

# MEMORIA IAC 2012





**MEMORIA  
2012**

**“INSTITUTO DE ASTROFISICA DE CANARIAS”**

**“INSTITUTO DE ASTROFÍSICA DE CANARIAS”**

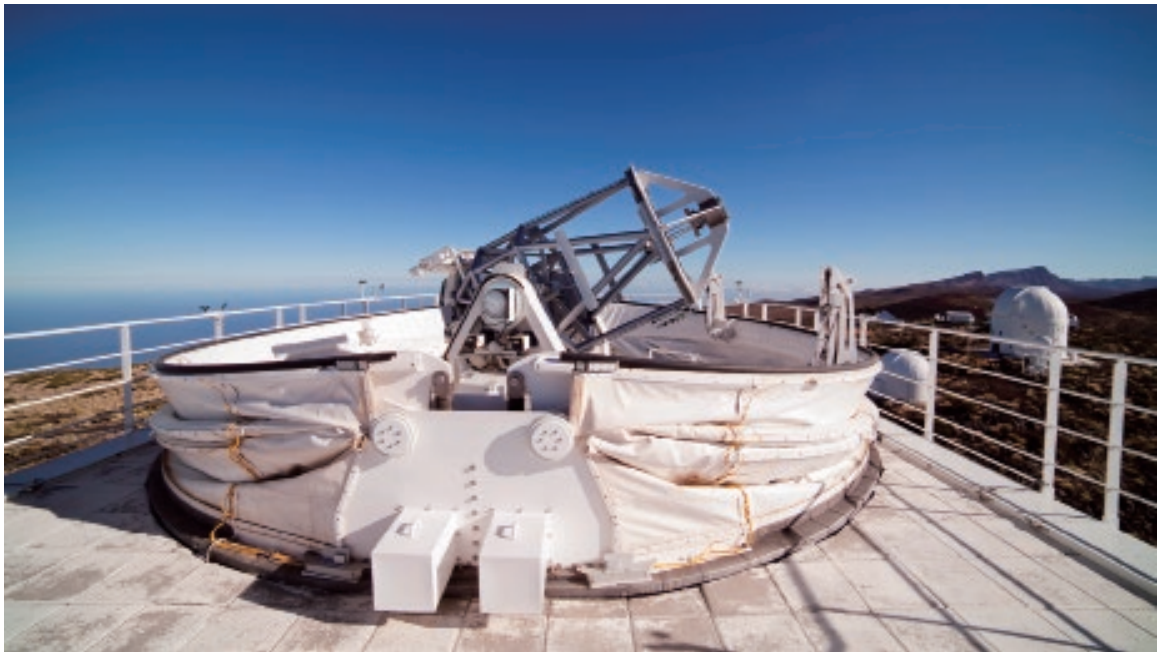
**GABINETE DE DIRECCIÓN**

INSTITUTO DE ASTROFÍSICA DE CANARIAS (IAC)

MAQUETACIÓN: Ana M. Quevedo

PORTADA: Gotzon Cañada

7-	<b>PRESENTACIÓN</b>
8-	<b>CONSORCIO PÚBLICO IAC</b>
13-	<b>LOS OBSERVATORIOS DE CANARIAS</b>
14-	- Observatorio del Teide (OT)
15-	- Observatorio del Roque de los Muchachos (ORM)
16-	<b>NUEVA INFRAESTRUCTURA</b>
19-	<b>COMISIÓN PARA LA ASIGNACIÓN DE TIEMPO (CAT)</b>
23-	<b>ACUERDOS</b>
24-	<b>Gran Telescopio CANARIAS (GTC)</b>
28-	<b>ÁREA DE INVESTIGACIÓN</b>
31-	- Estructura del Universo y Cosmología
49-	- El Universo Local
104-	- Física de las estrellas, Sistemas Planetarios y Medio Interestelar
139-	- El Sol y el Sistema Solar
165-	- Instrumentación y Espacio
200-	- Otros
219-	<b>ÁREA DE INSTRUMENTACIÓN</b>
219-	- Ingeniería
231-	- Producción
237-	- Oficina de Proyectos Institucionales y Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI)
243-	<b>ÁREA DE ENSEÑANZA</b>
243-	- Cursos de doctorado
245-	- Seminarios científicos
248-	- Coloquios
249-	- Becas
250-	- XXIV Escuela de Invierno: "Aplicaciones astrofísicas de las lentes gravitatorias"
252-	<b>ADMINISTRACIÓN DE SERVICIOS GENERALES</b>
252-	- Instituto de Astrofísica
254-	- Observatorio del Teide
255-	- Observatorio del Roque de los Muchachos
256-	- Centro de Astrofísica de la Palma
257-	- Oficina Técnica para la Protección de la Calidad del Cielo (OTPC)
259-	- Ejecución del Presupuesto 2012
260-	<b>GABINETE DE DIRECCIÓN</b>
260-	- Ediciones
263-	- Comunicación y divulgación
278-	- Web
280-	- Visitas a las instalaciones del IAC
283-	<b>SERVICIOS INFORMÁTICOS COMUNES (SIC)</b>
289-	<b>BIBLIOTECA</b>
290-	<b>PUBLICACIONES CIENTÍFICAS</b>
290-	- Artículos en revistas internacionales con árbitros
311-	- Artículos de revisión invitados (Invited Reviews)
312-	- Charlas invitadas (Invited Talks)
313-	- Comunicaciones a congresos internacionales
328-	- Comunicaciones a congresos nacionales
330-	- Artículos en revistas internacionales sin árbitros y comunicaciones cortas
332-	- Artículos en revistas nacionales
333-	- Libros y capítulos de libros
334-	- Tesis doctorales
336-	<b>REUNIONES CIENTÍFICAS</b>
341-	<b>TIEMPO DE OBSERVACIÓN FUERA DE CANARIAS</b>
342-	<b>DISTINCIONES</b>
344-	<b>RECURSOS HUMANOS</b>
348-	<b>PERSONAL</b>
361-	<b>DIRECCIONES Y TELÉFONOS</b>



*Telescopio solar GREGOR, inaugurado el 21 de mayo de 2012, en el Observatorio del Teide (Tenerife) del Instituto de Astrofísica de Canarias. (IAC)*

*Se trata del telescopio solar más grande de Europa y el tercero en dimensiones del mundo. Además de su diámetro, su avanzada tecnología permitira a la comunidad científica, estudiar el sol con un nivel de detalle sin precedentes hasta la fecha.*

*Al contrario de los telescopios solares tradicionales, el diseño de GREGOR es completamente abierto: la clásica cúpula se sustituye por un techo retráctil que se abre para que el viento circule y evite el sobrecalentamiento de la estructura y de los espejos.*

*Foto: Daniel López (© IAC).*

# PRESENTACIÓN

*Para no caer en el desánimo que va invadiendo a nuestra sociedad, por causas bien conocidas, empiezo subrayando que en el IAC no hemos bajado la guardia, y seguimos avanzando. Entre todos hemos conseguido en 2012 que nuestro Instituto siga haciendo Ciencia e Instrumentación de primera; que el GTC, pese a sus angustias económicas, esté produciendo resultados en número y calidad como los grandes telescopios a sus inicios; que nuestra escuela de posgrado atraiga a jóvenes de todo el mundo; que los Observatorios de Canarias se mantengan competitivos; y que continuamos difundiendo con entusiasmo la Ciencia en la cultura; Y que no nos forzasen a un ERE.*

*No obstante, no se puede dejar de denunciar la grave situación en la que nos encontramos los centros de investigación españoles, ahogados por drásticos recortes presupuestarios, trabas en la gestión que llegan a impedir el gasto de los recursos ya aprobados, e impedimentos insalvables en las contrataciones de personal. De mantenerse esta situación, las competitivas cotas alcanzadas se irán viniendo abajo. Situación que venimos denunciando en cuantas ocasiones tenemos.*

*Este año 2012 ha sido el año de los Estatutos del IAC, que esperamos regulen nuestra vida jurídico-administrativa por una larga temporada. Dura y larga batalla iniciada a raíz de la promulgación de la nueva Ley de la Ciencia en junio de 2011. Tampoco hay que olvidar lo que hubo que bregar también para que la redacción de esta Ley consolidara nuestras singularidades de Consorcio Público, participado por los gobiernos de España y Canarias, más la Universidad de La Laguna y el CSIC. Me da gusto recordar cómo hemos salido de estos trances difíciles, a base de sumar materia gris de nuestra mejor gente, y nunca perder el ánimo. Ésta es, para mí, nuestra mayor fortaleza: la calidad intelectual y humana.*

*Quizá la novedad más destacable de nuestros Estatutos sea la forma de seleccionar y nombrar Director del IAC. Destacable porque en nuestro país los directores de los grandes centros de investigación, ya sean estatales o de las Autonomías, aún son nombrados por los políticos de turno. En nuestro caso, tras un concurso abierto a nivel internacional, un grupo independiente de cinco prestigiosos astrofísicos de todo el mundo constituye una comisión que estudia los currículos y el proyecto de los candidatos, de entre los que selecciona una terna. El Consejo Rector del IAC tendrá que elegir de la terna al nuevo Director, teniendo en cuenta un informe, no vinculante, del Director saliente sobre las capacidades y las habilidades sociales y personales de cada uno de ellos, para desarrollar con eficacia su tarea en los ámbitos de ubicación del IAC.*

*El que esto escribe, aguarda con ilusión y esperanza, que la “presentación” de la Memoria correspondiente a 2013 sea escrita por una persona capaz de dirigir el IAC hacia arriba, con inteligencia, audacia y buen pulso, pese al “proceloso” mar de fondo en el que nadamos.*

*Amén.*

*Prof. Francisco Sánchez  
DIRECTOR*

# CONSORCIO PUBLICO

## “INSTITUTO DE ASTROFISICA DE CANARIAS”

El Consorcio Público “Instituto de Astrofísica de Canarias” está integrado por la Administración del Estado (a través del Ministerio de Educación y Ciencia), 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 Ciencia y Tecnología, 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.

MEMORIA  
2012 IAC

8

El IAC lo integran:

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



Se estructura en áreas:

- Investigación
- Instrumentación
- Enseñanza
- Administración de Servicios Generales

<b>Organos Directivos:</b>	<b>Nº Reuniones</b>
<b>* CONSEJO RECTOR</b>	<b>2</b>
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

**\* DIRECTOR**

<b>Organos Colegiados:</b>	<b>Nº Reuniones</b>
<b>* COMISION ASESORA PARA LA INVESTIGACION (CAI)</b>	
<b>* COMITE DE DIRECCION (CD)</b>	<b>30</b>
- Consejo de Investigadores	<b>2</b>
- Comisión de Investigación	<b>17</b>
- Comisión de Enseñanza	<b>9 *</b>
- Comité de la Biblioteca	<b>1</b>

(\* = virtuales)

<b>* COMITE CIENTIFICO INTERNACIONAL (CCI)</b>	<b>2</b>	
SUBCOMITES		
- Finanzas	<b>2</b>	
- Operación del Obs. del Roque de los Muchachos	<b>2</b>	
- Operación del Obs. del Teide	<b>2</b>	
- Calidad Astronómica del Cielo	<b>1</b>	
<b>* COMISION PARA LA ASIGNACION DE TIEMPO (CAT)</b>		
- Telescopios nocturnos (sala nocturna)	<b>2</b>	
- Telescopios solares (sala diurna)	<b>1</b>	

**MEMORIA  
IAC 2012**

**9**

## REUNIONES CELEBRADAS

### Reuniones del Consejo Rector

El Consejo Rector es el órgano decisorio del IAC, es decir, su máxima autoridad en materia administrativa y económica, y constituye el órgano a través del que ejercen sus competencias en el IAC las administraciones consorciadas. Se ha reunido dos veces a lo largo de 2012.

#### - Reunión del 18 de julio

El Consejo Rector del IAC fue presidido por la Secretaria de Estado de Investigación, Desarrollo e Innovación, Carmen Vela, y asistieron el Director de la Agencia de Investigación, Innovación y Sociedad de la Información del Gobierno de Canarias (ACIISI), Juan Ruiz Alzola; el Presidente del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), Emilio Lora-Tamayo; el rector de la Universidad de La Laguna (ULL), Eduardo Doménech; el presidente del Cabildo de Tenerife, Ricardo Melchior; el Vicepresidente Segundo del Cabildo de La Palma, Luis Alberto Viña en sustitución de Guadalupe González Taño, y el Director del IAC, Francisco Sánchez.

El Consejo Rector tuvo como principal objetivo cumplir con el mandato de la Ley de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación, aprobada en junio de 2011, que establece que antes del comienzo del ejercicio económico siguiente al de la entrada en vigor de la ley se deben aprobar los Estatutos del IAC, norma que determinará las peculiaridades de su régimen orgánico, funcional y financiero. El Consejo Rector aprobó por unanimidad los nuevos estatutos. Aunque a falta del trámite formal de la aprobación del Gobierno de Canarias.

En los Estatutos se establece el procedimiento de nombramiento del Director del IAC, para tratar de asegurar que sea elegido un astrofísico de prestigio internacional, con experiencia contrastada en el liderazgo de proyectos internacionales, así como en la gestión de entidades de investigación. Este procedimiento implica que se abra una convocatoria internacional pública donde la Comisión Asesora de Investigación, formada por cinco personalidades internacionalmente relevantes en el ámbito de la investigación y el desarrollo tecnológico de astronomía-astrofísica, estudie a los solicitantes, y eleve al Consejo Rector un informe sobre cada uno de ellos y una terna con los mejor valorados.

El Consejo Rector también analizó los problemas financieros del Gran Telescopio CANARIAS (GTC) y se diseñó un escenario de financiación para los próximos tres años.

#### - Reunión del 1 de octubre

MEMORIA  
2012 IAC

10

El Consejo Rector del IAC fue presidido por la Secretaria de Estado de Investigación, Desarrollo e Innovación, Carmen Vela, y asistieron el Director de la Agencia de Investigación, Innovación y Sociedad de la Información del Gobierno de Canarias (ACIISI), Juan Ruiz Alzola; el Presidente del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), Emilio Lora-Tamayo; el rector de la Universidad de La Laguna (ULL), Eduardo Doménech; el director general de Investigación Científica y Técnica del Ministerio de Economía y Competitividad (MINECO), Juan María Vázquez; la presidenta del Cabildo de La Palma, Guadalupe González Taño, y el Director del IAC, Francisco Sánchez.



