the NIR MOS and imager for the GTC: verification status and observing plans"

Simón-Díaz S. "The IACOB project: a new era in the study of Galactic massive stars"

Antoja T., Mateu C., Aguilar L., Antiche E., Aparicio A., Brown A.G.A., Figueras F., Hernández-Pérez F., Hidalgo S., Valenzuela O., Velázquez H. "Detection of Ultra Faint Dwarf Galaxies with Gaia" (CO).

#### **S10: Finding and Identifying Habitable Planets and Searching for Signs of Life: A Comprehensive Approach as to when and how**

Rebolo R., Suárez-Mascareño A., González-Hernández J.I., Esposito M. "Stellar activity induced RV signals and the detection of habitable planets"

Pergler M., Ribas I., Herrero E., Rosich A., Affer L., Suárez Mascareño A. "First results of the GAPS-M campaign"

Suárez Mascareño A. "HARPS-N M-dwarf RV Program: A super Earth orbiting a nearby M-Dwarf"

Gauza B., Bejar V.J.S., Pérez-Garrido A., Zapatero Osorio M.R., Rebolo R., Lodieu N. "Discovery and characterization of a planetary mass companion to the nearby M dwarf VHS J125601.92-125723.9."

Suárez-Andrés L., Israelian G., González Hernández J.I. et al. "CNO behaviour in stars with planets: Nitrogen abundances"

Nowak G., Pallé E., Parviainen H., Murgas F., Tingley B., Montañés Rodríguez P. "Transmission spectroscopy of exoplanets around bright stars with NOT/ALFOSC"

Nortmann L., Pallé E., Murgas F., Iro N. "Optical Transmission Spectroscopy of HAT-P-32b with OSIRIS/GTC"

Parviainen H., Pallé E., Nortmann L., Nowak G., Iro N., Murgas F. "Ground-based transmission spectroscopy of TrES-3b"

Hoyer S., Alonso R., Pallé E., Nowak G., Parviainen H., Murgas F., Nortmann L., Iro N. "Transmission spectroscopy observations of Qatar-1b with GTC/OSIRIS"

Pallé E., Montañés-Rodríguez P., López-Puerta M., González-Merino B. "Playing billiards with the solar system planets"

Yan F., Fosbury R., Petr-Gotzens M., Pallé E., Zhao G. "Using the Rossiter-McLaughlin effect to observe the transmission spectrum of the Earth's atmosphere"

Alberto Miles-Páez P., Pallé E., Zapatero Osorio M.R. "Optical and near-infrared linear polarimetry of the Earth"

Montañés-Rodríguez P., González-Merino B., Pallé E., López-Puertas M., García-Melendo E. "Jupiter as an exoplanet: a Na layer and stratospheric crystallized H<sub>2</sub>O ice in the transmission spectrum"

Hoyer S., Pallé E., Dragomir D. "Monitoring transits of the exoplanet WASP-43b with LCOGT"

Gutiérrez C.M. "Optical study of a Hyper-Luminous X ray source"

López-Oramas A., Hadasch D., Munar-Adrover P. for the MAGIC Collaboration and Casares J. "Results on the observations of compact binaries with the MAGIC telescopes"

### ***S11: Neutron Stars at the Crossroads: X-Ray Binaries and Transitional Millisecond Pulsars***

de Martino D., Papitto A., Belloni T., Burgay M., Casares J., Mason E., Possenti A. "The redback nature of the LMXB XSSJ12270-4859"

Linares M. "X-ray states of redback millisecond pulsars"

#### ***Sp1: Timing Compact Objects in the Multi-Messenger Era***

De Marco B., Ponti G., Muñoz-Darias T., Nandra K. "Reverberation lags in BHXRBs"

Hill C., Watson C., Steeghs D., Shahbaz T., Dhillon V. "Mapping star spots on the donor stars in interacting binaries using Roche tomography"

Russell D., Shahbaz T. "Rapid variations of polarisation in X-ray binaries"

Mata D., Muñoz-Darias T., Casares J. "The unique black hole swift J1357.2-0933"

Corral-Santana J.M., Casares J., Martínez-Pais I.G., Bauer F.E., Russell D.M. "BlackCAT: A catalogue of stellar-mass black holes in X-ray binaries"

Mata D., Muñoz Darias T., Casares J. "The Unique black hole binary SWIFT J1357.2-0933"

#### ***Sp2: Observational Anomalies Challenging the Lambda-CDM Cosmological Model***

López-Corredoira M. "Tests for the Expansión of the Universe"

Scarpa R., Falomo R., Ottolina R., Treves A. "Testing Newtonian gravity in the low acceleration regime with wide-binary stars"

### ***Sp3: 3D View on Interacting and Post-Interacting Galaxies from Clusters to Voids***

Querejeta M., Eliche-Moral C., Tapia T., Borlaff A., van de Ven G., Falcón-Barroso J., Lyubenova M. "Creating S0s with major mergers: a 3D view"

Barrera-Ballesteros J.K., García-Lorenzo B., Falcón-Barroso J., van de Ven G. "Tracing kinematic (mis)alignments in CALIFA interacting galaxies at every merger stage"

Knapen J.H., Cisternas M., Querejeta M. "Interactions and star formation"

Zaragoza-Cardiel J., Beckman J.E., Font J., Amram P., Camps-Fariña A. "Gravity Binding and Pressure Bounding of HII Regions and Molecular Clouds in Interacting Galaxies"

Aguerre J.A.L. "Fossil Group Origins (FOGO) project: a multi-wavelength view of fossil galaxy aggregations"

Rys A., Falcón-Barroso J., van de Ven G., Koleva M. "Environmental imprints in field and cluster dwarf early-types as seen by SAURON"

Martínez-Valpuesta I., Aguerri J.A.L., González-García C. "Characterization of Bars induced by Interactions"

Zarattini S., Aguerri J.A.L., Sánchez Janssen R. "The dependence of the galaxy luminosity function on the magnitude gap in clusters of galaxies"

### ***S4: Galaxy Studies in the Mid-Infrared from Space and Ground***

García-Bernete I., Ramos Almeida C., Acosta-Pulido J.A. et al. (Incluye González-Martín O., Pérez García A.M.) "The nuclear and extended infrared emission of the Seyfert galaxy NGC 2992 and the interacting system Arp 245"

González-Martín O., Masegosa J., Márquez I., Rodríguez-Espinosa J.M., Acosta-Pulido J.A., Ramos Almeida C. et al. "Disappearance of the torus at the low-luminosity end in AGN using mid-infrared signatures"

Streblyanska A., Prieto A.M. "First mid-Infrared view on inner hundreds pc of the Andromeda galaxy"

Gómez-Guijarro C., González-Martín O., Ramos Almeida C., Rodríguez-Espinosa J.M., Gallego J. "Comparison between the soft X-ray emission and the narrow-line region in active galactic nuclei"

### ***S5: AGB Stars: A Key Ingredient in the Understanding and Interpretation of Stellar Populations***

Manchado A., Villaver E., García Segura G., Karakas A., García-Hernández D.A. "The chemical contribution of AGB stars to the interstellar medium"

Villaver E., Manchado A., García-Segura G. "AGB stars on the move"

Yagüe A., García-Hernández D.A., Ventura P., Lugaro M. “S-process nucleosynthesis in AGB models with the FST model for convection”

Dell’Agli F., Ventura P., García-Hernández D.A. et al. “Dust from AGBs: understanding the Spitzer observations of evolved stars in the Large Magellanic Cloud”

Zamora O. “Circumstellar effects on the Rb abundances in O-rich AGB stars”

Díaz-Luis J.J., García-Hernández D.A., Kameswara N., Manchado A., Cataldo F. “First evidence of the possible detection of diffuse circumstellar bands in AGB descendants”

García-Rojas J., Madonna S., Luridiana V., Sterling N.C., Morisset C. “A window on the efficiency of the s-process in AGB: the chemical abundances of planetary nebula NGC 3918”

**Sp6: Robotic Telescopes and Instrumentation for Time Domain Astronomy**

Fredslund Andersen M., Pallé P.L., Grundahl F. “The prototype in a new robotic global network of 1m telescopes” (CO).

**Sp7: Science with Large Spectroscopic Surveys of Galactic OB Stars: Getting ready for Gaia**

Barbá R.H. et al. (Incluye Simón Díaz S., Herrero A.) “The “OWN Survey”: a high-resolution spectroscopic monitoring program of southern Galactic O- and WN-type stars”

Holgado G., Simón-Díaz S., Herrero A., Puls J., Rodríguez Berlanas S., Maíz Apellániz J., Barbá R. “Quantitative Spectroscopic Analysis of the grid of O-type standards: an example of first synergies between modern spectroscopic surveys of Galactic OB Stars”

Rodríguez Berlanas S., Herrero A., Simón-Díaz S., Holgado G., Maíz Apellániz J., Barbá R., Blomme R. “GOSSS, GES, IACOB and OWN: Comparison of results of different surveys and perspectives for WEAVE and MEGARA”

Arias J.I., Maíz Apellániz J., Walborn N.R., Simón-Díaz S., Sabín San Julián C. et al. (Incluye Herrero A.) “The Galactic O Vz stars revisited in the framework of the GOSS Survey”

Castro N., Fossati L., Langer N., Simón-Díaz S., Schneider F.R.N., Izzard R.G. “The spectroscopic Hertzsprung–Russell diagram of Galactic massive stars”

Puls J., Simón-Díaz S., Markova N., Keszthelyi Z. “Open questions in our knowledge of the physical properties of Galactic OB stars”

Rübke K., Herrero A., Simón-Díaz S., Puls J. “Quantitative Spectroscopy of OB Stars in the Optical and the NIR”

Sabín-Sanjulián C., Simón-Díaz S., Herrero A. the VFTS collaboration “Properties of the O dwarf population in 30 Doradus”

**S9: The Physics behind the Radio-IR Correlation**

Tabatabaei F. “Radio-FIR Correlation: What Do We Learn in Nearby Galaxies?”

**S10: The Quest for Detecting the Primordial Gravitational Wave Background**

Génova-Santos R. on behalf of the Quijote collaboration “The Quijote experiment: project overview and first results”

Casas F.J., García D., Watson R., Hoyland R. “IR electrooptical correlator for a large format interferometer”

**S11: Horizontal Branch Stars and the UV Radiation from Old Stellar Systems: What we know and what we are still missing**

Montes M., Oesch P., Trujillo I. and the HDUV team “The HDUV survey and the (HD)UV properties of the elliptical galaxies”

**Sp12: Circumbinary Planets**

Schneider J., Cabrera J., Deeg H., Eggl S. “Circumbinary planets in the context of other 3-body systems”

Alonso R., Almenara J.M., Castroviejo J., Deeg H.J., Belmonte J.A., Rabus M. “A study of the O-C diagram of a well-observed Post-Common-Envelope Binary”

Deeg H.J. and PLATO WP 112510 (Circumbinary Planet Detection) “Exoplanet Science and Circumbinary Planet Detection with the PLATO Mission”

Klagyivik P., Deeg H.J., Cabrera J., Csizmadia S. “A search for circumbinary planets in CoRoT eclipsing binary light curves”

**Sp13: Eruptions and Explosions: The Lives and Deaths of Massive Stars**

Esteban C., Mesa-Delgado A., García-Rojas J. “Ring Nebulae: Tracers of the CNO Nucleosynthesis in Wolf-Rayet Stars”

**Sp14: Low-Accretion Physics in the Universe**

Munar-Adrover P., Paredes J.M., Ribó M., Iwasawa K., Zabalza V., Casares J. “Discovery of the X-ray counterpart of the first Be/BH binary system”

Overkemping A.-K., Manganaro M., Tescaro D. “The long 2007-2009 MAGIC campaign on the TeV blazar Mrk 421: new insights on AGNs multi-wavelength correlations”

Manganaro M., Sitarek J., Becerra J. et al. for the MAGIC collaboration “MAGIC telescopes detect the farthest VHE  $\gamma$ -ray source S3 0218 by gravitationally lensed emission”

**Sp16: The Outskirts of Galaxies: Present Status and Future Challenges**

Montes M., Trujillo I. “The ghost light of Abell 2744”

Monelli M. “Outside-in star formation in the outer disc of the LMC”

Pérez I., Ruiz-Lara T., Florido E., Méndez-Abreu J., Sánchez-Blázquez P., Gallart C., Falcón-Barroso J., Lyubenova M. “The effect of star formation and inside-out growth on the outer disc stellar age profiles”

López-Sánchez A.R., Esteban C., Westmeier T., Koribalski B. "Ionized and neutral gas in the XUV discs of nearby spiral galaxies"

Kelvin L., Trujillo I., Fliri J., Cisternas M. "Stellar Haloes of Galaxies in the SDSS Stripe82 Survey"

Borlaff A. et al. (Incluye Beckman J.E.) "Formation of S0 galaxies through mergers: Antitruncated stellar profiles resulting from major mergers"

Eliche-Moral M.C., Borlaff A., Beckman J.E., Gutiérrez L. "Scaling relations of antitruncated stellar discs in galaxies across the Hubble Sequence"

Knapen J.H., Peters S.C.P., van der Kruit P.C., Trujillo I., Fliri J., Cisternas M. "Haloes and truncations observed in face-on nearby galaxies"

López-Corredoira M., Molgó J. "Flare in the outer disc of the Milky Way"