*Llegada de los miembros del Consejo Rector.*

Configuró sus comisiones Delegada y Asesora

Cabe destacar el nombramiento de la Comisión Delegada del Consejo Rector formada por:

- Juan M. Vázquez Rojas, Director General de Investigación Científica y Técnica, del MINECO, quien ejercerá de Presidente
- Juan Ruiz Alzola, Director de la ACIISI, en representación del Gobierno de Canarias
- Catalina Ruiz Pérez, Vicerrectora de Investigación de la ULL
- Antonio Figueras Huertas, Vicepresidente de Investigación Científica y Técnica del CSIC
- Francisco Sánchez Martínez, Director del IAC

También el Consejo Rector nombró a los vocales de la Comisión Asesora de Investigación del IAC:

- Andrea Dupree
- Christoffel Waelkens
- Álvaro Giménez
- Michel Mayor
- Saku Tsuneta



*Izquierda: Asistentes al Consejo Rector durante la reunión.  
Derecha: Visita de la secretaria de Estado de Investigación, Desarrollo e Innovación, Carmen Vela, al Area de Instrumentación, en la sede central del IAC, acompañada de otros componentes del Consejo Rector y del Comité de Dirección del IAC.*

## Reuniones del Comité Científico Internacional (CCI)

Durante 2012 tuvieron lugar dos reuniones del CCI:

- **La reunión número 67 del CCI, se celebró el 30 de mayo en el Observatorio de París (Francia).**

MEMORIA  
IAC 2012

En la reunión se acordó asignar el Tiempo Internacional nocturno de 2012-2013 al Dr. J.A. Alberto Rubiño, et al., para un estudio piloto sobre el “Seguimiento de los cúmulos de galaxias de alto desplazamiento rojo, descubierto por el satélite Planck mediante el efecto Sunyaev-Zel’dovitch”.

11

El CCI tomó nota del nuevo estatus de los telescopios Solar Sueco (SST) y Óptico Nórdico (NOT), tras la retirada del Acuerdo de Cooperación en Astrofísica de los países escandinavos (Noruega, Suecia y Dinamarca) y acogió muy favorablemente el informe del IAC del buen progreso en la formalización de los nuevos acuerdos correspondientes.

**- La reunión número 68 del CCI, se celebró el 23 de octubre en La Universidad de La Laguna (Tenerife).**

En la reunión el Administrador del Observatorio del Teide, Dr. M. Serra, informó sobre tres nuevas instalaciones:

- El telescopio danés SONG para astrosismología;
- El XO (STScI, Baltimore, Maryland, EEUU) que usa dos lentes de cámara Canon EF200 de 200 mm de distancia focal, sobre una montura ecuatorial alemán;
- El QUIJOTE del IAC para observar el fondo cósmico de radio

El CCI aprobó las cuentas para el 2011 de los Servicios Comunes de ambos Observatorios, así como los presupuestos para el 2013.

El CCI acordó establecer los Comités de Servicios Comunes de ambos Observatorios.

El CCI acordó que el Prof. C. Waelkens (Inst. voor Sterrenkunde, Leuven, Bélgica) continuara como Presidente durante otro año.





## Observatorio del Teide



Superficie: 50 hectáreas  
Altitud: 1.970 metros  
Situación: Anillo, Isla de Tenerife  
Longitud: 18°30' 25" Oeste  
Latitud: 28°18' 00" Norte

Instrumento	Operador
Teide 1	INM
Teide 2	INM
Teide 3	INM
Teide 4	INM
Teide 5	INM
Teide 6	INM
Teide 7	INM
Teide 8	INM
Teide 9	INM
Teide 10	INM
Teide 11	INM
Teide 12	INM
Teide 13	INM
Teide 14	INM
Teide 15	INM
Teide 16	INM
Teide 17	INM
Teide 18	INM
Teide 19	INM
Teide 20	INM
Teide 21	INM
Teide 22	INM
Teide 23	INM
Teide 24	INM
Teide 25	INM
Teide 26	INM
Teide 27	INM
Teide 28	INM
Teide 29	INM
Teide 30	INM
Teide 31	INM
Teide 32	INM
Teide 33	INM
Teide 34	INM
Teide 35	INM
Teide 36	INM
Teide 37	INM
Teide 38	INM
Teide 39	INM
Teide 40	INM
Teide 41	INM
Teide 42	INM
Teide 43	INM
Teide 44	INM
Teide 45	INM
Teide 46	INM
Teide 47	INM
Teide 48	INM
Teide 49	INM
Teide 50	INM



El Observatorio de Canarias comenzó en el Observatorio del Teide (OT) en la década de los sesenta. Desde el año 1.966 hasta la actualidad, en esta observación se han construido los mayores telescopios e instrumentos astronómicos europeos.

Además de los instrumentos dedicados al estudio del Sol, el OT alberga todo tipo de instrumentos. Entre ellos, instrumentos dedicados a la astronomía general, instrumentos especializados en el rango infrarrojo, una redacción propia para comunicaciones con satélites y un instrumento de líneas espectrales, espectroscopio y "telescopio" de rayos X.

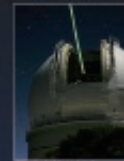
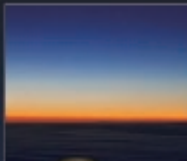


# LOS OBSERVATORIOS DE CANARIAS



## Observatorio del Roque de los Muchachos

Superficie: 189 hectáreas  
Altitud: 2.338 m  
Situación: Breña - Isla de La Palma  
Longitud: 17°52' 34" Oeste  
Latitud: 28°43' 34" Norte



Este Observatorio del Roque de los Muchachos (ORM), al igual que el Observatorio del Teide, es una parte fundamental de la infraestructura científica más importante del hemisferio Norte. Entre ellos, forman el Gran Telescopio Canarias que, con su espejo de más de 30 metros de diámetro, es el mayor telescopio jamás fabricado en el mundo.

Este observatorio cuenta además con telescopios reflejos, telescopios tipo Schmidt como instrumento de ultra anchura y instrumentación dedicada a medir la actividad solar desde la propia estación. Desde los telescopios activos del ORM se han obtenido los mejores imágenes del Sol que se han tomado en la historia.

Instrumento	Operador
ORM 1	INM
ORM 2	INM
ORM 3	INM
ORM 4	INM
ORM 5	INM
ORM 6	INM
ORM 7	INM
ORM 8	INM
ORM 9	INM
ORM 10	INM
ORM 11	INM
ORM 12	INM
ORM 13	INM
ORM 14	INM
ORM 15	INM
ORM 16	INM
ORM 17	INM
ORM 18	INM
ORM 19	INM
ORM 20	INM
ORM 21	INM
ORM 22	INM
ORM 23	INM
ORM 24	INM
ORM 25	INM
ORM 26	INM
ORM 27	INM
ORM 28	INM
ORM 29	INM
ORM 30	INM
ORM 31	INM
ORM 32	INM
ORM 33	INM
ORM 34	INM
ORM 35	INM
ORM 36	INM
ORM 37	INM
ORM 38	INM
ORM 39	INM
ORM 40	INM
ORM 41	INM
ORM 42	INM
ORM 43	INM
ORM 44	INM
ORM 45	INM
ORM 46	INM
ORM 47	INM
ORM 48	INM
ORM 49	INM
ORM 50	INM



# 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)
	<b>SHABAR</b>	IAC (E)	2010
	Monitor de seeing automático (DIMMA)	IAC (E)	2010
30	Telescopio robótico Bradford	Univ. Bradford (RU)	2005
30	Telescopio EARTHSHINE	New Jersey Inst. Technology (EEUU) IAC (E)	2009
40 x 2	Red de telescopios ópticos (OTA)	Sociedad del Telescopio (EEUU)	2004
50	Telescopio MONS	Univ. Mons (B)	1972
60	Telescopio solar de Torre al Vacío (VTT)	Inst. Kiepenheuer (A)	1989
80	Telescopio IAC-80	IAC (E)	1993
90	Telescopio solar THEMIS	CNRS-INAF (FR-IT)	1996
100	Telescopio OGS	IAC-ESA (E-Intern.)	1996
100	Telescopio SONG	Univ. Aarhus (D) Univ. Copenhagen (D)	2012
120 x 2	Telescopios robóticos STELLA	Inst. Postdam (A) Obs. Hamburgo (A)	2005 y 2006
150	Telescopio solar GREGOR	Inst. Kiepenheuer (A) Univ. Gottingen (A) Inst. Postdam (A)	2012 *
155	Telescopio infrarrojo Carlos Sánchez (TCS)	IAC (E)	1972
40 x 3 100 x 2	LCOGT	LCOGT Network (EEUU)	2014 *
350	Experimento QUIJOTE CMB	IAC (E)	2012
	<u>Instrumentos en el LABORATORIO SOLAR:</u>		
	- Espectrofotómetro integral MARK-I	Univ. Birmingham (RU)	1977
	- Tacómetro de Fourier GONG-T	IAC (E)	1996
	- Fotómetro estelar EAST	NSO (EEUU) Univ. Tsing-Hua (T)	2006

\* Previsto

A= Alemania, B= Bélgica; D = Dinamarca; E= España, EEUU= Estados Unidos; FR= Francia; IT= Italia; R = Rusia; RU= Reino Unido; Taiwán; Intern.= Internacional

- Comunicaciones: Red IBERCOM (6 líneas de emergencia con 65 extensiones, 2 líneas de fax), sistema de radio-enlace con 1 estación de base, 5 a bordo de vehículos y 5 portátiles.
- Alojamientos: Residencia con 24 plazas.
- Vehículos: 9 adscritos a las instalaciones telescópicas y 4 todo-terreno.
- Energía: 3 centros de transformación con 660 KVA y 3 grupos electrógenos con 295 KVA.
- Cúpula de visitantes: Aforo 43 personas.
- Otras instalaciones: Zona de servicios, Garajes y Cuarto de Máquinas.

# 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

Díámetro (cm)	INSTRUMENTO	PROPIETARIO	Operativo (año)
	Cámara robótica SuperWASP	Colaboración WASP *	2004
	Monitor de seeing automático (DIMMA)	IAC (E)	2007
	CILBO	ESA	2011
18	Círculo de Tránsitos Automáticos (CTA)	IAC-ROA (E)	1984
45	Telescopio solar Abierto Holandés (DOT)	Fundación DOT (PB)	1997
60	Telescopio óptico	R. Academia de Ciencias (S)	1982
97	Refractor solar (SST)	Univ. Estocolmo (S)	2002
100	Telescopio Jacobus Kapteyn (JKT)	STFC (RU-PB)	1984
100	Telescopio óptico SQFT	Univ. Warwick (RU)	2013 *
120	Telescopio MERCATOR	Inst. Sterrenkunde (B)	2002
200	Telescopio robótico Liverpool (LT)	Univ. Leuven (B) Univ. John Moore Liverpool (RU)	2003
250	Telescopio Isaac Newton (INT)	STFC (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 (RU-PB-E)	1987
1.040	Gran Telescopio CANARIAS (GTC)	GRANTECAN (E-EEUU-M)	2008
1.700 x 2	Telescopios Cherenkov MAGIC I y MAGIC II	Colaboración MAGIC **	2004 y 2008

\* Previsto

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

\*\***Consortio MAGIC:** Universidades de Gottingen, GH-Siegen y Wurzburg, Inst. Max-Planck Munich (A); Inst. Física Yerevan (AR); Universidades Complutense de Madrid y Autónoma de Barcelona, Inst. Física d'Altes Energies (E); Univ. California (EEUU); Obs. Tuorla (FI); Universidades de Padua y Siena (IT); Univ. Lodz (P); Univ. Potchefstroom (PB); Inst. Nuclear Research (R); Obs. de Crimea (U)

A= Alemania; AR= Armenia B= Bélgica; D= Dinamarca; E= España; EEUU= Estados Unidos; FI= Finlandia; FR=Francia; IS = Islandia; IT= Italia; M= México, N= Noruega; P = Polonia; PB= Países Bajos; R = Rusia; RU= Reino Unido; S= Suecia; U= Ucrania

- Comunicaciones: Red IBERCOM (30 líneas externas con 114 extensiones, 2 líneas de fax), sistema de radio-enlace con 6 estaciones de base y 42 a bordo de vehículos, línea de datos a 2 Mbits de velocidad.

- Alojamiento: Residencia con 29 habitaciones (24 individuales y 5 dobles); Anexo con 30 habitaciones (9 individuales y 21 dobles).

- Vehículos: 3 todo-terreno, 1 turismo, 1 camión (quitanieve y contra incendios) y 1 ambulancia.

- Helipuertos: 4.

- Otras instalaciones: Zona de Servicios con despachos, Laboratorio de Electrónica, Taller de Mecánica, Almacén, Garajes, Grupos Electrogeneradores, Transformadores, Cuarto de Máquinas, Taller de Soldadura y Gasolinera.

# NUEVA INFRAESTRUCTURA

## TELESCOPIO DE LIVERPOOL

El Telescopio Liverpool, uno de los telescopios robóticos más grandes del mundo, instalado en el Observatorio del Roque de los Muchachos, cuenta con un nuevo edificio de apoyo instrumental que mejorará su rendimiento y permitirá un mejor aprovechamiento de las capacidades del mismo.

En la mañana del 3 de mayo tuvo lugar el acto inaugural del Edificio de Apoyo del Telescopio Liverpool, en el Observatorio del Roque de los Muchachos (La Palma) del Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC). El acto fue organizado por la Universidad John Moores de Liverpool (LJMU, Reino Unido), propietaria del Telescopio Liverpool, instalado en dicho Observatorio desde 2003.

A la inauguración asistió una delegación de la LJMU, presidida por su Vicerrector, el Prof. Nigel Weatherill; el Alcalde de Garafía, el Sr. Yeray Rodríguez Rodríguez; así como una representación de las instituciones científicas presentes en el Observatorio del Roque de Los Muchachos, presidida por el Director del IAC, el Prof. Francisco Sánchez.

El Telescopio Liverpool, con 2 m de diámetro, es uno de los cuatro telescopios robóticos más grandes del mundo. Su funcionamiento, totalmente autónomo, permite optimizar el tiempo de observación, ya que los objetos a observar en cada momento de la noche son seleccionados de una base de datos por un sistema de control robótico que evalúa su visibilidad, las condiciones meteorológicas y la prioridad de la observación.

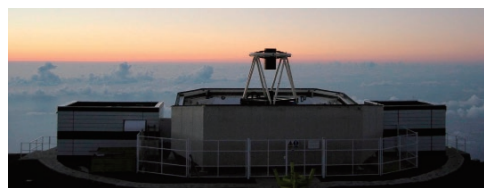
interrumpir las observaciones regulares y cambiar en segundos a la observación de eventos transitorios impredecibles, como las explosiones de rayos gamma o las supernovas.

Además de su utilización por la comunidad científica del Reino Unido, española e internacional, un 10% del tiempo total de observación con este telescopio se destina a programas de divulgación de la astronomía dirigidos a estudiantes, profesores y astrónomos aficionados, tanto británicos (5%) como españoles (5%). Los programas divulgativos con el Telescopio Liverpool, National Schools' Observatory de la LJMU (Reino Unido) y PETeR (Proyecto Educativo con Telescopios Robóticos) del IAC (España), disponen de una página Web educativa que facilita la comunicación entre el telescopio y los colegios, institutos y asociaciones de astrónomos aficionados que soliciten observaciones con el telescopio, así como de un software propio de visualización y análisis de imágenes astronómicas.

La nueva instalación contiene una sala de control y oficina, que facilitará el control del telescopio cuando se realicen pruebas con nuevos instrumentos. Cuenta además con un taller en el que se podrán montar y probar los nuevos instrumentos antes de que sean instalados en el telescopio, así como hacer las revisiones de servicio a la instrumentación ya instalada. Por último, el edificio dispone también de un almacén en el que se guardarán repuestos importantes para el funcionamiento del telescopio, que permitirán un replazo rápido en caso de fallos. El conjunto permitirá obtener un mejor aprovechamiento del telescopio, reduciendo los tiempos de pruebas y puesta en marcha de la instrumentación.

## MEMORIA 2012 IAC

- 16 El telescopio y su sistema de control robótico están especialmente diseñados para el seguimiento de fenómenos astronómicos variables en escalas de tiempo desde segundos a años, como, por ejemplo, los producidos por estrellas variables, tránsitos de planetas extrasolares por delante de su estrella, núcleos de galaxias activas, quásares, etc. Además, su capacidad de respuesta rápida le permite



*El Telescopio Liverpool abriendo su cúpula al atardecer.  
Crédito: A. Gomboc.*



## TELESCOPIO GREGOR

El Telescopio solar más grande de Europa se instala en Tenerife. El nuevo telescopio solar GREGOR permitirá observar la atmósfera solar con una resolución inédita hasta la fecha.

El acto inaugural se celebró el 21 de mayo, en el Observatorio del Teide (Tenerife) del Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC). El acto ha sido organizado por el Kiepenheuer-Institut für Sonnenphysik (KIS), institución que lidera el consorcio alemán que ha construido el telescopio.

A la inauguración asistieron autoridades del Ministerio de Economía y Competitividad del Gobierno de España, del Gobierno de Canarias, del Ministerio de Educación e Investigación de la República Federal de Alemania y de los estados alemanes que participan en el proyecto, así como destacados científicos de la comunidad internacional de Física Solar.

Tras diez años de desarrollo, el telescopio alemán GREGOR arranca sus operaciones en el Observatorio del Teide del Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC). Se trata del telescopio solar más grande de Europa y el tercero en dimensiones del mundo. Además de su diámetro, su avanzada tecnología permitirá a la comunidad científica—española, alemana e internacional- estudiar el Sol con un nivel de detalle sin precedentes hasta la fecha. No sólo se podrán comprender mejor los procesos físicos que acontecen en la mayoría de estrellas del Universo, sino también resolver cuestiones terrenales: la actividad solar afecta e incluso daña los satélites y las redes de energía de diferentes regiones de la Tierra. Profundizar en su conocimiento puede ayudar a mitigar estos problemas de alto impacto económico.

GREGOR tiene una apertura de 1,5 m, superior a la del resto de telescopios solares instalados en los observatorios del IAC. Su

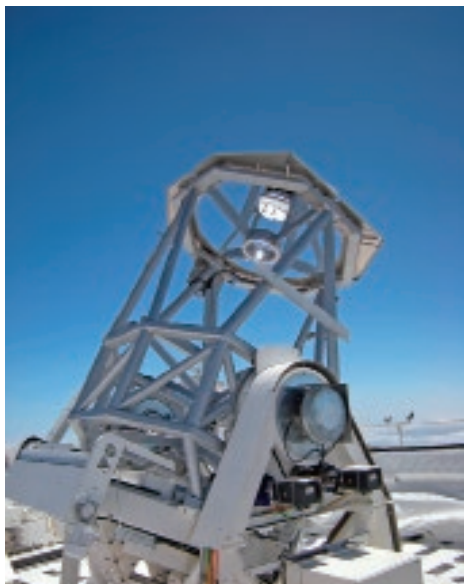
diámetro y el novedoso sistema de Óptica Adaptativa, que compensa las turbulencias atmosféricas, logra una calidad de imagen que, hasta el momento, ningún telescopio solar terrestre había obtenido, tanto en el rango visible como en el infrarrojo. La resolución espacial, espectral y temporal resultante permite que los investigadores puedan seguir los procesos físicos en la superficie del Sol en escalas tan pequeñas como 70 km.

El telescopio ha sido diseñado para realizar observaciones de la fotosfera solar (la capa de la que procede la mayor parte de la luz y el calor que se reciben en la Tierra), y la cromosfera, capa de la atmósfera solar que se sitúa justo encima de la anterior. Pero también podrá utilizarse durante la noche: se monitorizarán “soles distantes” para averiguar si tienen el mismo comportamiento cíclico que nuestra estrella.

*“GREGOR se construyó, principalmente, para estudiar los procesos físicos en la superficie visible del Sol. En estas capas vemos cómo la energía proveniente de su interior emerge para, después, ser lanzada al espacio exterior y, en ocasiones, llegar a la Tierra”, explica Oskar von der Lühe, Director del Kiepenheuer-Institut für Sonnenphysik (Alemania).*

Al contrario de los telescopios solares tradicionales, el diseño de GREGOR es completamente abierto: la clásica cúpula se sustituye por un techo retráctil que se abre para que el viento circule y evite el sobrecalentamiento de la estructura y de los espejos. Esta especial arquitectura exige una importante estabilidad mecánica de la estructura del telescopio para eliminar las vibraciones inducidas por el viento.

El espejo primario es una estructura ligera compuesta por un material especial que no se deforma al ser sometido a la radiación solar. Sin embargo, para evitar turbulencias internas, el espejo es refrigerado por su parte posterior.



*Telescopio solar GREGOR en el Observatorio del Teide.*

La luz captada por GREGOR es distribuida hacia los diferentes instrumentos de análisis que incorpora. El primero de ellos es un sistema de imagen que registrará observaciones de la superficie solar en diversas longitudes de onda. Sus responsables esperan que las imágenes presenten una extraordinaria riqueza de detalles. Asimismo, el telescopio incorpora un dispositivo de interferometría para estudiar la fotosfera y la cromosfera solares. Su objetivo es analizar las interacciones de los campos magnéticos con el plasma solar, altamente dinámico. A estos dos instrumentos, se añade GRIS (Grating Infrared Spectrograph), un espectrógrafo que estudiará la atmósfera solar en la parte infrarroja del espectro. Este instrumento, que ha sido diseñado y desarrollado en el IAC, será capaz de generar mapas detallados de los campos magnéticos del Sol.

*“Esperamos obtener datos de una calidad superior a la de los telescopios espaciales”, explica Manuel Collados, investigador del IAC e investigador principal del instrumento*

GRIS. A su juicio, GREGOR es además un “*banco de pruebas*” de cara a la futura construcción del Telescopio Solar Europeo (EST, en su acrónimo inglés) que contará con un espejo primario de cuatro metros.

GREGOR ha sido construido por un consorcio alemán bajo el liderazgo del Kiepenheuer-Institut für Sonnenphysik en Friburgo. En él, han participado el Leibniz-Institut für Astrophysik Potsdam, el Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung en Katlenburg/Lindau, el Institut für Astrophysik Göttingen, el Astronomical Institute of the Academy of Sciences de la República Checa y el Instituto de Astrofísica de Canarias.



*Arriba: Telescopio solar GREGOR con el Teide al fondo.*

*Abajo: Telescopios solares GREGOR y VTT en el Observatorio del Teide.*



*Crédito de las fotos: Kiepenheuer-Institut für Sonnenphysics.*

# COMISIÓN PARA LA ASIGNACIÓN DE TIEMPO (CAT)

## En los Observatorios del IAC

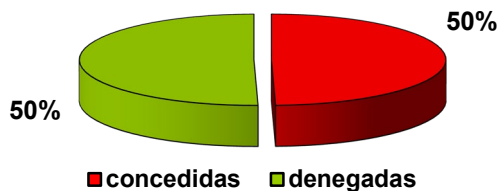
Entre los objetivos del IAC figura “promover la investigación astrofísica” y “fomentar las relaciones con la comunidad científica nacional e internacional”. La forma más directa que tiene el Instituto de actuar en tal sentido es facilitando el uso de tiempo de observación disponible en cada uno de los 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).

La nueva composición consta/la forman tres Paneles, cada uno 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 Vicepresidente 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.

1.306,6 noches solicitadas en los telescopios nocturnos del ORM y OT



Factor de sobrepetición 2 (200%)

## Sala nocturna

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

**15, 16 y 17 de mayo (1)**  
**13, 14 y 15 de noviembre (2)**

Presidente  
*José A. Acosta Pulido (IAC)*

Vicepresidente  
*Juan A. Belmonte (IAC) (1)*  
*Carlos Allende Prieto (IAC) (2)*

### PANEL I; GALAXIAS Y COSMOLOGIA (GACOS)

Comisionado  
*Ismael Pérez Fournon (IAC)*

Vice-comisionado  
*Patricia Sánchez Blázquez (UAM) (1)*  
*Carlos Gutiérrez de la Cruz (IAC) (2)*

Vocales  
*Ascención del Olmo Orozco (IAA) (1-2)*  
*José A. de Diego Onsurbe (IA-UNAM) (1)*  
*Carlos Gutiérrez de la Cruz (IAC) (1)*  
*Alberto Fernández Soto (Univ. Cantabria) (2)*  
*Patricia Sánchez Blázquez (UAM) (2)*

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

Comisionado  
*Sebastián Hidalgo Rodríguez (IAC)*

Vice-comisionado  
*Carme Jordi (UB) (1)*  
*Francesca Figueras Siñó (UB) (2)*

Vocales  
*Cristina Zurita Espinosa (IAC) (1-2)*  
*Begoña García Lorenzo (IAC) (1-2)*  
*Antonio Marín Franch (CEFCA) (1)*  
*Tarik Shahbaz (IAC) (2)*

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

Comisionado  
*Guillermo Torres (CfA) - CCI (1)*  
*Fernando Comerón (ESO) - CCI (2)*

Vice-comisionado  
*Hans Deeg (IAC) (1)*  
*Julia de León (ULL) (2)*

Vocales  
*Eva Villaver (UAM) (1-2)*  
*Víctor Sánchez Bejar (IAC) (1-2)*  
*Josep M. Trigo (CSIC-IEEC) (1)*  
*Mercedes López Morales (CfA) (2)*

## Sala diurna

El CAT, en la sala diurna, distribuyó el tiempo de observación de los telescopios solares. Se reunió en una ocasión por videoconferencia y los participantes fueron:

### 30 de enero

Presidente  
*Manuel Collados Vera (IAC)*

Vocal del IAC  
*Andrés Asensio Ramos*

Vocales de la Comunidad Nacional  
*Ramón Oliver (Univ. Islas Baleares)*  
*Javier Rodríguez Pacheco (UAH)*

Vocal Comité Científico Internacional  
*Arturo López Ariste (CNRS-THEMIS)*

En las tres reuniones del CAT, dos de la sala nocturna y una de la sala diurna, ha actuado *Tatiana Karthaus*, del IAC, como Secretaria.

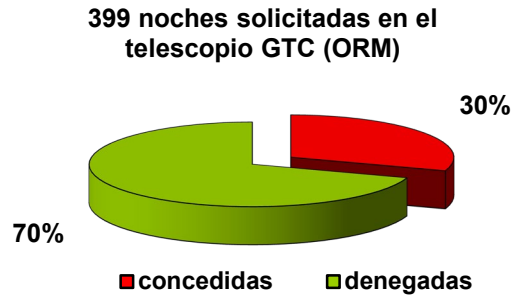
NOTA: Las resoluciones del CAT, con las propuestas seleccionadas, aparecen detallados en las siguientes direcciones electrónicas:

- 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>

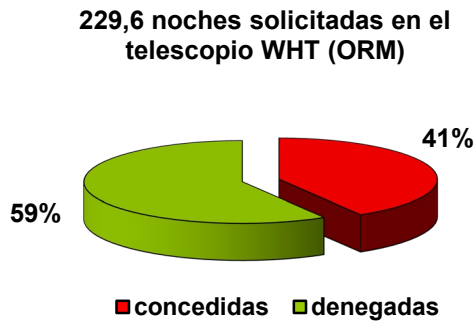
por lo que para evitar repeticiones no se incluirán en esta Memoria. (Información: *Tatiana Karthaus*, Secretaria del CAT).