Lumbreras-Calle A., Benne Holwerda B. "Low mass occulters; Dust in small galaxies highlighted by background galaxies"

Monteagudo NarviÓN L., Monelli M., Gallart C., Nidever D., Olsen K. and SMASH group "Star Formation History of the Magellanic Clouds: a survey program with DECam@4mCTIO"

Pranger F., Trujillo I. "The effect of the environment on the outer structure of galaxy disks"

Ruiz-Lara T., Pérez I., Florido E., Méndez-Abreu J., Sánchez-Blázquez P., Gallart C., Falcón-Barroso J., Lyubenova M. "Stellar content imprints on the disc from the building-up of the outer parts"

Trujillo I. "The hidden Universe"

#### ***Sp17: Hunting Down the Elusive Progenitors and Explosion Mechanisms of Type Ia Supernovae***

Santander-García M., Rodríguez-Gil P., Corradi R.L.M., Jones D. et al. (Incluye Muñoz-Darias T., Pyrzas S.) "Hen 2-428 and V458 Vul: supernova Ia progenitor candidates in the heart of planetary nebulae"

González Hernández J.I., Ruiz-Lapuente P., Tabernero H.M., Bedin L.R., Montes D., Canal R., Méndez J. "Searching for stellar companions of Galactic type-Ia Supernovae"

Ruiz-Lapuente P., González Hernández J.I., Bedin L., Montes D., Tabernero H.M., Canal R., Méndez J. "An inspection of SN 1604 in search of the progenitor"

#### ***Sp18: Chemical Abundances and Gradients in Spatially Resolved Late-Type Galaxies in the Local Universe***

Martínez-Valpuesta I., Dalla Vecchia C. "Abundance and Metallicity Gradients in barred galaxies. A particular case the Milky Way"

García Pérez A.E. and the APOGEE team "The connection between the bulge and the inner disk of the Milky Way"

Beasley M.A., San Roman I., Gallart C., Sarajedini A., Aparicio A. "Temporal evolution of the disc radial metallicity gradient in M33 as traced by its star clusters"

Monelli M. "Spatially resolved evolution of the LMC disc"

Toribio San Cipriano L., García-Rojas J., Esteban C. "Carbon abundances and radial gradients in nearby spiral galaxies"

Galera Rosillo R., Corradi R.L.M., Mampaso A. "On the outskirts of M33: the deepest narrow-band study"

Corradi R.L.M., Balick B., Kwitter K.B., Henry R.B.C. "The metallicity of planetary nebulae throughout the disc of M31"

Cacho R., Seidel M., Ruiz-Lara T., Sánchez-Blázquez P., Falcón-Barroso J. et al. "Stellar populations and their kinematics in the bulges of disc galaxies"

Camacho I., Urbaneja M.A., Herrero A., García M. "Improving the O-abundance determination of IC1613"

de Lorenzo-Cáceres A., Vazdekis A., Falcón-Barroso J., Sánchez-Blázquez P., Tojeiro R. "Metallicity gradients in double-barred galaxies"

Taibi S., Herrero A. and the LEGUS collaboration "Selecting massive star candidates in LEGUS galaxies"

Pérez Mesa V., García Rojas J., Esteban López C. "The Chlorine abundance gradient in the Milky Way"

#### ***Sp20: Getting ready for Gaia: 3D Structure of the ISM***

Beckman J.E., Chan J.S., Li A., Borissova J. "Dust distribution in HII regions in nearby galaxies from optical and IR studies"

#### ***Sp21: Science with Panchromatic Large Surveys in the SKA Era***

Tabatabaei F., Schinnerer E. and the KINGFISH Team "Radio Spectral Energy Distribution of Galaxies Near and Far"

#### ***Sp22: Theory and Observations of the First Galaxies***

Laporte N., Streblyanska A., Infante L., Bauer F.E., Pelló R., Pérez-Fournon I. et al. "Up to the Frontier of the Universe: the first galaxies detected by the most powerful telescopes"

Rodríguez-Espinosa J.M., Calvi F.R., Guzmán R., Chanchaiworawit K., Castro N., Gallego J., Herrero A. et al. "Clustering around two strong star forming sources at  $z \sim 6.5$ "

#### ***Sp23: MHD-Modeling of Active Solar Structures***

Khomenko E. "Photospheric and chromospheric dynamics"

Felipe T., Socas-Navarro H., Khomenko E. "Spectropolarimetry of simulated wave propagation"

Santamaría I.C., Cally P., Khomenko E., Collados M. "MHD wave interaction with a complex three-dimensional magnetic field"

González-Morales P.A., Khomenko E., de Vicente A. "Introducing Super Time-Stepping for simulations of partially ionized solar plasma processes"

Vitas N., Khomenko E., de Vicente A. "Magneto-convection with the MANCHA code"

### **SM3: Science with the Gran Telescopio CANARIAS**

Licandro J., Alvarez-Iglesias C., Cabrera-Lavers A., Alí-Lagoa V., Pinilla-Alonso N., Campins H., de León J., Kelley M. "The GTC mid-infrared spectroscopic program of primitive outer-belt asteroids"

Pallé E., Murgas F., Nowak G., Nortmann L., Paviainen H., Alonso R., Hoyer S., Iro N., Cabrera-Lavers A. "Exoplanet observations with GTC"

Béjar V.J.S., Gauza B., Rebolo R., Álvarez C. et al. "Mid-IR search and characterization of substellar companions with CanariCam"

Lodieu N., Allard F., Béjar V.J.S., Rebolo R. "Optical spectroscopy of the coolest known brown dwarfs, the Y dwarfs"

Corradi R.L.M. "Understanding galaxies and supernovae with planetary nebulae"

Ramos Almeida C. and the CanariCam AGN Science Team "Connecting nuclear activity and star-formation on nuclear scales"

Sánchez-Portal M., Pintos-Castro I., Cepa J., Pérez-Martínez R., Pérez García A.M., Bongiovanni A., Ederoclite A., Povic M., Oteo I., Polednikova J., Ramón-Pérez M. and the GLACE Team "The GaLaxy Cluster Evolution survey (GLACE): status, results and prospects"

Alonso-Herrero A., Esquej P., Ramos Almeida C. and LosPiratas AGN Science Team "A mid-infrared sub-arcsec resolution spectroscopic survey of local AGN with GTC/CanariCam"

Álvarez C., Prieto A., Streblyanska A. "Unveiling the Andromeda nucleus"

Barrena R., Rubiño-Martín J.A., Ferragamo A., A. Streblyanska A. "Optical Validation of SZ Planck sources using OSIRIS/MOS at GTC telescope"

Bouquin A.Y.K., Beckman J.E. et al. (Incluye Knapen J.H., Sánchez Almeida J.) "Extended UV disks with GTC OSIRIS"

Cepa J. and the OSIRIS Scientific team "Large Scientific Programs with OSIRIS GTO"

de León J., Pinilla-Alonso N., Cabrera-Lavers A., Delbo M., Campins H., Tanga P., Cellino A., Licandro J. et al. "Science with GTC: a portrait of the region of the Polana asteroid family"

Ferragamo A., Barrena R., Rubiño-Martín J.A., Streblyanska A. "Optical Validation of Sunyaev-Zeldovich Planck sources at Canary Island Observatories"

García-Álvarez D., Allende-Prieto C., Cabrera-Lavers A., Gracia-Témich F., Calvo-Tovar J., Peñate-Castro J., Gómez-Reñasco F., Joven E. "HORS: A high-resolution spectrograph for GTC"

González Hernández J.I. "Fast orbital period decays in black hole X-ray binaries"

Kurtenkov A., Pessev P., Tomov T. "The January 2015 outburst of a Luminous Red Nova in M31 – the GTC perspective"

Licandro J., Mueller T., Cabrera-Lavers A., Alí-Lagoa V., M. Delbò M. "Canaricam/GTC observations of Potentially hazardous asteroid (99942) Apophis"

Licandro J., Moreno F., Cabrera-Lavers A., de León J., Pozuelos F., Lara López L. "Revealing the nature of the Main Belt Comets"

Morate D., de León J., Licandro J., Cabrera-Lavers A., Campins H., Pinilla-Alonso N., Alí-Laoga V. "Science with GTC: Compositional study of asteroids in the Erigone primitive family using visible spectroscopy"

Pintos-Castro I., Sánchez-Portal M., Povic M., Cepa J., Pérez-Martínez R., Bongiovanni A., Ederoclite A., Oteo I., Pérez García A.M., Polednikova J., Ramón-Pérez M. "GLACE: the [OII] perspective of the young galaxy cluster RXJ1257+4738 at  $z \sim 0.9$ "

Ramón-Pérez M., Cepa J., Bongiovanni A., Pérez-García A.M. "First tentative results of the OTELO Survey"

Rodríguez Espinosa J.M., González-Martín O., Castro Rodríguez N. Pérez-González P.G., Mas-Hesse J.M. "Episodic star formation in two LAEs at  $z=5.1$ "

Streblyanska A., Carrera F.J., Franco A.K.A. "OSIRIS/GTC Tunable Filter Ly<sub>alpha</sub> images of the environment around high-z QSO"

Landoni M., Falomo R., Scarpa R., Treves A. "Optical spectroscopy of high redshift BL Lacs at GTC"

Zhang Z., Galvez-Ortiz M.C., Allard F., Lodieu N., Smart R., Pinfield D., Burgasser A. "Identification of the nature of metal-poor low-mass subdwarfs"

### **SM4: Databases for the Characterization of Astronomical Observatories**

Will M., Blanch O., Doro M., Font L., Gaug M., Zapatero J. for the MAGIC Collaboration "Ten Years of Atmospheric Data at the Site of the MAGIC Telescopes in La Palma"

Castro-Almazán J.A., Muñoz-Tuñón C., Varela A.M. "On the use of Earth based global atmospheric data for astronomical site characterization"

Muñoz-Tuñón C., Varela A.M., Castro Almazan J., Vernin J., Giordano C., Perez Jordan G. "Ground based Data at the Canarian Observatories and synergy with models"

Varela A.M., Muñoz-Tuñón C. "Satellites and climate diagnostic archives for astronomical site selection and characterization"

Vernin J., Chadid M., Giordano C., Muñoz-Tuñón C., Liu L.-Y., YongQiang Y.-Q., Wang Y.-P., Wang H.-S. "Flying above Ali site in western Tibet: preliminary results"

Pérez Jordán G., Castro Almazán J., Muñoz Tuñón C. "Forecasting an infra-millimeter Precipitable Water Vapor event at Roque de los Muchachos and Teide Observatories"

Varela A.M., Muñoz-Tuñón C., Castro-Almazán J. "Validating the BL from the SL measurements and the NCEP/NCAR database: the case of the ORM"

**SM5: Synergies between Solar and Night-Time Adaptive Optics**

Calia D.B., Centrone M., Lombardi G., Reyes M., Pedichini F., Pfrommer T., Bello D., Guidolin I., Ambrosino F., Holzlöhner R. "Laser Guide Star Field Experiments at Observatorio de el Teide"

Montoya L., Montilla I., Collados M., Reyes M. "Performance of solar multiconjugate adaptive optics as a function of the sequence of phase correction"

Colodro-Conde C., Rodríguez-Ramos L.F., Villó I., Mackay C., Rebolo R., Crass J., Fernández-Valdivia J.J., King D.L., Labadie L., López R., Oscoz A., Pérez-Garrido A., Puga M., Rodríguez-Ramos J.M., Velasco S. "Integration of the adaptive optics real-time control software with the laboratory set-up of AOLI"

Oscoz A., Puga M., López R., King D., Rodríguez J.M., Fernández J.J., Velasco S. "First results with the AOLI geometric wavefront sensor test bench"

**SM6: Reaching Diverse Audiences in Europe through Astronomy Outreach**

Álvarez C., Fernández-Aroza J.A., Reese D.D., Méndez J., García-Álvarez D., de León J. "4.5 Billion years of Moon evolution in the hands of the future generation of scientists"

Álvarez C., Reese D.D., Martín-Hernández N.L. "Selene: A Lunar Construction GaME"

"The Stellar IMF at Low Masses: A Critical Look at Variations and Environmental Dependencies", 29 junio - 1 julio, Baltimore, Maryland, EEUU

Martín Navarro I. "IMF and the Formation History of Massive Galaxies"

"Early E-ELT Science: Spectroscopy with HARMONI", 29 junio - 3 julio, Oxford, Reino Unido

Herrero A. "Massive stars in the Local Universe"

Battaglia G. "Chemo-dynamics of galaxies from resolved stellar populations with HARMONI"

Barrera-Ballesteros J.K. "Tracing kinematic (mis)alignments in CALIFA interacting galaxies: A local-Universe yardstick for high-z mergers"

Ramos-Almeida C. "From CALIFA to HARMONI: triggering Active Galactic Nuclei over Cosmic Time"

Barrera-Ballesteros J.K. "Central star formation and chemical enrichment in CALIFA interacting galaxies"

"From Super-Earths to Brown Dwarfs: Who's Who?", 29 junio - 3 julio, París, Francia

Lodieu N. "BDs and super-Jupiters in the nearest OB association to the Sun: Upper Scorpius"

Manjavacas E. "Hunting for binaries with X-Shooter spectra"

Zhang Z. "Identification of the nature of metal-poor low-mass subdwarfs"