## FACTORES DE SOBREPETICION PARA EL TIEMPO ESPAÑOL EN LOS TELESCOPIOS NOCTURNOS DEL OT Y DEL ORM

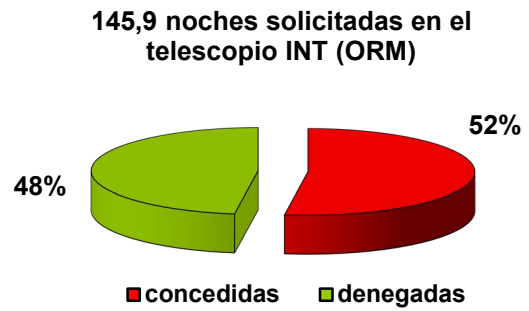
*El factor de sobrepetición expresa el número de noches solicitadas por cada noche concedida.*



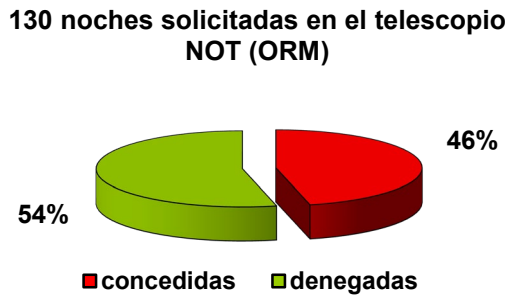
**Factor de sobrepetición 3,3 (330%)**



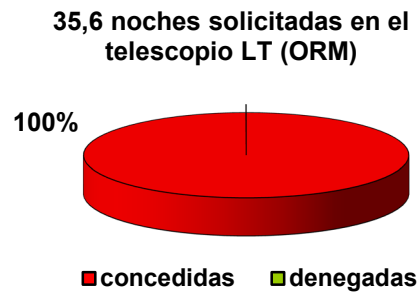
**Factor de sobrepetición 2,4 (240%)**



**Factor de sobrepetición: 1,9 (190%)**

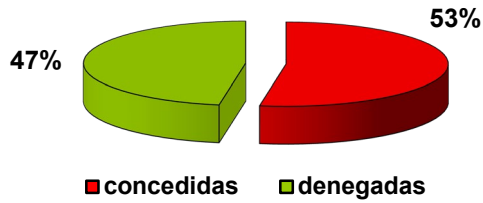


**Factor de sobrepetición: 2,2 (220%)**



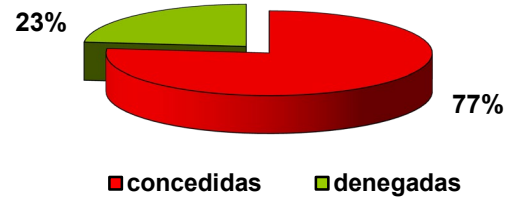
**Factor de sobrepetición: 1 (100%)**

114,7 noches solicitadas en el telescopio TNG (ORM)



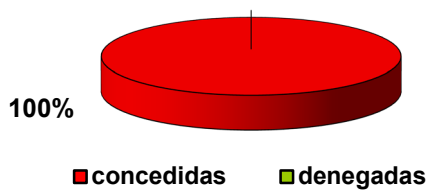
Factor de sobrepetición: 1,9 (190%)

30 noches solicitadas en el telescopio MERCATOR (ORM)



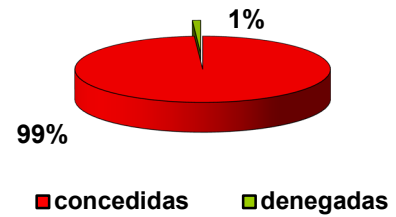
Factor de sobrepetición: 1,3 (130%)

52,2 noches solicitadas en el telescopio TCS (OT)



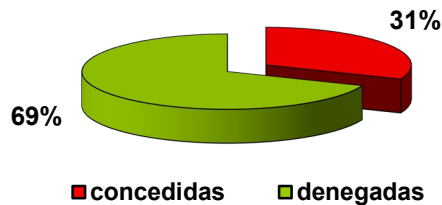
Factor de sobrepetición 1 (100%)

106,8 noches solicitadas en el telescopio IAC-80 (OT)



Factor de sobrepetición 1 (100%)

62,8 noches solicitadas en el telescopio STELLA (OT)



Factor de sobrepetición 3,2 (320%)

# ACUERDOS

## **CONVENIO DE COOPERACION ENTRE EL SPACE TELESCOPE INSTITUTE Y EL INSTITUTO DE ASTROFÍSICA DE CANARIAS PARA LA EXPLOTACION DE LA INSTALACIÓN ROBÓTICA XO EN EL OBSERVATORIO DEL TEIDE**

En el mes de mayo se completó el proceso de establecer un Convenio de Cooperación entre el Space Telescope Science Institute, STScI de Baltimore (Maryland, EEUU) y el IAC para el establecimiento y explotación de la instalación robótica XO en el Observatorio del Teide.

Esta instalación consta de dos lentes de cámara Canon EF200 de 200 mm de distancia focal, sobre una montura ecuatorial alemán, y formará parte de la red global

## **NUEVO ACUERDO ENTRE LA STICHTING DUTCH OPEN TELESCOPE Y EL INSTITUTO DE ASTROFÍSICA DE CANARIAS**

En diciembre del 2012 se firmó un nuevo acuerdo entre la Stichting Dutch Open Telescope y el IAC para la operación durante cinco años más del telescopio DOT en el Observatorio del Roque de los Muchachos.

## **EL INSTITUTO DE ASTROFÍSICA DE CANARIAS Y LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN FIRMAN UN DOCUMENTO PARA FORMALIZAR COLABORACIONES ENTRE AMBAS INSTITUCIONES**

El Rector de la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL, México), Jesús Ancer Rodríguez, y el Director del Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC), Francisco Sánchez, firmaron el 5 de marzo, en la sede central del IAC en La Laguna, un documento que abre la vía para el establecimiento formal de una cooperación entre ambas instituciones en temas relativos a Astrofísica y Ciencias del Espacio. La firma ha estado

presidida por el Rector de la Universidad de La Laguna (ULL), Eduardo Doménech.

La UANL está inmersa en la creación de un grupo de investigación en Astronomía y Ciencias del Espacio y desea implantar un grado de la misma materia en su Universidad. Esta firma es un primer paso para trabajar conjuntamente con el IAC en programas internacionales de desarrollo científico-técnico-académico de interés mutuo.

Una delegación de la UANL, presidida por su Rector, acompañado de las principales autoridades de su Universidad, ha viajado a Canarias para conocer de manera directa el IAC y sus observatorios del Teide y del Roque de los Muchachos, donde se ubica el Gran Telescopio CANARIAS, instrumento que cuenta con la participación de México.

El interés por parte de la UANL en la creación de un grupo de Astronomía y la implantación de un grado de Astronomía y Ciencias del Espacio, se inició como consecuencia de las visitas efectuadas por el Director del IAC y el entonces Director del Instituto de Astronomía de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), José Franco, dentro del 'Programa de transferencia de la experiencia española en la creación y fortalecimiento de grupos de Astrofísica en las universidades mexicanas', perteneciente a los "ENCUENTROS ASTROFÍSICOS BLAS CABRERA", patrocinados por el Grupo Santander.



*Firma del documento de colaboración entre la UANL y el IAC el 5 de marzo de 2012. De izquierda a derecha se encuentran el Director del IAC, el Rector de la ULL y el Rector de la UANL.*

# GRAN TELESCOPIO CANARIAS (GTC)



MEMORIA  
2012 IAC

24

*El telescopio GTC apuntando al cielo estrellado de La Palma.  
Foto: Pablo Bonet (IAC).*



El Gran Telescopio Canarias (GTC) es el primer proyecto de “gran ciencia” liderado por España, para ser instalado en nuestro territorio. Es, además, 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 2012A (marzo a agosto 2012) y 2012B (septiembre 2012 a febrero 2013) se ha completado el cuarto año de operación del telescopio. Durante estos dos semestres algo menos del 80% del tiempo se ha dedicado a realizar programas de observación científica. Algo más de un 20% del tiempo fue dedicado a actividades técnicas de mejora y ajustes del telescopio, especialmente aquellas necesarias para la puesta en marcha de modos de observación de **OSIRIS** y de **CanariCam** aún no ofrecidos a la comunidad. En los meses de octubre y noviembre de 2012 hubo que hacer frente a una importante avería en los mecanismos del espejo secundario. Como consecuencia de fallos en algunos sensores internos de estos mecanismos algunas piezas del hexápodo sufrieron esfuerzos extremos que supusieron rotura de alguna y deformación de otras. La reparación supuso algunas semanas de inactividad en el telescopio.

El tiempo de observación se ha destinado a satisfacer las solicitudes de un total de 110 programas de observación de los que más de un 46% se han podido completar con éxito. Casi un 21% del tiempo de observación se dedicó a los programas científicos de la ESO, en pago por la entrada de España en esta organización internacional.

Como resumen de los cuatro primeros (ocho semestres) de observación con el telescopio GTC (desde marzo de 2009) valen las siguientes cifras:

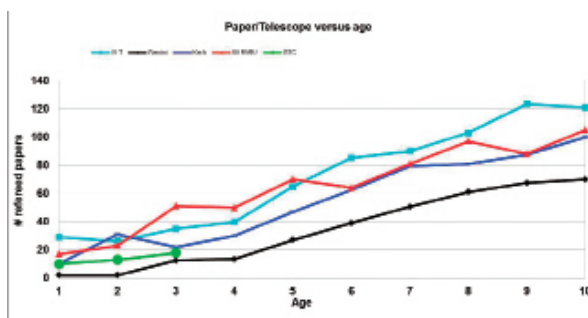
- El total de solicitudes de observación recibidas ha sido 753 (algo más del 76% de centros españoles).

- Estas solicitudes totalizaron 12,331 horas de observación solicitadas.

- En estos seis primeros semestres se han completado un total de 3.236 horas de observación, correspondientes a 334 propuestas de observación atendidas (146 completadas en su semestre).

- Con estos números, el *factor de sobrepetición* medio (entendido como la relación entre el número de horas de observación solicitadas y el número de horas de observación disponibles) ha sido de 3,8.

Las primeras publicaciones científicas en revistas internacionales, con árbitro, basadas en datos obtenidos con el telescopio GTC, se empezaron a publicar a principios del año 2010. En 2012 se han publicado un total de 18 artículos. Desde el año 2010, fecha en la que se realizaron las primeras publicaciones científicas basadas en datos reales, se han publicado 41 artículos de este tipo. La figura adjunta compara estos números con lo que ha sido la historia de publicaciones de los mayores telescopios en operación (fuente: ESO Publication Statistics, Zersion July 2010).



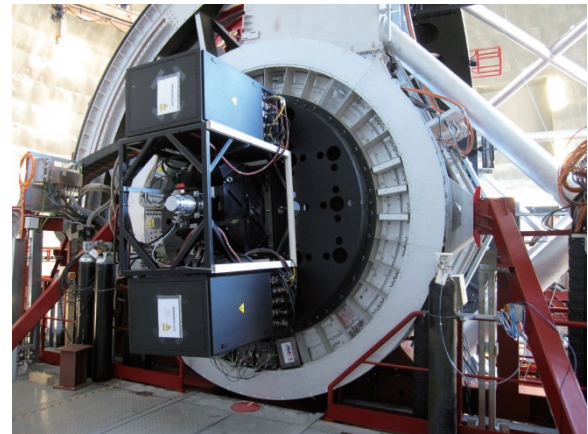
Además, en este año 2012, se completó satisfactoriamente el diseño preliminar del instrumento **MEGARA**, bajo el liderazgo de la Universidad Complutense de Madrid, en colaboración con la Universidad Politécnica de Madrid, el Instituto de Astrofísica de Andalucía, y el Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica de México. También, a finales de este año, se finalizan los trabajos del diseño preliminar de **MIRADAS**, bajo el liderazgo de la Universidad de Florida, en colaboración con el Instituto de Astrofísica de Canarias, la Universidad Complutense de Madrid y el Instituto de Física de Altas Energías, de Barcelona. La revisión de estos trabajos se pretende completar a principios del año 2013.

La financiación parece ya más clara. El Estado (MINECO) y la Comunidad Autónoma (ACIISI) han llegado a un acuerdo de financiación conjunta de la operación del telescopio y del desarrollo de su nueva instrumentación hasta 2015. Esta financiación es inferior a la necesaria, por lo que se requiere la incorporación de nuevos socios o usuarios que complementen esta financiación a cambio del acceso al telescopio.

También, a lo largo del año 2012 se realizan las siguientes actividades destacadas:

- En septiembre, para ser utilizados a partir del semestre 2013A, se ofrece a la comunidad el uso de los filtros de banda estrecha, en **OSIRIS**, del programa SHARD, liderado por el Dr. Pérez González de la UCM.

coronografía y espectroscopia de alta resolución) se están caracterizando y se ofrecerán en semestres posteriores.



*Imagen de CanariCam instalado en el Gran Telescopio CANARIAS (GTC). La parte hexagonal que hay entre las dos cajas negras de electrónica es el criostato, que está cerrado herméticamente. En el interior del criostato se recibe la luz que llega de los objetos celestes. Allí la presión es mil millones de veces más baja que la presión atmosférica a nivel del mar, y la temperatura puede alcanzar los -265 °C. Para conseguir estas temperaturas tan bajas se utiliza un sistema de enfriado con helio, dado que, si el interior del criostato estuviera a temperatura y presión ambiente, la propia emisión infrarroja del metal del instrumento sería tan brillante que no nos permitiría ver la luz infrarroja que nos llega de los astros.*

*Crédito: Carlos A. Álvarez, GTC.*

- La empresa IDOM, adjudicataria del suministro de los mecanismos de los focos Cassegrain plegados o "Folded Cass", completó a total satisfacción, a principios del año, las pruebas de aceptación en el Observatorio y su entrega final. Estos rotadores se pretenden instalar en el telescopio a lo largo de 2013, una vez se completen las modificaciones necesarias en el telescopio.