"2nd Workshop Extreme Precision Radial Velocities", 5-8 julio, New Haven Connecticut, EEUU

Nowak G. "Stellar activity impact on the planet searches in the Ks data"

"A 3D View on Galaxy Evolution: from Statistics to Physics", 6-10 julio, Heidelberg, Alemania

Falcón Barroso J. "Linking dynamics and stellar populations with 3D spectroscopy"

"10th Marseille Cosmology Conference. Drifting through the Cosmic Web: The Evolution of Galaxies within the Large Scale Structure", 6-11 julio, Aix-en-Provence, Francia

Pérez Fournon I. "Herschel high redshift galaxies and the cosmic web"

"Pathways 2015: Pathways towards Habitable Planets II", 13-17 julio, Berna, Suiza

González Hernández J.I. "The nature of very accurate abundance trends in solar analogs"

Suárez Andrés L. "CNO Abundances in planet harbouring stars: Nitrogen abundances"

"Understanding Nebular Emission in High-Redshift Galaxies. Massive Stars, Chemical Abundances and Photoionization Modeling" 13-17 julio, Pasadena, California, EEUU

Simón-Díaz S. "Comparing stellar and ISM metallicities in the Local Universe"

"SDSS-IV Collaboration Meeting", 20-23 julio, Madrid

Stringer M. "A cosmological context for compact massive galaxies"

"XXIX IAU General Assembly", 3-14 agosto, Honolulu, Hawai, EEUU

FM 4: Planetary Nebulae as Probes of Galactic Structure and Evolution

Galera Rosillo R. "Planetary nebulae search in the outskirts of M33: looking for the farthest candidates"

Madonna S. "s-process enrichment in the planetary nebula NGC 3918. Results from deep echelle spectrophotometry"

"Third UK-Ukraine-Spain meeting on Solar Physics and Space Science (UKUS)", 7-11 septiembre, Lviv, Ucrania

Khomenko E. "Heating of partially ionized solar chromosphere by waves in magnetic structures"

Felipe T. "Helioseismic holography of numerical simulations of wave propagation through sunspot models"

"In the Footsteps of Galaxies: Tracing the Evolution of Environmental Effects", 7-11 septiembre, Soverato, Italia

Dalla Vecchia C, Aguerri J.A.L. "EDGE: Environment Driven Galaxy Evolution - The luminosity function of galaxies in clusters and its relation with the evolution of cluster dwarf galaxies"

Agulli I., Aguerri J.A.L., Diaferio A., Sánchez-Janssen R. "Dwarf galaxies in Abell 85: a test bench for galaxy evolution"

"6th Zermatt ISM Symposium 'Conditions and Impact of Star Formation', 7-11 septiembre, Zermatt, Suiza

Klagyivik P., Csizmadia Sz., Gandolfi D., Deeg H.J. "Orbital spin alignment of binary systems in NGC 2264: implications on star formation"

"11th J-PAS Meeting", 14-18 septiembre, Santander

Licandro J. "Main belt asteroids"

"Astrobio 2015", 28 septiembre-1 octubre, Santiago de Chile, Chile

Pallé E. "The search for life in our Galaxy: using the solar system planets as benchmarks"

Hoyer S. "Transmission spectroscopy observations of Qatar-1b with GTC/OSIRIS"

"reSolving Galaxies in the Era of Extremely Large Telescopes", 1-3 octubre, California, EEUU

Gallart C. "On the origin of the dwarf galaxy types: A manifestation of the halo assemblies"

"OHP 2015: Twenty years of giant exoplanets", 5-9 octubre, Saint-Michel-l'Observatoire, Francia

Alonso R. "The legacy of the CoRoT Mission"

"Ground Based Solar Observations in the Space Instrumentation Era", 5-9 octubre, Coimbra, Portugal

Vitas N., Khomenko E. "Solar Magnetoconvection simulated with the MANCHA code"

"The many facets of extragalactic radio surveys: towards new scientific challenges", 20-23 octubre, Bolonia, Italia

Tabatabaei F. "Unveiling The Physics of Star Formation and Feedback in Galaxies"

"K2 Science Conference", 2-5 noviembre, Santa Barbara, California, EEUU

Pallé E. "CHEOPS and K2"

"47th Annual DPS Meeting", 8-13 noviembre, National Harbor, Maryland, EEUU

De León J. "Primitive asteroids spectroscopic survey-PRI-MASS: First results"

Morate González D. "Compositional study of asteroids in the Erigone collisional family using visible spectroscopy at the 10.4m GTC"

"Vth Science with GTC", 2-4 diciembre, Puebla, México

Beasley M. "The first dynamical mass for an Ultra Diffuse Galaxy"

Camacho I. "GTC-OSIRIS observations at the lowest Local Group metallicity"

Cepa J. "OSIRIS and OTELO"

Chen G. "Characterizing the atmospheres of transiting exoplanets with the GTC"

Corradi R.L.M. "GTC Status"

Corradi R. "A true type Ia SN progenitor: a close double degenerate binary with super-Chandrasekhar mass in the core of a planetary nebula"

García Bernete I. "The nuclear and extended infrared emission of the Seyfert galaxy NGC 2992 and the interacting system Arp 245"

García-López R.J. "HORS and the GTC"

García-Rojas J. "Imaging the elusive H-poor gas in high ADF planetary nebulae with GTC"

Garzón F. "EMIR: Acceptance results and short term plan"

Gómez Giménez M. "Stability study of the echelle spectrograph HORS"

González-Hernández J. "Probing fast orbital decays in black hole X-ray binaries with GTC"

Iglesias-Groth, S. "Submillimeter Galaxies with GTC and GTM"

Lodieu N. "Optical spectroscopy of the coolest known brown dwarfs, the Y dwarfs"

Mata Sánchez D. "Swift J1357.2-0933: a massive black hole in the galactic thick disc"

Morate D. "Compositional study of asteroids in the Erigone primitive family using visible spectroscopy at the 10.4m GTC"

Muñoz-Darias T. "Accretion/ejection coupling in stellar mass black holes: the case of V404 Cyg"

Pérez-Fournon I. "Herschel-selected high-redshift galaxies"

Pessev P. "A new member of a rare transient family revealed by the GTC"

Sánchez-Béjar, V "Current status of the GTC Adaptive Optics system"

Sánchez-Béjar V. "Mid-IR search and characterization of substellar companions with CanariCam"

Streblyanska A. "Complete multi-wavelength view on inner hundreds pc of the Andromeda galaxy"

Rodríguez-Espinosa J.M. "GTC observations of the High-z Universe"

Toribio San Cipriano L. "The Distribution of Carbon and Oxygen across the Disk of M33"

"28th Texas Symposium on Relativistic Astrophysics", 13-18 diciembre, Ginebra, Suiza

Génova R. "The Quijote Experiment: First results and current status"

"11th Pacific Rim Conference on Stellar Astrophysics: Physics and Chemistry of the Late Stages of Stellar Evolution", 14-17 diciembre, Hong Kong, China

Corradi R.L.M. "Binarity in the late stages of stellar evolution: the link between PNe, symbiotic stars, novae and SNe Ia"

García-Hernández D.A. "Transitory O-rich chemistry in heavily obscured C-rich post-AGB stars"

Jones D. "Discovery and characterization of PN binary central stars"

## COMUNICACIONES A CONGRESOS NACIONALES CN

"V Congreso Ibérico de Egiptología", 9-12 marzo, Cuenca

Belmonte J.A. "Nefertiti rediviva: la Sinergia entre Astronomía, Epigrafía, Arqueología y Genética en el Egipto Antiguo"

"COEFIS VIII", 19-20 marzo, La Laguna

Collados M. "Por qué es interesante e importante el estudio del Sol?"

Griñón-Marin A.B. "Manchas Solares: Descripción y propiedades"

Pastor Yabar A. "NOAA 12045: Bajo "el ojo" de Gregor"

"Spanish X-Ray Astronomy 2015", 3-5 junio, Santander

Muñoz Darias T. "Accreting black holes and neutron stars: a unified view"

Mata Sánchez D. "Mass constraints to Sco X-1 from Bowen fluorescence and deep near-infrared spectroscopy"

"V Reunión sobre Ciencias Planetarias y Exploración del Sistema Solar (CPESS4)" 8-10 junio, Alicante

Licandro J. "El catálogo de objetos del Sistema Solar de VISTA"

"50 Años Escudriñando y Descubriendo el Universo", 17-18 septiembre, Granada

Sánchez F. "50 años de astrofísica en España"

Rodríguez Espinosa J.M. "Grandes instalaciones astronómicas 50 años después"

Garzón F. "Instrumentación"

Prieto M., Sánchez-Almeida J., Muñoz-Tuñón C. "Galaxias I: Las galaxias en su contexto cosmológico"

Beckman J.E. "Galaxias II: Morfología y medio interestelar"

Rubiño-Martín J.A. "Cosmología"

Rebolo R. "Futuro de la Astrofísica española"

"II Conferencia Internacional de Astrofísica", 25-27 septiembre, Santa Cruz de La Palma, La Palma

Varela A.M. "Criterios de calidad de los cielos de Canarias e implicaciones de la CL para la ciencia y disfrute astroturístico"

## ARTÍCULOS EN REVISTAS INTERNACIONALES SIN ÁRBITRO Y COMUNICACIONES CORTAS CR

Hornoch, K.; Alfaro, M. Díaz; Ordonez-Etxeberria, I.; Vaduvescu, O "Discovery of an Apparent Nova in M81" 2015ATel.6968....1H

Hornoch, K.; Errmann, R.; Carlisle, Ch.; Vaduvescu, O. "Discovery of a Probable Nova in M81 and Photometry of Three M81 Novae" 2015ATel.7019....1H"

Aleksic, J. (Incluye Herrero A., Tesaro D.) "VizieR Online Data Catalog: The 2009 multiwavelength campaign on Mrk421 (Aleksic+, 2015)" 2015yCat..35760126A

García-Lorenzo, B.; Marquez, I.; Barrera-Ballesteros, J. K.; Massegosa, J.; Husemann, B.; Falcon-Barroso, J. et al. (incluye del Olmo A., Aguerri J.A.L., ) "VizieR Online Data Catalog: Gas kinematics in CALIFA survey (García-Lorenzo+, 2015)" 2015yCat..35730059G

Yan, F., Fosbury, R., Petr-Gotzens, M., Pallé, E., Zhao, G. "HARPS Observes the Earth Transiting the Sun - A Method to Study Exoplanet Atmospheres Using Precision Spectroscopy on Large Ground-based Telescopes" 2015Msngr.161...17Y

Toloz, O.; Vaduvescu, O.; Hudin, L.; Gibson, B.; Goggia, T.; Primak, N.; Schultz, A.; Willman, M.; Chambers, K.; Chastel, S.; Denneau, L.; Flewelling, H.; Huber, M.; Lilly, E.; Magnier, E.; Wainscoat, R.; Waters, C.; Weryk, R. 2015 VG66, Minor Planet Electronic Circ. 2015 No.2015-V125

McMillan, R. S.; Read, M. T.; Toloz, O.; Vaduvescu, O.; Hudin, L.; Abreu, D.; Micheli, M.; Koschny, D.; Knoefel, A.; Schwab, E.; Busch, M. 2015 VF65, Minor Planet Electronic Circ. 2015 No.2015-V106

Tholen, D. J.; Kotson, M. C.; Ramanjooloo, Y.; Hung, D.; Toloz, O.; Vaduvescu, O.; Zavoianu, D. 2011 GA62, Minor Planet Electronic Circ. 2015 No.2015-V94

Toloz, O.; Jones, D.; Vaduvescu, O.; Ordonez-Etxeberria, I.; Mocnik, T. 2004 RW10, Minor Planet Electronic Circ. 2015 No.2015-V71

Jones, D.; Pyrzas, S.; Vaduvescu, O.; Inceu, 2012 HO2, Minor Planet Electronic Circ. 2015 No.2015-V20

Jones, D.; Vaduvescu, O.; Diaz Alfaro, M.; Sonka, A. 2005 QL76, Minor Planet Electronic Circ. 2015 No.2015-Q64

Wasserman, L. H.; Buie, M. W. Buie Measurer M. W.; Jones, D.; Vaduvescu, O.; Sonka, A.; Ordonez-Etxeberria, I.; Williams, G. V. 2006 SS19, Minor Planet Electronic Circ. 2015 No.2015-Q44

Mastaler, R. A.; Schwartz, M.; Holvorcem, P. R.; Pyrzas, S.; Vaduvescu, O.; Hudin, L.; Inceu, V.; Char, F.; Cornea, R.; Gomez, M.; Christensen, E. J.; Gibbs, A. R.; Shelly, F. C.; Fuls, D. C.; Grauer, A. D.; Hill, R. E.; Johnson, J. A.; Kowalski, R. A.; Larson, S. M.; Matheny, R. G.; Ruiz, P.; Micheli, M.; Koschny, D.; Busch, M.; Knoefel, A.; Schwab, E.; Aceituno, F. 2015 LT24, Minor Planet Electronic Circ. 2015 No.2015-M17

Monelli, M.; Monteagudo, L.; Vaduvescu, O.; Hudin, L.; Ordonez-Etxeberria, I.; Inceu, V. 2015 HA117, Minor Planet Electronic Circ. 2015 No.2015-H132

Hoekstra, H.; Kohlinger, F.; Herbonnet, R.; Vaduvescu, O.; Sonka, A.; Diaz Alfaro, M.; Hudin, L.; Allen, L.; James, D.; Valdes, F. 2013 TV144, Minor Planet Electronic Circ. 2015 No.2015-H85

Hoekstra, H.; Kohlinger, F.; Herbonnet, R.; Vaduvescu, O.; Inceu, V.; Ordonez-Etxeberria, I.; Hudin, L.; Holmes, R.; Buzzi, L.; Linder, T. 2012 HS15, Minor Planet Electronic Circ. 2015 No.2015-H69

Martinez-Vazquez, C. E.; Monelli, M.; Cicuendez, L.; Diaz-Alfaro, M.; Vaduvescu, O.; Zavoianu, D.; Cornea, R. 2002 SL, Minor Planet Electronic Circ. 2015 No.2015-E07

Martinez-Vazquez, C. E.; Monelli, M.; Cicuendez, L.; Vaduvescu, O.; Hudin, L.; Diaz-Alfaro, M. 2006 TD1, Minor Planet Electronic Circ. 2015 No.2015-D101

Errmann, R.; Carlisle, C.; Vaduvescu, O.; Riddick, F.; Hudin, L. 2007 PQ9, Minor Planet Electronic Circ. 2015 No.2015-C03

Toth, J.; Zigo, P.; KalmanÄok, D.; Å imon, J.; KornoÄij, L.; VilÄigi, J.; Rudawska, R.; Serra-Ricart, M.; Perez, J. C.; Lican-dro, J. 5 months of AMOS on the Canary Islands, Proceedings of the International Meteor Conference , Mistelbach, Austria, 27-30 August 2015, Eds.: Rault, J.-L.; Roggemans, P., International Meteor Organization, ISBN 978-2-87355-029-5 2015 ISBN 978-2-87355-029-5 - 2015pimo.conf...63T

Tholen, D. J.; Errmann, R.; Carlisle, C.; Vaduvescu, O.; Mocnik, T.; Ordonez-Etxeberria, I. 2013 BO73, Minor Planet Electronic Circ. 2015 No.2015-B168

Sanchez-Ramirez, R.; Gorosabel, J.; Perez-Ramirez, D.; Jeong, S.; Castro-Tirado, A. J.; Aceituno, F. J.; Cunniffe, R.; Ferrero, P.; Hu, Y.; Oates, S. R.; Tello, J. C.; Zhang, B.-B.; Jelinek, M.; Guziy, S.; Sokolov, V.; Castro Ceron, J. M.; Cepa, J.; Garcia, A.; Scarpa, R. GRB 150818A: 10.4m GTC spectroscopy and host galaxy., GRB Coordinates Network, Circular Service 2015 18177.

Bahramian, A.; Altamirano, D.; Heinke, C.; Sivakoff, G.; Linares, M.; Patruno, A.; Wijnands, R.; Degenaar, N.; Sanna, A. Swift/XRT follow up of the X-ray transient in the globular cluster Terzan 5, The Astronomer 2015 –

Linares, M. et al. Swift refined location points to the neutron star transient EXO 1745-248 as the source currently active in Terzan 5, The Astronomer 2015 –

Tremou, E. et al. (includes Linares) VLA observations identify the currently active source in Terzan 5 as the neutron star transient EXO 1745-248, The Astronomer 2015 –

Corral-Santana, J.; Munoz-Darias, T.; Carballo-Bello, J. A.; Bauer, F. E. Optical photometry of the black hole transient GS 1354-64 (BW Cir) in outburst, The Astronomer 2015 –

Muñoz-Darias, T.; Mata Sanchez, D.; Casares, J et al. Detection of transient optical P-Cygni profiles in V404 Cyg, The Astronomer 2015 –

Muñoz-Darias, T.; Mata Sanchez, D.; Casares, J Optical spectroscopy of V404 Cyg: evolution of the P Cygni profiles, The Astronomer 2015 –

Blay, P.; Muñoz-Darias, T.; Kajava, J.; Casares, J.; Motta, S.; Teltng, J. Multi-band polarimetry of V404 Cyg with the Nordic Optical Telescope, The Astronomer 2015 –

Gandhi, P. et al. (includes Casares, Muñoz-Darias, Shahbaz) Correlated Optical and X-ray variability in V404 Cyg, The Astronomer 2015 -

McEvoy, C. M. et al. (incluye S. Simón Díaz y A. Herrero) VizieR Online Data Catalog: VLT-FLAMES Tarantula Survey: B supergiants (McEvoy+, 2015), VizieR Online Data Catalog 2015 J/A+A/575/A70

## ARTÍCULOS EN REVISTAS NACIONALES PN

López Corredoira M. “Ajuste fino: Nueva versión del mito del Dios-relojero para tapar agujeros en el conocimiento científico” *Naturaleza y Libertad. Revista de estudios interdisciplinarios (ISSN: 2254-96682014) Nr. 5, pp. 83-94*

Belmonte J.A. “Buscando a Seshat” *El País: Crónicas de Astromanía, 16 julio 2015.* [http://elpais.com/elpais/2015/07/07/ciencia/1436261513\\_396999.html](http://elpais.com/elpais/2015/07/07/ciencia/1436261513_396999.html)

Vázquez M. “Todos tenían razón y todos estaban equivocados” *El País: Crónicas de Astromanía, 10 septiembre 2015.* [http://elpais.com/elpais/2015/09/10/ciencia/1441894871\\_600392.html](http://elpais.com/elpais/2015/09/10/ciencia/1441894871_600392.html)

Serra-Ricart N., Paz Menéndez I., “Llega Catalina, el cometa errante” *El País* [http://elpais.com/elpais/2015/12/30/ciencia/1451500082\\_983629.html](http://elpais.com/elpais/2015/12/30/ciencia/1451500082_983629.html)

Serra-Ricart M., Rodríguez Alarcón M., "Vuelve la mayor lluvia de estrellas del año"

*El País* [http://elpais.com/elpais/2015/12/10/ciencia/1449747488\\_461625.html](http://elpais.com/elpais/2015/12/10/ciencia/1449747488_461625.html)

Serra-Ricart M., "La visita no anunciada de 2015 TB145"

*El País* [http://elpais.com/elpais/2015/10/30/ciencia/1446196770\\_874224.html](http://elpais.com/elpais/2015/10/30/ciencia/1446196770_874224.html)

Jiménez A. "Mirando al sol sin descanso"

*Crónicas de Astromanía. El país digital. 2 diciembre 2015*

Belmonte, J.A. "Venus y Júpiter se encuentran en el cielo"

*Crónicas de Astromanía, El País 25 octubre 2015*

[http://elpais.com/elpais/2015/10/21/ciencia/1445444934\\_907402.html](http://elpais.com/elpais/2015/10/21/ciencia/1445444934_907402.html)

Vázquez M. "Buscando un sueño imposible"

*Crónicas de Astromanía, El País 30 julio 2015*

[http://elpais.com/elpais/2015/07/30/ciencia/1438265293\\_370352.html](http://elpais.com/elpais/2015/07/30/ciencia/1438265293_370352.html)

Vázquez M. "Los canales de Marte, un ejemplo del uso del método científico"

*Crónicas de Astromanía, El País 22 octubre 2015*

[http://elpais.com/elpais/2015/10/21/ciencia/1445442540\\_335497.html](http://elpais.com/elpais/2015/10/21/ciencia/1445442540_335497.html)

Vázquez M. "La carrera de las manchas solares"

*Crónicas de Astromanía, El País 12 noviembre 2015*

[http://elpais.com/elpais/2015/11/12/ciencia/1447328705\\_415412.html](http://elpais.com/elpais/2015/11/12/ciencia/1447328705_415412.html)

López Corredoira M., 2015, "El ocaso de la era científica"

*El País, Secc. Ciencia ("Materia"), 2 diciembre 2015*

López Corredoira M., 2015, "Voluntad. La fuerza heroica que arrastra la vida"

*El Manifiesto.com, 15 diciembre 2015*

Rubiño-Martin J.A. "El Experimento QUIJOTE"

*Artículo de divulgación para el Boletín de la SEA (Invierno 2015-2016)*

<http://www.sea-astronomia.es/drupal/content/boletin-electronico>

## LIBROS Y CAPÍTULOS DE LIBROS L

Casares J., Jonker P.G. "Mass Measurements of Stellar and Intermediate-Mass Black Holes"

*2015pabh.book..223C*

P.L. Pallé, T. Appourchaux, J. Christensen-Dalsgaard, R.A. García "Helioseismology: Observations and Space Missions in Extraterrestrial Seismology"

*Cambridge University Press. (ISBN 978-1-107-04172-1), Cambridge, Reino Unido*

Rivkin, Andrew S.; Campins, Humberto; Emery, Joshua P.; Howell, Ellen S.; Licandro, Javier; Takir, Driss; Vilas, Faith "Astronomical Observations of Volatiles on Asteroids en Asteroids IV"

*University of Arizona Press, EEUU*

Belmonte, J.A.; Pérez Die, M.C. y Díaz Iglesias, L. "Astronomía y paisaje en Heracleópolis Magna (Ehnašiya el Medina): un estudio de los templos en Ex Aegyptus lux et sapientia", pp. 107-122

*Nova studia Aegyptiaca IX, Barcelona*

Belmonte J.A. "The voyage of the Zodiac: an impenitent traveller across lands and ages en Stars and Stones", Pimenta F., et al. (eds.)

*BAR I.S. 2720pp. 28-36.; Archaeopress, Oxford, Reino Unido*

Esteban, C. "Astros y mundo funerario en el Bronce de La Mancha en Arqueología, Hidrogeología y Medio Ambiente en la Edad del Bronce de La Mancha: la Cultura de las Motillas". M. Mejías, L. Benítez de Lugo, J.A. López-Sáez, C. Esteban (editores), pp. 83-93

*Instituto Geológico y Minero de España, Madrid*

López Corredoira M. en Voluntad. "La fuerza heroica que arrastra la vida"

*Áltera, Madrid*

## TESIS DOCTORALES

Pintos Castro I. "Multi-wavelength study of the population of galaxies in intermediate-redshift clusters: the case of RXJ1257.2+4738 at  $z \sim 0.9$ "

Directores: Dres. Miguel Sánchez Poetal y Jordi Cepa Nogue.

Zaragoza Cardiel J. "Dynamics of merging galaxies: key steps in the evolution of galaxies"

Directores: Prof. John E. Beckman y Dr. Kambiz Fathi.

González Merino B. "The Solar System planets as a basis for exoplanetary interpretation"

Director: Dr. Enric Pallé Bago.

Fernández Alvar E. "The distribution of chemical abundances in halo stars of the Milky Way"

Director: Dr. Carlos Allende Prieto.

Zarattini S. "Observational properties of fossil galaxy systems from the FOGO project"

Directores: Dres. José Alfonso López Aguerri y Enrico Maria Corsini (Univ. de Padova).

Rodríguez Ramos L.F. "Utilización de la Cámara Plenóptica como sensor de frente de onda para Óptica Adaptativa en Astrofísica"

Director: Dr. José Manuel Rodríguez Ramos.

Barrera Ballesteros J.K. "Tracing and Isolating Major Mergers triggered in Galaxy Evolution: Spatially Resolved Properties along the Merger Sequence"

Directores: Dres. Begoña García Lorenzo y Jesús Falcón Barroso.

Clavero Jiménez R. "Measurement of the Cosmic Rays Boron-to-Carbon Ratio with AMS-02"

Director: Dr. Ramón J. García López.

Seidel M.K. "An Integral View on Bar-Driven Secular Evolution and Its Influence on Bulges"

Director: Dr. Jesús Falcón Barroso.

Miles Páez P.A. "Estudios polarimétricos de planetas y enanas ultrafrías"

Directores: Dres. Enric Pallé Bago y M. Rosa Zapatero Osorio (CSIC-INTA).

del Pino Alemán T. "Radiative Transfer Modeling of the Spectral Line Polarization Produced by Optically Pumped Atoms in the Solar Atmosphere"

Directores: Dres. Javier Trujillo Bueno y Rafael Manso Sains.

Martín Navarro I. "Studying the outermost regions of galaxies to constrain their formation"

Director: Dr. Alexandre Vazdekis Vazdekis.

Röck B. "Understanding the formation and evolution of early-type galaxies based on newly developed single-burst stellar population models in the infrared"

Directores: Dres. Johan Knapen y Alexander Vazdekis Vazdekis.