*En el terreno de la instrumentación científica*

- El IAC, en estrecha colaboración con GRANTECAN, ha continuado con los trabajos de puesta a punto de los modos de observación pendientes de **OSIRIS** (fotometría rápida, modo MOS, y filtro

- En marzo de este año se puso a disposición de la comunidad el instrumento **CanariCam**, desarrollado por la Universidad de Florida, con los modos de observación de imagen en 10 y 20 micras y espectroscopia de baja resolución en 10 micras, ampliándose a 20 micras en septiembre del mismo año. Los restantes modos de observación (polarimetría en modo imagen, espectropolarimetría,

sintonizable azul). Todos estos modos de observación se pretenden ofrecer a la comunidad a lo largo de 2013.

- El IAC, en colaboración con los restantes miembros del consorcio que lo respalda, ha avanzado significativamente en la fase de fabricación del instrumento **EMIR**. A finales de este año se inicia la fase de integración del instrumento en los laboratorios del IAC. Las pruebas en los talleres del IAC están planificadas para la segunda mitad de 2013 y su recepción en el Observatorio para mediados de 2014.

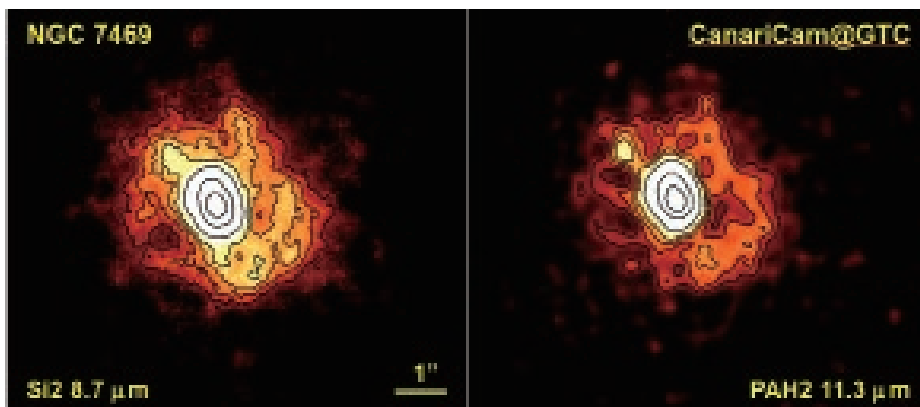
- El Instituto de Astronomía de la UNAM (México), en colaboración con otras instituciones como el

IAC, la Universidad de Florida, y la Universidad Complutense de Madrid progresa en la fase de fabricación del instrumento **FRIDA**, al tiempo que completa algunos aspectos pendientes abierto en la revisión del diseño de detalle. La planificación actual establece que su llegada al Observatorio se sitúa para el año 2015.

- El instrumento **CIRCE**, que fabrica la Universidad de Florida (UF) instrumento visitante en el telescopio GTC ofrecido por la UF a toda la comunidad del GTC. Su finalización en los laboratorios de la Universidad ha sufrido nuevos retrasos y actualmente está previsto su finalización y traslado al Observatorio para la segunda mitad de 2013.



*Galaxias en interacción: Galaxia espiral barrada Seyfert 1 NGC 7469 (Arp 298, Mrk 1514), y su compañera IC 5283. Imagen obtenida por el telescopio espacial Hubble. La galaxia espiral barrada Sy1 NGC 7469 es una luminosa fuente infrarroja con un potente estallido de formación estelar embebido en su región circumnuclear. El sistema se encuentra a unos 200 millones de años luz de la Tierra en la Constelación de Pegaso. Créditos: NASA, ESA, colaboración Hubble Heritage (STScI/AURA)-ESA/Hubble, y A. Evans (Universidad de Virginia, Charlottesville/NRAO/Universidad Stony Brook).*



*Sy1 NGC 7469 vista por CanariCam: En esta imagen podemos ver la galaxia espiral barrada Sy1 NGC 7469 en dos bandas de las disponibles en el instrumento CanariCam, instalado en el Gran Telescopio CANARIAS (GTC). Las imágenes en el IR medio, como las que se muestran, proporcionan información del centro de la galaxia. En este caso, el núcleo activo central (en blanco) está rodeado de zonas de formación estelar intensa (en amarillo). CanariCam permite realizar observaciones con mucha resolución espacial, al combinarse el tamaño del GTC (10.4 m de diámetro) con una excelente calidad de la atmósfera en el IR medio. Créditos: CanariCam/GTC; Grupo "Los piratas".*

# ÁREA DE INVESTIGACIÓN

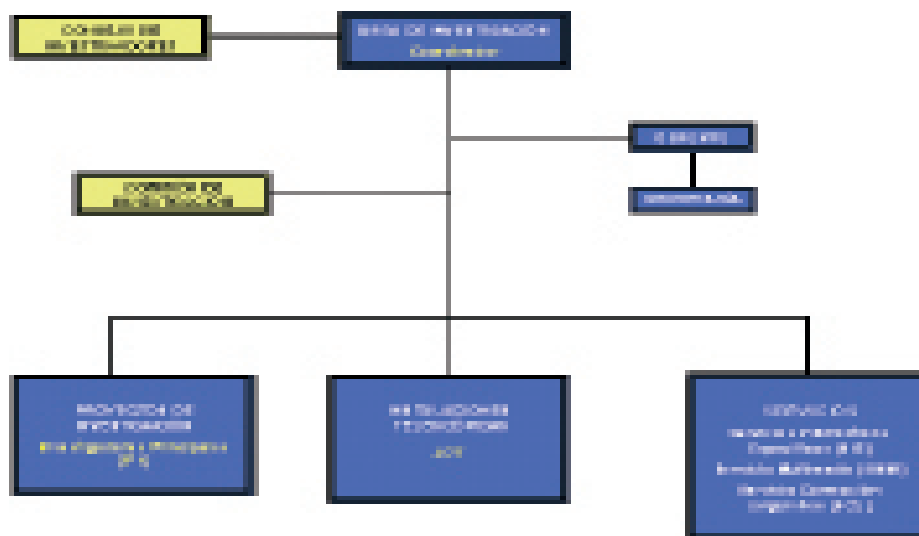
Corresponde al Área de Investigación la “elaboración y desarrollo de Proyectos de Investigación en el campo de la Astrofísica y en áreas relacionadas con ella”. A fin de cumplimentar sus objetivos, el Área tiene una estructura organizativa, de gestión y de servicios enfocada a facilitar y encauzar el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

- **Servicio de Corrección Lingüística (SCL)**. Encargado 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 los 40 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 133 personas, además de 14 Investigadores Afiliados y 4 doctores con el status de “Colaborador” adscritos al Área, quienes participan en distintos proyectos.

Durante el año 2012 se aprobaron 13 proyectos de investigación dirigidos por investigadores del IAC, en el marco del Área de Física y Ciencias del Espacio del Plan Nacional de I+D+i, por un total de 1.719.900 €. A través de los proyectos del Plan Nacional se incorporaron al IAC 22 investigadores postdoctorales, más 1 Ramón y Cajal y 2 Juan de la Cierva.

Igualmente ha habido una intensa actividad de Seminarios y Coloquios en el Área. A lo largo de este año, 5 investigadores 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 54 investigadores han impartido Seminarios, Charlas y *Breaking News*.

Finalmente, cabe destacar que durante 2012 se ha alcanzado la cifra de 355 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, R. Génova Santos,  
C.H. López Caraballo, S. Iglesias  
Groth, C.M. Gutiérrez de la Cruz, C.  
Scóccola, A.E. Peláez Santos y R.  
Vignaga.**

**Colaborador del IAC: R. Hoyland.**

M. Hobson, A. Lasenby, K. Grange, P. Scott (Univ. de Cambridge, Reino Unido); L. Piccirillo, B. Watson, R. Davis, R. Davies, C. Dickinson (Univ. de Manchester, Reino Unido); E. Martínez, P. Vielva, D. Herranz (Inst. Física de Cantabria); C. Burigana (Bologna, Italia); M. de Petris, L. Lamagna (Univ. de Roma, Italia); R. Sunyaev, J. Chluba (MPIA, Garching, Alemania) y el Planck Consortium.

### Introducción

El Proyecto persigue determinar las variaciones espaciales en la temperatura del Fondo Cósmico de Microondas 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 COBE (galardonados dos de sus investigadores principales con el Premio Nobel de Física 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 oscura. 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, en la actualidad este objetivo se persigue con el satélite Planck.

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 abordaje 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 permitirá 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. Se está desarrollando un experimento en el Observatorio del Teide (QUIJOTE) que complementa al satélite Planck explorando

un rango de frecuencias (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 dilucidar 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.

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

### **Evolución del Proyecto**

En colaboración con el grupo de ciencia número 7 del Consorcio Planck se ha llevado a cabo la identificación de nuevas regiones de emisión anómala en nuestra Galaxia. El satélite ha producido el catálogo más completo que existe hasta la fecha de regiones con esta emisión anómala de microondas. Se ha caracterizado espectralmente dicha emisión en todas ellas. Aunque el proceso causante todavía no está identificado de manera definitiva, la evidencia existente favorece la radiación dipolar eléctrica de moléculas carbonáceas que giran muy rápidamente en las diversas fases del medio interestelar como agente más probable.

Se ha trabajado intensamente en establecer la naturaleza del agente emisor estudiando en laboratorio las propiedades espectroscópicas en el óptico e infrarrojo de varias especies moleculares que son excelentes candidatas los (hidrocarburos policíclicos aromáticos y los fullerenos hidrogenados). Hay indicios de que estas moléculas podrían formarse eficientemente en regiones de formación estelar y en Nebulosas Planetarias. El estudio y caracterización en laboratorio se está extendiendo también a los aminoácidos

cuya presencia en el espacio exterior al Sistema Solar todavía no se ha demostrado.

Los mapas del satélite Planck también han permitido llevar a cabo una caracterización de la emisión sincrotrón, emisión libre-libre y emisión térmica de partículas de polvo en numerosas regiones de la Galaxia. El estudio, que no ha concluido aún, es uno de los más extensos realizados a frecuencias por encima de 30 GHz. El satélite ha obtenido mapas de todas estas emisiones a gran escala y a varias frecuencias.

El Consorcio Planck ha avanzado en la generación del mapa de la señal cosmológica del CMB, se ha obtenido el espectro angular de potencias y se ha llevado a cabo un análisis exhaustivo de las implicaciones cosmológicas. Los resultados que ya son prácticamente definitivos se harán públicos en la Conferencia ESLAB 2013 que organizará la ESA en abril de 2013. Continúa el trabajo en el marco del grupo de ciencia número 4 del Consorcio Planck para establecer cotas a la existencia de campos magnéticos primordiales, también se ha avanzado en los estudios sobre desviaciones de la gaussianidad de la señal cosmológica.

Se ha avanzado considerablemente en la generación de mapas de polarización de la misión Planck, pero todavía se continúa el esfuerzo por tener un mejor control de los efectos sistemáticos que permita una medida precisa de los modos E y una caracterización de los procesos de emisión galácticos.

El telescopio QUIJOTE vio su Primera Luz con el instrumento MFI en noviembre de 2012. Tras un periodo de pruebas con observaciones frecuentes de varios calibradores (Cass A, Crab, Cygnus X, la Luna, Júpiter) en los diversos modos de operación del satélite, comenzó en la segunda mitad de diciembre la fase de verificación científica para la que se han realizado observaciones detalladas en la región de Perseo con el objetivo de alcanzar una sensibilidad  $t$  en la medida de polarización de esta fuente y un control



de los efectos sistemáticos que permita alcanzar precisiones mejores que el 0.5% en esta medida. La precisión alcanzada por el satélite WMAP es del 1%.

## **ASTROFÍSICA RELATIVISTA Y TEÓRICA (P/308806)**

**E. Mediavilla Gradolph.**

**M. Serra Ricart, A. Oscoz Abad, E. Guerras Valera y R. Scarpa.**

E. Falco (Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics, EEUU), E. Simonneau (IAP, Francia), L. Popovic, (Obs. Astronómico de 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

obscura 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 cáusticas, y, por otro lado, aproximaciones que permitan tratar la formación de cáusticas.

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 GRBs presentan gran interés para la astrofísica relativista.

### **Hitos**

Se estimó el tamaño de la región de líneas anchas de los cuásares (BLR) a partir de la medida del efecto microlente en las líneas de emisión de 16 cuásares. Las líneas de alta ionización se ven más afectadas por el efecto microlente que las líneas de baja ionización, lo que indica que las regiones de alta ionización son más compactas. Un estudio estadístico de la magnificación inducida por el efecto microlente proporciona estimaciones para el radio de la BLR de 24 (-15/+22) y 55 (-35/+150) días luz (90% de confianza) para las líneas de alta y baja ionización, respectivamente. Cuando la muestra se divide atendiendo a la luminosidad del cuásar, las BLRs de los cuásares más luminosos son más grandes, con una pendiente consistente con la esperada en los modelos de fotoionización. Estas estimaciones también están de acuerdo con los resultados de estudios basados en la reverberación de la variabilidad del cuásar en la BLR.

### **Evolución del Proyecto**

Este año se ha mantenido la dedicación al estudio del tamaño del disco de acreción en cuásares a partir del análisis

de la cromaticidad inducida por el efecto microlente. Se han publicado los resultados de nuestro estudio basado en el uso de medidas de microlensing hechas a una única longitud de onda que ha permitido estimar con robustez un tamaño promedio de 4 días luz para el disco de acreción. Este resultado es casi un orden de magnitud mayor que el predicho por el modelo estándar de disco fino. También se han publicado estimaciones basadas en estudios espectroscópicos detallados de los parámetros (tamaño y perfil de temperatura) de los discos de acreción de otros dos sistemas, HE1104 y SDSS1004. Se ha estudiado la fotometría de banda estrecha obtenida con el telescopio NOT de Q2237 en 4 épocas diferentes derivando magnificaciones atribuibles al efecto microlente que implican un tamaño de casi 10 días luz para el disco de acreción en este cuásar.