Calvo Santamaría I. "Wave coupling in the solar atmosphere from sub-photosphere to the corona"

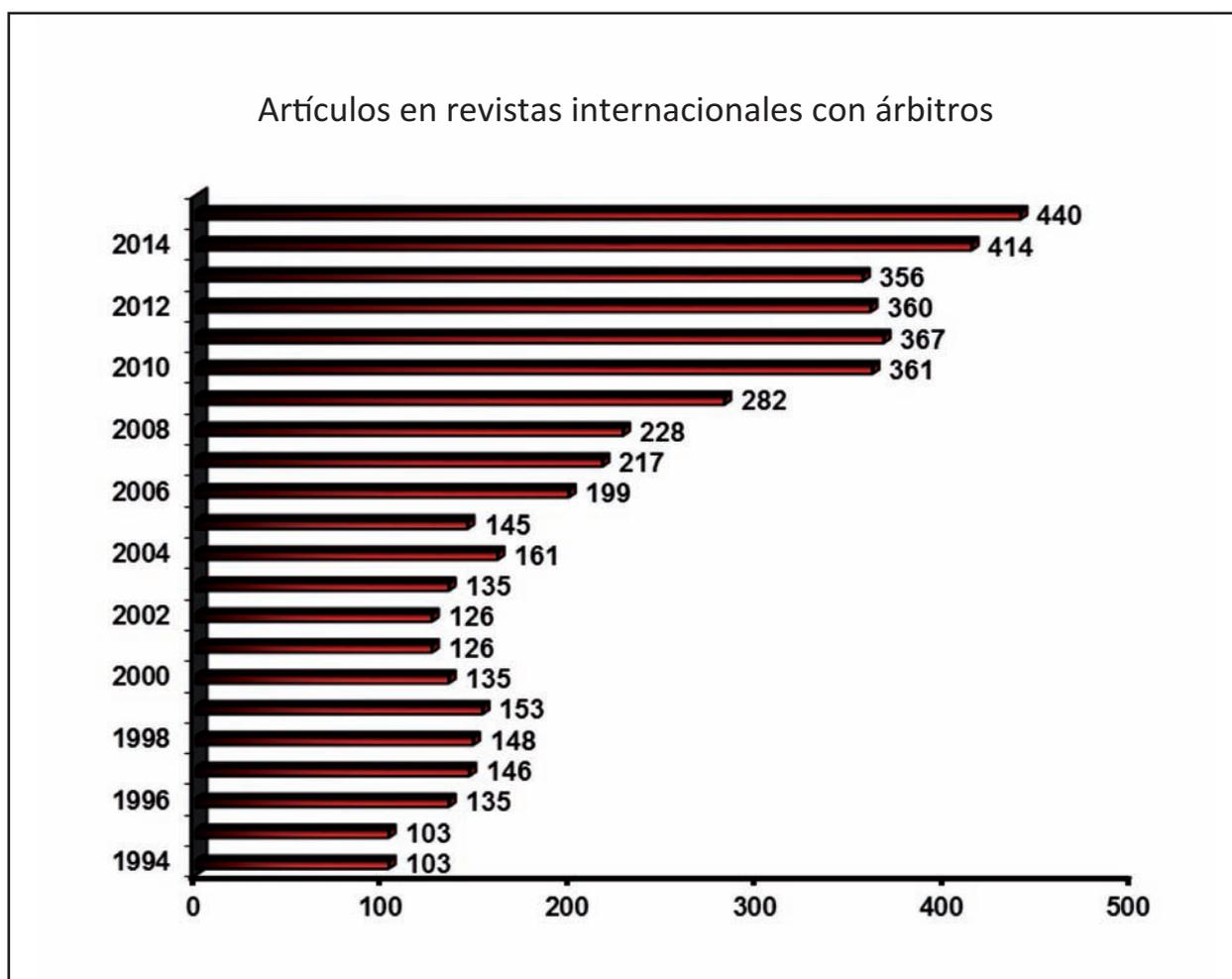
Directores: Dres. Elena Khomenko y Manuel Collados Vera.

Domínguez Quintero R.M. "Sismología en Estrellas Binarias Eclipsantes"

Director: Prof. Teodoro Roca Cortés.

Barceló Forteza S. "Astero-seismology of COROT and Kepler Scuti Stars"

Director: Prof. Teodoro Roca Cortés.



ARIA	440	Artículos en revistas internacionales con árbitro
IR-IT	13	Invited Reviews (Conferencias invitadas) e Invited Talks (Charlas invitadas)
CI	387	Comunicaciones a Congresos Internacionales
CN	15	Comunicaciones a Congresos Nacionales
ARIS	5	Artículos en revistas internacionales sin árbitro y comunicaciones cortas
ARN	3	Artículos en revistas nacionales
L	1	Libros y capítulos de libros
T	16	Tesis doctorales



# REUNIONES CIENTÍFICAS

---

“225th Meeting of the AAS”  
Seattle, Washington, EEUU. Enero.

“Solar Magnetic Fields: From Measurements towards Understanding”  
12-16 enero, Berna, Suiza. Enero.

“Galaxies Inside and Out”  
Teheran, Irán. Enero.

“The Spectral Energy Distribution of High Redshift Galaxies: Lessons Learned and Open Questions”  
Sexten, Italia, Enero.

“2nd Solarnet Meeting: Solar and Stellar Magnetic Activity”  
Palermo, Italia. Febrero.

“Cosmic Overdensities through Cosmic Time”  
Birmingham, Reino Unido. Febrero.

“Baryons at low densities: the stellar halos around galaxies”  
Garching, Alemania. Febrero.

“Science from the Frontier Fields Conference”  
Fidenza, Italia. Febrero.

“Networking Qatar Exoplanet Research Workshop”  
Doha, Qatar. Marzo.

“Ground and Space Observatories: A Joint Venture to Planetary Science”  
Santiago, Chile. Marzo.

“Multi-Object Spectroscopy in the Next Decade: Big Questions, Large Surveys and Wide Fields”  
Santa Cruz de La Palma. Marzo.

“Unveiling the AGN – Galaxy Evolution Connection”  
Puerto Varas, Chile. Marzo.

“Sunspot formation: theory, simulations and observations”  
Estocolmo, Suecia. Marzo.

“Deep15: Back at the Edge of the Universe. Latest Results from the Deepest Astronomical Surveys”  
Sintra, Portugal. Marzo.

“V Congreso Ibérico de Egiptología”  
Cuenca. Marzo.

“COEFIS VIII”  
La Laguna. Marzo.

“UK ALMA Science Meeting 2015”  
Manchester, Reino Unido. Marzo-abril.

“Milky Way Astrophysics from Wide-Field Surveys”  
Londres, Reino Unido. Marzo-abril.

“Frontiers of Stellar Spectroscopy in the Local Group and Beyond”  
Heidelberg, Alemania. Abril.

“Massive Stars and the GAIA ESO Survey”  
Bruselas, Bélgica. Mayo.

“The 2nd COST workshop on Polarization and Active Galactic Nuclei International Meeting”  
Estrasburgo, Francia. Mayo.

“Workshop estallidos 2015: Census and Fundamental Properties of Star-forming Galaxies”  
Granada. Mayo

“IAUS 314: Young Stars & Planets near the Sun”  
Atlanta, Georgia, EEUU. Mayo.

“2nd SHARDS Team Meeting”  
Madrid. Mayo.

“3rd SOLARNET Workshop: Polarization in the Sun, the Solar System, and Beyond”  
Granada. Mayo.

“Amazing Science with CARMENES”  
Granada. Mayo.

“Multiwavelength Dissection of Galaxies”,  
Sydney, Australia. Mayo.

“BUKS2015: MHD Waves and Instabilities in the Solar Atmosphere”

Budapest, Hungría. Mayo.

“Gas, Dust, and Star-Formation in Galaxies from the Local to Far Universe”

Creta, Grecia. Mayo.

“The Local Group Astrostatistics Conference: Bridging Observations & Simulations is”

Michigan, EEUU. Junio.

“592. WE-Heraeus-Seminar: Reconstructing the Milky Way’s History: Spectroscopic Surveys, Asteroseismology and Chemodynamical Models”

Bad Honnef, Alemania. Junio.

“TherMoPS II (Thermal Models for Planetary Science II)”

Puerto de la Cruz, Tenerife. Junio.

“Physics of Evolved Stars”

Niza, Francia. Junio.

“IGM@50 is the Intergalactic Medium driving Star Formation?”

Abbazia di Spineto, Italia. Junio.

“The KASC8/TASC1 Workshop. Space Asteroseismology: The Next Generation”

Aarhus, Dinamarca. Junio.

“Flux Emergence Workshop (FEW2015)”

Boulder, Colorado, EEUU. Junio.

“Archeo Cosmic Conference: First Stars, Galaxies and Black Holes: Now and Then”

Groningen, Países Bajos. Junio.

“CHEOPS Science Workshop #3”

Madrid. Junio.

“Meeting on Fundamental Cosmology”

Santander. Junio.

“40 years of X-ray bursts: Extreme explosions in dense environments”

Madrid. Junio.

“EWASS 2015”

La Laguna, Tenerife. Junio.

“Spanish X-Ray Astronomy 2015”

Santander. Junio.

“V Reunión sobre Ciencias Planetarias y Exploración del Sistema Solar (CPSS4)”

Alicante. Junio.

“The Stellar IMF at Low Masses: A Critical Look at Variations and Environmental Dependencies”

Baltimore, Maryland, EEUU. Junio-julio.

“Early E-ELT Science: Spectroscopy with HARMONI”

Oxford, Reino Unido. Junio-julio.

“From Super-Earths to Brown Dwarfs: Who’s Who?”

París, Francia. Junio-julio.

“2nd Workshop Extreme Precision Radial Velocities”

New Haven, Connecticut, EEUU. Julio.

“A 3D View on Galaxy Evolution: from Statistics to Physics”

Heidelberg, Alemania. Julio.

“10th Marseille Cosmology Conference. Drifting through the Cosmic Web: The Evolution of Galaxies within the Large Scale Structure”

Aix-en-Provence, Francia. Julio.

“Pathways 2015: Pathways towards Habitable Planets II”

Berna, Suiza. Julio.

“Understanding Nebular Emission in High-Redshift Galaxies. Massive Stars, Chemical Abundances and Photoionization Modeling”

Pasadena, California, EEUU. Julio.

“SDSS-IV Collaboration Meeting”

Madrid. Julio.

“XXIX IAU General Assembly”

Honolulu, Hawaii, EEUU. Agosto.

“Third UK-Ukraine-Spain meeting on Solar Physics and Space Science (UKUS)”

Lviv, Ucrania. Septiembre.

“In the Footsteps of Galaxies: Tracing the Evolution of Environmental Effects”

Soverato, Italia. Septiembre.

“6th Zermatt ISM Symposium ‘Conditions and Impact of Star Formation’

Zermatt, Suiza. Septiembre.

“11th J-PAS Meeting”

Santander. Septiembre.

“50 Años Escudriñando y Descubriendo el Universo”

Granada. Septiembre.

“II Conferencia Internacional de Astroturismo”

Santa Cruz de La Palma, La Palma. Septiembre.

“Astrobio 2015”

Santiago de Chile, Chile. Septiembre-octubre.

“reSolving Galaxies in the Era of Extremely Large Telescopes”

California, EEUU. Octubre.

“OHP 2015: Twenty years of giant exoplanets”

Saint-Michel-l’Observatoire, Francia. Octubre.

“Ground Based Solar Observations in the Space Instrumentation Era”

Coimbra, Portugal. Octubre.

“The many facets of extragalactic radio surveys: towards new scientific challenges”

Bolonia, Italia. Octubre.

“K2 Science Conference”

Santa Barbara, California, EEUU. Noviembre.

“47th Annual DPS Meeting”

National Harbor, Maryland, EEUU. Noviembre.

“Vth Science with GTC”

Puebla, México. Diciembre.

“28th Texas Symposium on Relativistic Astrophysics”

Ginebra, Suiza. Diciembre.

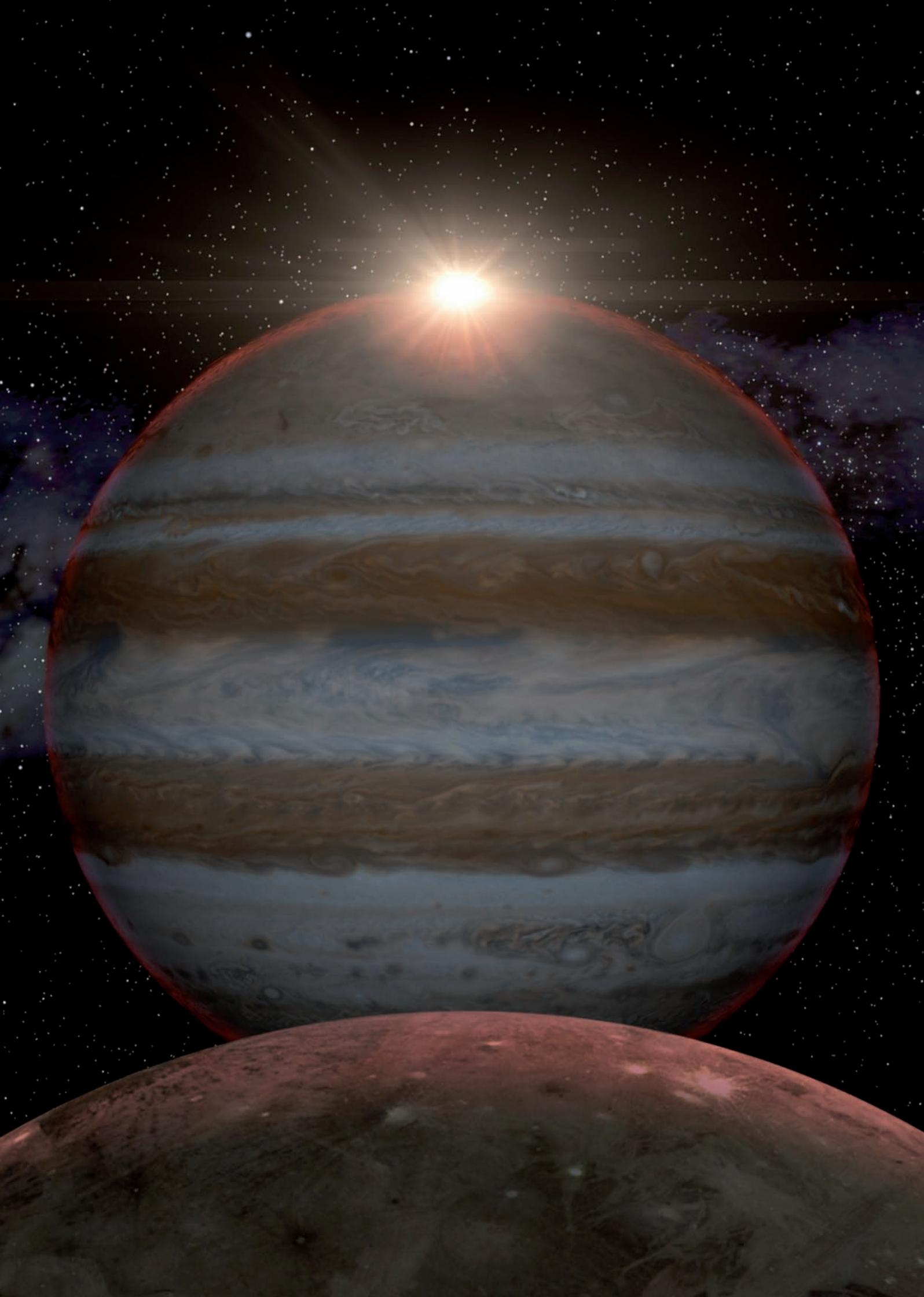
“11th Pacific Rim Conference on Stellar Astrophysics: Physics and Chemistry of the Late Stages of Stellar Evolution”

Hong Kong, China. Diciembre.

## TIEMPO DE OBSERVACIÓN FUERA DE CANARIAS

---

NOMBRE	FECHA	OBSERVATORIO	INSTALACION
LUIS CICUENDEZ SALAZAR	14-25/3	Obs. Cerro Tololo (Chile)	Telescopio 4 m
NICOLAS LODIEU	6-18/4	ESO, Cerro Paranal (Chile)	Telescopio VLT
TEODORO MUÑOZ DARIAS	18/4-10/5	Obs. La Silla (Chile)	Telescopio 2,2 m
ISMAEL PEREZ FOURNON	27/7-4/8	Obs. Pico Veleta (Granada)	Telescopio IRAM
MELANIA CUBAS ARMAS	15/12-2/1	Obs.Sacramento Peak (EEUU)	Telescopio DST
LARA MONTEAGUDO NARVION	29/12-14/1	Obs. Cerro Tololo (Chile)	Telescopio Blanco 4 m



## DISTINCIONES

---

### El IAC revalida la acreditación como Centro de Excelencia Severo Ochoa

Los ocho primeros centros de excelencia “Severo Ochoa” acreditados en 2011 y entre los que se encuentra el IAC, evaluados positivamente a través del análisis de sus planes estratégicos de investigación 2016-2019, han logrado de nuevo la acreditación, por lo que contarán con un millón de euros anual durante cuatro años. Estos centros no sólo han revalidado su posición de referencia en la investigación internacional sino que, en opinión de los propios evaluadores, muchos de ellos han consolidado su liderazgo científico durante los años en los que disfrutaron de la anterior ayuda “Severo Ochoa”. Los ocho centros son: Barcelona Supercomputing Center - Centro Nacional de Supercomputación (BSC-CNS), el Instituto de Ciencias Matemáticas (ICMAT), el Instituto de Ciencias Fotónicas (ICFO), el Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC), el Centro Nacional de Investigaciones Oncológicas Carlos III (CNIO), el Instituto de Investigación Biomédica (IRB Barcelona), el Centro Nacional de Inves-

tigaciones Cardiovasculares Carlos III (CNIC), y el Barcelona Graduate School of Economics.

Rafael Rebolo, director del IAC, ha manifestado que *“la renovación de la acreditación del IAC es una excelente noticia que nos anima a seguir trabajando para hacer la mejor ciencia y tecnología”*.

Además, la Secretaría de Estado de I+D+i ha concedido siete nuevas acreditaciones correspondientes al programa de Centros y Unidades de Excelencia “Severo Ochoa” (tres) y “María de Maeztu” (cuatro).

La inversión total de esta convocatoria es de 52 millones de euros, 32 millones más que el año pasado, lo que evidencia la apuesta de la Secretaría de Estado de I+D+i por la excelencia en investigación e innovación.

Los requisitos, niveles de exigencia, criterios y procedimientos de evaluación y selección referidos a la excelencia científica no establecen diferencias entre centros y unidades, que han sido seleccionados por sus resultados científicos y sus programas estratégicos tras una rigurosa evaluación en la que han participado 115 científicos internacionales de reconocido prestigio. En consecuencia, se garantiza la calidad y el nivel de excelencia de la investigación que desarrollan, estableciéndose las diferencias únicamente en función de la gobernanza, estructura y principios organizativos y gerenciales, así como de la masa crítica mínima exigible a centros y unidades.

### El IAC recibe el Premio “Empresa ejemplar en Prevención” del FREMAP

El 7 de octubre, el FREMAP (Mutua de Accidentes de Trabajo y Enfermedades Profesionales) hizo entrega del Premio “Empresa ejemplar en Prevención” entre sus mutualistas al Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC), “en reconocimiento a su ejemplar labor en la reducción de la siniestralidad laboral y su compromiso para promover e integrar la seguridad y salud de suS trabajadores”.

Al acto de entrega asistieron el director general del FREMAP en Tenerife, Juan Carlos Perdomo, y en representación del IAC, el subdirector del centro, Carlos Martínez Roger, el Administrador de los Servicios Generales, Jesús Burgos, y el responsable de Recursos Humanos, Alfonso Ruigómez.



## Rafael Rebolo, premio “Jules Janssen” de la Sociedad Astronómica de Francia



En el mes de mayo, el Consejo Científico de la Sociedad Astronómica de Francia (Société Astronomique de France) decidió conceder su máxima distinción, el PRIX JULES JANSEN 2014, a Rafael Rebolo López, astrofísico y director del Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC), y el 2015 a Suzy Collin-Zahn, astrónoma emérita del Observatorio de París, por la excepcional calidad de sus trabajos. La ceremonia tuvo lugar el 11 de diciembre, en la Sala del Consejo del Observatorio de París.

El Premio Jules Janssen rinde tributo al astrónomo francés del



mismo nombre, amante de las expediciones científicas, quien descubrió el Helio en 1868 mientras observaba un eclipse de Sol en la India. Este premio fue creado en 1897 y se concede en años alternos a dos destacadas personalidades en el campo de la Astronomía, una francesa y otra de cualquier nacionalidad.

Galardonados con este premio han sido, entre otros, Camille Flammarion (1897), Arthur Eddington (1928), Albert Einstein (1931), Harlow Shapley (1933) y Georges Lemaître (1936). El único español al que hasta ahora se le había concedido este premio era Josep Comas i Solà, quien lo recibió en 1905.

## El IAC, Premio Teide de Oro

El IAC recibió el 11 de diciembre uno de los premios “Teide de Oro 2015” en la modalidad colectiva, otorgado por Radio Club Tenerife - Cadenar Ser, la emisora decana de las Islas Canarias. Recogió el premio Carlos Martínez Roger, subdirector del IAC, en nombre del director, Rafael Rebolo, quien no podrá hacerlo personalmente por encontrarse en París recibiendo el premio “Jules Janssen”. El IAC ha recibido este premio, según informa la Cadena SER, por haberse convertido en uno de los centros de investigación de referencia en su campo, que acaba de renovar su acreditación como Centro de Excelencia Severo Ochoa por cuatro años más.

El “Teide de Oro” se otorga en un año en el que S.M. el Rey ha inaugurado en el Observatorio del Teide el Experimento QUIJOTE, di-

señado para llegar a detectar las ondas gravitacionales generadas en el Big Bang, el modelo estándar de la cosmología moderna. También este año —destaca Radio Club—, el Consejo de la Red de Telescopios Cherenkov (CTA, por sus siglas en inglés) eligió al Observatorio del Roque de los Muchachos, emplazado en la isla de La Palma, para acoger su gran instalación científica en el hemisferio Norte.

El director fundador del IAC, Francisco Sánchez Martínez, también recibió el Premio “Teide de Oro” a título individual en 1985, así como el “Experimento de Tenerife”, del Observatorio del Teide, en la modalidad colectiva en 1995.



En la modalidad individual de estos galardones en su edición número 32, 2015, el premio fue otorgado, a título póstumo, al dirigente socialista Pedro González Zerolo, “para reconocer su labor como activista en defensa de la igualdad y la integración”. Asimismo, la emisora resolvió distinguir con el premio “Teide de Oro 2015” al Real Casino de Tenerife en su 175º aniversario.

# PERSONAL

---

## DIRECCIÓN

**Director** Rafael Rebolo López (AD)

**Secretaría** M. Nieves Villoslada Dionis (CL)  
Robert Campbell Warden (CL)

## UNIDAD DE COMUNICACIÓN Y CULTURA CIENTÍFICA

**Jefa** Carmen del Puerto Varela (CL)

**Secretaría** Ana M. Quevedo González (CL)

**Gestora** Laura Calero Hernández (CL)

**Web** Concepción Anguita Fontecha (CL)

**Astrofísicos divulgadores** Nayra Rodríguez Eugenio (CLT)  
Alfred Rosenberg González (CL)

**Diseño gráfico y audiovisual** Inés Bonet Márquez (CL)

**Periodistas** Anna M. Gutiérrez Domenech (CLT)  
Elena Mora Cuesta (CLT)

## SUBDIRECCIÓN

Subdirector	* Carlos Martínez Roger (PO)
<b>OBSERVATORIO DEL ROQUE DE LOS MUCHACHOS (ORM)</b>	<b>Administrador</b> Juan Carlos Pérez Arencibia (CL)
<b>SERVICIOS INFORMÁTICOS ESPECÍFICOS (SIE)</b>	Aytami Y. Peñate Rodríguez (CL)
<b>Gestión Administrativa</b>	M. Montserrat Alejandre Siscart (CL) Ana Luisa Lozano Pérez (CL) Nieves Gloria Pérez Pérez (CL)
<b>Mantenimiento</b>	Joaquín Arce Costa (CL) Jorge Gmelch Ramos (CL) Jesús M. Mendoza González (CL) Alfredo Pérez Concepción (CL)
<b>Conductor</b>	José Adelto Hernández Sánchez (CL)
<b>OBSERVATORIO DEL TEIDE (OT)</b>	<b>Administrador</b> Miquel Serra Ricart (CL)
	<b>Gestión Administrativa</b> F. Javier Cosme Morán (CL)
	<b>Mantenimiento</b> Ignacio del Rosario Pérez (CL) Ramón R. Díaz Díaz (CL) M. Angel Ginovés Bethencourt (CL) Rafael A. Ramos Medina (CL)
	<b>Técnicos en prácticas</b> Aser Gutiérrez Álvarez (CLT) Iván Trigas Santana (CLT)
<b>OPERACIÓN DE LAS INSTALACIONES TELESCÓPICAS</b>	<b>Jefe</b> Alejandro Oscoz Abad (CL)
	<b>Astrónomo de Soporte</b> Olga M. Zamora Sánchez (CLT)
	<b>Observadores</b> Santiago López González-Coviella (CL) Antonio Pimienta de la Rosa (CL)
	<b>Operadores</b> Alberto Bueno Bueno (CLT) Alejandra Goded Merino (CLT) Alberto J. Prieto Antúnez (CLT) Cristina Protasio Esparó (CLT) Francisco J. Redondo Lorenzo (CLT) Gustavo Rodríguez Coira de la Peña (CLT) Juan J. Sanabria Cumbeño (CLT)

**CARACTERIZACIÓN DE LOS OBSERVATORIOS**

Julio A. Castro Almazán (CLT)  
 Antonia M. Varela Pérez (CL)

**MANTENIMIENTO INSTRUMENTAL**

**Jefe**  
 Emilio J. Cadavid Delgado (CL)

**Técnicos**  
 Pedro A. Ayala Esteban (CL)  
 Jesús E. García Velázquez (CL)  
 José Julio González Nóbrega (CL)  
 Juan Antonio Morrison Price (CL)

**OFICINA TÉCNICA PARA LA PROTECCIÓN DE LA CALIDAD DEL CIELO (OTPC)**

**Jefe**  
 Francisco Javier Díaz Castro (CL)

**Técnico**  
 J. Federico de la Paz Gómez (CL)

**SERVICIOS INFORMÁTICOS COMUNES (SIC)**

**Jefe**  
 \* Antonio Jiménez Mancebo (PO)

**Responsable técnico**  
 Carlos A. Martín Galán (CL)

**Secretaría**  
 M. Adela Rivas Fortuna (CL)

**GRUPO DE SISTEMAS Y COMUNICACIÓN (GSC)**

**Ingenieros**  
 Antonio J. Díaz Chinaa (CL)  
 Ubay Dorta Guerra (CL)  
 Jorge Goya Pérez (CL)  
 Justo Luna López (CL)  
 Francisco Orta Soler (CL)  
 Diego M. Sierra González (CL)  
 Estrella Zatón Martín (CL)