Se han completado los estudios de la estructura de la región de líneas de emisión anchas (BLR) en imágenes múltiples de cuásares. Los resultados muestran que los efectos del microlensing en la BLR son, como cabía esperar, mucho menores que los medidos en el continuo y que las líneas de alta ionización proceden de regiones más compactas que las de baja. Aplicando un procedimiento de máxima verosimilitud basado en simulaciones del efecto microlente, se han estimado tamaños para la BLR de 24 (-15/+22) y 55 (-35/+150) días luz (90% de confianza) para las líneas de alta y baja ionización, respectivamente. Cuando la muestra se divide atendiendo a la luminosidad del cuásar, las regiones de líneas de emisión de cuásares más luminosos son más grandes, con una pendiente consistente con la esperada en los modelos de fotoionización. Estas estimaciones también están de acuerdo con los resultados de estudios basados en la reverberación de la variabilidad del cuásar en la BLR. Se ha comenzado un estudio de las líneas del Fe que parecen mostrar efectos mucho más notables del microlensing indicando que se generarían en regiones muy próximas al objeto central.

Dentro de la línea de investigación de métodos de cálculo aplicados a las lentes gravitatorias, se han implementado nuevos desarrollos para mejorar la eficiencia de los códigos basados en la definición de pseudo-partículas y en el desarrollo multipolar del campo gravitatorio. Hasta el momento se han introducido dos órdenes adicionales significativos en el desarrollo multipolar que implican una aceleración notable pero sería conveniente generaliza este desarrollo a cualquier orden. También está previsto simplificar y estandarizar los programas para permitir su distribución a la comunidad científica.

Se han continuado los cálculos para la interpretación de la curva de microlensing histórico de 0957 obtenida a partir de datos del telescopio IAC-80. Se realizaron algunas estimaciones de la velocidad peculiar y del tamaño de la fuente en Q0957 pero se necesita aumentar considerablemente el número de las simulaciones para poder recorrer adecuadamente el espacio de parámetros físicos de interés. Se están desarrollando nuevas estrategias de análisis (como el estudio de las funciones de estructura de las curvas de microlensing observada y simulada) que permitan tratar el problema desde una perspectiva alternativa. Se ha completado el estudio de la curva de luz del sistema UM 673, determinándose el tiempo de retraso y detectándose un posible evento de microlensing.

Por último, se ha continuado el estudio de la influencia de la función de masas de los microdeflectores y de la velocidad peculiar en el número de cruces por cáustica en el caso de Q2237. Los resultados indican que toda la fenomenología está afectada por la degeneración entre la velocidad peculiar del objeto y la masa media de las microlentes. Este resultado es una extensión de la relación teórica entre estas dos magnitudes encontrada para una distribución de microlentes con masas idénticas. Los cálculos indican que una medida de varios cruces por cáustica en Q2237 podría ser suficiente para restringir substancialmente el rango de velocidades peculiares de este objeto.

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

**F. Moreno-Insertis.**

**J. Trujillo Bueno, A. Asensio Ramos, H. Socas Navarro, D. Fabbian, E. Khomenko, L. Yelles Chaouche, J.A. Bonet Navarro e I. Arregui Uribe-Echevarria.**

**Colaborador del IAC: I. Márquez Rodríguez.**

K Galsgaard, A. Nordlund (Niels Bohr Institute/Univ Copenhagen, Dinamarca), J. Martínez Sykora (Lockheed Martin Solar and Astrophysical Lab., EEUU), N. Shchukina (Obs de Kiev, Ucrania), V. Hansteen (Univ. de Oslo, Noruega).

### **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 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. De enorme interés reciente

es la extensión masiva de las técnicas de simulación numérica a la cosmología, primero con modelos de N cuerpos y más recientemente con modelos hidrodinámicos. 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, de transporte radiativo y de N cuerpos con códigos de ordenador masivamente paralelos. 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 y 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. El desarrollo extraordinario en los últimos años de las capacidades de cálculo en Europa y, en particular, en España permite abordar en el presente Proyecto experimentos numéricos de gran calado, impensables hasta hace tan sólo pocos años.

## Hitos

Se ha confirmado la importancia del campo magnético a la hora de determinar la abundancia del Fe en la fotosfera solar. Usando una combinación de experimentos numéricos tridimensionales

de magnetoconvección y síntesis espectral mediante cálculos de transporte radiativo a posteriori, se ha concluido que la determinación de la abundancia del Fe mediante modelos de atmósfera solar puede estar equivocada hasta en un factor correspondiente a 0.1 dex si no se tiene en cuenta la presencia del campo magnético en las celdas de convección. Estos resultados confirman lo obtenido los pasados años por el grupo de manera provisional en base a un número limitado de líneas espectrales. Se plantea, por tanto, la cuestión de la necesidad de usar también modelos de magnetoconvección para la determinación de abundancia de otros elementos atómicos.

## Evolución del Proyecto

### *Determinación de abundancias atómicas solares con modelos tridimensionales*

Efecto del campo magnético al usar líneas del Fe: D. Fabbian, F. Moreno-Insertis y L. Khomenko. (Colaborador externo: A. Nordlund, NBI, Copenhagen).

Se han extendido y confirmado los resultados obtenidos por el grupo en años pasados (Fabbian et al, 2010, *Astrophysical Journal* 724, 1536) sobre la importancia de considerar el campo magnético en los modelos tridimensionales de convección a la hora de determinar las abundancias atómicas en el Sol. La utilización de modelos avanzados tridimensionales de convección en vez de modelos simples 1D causó en la década pasada una revolución en la determinación de abundancias atómicas (Asplund, M. 2005, *Annual Review of Astronomy & Astrophysics* 43, 481). Sin embargo, no se había estudiado el efecto del campo magnético a pesar de conocerse su presencia e importancia en dichas celdas de convección en el Sol, no sólo en regiones activas sino también en zonas de Sol en calma. En el año que termina el grupo ha realizado la síntesis espectral (mediante el código LILIA, desarrollado por H. Socas-Navarro, A. Asensio y J. de la Cruz) y determinación de anchura equivalente para un número elevado de líneas del Fe sobre

la base de modelos de magnetoconvección con diferentes valores del flujo magnético vertical por celda (equivalentes a 50 G, 100G y 200 G). Se ha concluido que la abundancia de Fe determinada puede variar en un factor no despreciable si se incluye el campo magnético, por ej. hasta en un total de 0.1 dex para el caso de 100 G. También se determinó que el efecto físico más importante en esto para las líneas en el rango visible no es el efecto Zeeman, sino el cambio de la estratificación promedio causado por el campo magnético (Fabbian et al 2012, *Astrophysical Journal* 548, A35).

Efecto del campo magnético al usar líneas del O, incluyendo efectos NLTE: D. Fabbian, F. Moreno-Insertis y L. Khomenko.

Se ha empezado a extender el estudio realizado para las líneas del Fe a líneas del Oxígeno, que son clave para la determinación de abundancias cósmicas. Este año se han podido obtener primeros resultados para el triplete infrarrojo del Oxígeno (OI 777nm), incluyendo efectos de transporte radiativo NLTE. Se usaron las mismas instantáneas de magnetoconvección que para el caso del Fe, pero la síntesis espectral se realizó usando el código MULTI, de M. Carlsson et al. Los primeros resultados apuntan a la relevancia, también en este caso, de los efectos del campo magnético en los perfiles de las líneas con vistas a la determinación de las abundancias del Oxígeno. Estos resultados contrastan con los obtenidos por Martin Asplund, y que fueron presentados simultáneamente con los nuestros en el congreso dedicado al Oxígeno en el Universo, celebrado en el mes de mayo. Es importante por tanto, seguir en este estudio y confirmar (o lo contrario) los primeros resultados obtenidos.

Efectos del transporte radiativo NLTE al usar líneas del Si: J. Trujillo Bueno. (Colaboradores externos: N. Shchukina y A. Sukhorukov).

Hace algunos años la confrontación de observaciones espectroscópicas con síntesis espectral en un modelo hidrodinámico 3D de

la fotosfera solar, usando la aproximación de equilibrio termodinámico local (ETL), ha llevado a algunos investigadores a revisar a la baja la abundancia del Silicio de la fotosfera solar. Motivado por tal resultado se ha realizado una nueva investigación, pero relajando tal aproximación de ETL y usando una lista más significativa de líneas espectrales, formada por 65 líneas del Si I. Se ha concluido que la abundancia derivada para el Silicio es similar a la que había sido previamente establecida tanto para los meteoritos como para la fotosfera solar. Este trabajo ha dado lugar a un artículo en *Astrophysical Journal*.

*Modelado tridimensional de erupciones solares mediante técnicas de supercomputación: F. Moreno-Insertis. (Colaborador externo: K. Galsgaard).*

Se han analizado en detalle las erupciones de plasma magnetizado que se producen en las fases avanzadas de la emergencia de flujo magnético desde el interior solar hacia la corona. Para ello se ha extendido el experimento numérico de gran tamaño (en términos de, por ej., dominio espacial, resolución numérica o número de miles de procesadores utilizados en paralelo) de emergencia de flujo magnético hacia la corona realizado en instalaciones de supercomputación en base a tiempo de cálculo concedido en el marco de la convocatoria PRACE (ver la Memoria 2011 de este Proyecto). En dicho experimento se lleva a cabo un cálculo completo de la emergencia de flujo magnético en un agujero coronal que, tras reconexión magnética del sistema emergente y del campo ambiente coronal, da lugar a flujos colimados de alta velocidad y temperatura (chorros de rayos X). Sorprendentemente, la extensión del experimento realizada en 2012 mostró la emisión de un número elevado de erupciones violentas en la fase posterior a la emisión del jet coronal. El análisis sobre estos datos está permitiendo determinar la estructura topológica de las regiones en erupción (localización de puntos nulos de campo magnético, separadores y separatrices, etc.). Se ha propuesto la

causa de dichas erupciones en base a dos posibilidades: en algunos casos se trata de un fenómeno del tipo que explica la erupción de filamentos que dan lugar a llamaradas (modelo CSHKP, erupción de una arcada magnética cizallada); en otros parece que estamos frente a un fenómeno de tipo kink instability (inestabilidad de retorcimiento), con formación de arcos tipo Omega (Omega loop) de elevada razón altura frente a base. Esta investigación es particularmente relevante en estos momentos en que está llegando gran cantidad de material observacional de alta calidad obtenido con los satélites Hinode (XRT, EIS), SDO (AIA) y STEREO.

*Análisis de observaciones de emisión de chorros coronales usando modelos de extrapolación magnética: F. Moreno-Insertis y L. Yelles Chaouche. (Colaboradores externos: B. Schmieder, G. Aulanier, L. Harra y S. Vargas).*

La misión espacial SDO está proporcionando filtergramas de gran calidad en el EUV (detector AIA) así como magnetogramas vectoriales para la fotosfera (instrumento HMI). Una región activa de gran tamaño y nivel de actividad aparecida en 2010 está siendo objeto de estudio por diferentes grupos. Mediante observaciones de AIA, se detectó en el borde de dicha región la emisión de chorros coronales de alta temperatura usando diferentes líneas EUV (por ej. 171 Å, 193 Å). En alguno de los casos se trataba de emisión repetitiva, mientras que en al menos otro caso el jet fue un evento singular. También se dispone para dicha región activa y periodo de tiempo de magnetogramas vectoriales HMI de alta resolución espacial. Mediante extrapolación de tipo nonlinear-force-free-field (NLFFF) se ha obtenido la estructura del campo magnético por encima de la distribución fotosférica de campo magnético. Se ha podido explicar la emisión del evento singular de emisión de jet a partir de la topología del campo magnético (en particular, la presencia de bald patches y separatrices) asociada con intrusiones de campo de un signo en una zona de campo predominante del signo opuesto.

Estudiando la complicada topología del campo magnético en una zona cercana, se está determinando en la actualidad el origen de uno de los casos de emisión repetitiva.

*Emergencia de flujo magnético desde el interior solar a la corona en celdas de convección a pequeña escala: F. Moreno-Insertis. (Colaboradores externos: J. Martínez Sykora y V. Hansteen).*

La nueva generación de códigos numéricos 3D para el modelado conjunto de fenómenos de magnetohidrodinámica y transporte radiativo está permitiendo el estudio en detalle de la evolución coordinada de fotosfera, cromosfera y corona en el caso de episodios que involucran todas esas alturas de la atmósfera solar. Se está utilizando el código Bifrost (Gudiksen et al, Univ. de Oslo), probablemente el código más avanzado en ese sentido hoy en día, para estudiar la llegada de flujo magnético a la superficie solar procedente del interior y su tránsito a través de fotosfera y cromosfera hasta la corona. Nos concentramos, en particular, en la interacción del campo magnético primero con los gránulos, más arriba con los flujos granulares inversos, las burbujas frías en la cromosfera y, finalmente, con el campo de gran escala coronal. La utilización de transporte radiativo incluyendo algunos aspectos NLTE por el código Bifrost dota de gran realismo a la evolución temporal calculada por el mismo especialmente en alturas fotosféricas y cromosféricas. En la segunda fase de este Proyecto, se van a extender los resultados obtenidos ya a la comparación directa con observaciones usando síntesis espectral a posteriori en el visible u obtención de observaciones sintéticas de líneas del EUV.

*Espectros de potencias de los campos de velocidad fotosféricos: L. Yelles Chaouche, F. Moreno-Insertis y J.A. Bonet.*

Se han comparado los espectros de potencias Fourier de campos de velocidad fotosféricos a partir de modelado numérico tridimensional de magnetoconvección con los calculados a partir de observaciones

de muy alta resolución espacial obtenidas con la misión SUNRISE (detector IMAx). La determinación del espectro Fourier de potencias de campos de velocidad fotosféricos es un método fundamental a la hora de confirmar mutuamente la validez de las técnicas observacionales y de modelado numérico en el estudio de la magnetoconvección solar. La región de alto número de ondas espacial estaba sin explorar, dadas las limitaciones en resolución espacial de los detectores. La posibilidad de observaciones de muy alta resolución (ej. 200 km con HINODE/SOT o 100 km con SUNRISE/IMaX) ha permitido extender el rango de comparación a este dominio importante. Nótese que las cascadas turbulentas directas a partir de inyección de energía en escalas granulares tienen lugar precisamente en los dominios de longitud de onda espacial muy por debajo del segundo de arco. A partir de los modelos numéricos se han obtenido observaciones sintéticas, para lo cual se calcularon espectros sintéticos mediante el programa NICOLE (mencionado en otros puntos de este informe) y los sometemos, después, al mismo tipo de degradación que sufren los fotones solares al ser capturados en los detectores. Los datos observacionales (reales o sintéticos) son de dos tipos: Dopplergramas y campos de velocidad horizontal obtenidos mediante Local Correlation Tracking (LCT). Se ha obtenido un acuerdo excelente entre datos observacionales reales y numéricos: los espectros de potencias de ambos presentan un alto grado de coincidencia para los casos de velocidad en la línea de visión. La comparación para datos de velocidad horizontal sufren de las limitaciones de la técnica LCT, pero el grado de acuerdo es todavía aceptable. Como resultado global: se ha extendido al dominio de muy pequeñas escalas espaciales la conclusión de que los modelos de vanguardia de magnetoconvección reproducen los datos observacionales con un alto grado de fiabilidad.

*Calibración del flat field (tabla de ganancias) a partir de imágenes del disco solar entero: J.A. Bonet.*

Las técnicas habituales para la obtención del flat-field en imágenes solares se basan en el emborronamiento de las estructuras físicas provocado por rápidos desplazamientos del telescopio. Cuando estas estructuras son de gran tamaño (por ej. en el caso de imágenes del disco solar entero) este procedimiento pierde validez y se requiere una nueva técnica de observación y tratamiento matemático. En la actualidad se están desarrollando códigos computacionales para obtener tablas de ganancia en imágenes del disco entero basándonos en el algoritmo propuesto por Khun J.R., Lin, H. Lorz, D. (1991), *Publicación of the Astron. Soc. of the Pacific*, 103, 1097.

*Diseño de experimentos usando técnicas Bayesianas: A. Asensio.*

Obtener tiempo de observación en las mayores instalaciones telescópicas es un proceso complejo por la enorme sobrepresión. Por ello, se debería plantear como un problema de diseño de experimentos, en los que es necesario maximizar lo aprendido sobre un modelo con cada observación. Se usaron técnicas Bayesianas de diseño de experimentos para encontrar el filtro con el que se deben observar los núcleos activos de galaxia para restringir las propiedades de los toros de polvo a su alrededor con la suposición de la validez de los modelos "Clumpy".

*Transporte radiativo en discos en rotación: A. Asensio.*

La presencia de líneas espectrales con dos lóbulos es una característica básica de discos en rotación. La distancia entre ambos picos se ha usado típicamente para medir la velocidad de rotación del disco. Se ha resuelto el problema de transporte radiativo en discos en rotación para demostrar que estos perfiles también surgen como efectos de transporte radiativo en discos ópticamente gruesos. En general, es imposible distinguir unos de otros, con lo cual las medidas de velocidades pueden no ser correctas.

*Aplicación de técnicas Bayesianas a oscilaciones y ondas MHD: I. Arregui, y A. Asensio.*

Se han iniciado dos estudios consistentes en la aplicación de métodos de inferencia y comparación de modelos utilizando técnicas Bayesianas. En el primero de ellos, la propagación y amortiguamiento espacial de ondas de Alfvén observadas en la corona son utilizadas para, mediante inferencia, obtener estimaciones de la escala transversal de variación de la densidad en las estructuras magnéticas que soportan dichas ondas. En la segunda aplicación, dos hipótesis propuestas para la explicación de la razón de periodos en eventos de multi-oscilaciones en bucles coronales, la estratificación de la densidad y la expansión de los tubos de flujo, han sido comparados para determinar cuál de ellos explica mejor las observaciones. Estos dos estudios han dado lugar a una publicación y dos artículos en *Astrophysical Journal Letters*.

*Propagación de ondas en estructuras coronales: I. Arregui.*

Se han estudiado las propiedades de propagación de ondas magnetoacústicas rápidas y su conversión en ondas de Alfvén en una estructura de arcada coronal con un bucle inmerso. Se ha encontrado que la inclusión de propagación tridimensional produce el acoplamiento de las ondas rápidas y de Alfvén, transfiriendo energía a escalas pequeñas. Esta energía, inicialmente confinada en el bucle coronal, puede ser transmitida fuera del mismo y provocar el calentamiento del plasma circundante.

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

L. Piccirillo, R. Watson, R. Davies (Univ. de Manchester, Reino Unido); M. Hobson, R. Saunders, K. Grainge (Cavendish Astrophys. Group, Reino Unido); E. Martínez-González, P. Vielva, J.M. Diego, D. Herranz (IFCA, Santander); E. Artal (DICOM, Santander).

## **Introducción**

Se pretende desarrollar un experimento denominado QUIJOTE-CMB (Q U I JOint TEnerife CMB experiment), con el objetivo de caracterizar la polarización del Fondo Cósmico de Microondas (FCM) y otros procesos de emisión galáctica y extragaláctica 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 instalará un primer telescopio (QT-1) y se construirán dos instrumentos intercambiables en su plano focal. El primer instrumento, denominado instrumento multifrecuencia (MFI), tiene cuatro frecuencias de detección (11, 13, 17 y 19 GHz), y tu su Primera Luz en noviembre de 2012. El segundo instrumento QUIJOTE, que constará de 30 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

MEMORIA  
2012 IAC

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

**J.A. Rubiño Martín,  
R. Rebolo López, C.H. López Caraballo,  
A.E. Peláez Santos, R. Génova Santos,  
C.M. Gutiérrez de la Cruz y R. Vignaga.**



de la polarización del FCM 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) y un tercer instrumento a 42 GHz. 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 (11-18GHz), 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

Revisión del diseño preliminar del criostato del segundo instrumento QUIJOTE (TGI), con L. Martinis (Univ. de Manchester) en el IAC: 11-12 de julio.

Instalación y verificación del MFI en el primer telescopio QUIJOTE QT1 (Observatorio del Teide): del 20 de septiembre al 5 de octubre.

Primera Luz técnica: Verificación en caliente del sistema QT1 – MFI: Observación de la Luna el 6 de noviembre.

Primera Luz científica: Primeras observaciones del sistema QT1 – MFI:

Observaciones del Cisne, Perseo, Júpiter, Nebulosa del Cangrejo y algunos satélites, del 13-14 de noviembre.

Publicación en el DOUE del anuncio de licitación para el segundo telescopio de QUIJOTE (QT2): 27 de noviembre.

La V Reunión del Consorcio QUIJOTE (y II Reunión Consolider EPI), que tuvo lugar en el IFCA, Santander, los días 13-14 de diciembre.

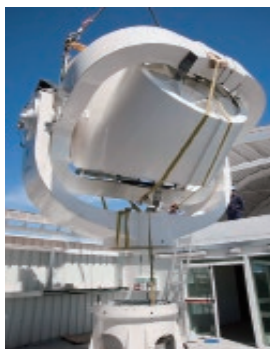
Incorporación al Proyecto de una nueva gestora en el área de ingeniería: 18 de junio.

## Evolución del Proyecto

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

### *Primer Telescopio QUIJOTE (QT1) y recinto QUIJOTE en el Observatorio del Teide*

Durante la primera mitad del año se realizaron las pruebas de verificación del primer telescopio de Quijote (QT1), en la sala de AIV del IAC para ser posteriormente trasladado e instalado en el Observatorio del Teide, en el mes de marzo. En los siguientes dos meses se efectuaron las pruebas funcionales y el comisionado del telescopio, así como la adecuación del sistema eléctrico del edificio.



*Izquierda: Instalación del QT1 en el Observatorio del Teide (marzo 2012). Derecha: QT1 con el MFI integrado.*



*Recinto QUIJOTE en el Observatorio del Teide.*

### *Primer Instrumento QUIJOTE (MFI)*

En lo referente al primer instrumento (MFI), se partía con un problema grave al no alcanzar la temperatura especificada de funcionamiento en el interior del criostato, enfriando sólo hasta 60K donde deberían ser 20K. Para solucionar esta deficiencia hubo que simplificar el instrumento, rediseñar y re-mecanizar piezas. Así, por ejemplo, se sacrificó la cadena de 30GHz para realojar una nueva cabeza fría con más potencia, y con todas estas medidas conseguir mejorar la transmisión térmica para alcanzar los 25K a los que actualmente trabaja el instrumento.

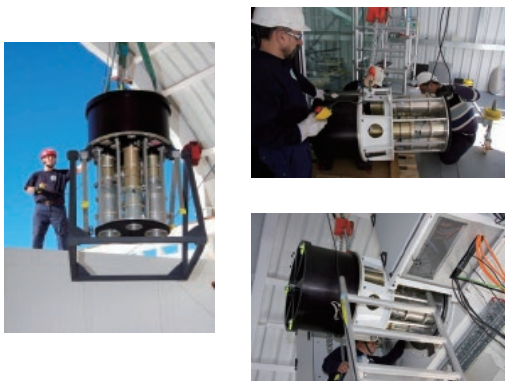
La principal actividad del Proyecto en la segunda mitad del año fue la finalización de la integración y las pruebas del MFI, su instalación en el telescopio y puesta a punto para el comisionado. Al final de esta Memoria se incluye una descripción más detallada de esas primeras pruebas de comisionado.

par de ciclados para las pruebas funcionales en criogenia, durante las que se obtuvieron buenos resultados.

En paralelo se realizaron las tareas correspondientes del sistema de control. Se realizaron los test del sistema de adquisición de datos, se finalizó el desarrollo software de las interfaces de usuario, tanto del instrumento como del telescopio, se mejoró el programa de análisis de datos, se ajustó el modelo de apuntado y seguimiento del telescopio, y se instalaron las actualizaciones y mejoras del software del sistema de control para ambos, instrumento y telescopio.

Completada la integración y las pruebas del instrumento en el laboratorio, el instrumento se trasladó al Observatorio del Teide y se instaló en el foco del telescopio, maniobras que en su conjunto ocuparon unas dos semanas de trabajo. Durante la segunda mitad del mes de octubre se realizaron diferentes tareas relacionadas con la integración del MFI en telescopio, como la instalación adecuada de los sistemas auxiliares, ruteado de cables, revisión de la instalación de BT de edificio y cúpula, mejora de las interfaces software de usuario, etc., hasta dejarlo operativo para las pruebas finales de sistema y el comisionado, en el mes de noviembre.

Durante las pruebas en telescopio se subsanaron algunos fallos leves y se detectó, como principal fuente de fallos, que la enfriadora seleccionada no daba la potencia necesaria para mantener el instrumento a la temperatura especificada. En consecuencia se instaló, en serie, una enfriadora más pequeña que sirve de ayuda a la enfriadora principal. El problema está en estudio por parte fabricante que ha aportado alguna solución a probar en el transcurso del comisionado técnico.



*Instalación del MFI en el plano focal del QT1, en el Observatorio del Teide.*

Después de la integración de la optomecánica del MFI se detectaron varias fugas importantes debidas a problemas de acabados y juntas tóricas que se fueron localizando y solucionando. Durante el mes de septiembre se acabó de integrar la sección de microondas y se realizaron un

### *Segundo Telescopio QUIJOTE (QT2)*

Durante el año 2012 se redactaron los documentos necesarios para la licitación del segundo telescopio de Quijote, tanto documentos de especificaciones técnicas como pliegos de contratación. El anuncio de licitación fue publicado el DOUE el 27 de noviembre y el plazo para aceptar ofertas se cierra el día 14 de enero de 2013. El plazo y el precio máximos del concurso son un año y 500.000 € respectivamente.

### *Segundo Instrumento QUIJOTE: TGI*

El diseño preliminar del criostato, que se realiza en la Universidad de Manchester, fue revisado en el IAC durante la visita al centro de L. Martinis, el mes de julio. En esta revisión se identificaron los puntos críticos de diseño, elementos que por ser soluciones nuevas no probadas o por su dificultad de fabricación o integración, necesitan un análisis cuantitativo más riguroso o la necesidad de ser probados mediante prototipos antes de ser implementados definitivamente en el diseño.

En el Instituto de Física de Cantabria (IFCA) se desarrollan los prototipos de los amplificadores de criogenia y los conmutadores de fase del TGI. Aunque aún no se considera que hayan alcanzado las prestaciones necesarias, estos prototipos están bastante avanzados y se espera su finalización para finales de febrero de 2013. A partir de entonces se cerrará el diseño de estos elementos y comenzarán a fabricarse los amplificadores y conmutadores de fase definitivos.

Después de la reunión del Proyecto en Santander, en diciembre, se consensuaron y cerraron las especificaciones técnicas del diseño de la electrónica del TGI. Con las especificaciones finales se modificó el diseño en lo necesario y se realizaron algunas pruebas funcionales básicas con equipos similares a los que están previstos para el instrumento. Estas pruebas seguirán durante el mes de enero de 2013 con el propósito de adquirir los equipos finales durante el primer trimestre de dicho año.

Otra de las tareas abordadas durante 2012 ha sido el diseño y fabricación de un criostato de pruebas. La necesidad fundamental de este criostato es tener un sistema sencillo para probar cada polarímetro antes de instalarlo definitivamente en el criostato final, donde tanto el montaje de los polarímetros como las primeras pruebas funcionales sería mucho más complejo de realizar. Este criostato de pruebas tendrá una capacidad para tres polarímetros de manera que se disminuye en un tercio el tiempo de pruebas de estos elementos. También se contempla realizar ciertas pruebas de verificación de soluciones de diseño en el caso de algunos elementos críticos del criostato TGI, así como para comprobar la herramienta de montaje de los polarímetros en el criostato. La tarea se inició durante el verano, con la colaboración de una becaria de verano del IAC solicitada a tal fin, R. Rementería Fernández, ideando un diseño de criostato que permitiera reciclar dos criostatos anteriores y actualmente en desuso, para construir el sistema de pruebas final. A finales de año se disponía de un diseño y de los dos criostatos citados limpios y probados.