**GRUPO DE DESARROLLO Y WEB (GDW)**

**Ingenieros**  
 Susana Delgado Marante (CL)  
 Ricardo Díaz Campos (CL)  
 José M. Pérez Menor (CL)  
 Carlos Westendorp Plaza (CL)

**Técnico**  
 José Manuel Ramos Aguilar (CL)

**GRUPO DE OPERACIONES Y CENTRO DE ATENCIÓN AL USUARIO (GOP + CAU)**

**Técnicos**  
 Irene Corona Hernández (CL)  
 Aurelio A. Gutiérrez Padrón (CL)  
 Joaquín Gutiérrez Rodríguez (CL)  
 Francisco J. López Molina (CL)  
 Víctor Plasencia Darias (CL)  
 Isabel M. Plasencia García (CL)

**BIBLIOTECA**

**Documentalista/Encargada**  
Monique María Gómez (CL)

**Gestión Administrativa**

M. Eulalia Alsina Casals (CL)  
Antonio J. Bacallado Abreu (CL)

## ÁREA DE INVESTIGACIÓN

<b>Coordinador</b>	* Enric Pallé Bagó (PO)
<b>Gerente</b>	Irene Fernández Fuarrós (CL)
<b>Secretaría</b>	Judith de Araoz Vigil (CL) Eva Patricia Bejarano Padrón (CL) Tatiana Cecilia Karthaus Londo (CL)

<b>SERVICIOS INFORMÁTICOS ESPECÍFICOS (SIE)</b>	<b>Jefe</b> Nicola Caon (CL)
---	---------------------------------

<b>Soporte</b> Antonio J. Dorta Lorenzo (CLT)
--

<b>SERVICIO MULTIMEDIA (SMM)</b>	Miguel Briganti Correa (CL) Gabriel A. Pérez Díaz (CL)
----------------------------------	---

<b>SERVICIO DE CORRECCIÓN LINGÜÍSTICA (SCL)</b>	Terence John C. Mahoney (CL)
---	------------------------------

### PERSONAL INVESTIGADOR

#### Astrofísicos

* José Antonio Acosta Pulido (V)	* Martín L. López Corredoira (PO)
* Carlos Allende Prieto (PO)	* Antonio Mampaso Recio (PO)
* M. Jesús Arévalo Morales (ULL)	* Arturo Manchado Torres (CSIC)
John E. Beckman (V)	* Valentín Martínez Pillet (PO)
* Juan A. Belmonte Avilés (PO)	* Evencio Mediavilla Gradolph (ULL)
* Juan E. Betancort Rijo (ULL)	* Fernando Moreno Insertis (ULL)
* Jorge Casares Velázquez (PO)	* Casiana Muñoz-Tuñón (PO)
* Jordi Cepa Nogué (ULL)	* Pere Lluís Pallé Manzano (PO)
* Miguel A. Cerviño Saavedra (CSIC)	* Ismael Pérez Fournon (ULL)
* Manuel Collados Vera (ULL)	* Fernando Pérez Hernández (ULL)
* Romano Corradi (PO)	* Almudena Prieto Escudero (PO)
* Hans Deeg (PO)	* Mercedes Prieto Muñoz (ULL)
* César Esteban López (ULL)	* Clara Régulo Rodríguez (ULL)
* Jesús Falcón Barroso (PO)	* Teodoro Roca Cortés (ULL)
M. Carmen Gallart Gallart (PO)	* José Miguel Rodríguez Espinosa (PO)
* Ignacio García de la Rosa (PO)	* José Alberto Rubiño Martín (PO)
* Ramón J. García López (ULL)	* Basilio Ruiz Cobo (ULL)
* Francisco Garzón López (ULL)	* Jorge F. Sánchez Almeida (PO)
* Ignacio González Martínez-Pais (ULL)	* Víctor Sánchez Bejar (PO)
* Carlos M. Gutiérrez de la Cruz (PO)	Francisco Sánchez Martínez (V)
* Artemio Herrero Davó (ULL)	* Tariq Shahbaz (PO)
* Garik Israelian (PO)	* Héctor Socas Navarro (PO)
* Jesús Jiménez Fuensalida (PO)	* Javier Trujillo Bueno (CSIC)
* Johan Knapen (PO)	* Ignacio Trujillo Cabrera (PO)
* Carlos Lázaro Hernando (ULL)	* Alejandro Vazdekis Vazdekis (PO)
* Javier Licandro Goldaracena (PO)	* Manuel Vázquez Abeledo (PO)
* José Alfonso López Aguerri (PO)	

**Becarios y contratados**

Roi Alonso Sobrino (CLT)	Heidi Lietzen (CLT)
Iñigo Arregui Uribe-Echevarria (CLT)	Manuel Linares Alegret (CLT)
Andrés Asensio Ramos (CLT)	Nicolás Cedric Lodieu (CLT)
Rafael D. Barrena Delgado (CLT)	Luis López Martín (CLT)
Guiuseppina Battaglia (CLT)	Manuel Luna Bennasar (CLT)
Andrew Beasley (CLT)	Valentina Luridiana (CLT)
Pedro J. Blay Serrano (CLT)	Marina Manganaro (CLT)
Rosa Calvi (CLT)	M. Elena Manjavacas Martínez (CLT)
Ricardo J. Carrera Jiménez (CLT)	M. Jesús Martínez González (CLT)
Dolores Castro Rodríguez (CLT)	Inmaculada Martínez Valpuesta (CLT)
Guo Chen (CLT)	Thomas Martinsson (CLT)
Claudio Dalla Vecchia (CLT)	Matteo Miluzio (CLT)
Julia de León Cruz (CLT)	Matteo Monelli (CLT)
Ángel Manuel de Vicente Garrido (CLT)	M. Pilar Montañés Rodríguez (CLT)
Bililing Tsige Dullo (CLT)	Teodoro Muñoz Darias (CLT)
Mercedes Esteves Filho (CLT)	Grzegorz Nowak (CLT)
Dario Fadda (CLT)	David Orozco Suárez (CLT)
Jürgen Fliri (CLT)	Jorge Andrés Pérez Prieto (CLT)
Joan Font Serra (CLT)	Frederic Poidevin (CLT)
Domingo Aníbal García Hernández (CLT)	Cristina Ramos Almeida (CLT)
Ana Elia García Pérez (CLT)	Reza Rezaei (CLT)
Jorge García Rojas (CLT)	Davide Ricci (CLT)
Ricardo T. Génova Santos (CLT)	Pablo Rodríguez Gil (CLT)
Melanie Godart (CLT)	Sergio Simón Díaz (CLT)
Jonay González Hernández (CLT)	Martin Stringer (CLT)
Chloe Guennou (CLT)	Alina Streblyanska (CLT)
Sebastián L. Hidalgo Rodríguez (CLT)	Fatemeh Sadat Tabatabael Asl (CLT)
Sergio D. Hoyer Miranda (CLT)	Mónica L. Vázquez Acosta (CLT)
Susana Iglesias Groth (CLT)	Nikolas Vitas (CLT)
David Jones (CLT)	Jovo Vranjes (CLT)
Olena Khomenko (CLT)	Zenghua Zhang (CLT)
Peter Klagyivik (CLT)	Cristina Zurita Espinosa (CLT)
Edoardo Próspero Lagiocia (CLT)	

**Afiliados**

Carlos A. Álvarez Iglesias (V)	Javier Herrera Llorente (V)
Marc Ballcels Comas (V)	Gianluca Lombardi (V)
Walter Boschini (V)	Carmen Pilar Padilla Torres (V)
Antonio Luis Cabrera Lavers (V)	Peter Pessev (V)
Eduardo Héctor Colombo (V)	Daniel Reverte Paya (V)
Lucio Crivellari (V)	Riccardo Scarpa (V)
David García Álvarez (V)	Ovidiu Vaduvescu (V)
Stefan Geier (V)	Martin Will (V)
Gabriel Gómez Velarde (V)	

**Colaboradores**

Emilio Casuso Romate (V)	Alejandro García Gil (V)
Antonio Eff-Darwich Peña (V)	

## ÁREA DE ENSEÑANZA SUPERIOR

Coordinador \* Antonio Aparicio Juan (ULL)

Gerente Irene Fernández Fuarrós (CL)

Secretaría Lourdes González Pérez (CL)

### PERSONAL EN FORMACIÓN

#### Astrofísicos Residentes

##### IV Año de Residentes (2012)

Irene Agulli (CLT)	Adur Pastor Yabar (CLT)
Artemi Camps Fariña (CLT)	Lucía Suárez Andrés (CLT)
Clara Eugenia Martínez Vázquez (CLT)	Riccardo Vignaga (CLT)

##### III Año de Residentes (2013)

Programa La Caixa-Severo Ochoa	Programa Astrofísicos Residentes IAC
Ernest Alsina Ballester (CLT)	José Jairo Díaz Luis (CLT)
Ismael García Bernete (CLT)	Lara Monteagudo Narvión (CLT)
Ana Belén Griñón Marín (CLT)	Sara Murabito (CLT)
Rui Márques Coelho Chaves (CLT)	Denis Tramonte (CLT)
Daniel Mata Sánchez (CLT)	Sergio Velasco Muñoz (CLT)

##### II Año de Residentes (2014)

Programa La Caixa-Severo Ochoa	Programa Astrofísicos Residentes IAC
Margherita Bettinelli (CLT)	Gonzalo Holgado Alijo (CLT)
Luis Cicuéndez Salazar (CLT)	Simone Madonna (CLT)
Melania Cubas Armas (CLT)	Alejandro Serrano Borlaff (CLT)
Amanda M. del Olmo García (CLT)	Matteo Simioni (CLT)
Carlos José Díaz Baso (CLT)	

##### I Año de Residentes (2015)

Programa La Caixa-Severo Ochoa	Programa Astrofísicos Residentes IAC
Carina Fian (CLT)	Pedro Alonso Palacio (CLT)
Francesca Pina (CLT)	Patricia Chinchilla Gallego (CLT)
Felipe Jiménez Ibarra (CLT)	
Elena A. Mohd-Velastin (CLT)	
Efsan Sökmen (CLT)	

**Contratos FPI**

Pablo Arrabal Haro (CLT)	Daniel E. Nóbrega Siberío (CLT)
Sara Bertrán de Lis (CLT)	Marcos Pellejero Ibañez (CLT)
Inés Camacho Iniesta (CLT)	Víctor Pérez Mesa (CLT)
María Cebrián Renau (CLT)	Jorge Prieto Arraz (CLT)
Antonio Ferragano (CLT)	Marina Ramón Pérez (CLT)
Rebeca Galera Rosillo (CLT)	Andrea Rodríguez Antón (CLT)
Pedro A. González Morales (CLT)	Sara Rodríguez Berlanas (CLT)
David López Fernández-Nespral (CLT)	Javier Román García (CLT)
Alejandro Lumbreras Calle (CLT)	David Sánchez Aguado (CLT)
Cristina Martínez Lombilla (CLT)	Alejandro Suárez Mascareño (CLT)
David Morate González (CLT)	Laura Toribio San Cipriano (CLT)

**Varios**

Paul Compère (V)	Sergio Palomo Nevado (V)
Rafael Augusto García Días (V)	Alba Eva Peláez Santos (V)
Bartsoz Gauza (V)	Luis Peralta de Arriba (V)
Rodrigo H. Hinojosa Goñi (V)	Jana Polednikova (V)
Paloma Inés Martínez Navajas (V)	Klaus Simon Rübke Zúñiga (V)

## ÁREA DE INSTRUMENTACIÓN

Coordinadora \* Begoña García Lorenzo (PO)

Secretaría Rocío Mesa Martínez (CL)

SERVICIOS INFORMÁTICOS ESPECÍFICOS (SIE) Héctor D. Rodríguez Rodríguez (CL)

### INGENIERÍA

#### DEPARTAMENTO DE ELECTRÓNICA

##### Jefe

Luis Fernando Rodríguez Ramos (CL)

##### Ingenieros

Ezequiel Ballesteros Ramírez (CL)	Enrique Joven Álvarez (CL)
Haresh Mangharam Chulani (CL)	Yolanda Martín Hernando (CLT)
José Miguel Delgado Hernández (CL)	Miguel Ángel Núñez Cagigal (CLT)
José Javier Díaz García (CL)	Oscar Manuel Tubio Araujo (CLT)
José Vicente Gigante Ripoll (CLT)	Teodora A. Viera Curbelo (CL)
Roger Hoyland (CL)	

#### DEPARTAMENTO DE MECÁNICA

##### Jefe

Vicente Sánchez de la Rosa (CL)

##### Ingenieros

José Alonso Burgal (CLT)	Ángel Mato Martínez (CLT)
Juan Cozar Castellano (CLT)	Samuel Santana Tschudi (CLT)
Miguel Ángel Esteves Pérez (CLT)	Fabio Tenegi Sanginés (CL)
Patricia Fernández Izquierdo (CLT)	Afrodísio Vega Moreno (CLT)
Elvio Hernández Suárez (CL)	Nauzet Vega Reyes (CLT)

#### DEPARTAMENTO DE ÓPTICA

##### Jefe

José Luis Rasilla Piñeiro (CL)

##### Ingenieros

M. Ángel Cagigas García (CLT)	Maidier Insausti Múgica (CLT)
Daniel Fernández Fernández (CLT)	Roberto López López (CL)
Ana Belén Fragoso López (CL)	Iciar Montilla García (CLT)
Félix Gracia Tremich (CLT)	Luz María Montoya Martínez (CLT)

<b>DEPARTAMENTO DE SOFTWARE</b>	<b>Jefe</b> Carlos Martín Díaz (CL)
<b>Ingenieros</b>	
Marta del C. Aguiar González (CL)	José Marco de la Rosa (CLT)
M. Francisca Gómez Reñasco (CL)	Heidy Moreno Arce (CL)
Pablo López Ramos (CL)	Esperanza Páez Mañá (CL)
José Carlos López Ruiz (CL)	Josefina Rosich Minguell (CLT)
<b>PROYECTOS</b>	<b>Jefe</b> Marcos Reyes García-Talavera (CL)
<b>Gestores</b>	
Ángel Alonso Sánchez (CL)	Christine D. Grivel Gelly (CLT)
Manuel Amate Plasencia (CL)	José Miguel Herreros Linares (CL)
Carmen M. Barreto Cabrera (CL)	Jesús Patrón Recio (CL)
Víctor M. González Escalera (CL)	M. Rosario Pérez de Taoro (CLT)
<b>PRODUCCIÓN</b>	<b>Jefe</b> Juan Calvo Tovar (CL)
<b>DELINEACIÓN TÉCNICA</b>	<b>Jefe</b> Abelardo Díaz Torres (CL)
<b>Técnicos</b>	
Juan Carlos Díaz Pérez (CL)	Juan José Perdigón Peña (CL)
<b>TALLER DE ELECTRÓNICA</b>	
<b>Técnicos</b>	
Roberto Barreto Rodríguez (CL)	Ángel L. Morales Ayllón (CL)
Agustín Casanova Suárez (CL)	José Ramón Olives Mora (CL)
<b>TALLER DE MECÁNICA</b>	
<b>Técnicos</b>	
Juan José Dionis Díaz (CL)	Esteban González Díaz (CL)
Carlos A. Flores García (CL)	Pablo González Gómez (CL)
Higinio Gabino Pérez (CL)	Cristóbal Morell Delgado (CL)
Jesús Felipe García López (CL)	Ricardo Negrín Martín (CL)
<b>Almacén</b>	León Pérez Jacinto del Castillo (CL)

## ADMINISTRACIÓN DE SERVICIOS GENERALES

Administrador	Jesús Burgos Martín (AD)
Secretaría/Registro	Diana C. Paredes Martín (CL)
<b>GERENCIA ADMINISTRATIVA</b>	<b>Responsable</b> Luisa Margarita Ávila Miranda (CL)
<b>GESTIÓN PRESUPUESTARIA</b>	<b>Jefe Departamento Contabilidad</b> Dionisio Pérez de la Rosa (CL)
	<b>Jefe Contabilidad</b> A. Delia García Méndez (CL) Otilia de la Rosa Yanes (CL) Ruth Fernández Ribera (CL) Sonia Fumero de Sande (CL) M. José González Díaz (CL) Yolanda Zamora Expósito (CL)
<b>TESORERÍA</b>	M. Cristina Castro González (CLT) Nieves Fátima Ferraz Gutiérrez (CL) José M. Rodríguez Acosta (CL)
<b>COMPRAS</b>	Rosa M. González Gómez (CL)
<b>CONTRATACIÓN ADMINISTRATIVA</b>	M. Eugenia Caro Camacho (CLT) Carmen Aloys García Suárez (CL) M. Mónica Gutiérrez Hernández (CL)
<b>GERENCIA OPERACIONAL</b>	<b>Gerente</b> Germán R. Pescador Rodríguez (CL)
<b>MANTENIMIENTO GENERAL</b>	<b>Jefe de Taller</b> José Antonio Arvelo Dorta (CL)
	<b>Jefe de Mantenimiento</b> Sergio Median Morales (CL)
	<b>Técnico</b> Ramón Hernández Mendoza (CL)
<b>Conductores</b> Cándido Álvarez García (CL)	Juan Manuel Martín Pérez (CL)
<b>DELINEACIÓN GENERAL</b>	* Ramón Castro Carballo (CSIC)

<b>RECURSOS HUMANOS</b>	
	<p><b>Responsable</b> Alfonso Ruigómez Momeñe (CL)</p> <p><b>Selección y contratación</b> Itahisa Camacho Lorenzo (CLT) Carmen García de Sola Moyano (CL)</p>
<b>Unidad de Prevención de Riesgos Laborales</b>	<p>Rosa Miriam Galván González (CL) Luis Manadé Borges (CL)</p>
<b>Personal</b>	<p>Lucía Olivia Hernández Tadeo (CL) Ana M. Lamata Martínez (CLT) Antonio M. Pérez-Godiño Pérez (CL) M. Belén Rodríguez González (CL)</p>
<b>OFICINA DE PROYECTOS INSTITUCIONALES Y TRANSFERENCIA DE RESULTADOS DE INVESTIGACIÓN (OTRI)</b>	
	<p><b>Gerente</b> Jesús Burgos Martín (AD)</p> <p><b>Ingenieros</b> Alberto M. Escobar Rodríguez (CLT) M. Mercedes Franqueira Pérez (CLT) M. Alejandra Martín Gálvez (CLT) Anselmo C. Sosa Méndez (CL)</p>

## DISTRIBUCIÓN Y PROCEDENCIA DEL PERSONAL DEL IAC

(a 31-12-2015)

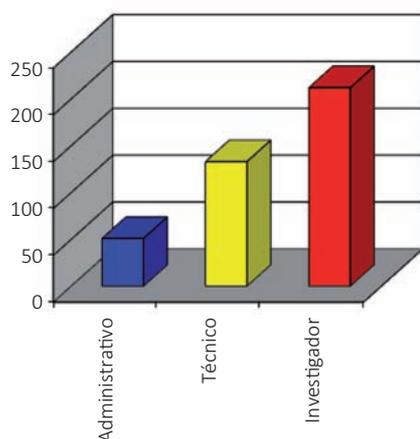
	PO	CL	CLT	ULL	CSIC	V	AD	TOTAL
Astrofísicos	33	2	67	19	3	23	1	139
Técnicos		96	36		1			133
Administrativos		44	6				1	51
Doctorandos			54			10		64
<b>TOTAL</b>	<b>33</b>	<b>142</b>	<b>163</b>	<b>19</b>	<b>4</b>	<b>33</b>	<b>2</b>	<b>390</b>

	PO	ULL	CSIC	OTROS	TOTAL
Personal funcionario *	34	19	4	1	58
Personal no funcionario				339	339
<b>TOTAL</b>	<b>34</b>	<b>19</b>	<b>4</b>	<b>340</b>	<b>397</b>

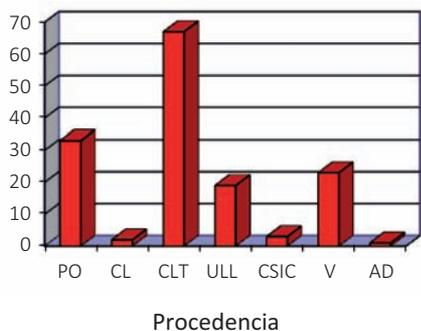
Personal fijo	200
Personal temporal	196
<b>TOTAL</b>	<b>396</b>

- \* = Personal Funcionario
- AD = Alta Dirección
- CL = Contrato Laboral
- CLT = Contrato Laboral Temporal
- CSIC = Consejo Superior de Investigaciones Científicas
- PO = Plantilla Orgánica del IAC
- ULL = Universidad de La Laguna
- V = Varios (sabáticos, becas, colaboradores, etc.)

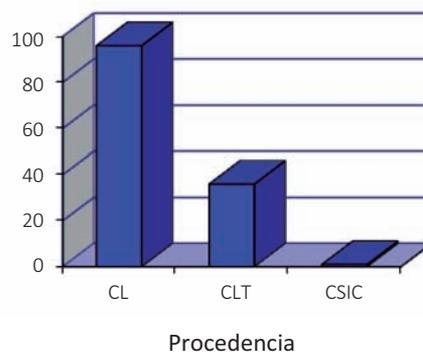
PERSONAL DEL IAC



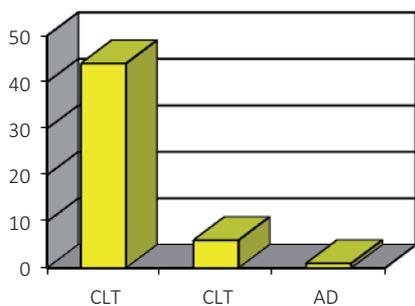
### ASTROFÍSICOS



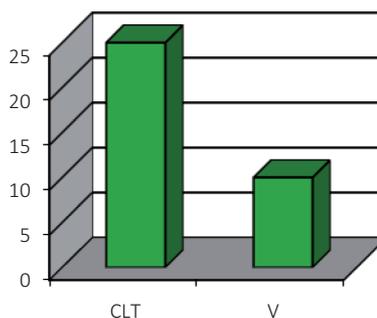
### TÉCNICOS



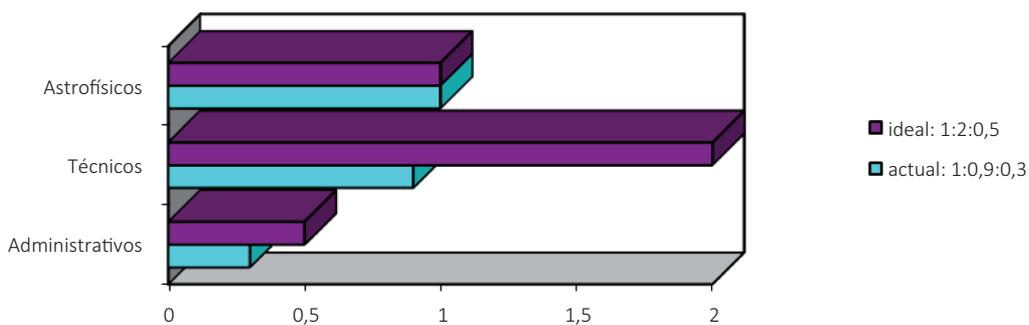
### ADMINISTRATIVOS

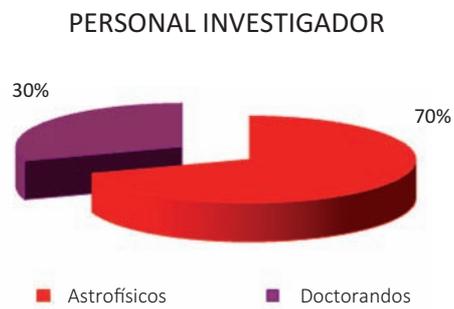
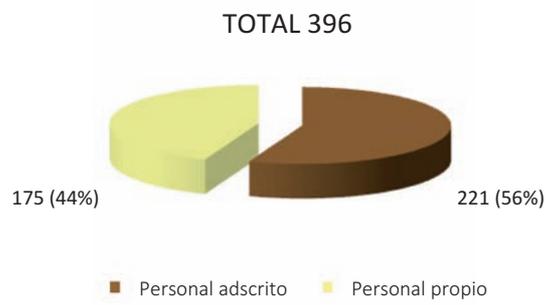
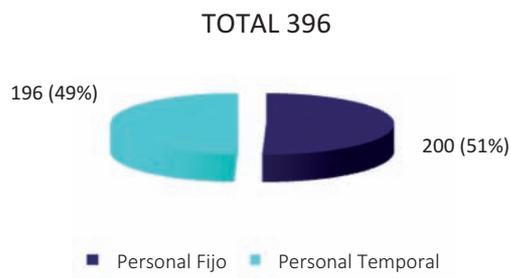


### DOCTORANDOS



### RELACIÓN Astrofísicos: Técnicos: Administrativos





## DIRECCIONES Y TELÉFONOS

### \* INSTITUTO DE ASTROFÍSICA DE CANARIAS (IAC) (TENERIFE)

C/ Vía Láctea, s/n  
E-38205 LA LAGUNA - TENERIFE  
ESPAÑA  
Teléfono: (34) 922-605200  
Fax: (34) 922-605210  
E-mail: [postmaster@iac.es](mailto:postmaster@iac.es)  
Web: <http://www.iac.es>  
Sala de vídeo-conferencias

---



### \* OBSERVATORIO DEL TEIDE (OT) (TENERIFE)

Teléfono: (34) 922-329100  
Fax: (34) 922-329117  
E-mail: [teide@iac.es](mailto:teide@iac.es)

---



### \* OBSERVATORIO DEL ROQUE DE LOS MUCHACHOS (ORM) (LA PALMA)

Apartado de Correos 303  
E-38700 SANTA CRUZ DE LA PALMA  
ESPAÑA  
Teléfono: (34) 922-405500  
Fax: (34) 922-405501  
E-mail: [adminorm@iac.es](mailto:adminorm@iac.es)  
Sala de vídeo-conferencias

---



### \* CENTRO DE ASTROFÍSICA DE LA PALMA (CALP) (LA PALMA)

Apartado de Correos 50  
Cuesta de San José, s/n  
E-38712 BREÑA BAJA (LA PALMA)  
ESPAÑA  
Teléfono: (34) 922-425700  
Fax: (34) 922-425701  
E-mail: [recepcalp@iac.es](mailto:recepcalp@iac.es)  
Sala de vídeo-conferencias