### *Software de control y Pipeline de procesamiento de datos*

Se ha continuado la actividad de los años anteriores. El software de control de telescopio e instrumento han sido depurados tras las pruebas que se han realizado en el comisionado. En particular, se ha probado el software de procesamiento con datos reales, obtenidos desde el comisionado del instrumento en el mes de noviembre. Esto ha permitido implementar mejoras, y depurar los códigos de lectura y escritura de los ficheros. Típicamente, con el MFI se obtienen del orden de 12 GB de datos diarios, que son transferidos al IAC para su análisis.

**MEMORIA  
IAC 2012**

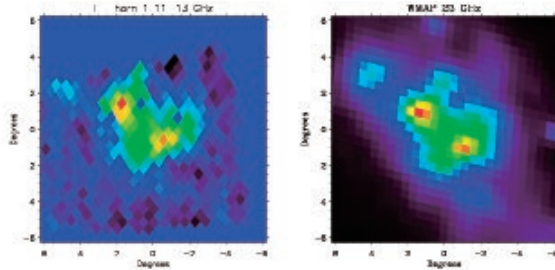
**43**



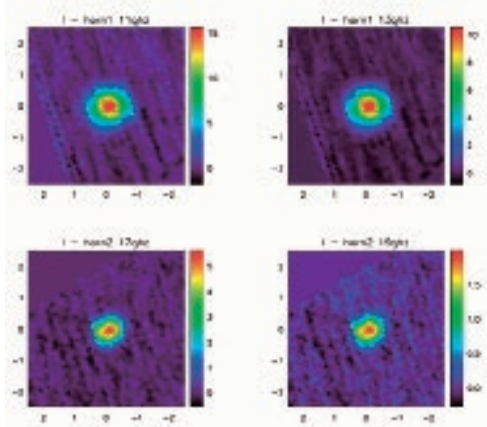
*Una de las pantallas de control del instrumento MFI.*

*Primera Luz y comisionado del MFI*

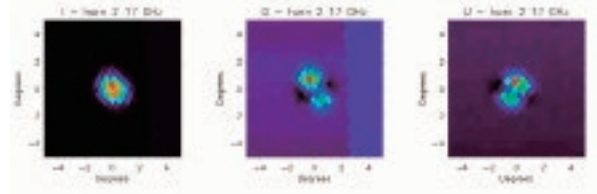
La Primera Luz del MFI tuvo lugar el 13 de noviembre de 2012. La imagen de la izquierda corresponde al primer mapa de intensidad a 11 GHz tomado con el MFI tras una integración de 10 minutos sobre la región del Cygnus Loop. A la derecha, como comparación, se muestra la misma región observada por WMAP a 23 GHz en el mapa de 7 años de la misión.



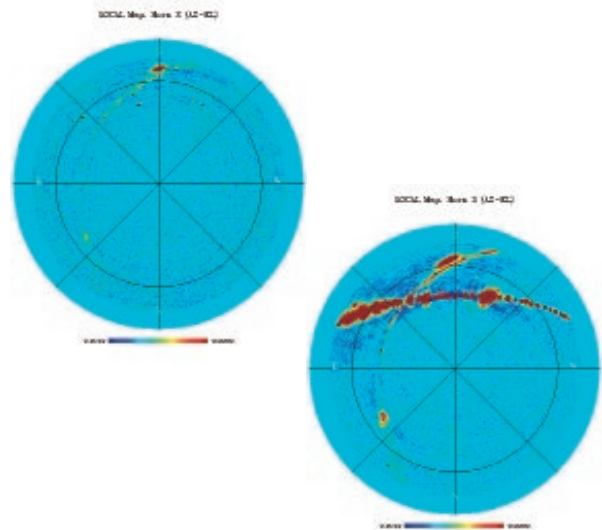
Las siguientes imágenes muestran mapas de intensidad de la nebulosa del Cangrejo a las cuatro frecuencias del MFI (11, 13, 17 y 19 GHz), obtenidas a partir de observaciones realizadas el 15 de noviembre, con un tiempo de integración total sobre la fuente de 1 minuto.



También se han realizado observaciones de la Luna. Como ejemplo, debajo se muestran los mapas a 17 GHz obtenidos tras 1 minuto de integración, en los tres parámetros de Stokes (I, Q y U):



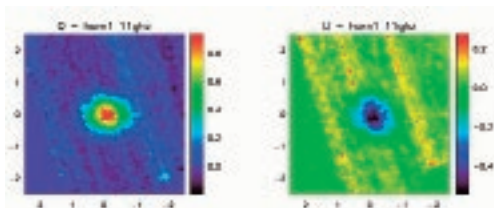
Una de las observaciones más importantes que se han llevado a cabo durante la fase de comisionado es la caracterización de la emisión local de señales de microondas que pudiesen interferir en los mapas cosmológicos de QUIJOTE. En las figuras se muestran mapas locales (es decir, en coordenadas de AZ y EL) de la emisión vista por las bocinas 2 (16-20 GHz, izquierda) y 3 (10-14GHz, derecha) del MFI, obtenidos durante la mañana del 27 de diciembre. En las dos figuras, el Sur está arriba y el Este a la izquierda. Con el QT1, somos capaces de observar entre 30° y 90° de elevación. Los mapas muestran el cruce del plano galáctico, el Sol (hacia el Sur, en elevaciones de 35°), y una importante contaminación de satélites geo-estacionarios a frecuencias entre 10 y 14 GHz, para declinaciones alrededor de Dec=0°. Esta zona es excluida de la zona de observación de QUIJOTE. No se aprecian otro tipo de interferencias locales.



MEMORIA 2012 IAC

44

Nuestra medida de la fracción de polarización de la nebulosa del Cangrejo a partir de las observaciones anteriores es de 6.8% a 11 GHz. Este resultado está de acuerdo con el valor obtenido por WMAP a 23 GHz, de 7.08%. Los mapas de los parámetros de Stokes Q y U son:



# **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, C. Scóccola, S. Iglesias Groth, J.C. Berrier, A.E. Peláez Santos y R. Barrena Delgado.**

S. Patiri (CONICET, Argentina), A.J. Cuesta Vázquez (Univ. de Yale, EEUU), A.D. Montero Dorta, F. Prada (IAA), M.A. Sánchez Conde (Univ. de Stanford, EEUU), S. Gottlöber (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), Planck Collaboration y el Consorcio EUCLID.

## **Introducción**

El Fondo Cósmico de Microondas (FCM) 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 FCM es la distribución de las galaxias que surgen como resultado del crecimiento gravitatorio de aquellas pequeñas 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 FCM, 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 las grandes estructuras en el Universo. 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

**MEMORIA IAC 2012**

**45**

una correlación no nula entre la densidad numérica de galaxias y la temperatura del FCM 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). Además, 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. 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).

## Hitos

Utilizando los datos de PLANCK y la emisión SZ de 62 cúmulos de galaxias, se ha obtenido una reconstrucción detallada de los perfiles de presión del gas caliente inter-cumular, alcanzando por primera vez distancias del orden de  $3 \times R500$  desde el centro del cúmulo.

Usando los datos de PLANCK, se ha detectado, por primera vez, gas caliente en el cúmulo de Coma hasta distancias de  $3 \times R500$ . Estas medidas han servido para detectar dos discontinuidades en el perfil de presión que parecen estar asociadas a frentes de choque en el plasma.

Aplicando datos de PLANCK, se ha detectado, por primera vez, la presencia de gas caliente difuso intercumular a través del efecto SZ, en la pareja de cúmulos A399/A401.

Combinando los datos de BOSS (CMASS) con los de WMAP, se han obtenido restricciones fuertes sobre la curvatura del Universo ( $\Omega_k = -0.0043 \pm 0.0049$ ), la amplitud relativa de los modos tensoriales ( $r < 0.16$  al 95% de nivel de confianza), y la fracción de neutrinos masivos de  $f_\nu < 0.049$  (al 95%), lo cual implica un límite de  $\Sigma m_\nu < 0.51$  eV. Finalmente, no se encuentra evidencia de una desviación de la energía oscura respecto al comportamiento de una constante cosmológica, con una restricción de  $w_{DE} = -1.033 \pm 0.073$ .

Empleando los datos de BOSS (CMASS), se ha estudiado la variación de la constante de estructura fina, y la masa del electrón durante la evolución del Universo. Los resultados obtenidos son  $\alpha/\alpha_0 = 0.9901 - 0.0054 + 0.0055$  y  $m_e/m_{e0} = 1.028 \pm 0.019$ , compatibles con la ausencia de evolución de dichas constantes fundamentales.

Se ha determinado por primera vez de forma concluyente (6-sigmas) la existencia de "outflows" en torno a los grandes huecos ( $R > 15 h^{-1} \text{ Mpc}$ ) en la estructura del Universo a gran escala.

En colaboración con la UPCT, se ha finalizado el diseño conceptual de la ICU para EUCLID.

## Evolución del Proyecto

A continuación, se detallan los resultados más relevantes del Proyecto durante 2012, agrupados en cuatro bloques:

### PLANCK

Dentro del Consorcio PLANCK, el grupo ha participado en el estudio de los cúmulos de galaxias con el efecto Sunyaev-Zeldovich (ver nota de prensa de la ESA). Durante este año se han escrito y enviado 11 artículos de la colaboración, y en todos ellos hay co-autores del grupo. Los resultados más relevantes de estos trabajos son:

- Se han continuado las tareas de seguimiento y caracterización en el óptico de nuevos cúmulos de galaxias detectados por el satélite Planck usando tiempo CAT. Parte de estos resultados han sido publicados (ej. Planck Collaboration I, 2012), aunque los resultados finales serán publicados en 2013, junto con el catálogo final de la misión nominal de Planck. Además, durante este año se ha solicitado un programa ITP, titulado "The PLANCK SZ Galaxy clusters: building a reference sample for Cosmology" (IP: J.A. Rubiño), pensado para el seguimiento sistemático de la muestra completa de todos los cúmulos detectados por Planck en el Hemisferio Norte. El programa ha sido aprobado (ref. ITP12\_2) en modo de programa piloto, concediendo tiempo de observación en los telescopios INT, WHT, TNG y GTC. Todas las observaciones ya se han realizado y se está finalizando el procesado de los datos.

- Agrupando la señal SZ de 62 cúmulos de galaxias detectados por Planck, se ha obtenido una reconstrucción detallada de los perfiles de presión del gas que contienen dichos cúmulos, alcanzando por primera vez distancias del orden de 3 x R500. Estas medidas complementan la descripción del gas caliente en cúmulos que nos

proporcionan las medidas en rayos X hasta 1 x R500, y nos han permitido confirmar que la fracción de bariones detectada en las zonas externas de los cúmulos es compatible con las predicciones de las simulaciones numéricas.

- Usando los datos de Planck, se ha estudiado la emisión SZ del cúmulo de Coma. Planck es el primer experimento que es capaz de detectar gas caliente en Coma hasta distancias de 3 x R500. Estas medidas han servido para detectar dos discontinuidades en el perfil de presión que parecen estar asociadas a frentes de choque (saltos de presión) producidos en el gas caliente.

- Usando Planck, se realizó un estudio sistemático de la presencia de gas caliente (filamentos) en parejas de cúmulos de galaxias en interacción. En el caso particular del A399/A401, se ha detectado una señal SZ en la región inter-cumular, que no está asociada a los cúmulos individuales, con una temperatura de  $7.1 \pm 0.9$  keV, y una densidad de bariones de  $(3.7 \pm 0.2) \times 10^{-4} \text{ cm}^{-3}$ . Esta medida constituye la primera detección en SZ de gas caliente difuso intercumular.

### BOSS y SDSS-III

En relación a las actividades relacionadas con SDSS-III, nuestra contribución científica se ha centrado en los siguientes aspectos:

- En el sub-grupo de "Galaxy Clustering" de BOSS, se ha trabajado en el análisis estadístico de la función de correlación a dos puntos que se obtiene los datos de BOSS, para extraer las implicaciones cosmológicas de dichos datos. Combinando los datos de BOSS (CMASS) con los de WMAP, se han obtenido restricciones fuertes sobre la curvatura del Universo ( $\Omega_k = -0.0043 \pm 0.0049$ ), y la amplitud relativa de los modos tensoriales ( $r < 0.16$  al 95% de nivel de confianza). Por otro lado, se han obtenido restricciones a la fracción de neutrinos masivos de  $f_\nu < 0.049$  (al 95%), lo cual implica un límite de  $\sum m_\nu < 0.51$  eV. Finalmente, no se encuentra evidencia de una desviación de la energía oscura respecto al comportamiento

de una constante cosmológica, con una restricción de  $w_{DE} = -1.033 \pm 0.073$  cuando la ecuación de estado se asume constante. Los resultados de dichos análisis se han publicado en Sánchez et al. (2012).

- También en el sub-grupo de “Galaxy Clustering” de BOSS, se ha usado la función de correlación a dos puntos que se obtiene con los datos de BOSS para estudiar la posible variación de las constantes fundamentales de la naturaleza durante la evolución del Universo. En particular, se ha estudiado la variación de la constante de estructura fina, y la masa del electrón. Los resultados obtenidos son  $\alpha/\alpha_0 = 0.9901-0.0054 +0.0055$  y  $m_e/m_{e0} = 1.028 \pm 0.019$ , compatibles con la ausencia de evolución de dichas constantes. Para más detalles, ver Scóccola et al.

- Por otro lado, se ha trabajado en el estudio de la señal ISW, y su determinación combinando los datos de BOSS y WMAP. Se han obtenido resultados preliminares, que serán publicados en un artículo de la colaboración SDSS-III en 2013.

- Por las contribuciones científicas anteriores, el grupo también es co-autor del artículo principal de BOSS, en el que se describe el DR9 (Ahn et al.).

### *EUCLID*

En colaboración con el grupo de la UPCT se está llevando a cabo el diseño preliminar de la Unidad de Control Electrónico (ICU) del instrumento infrarrojo del satélite Euclid (ESA). Este satélite realizará un cartografiado profundo de una gran zona de cielo en el óptico e infrarrojo con el principal objetivo de estudiar la evolución temporal de la estructura a gran escala del Universo. Dentro del Consorcio Euclid, el IAC y la UPCT tienen la responsabilidad de proporcionar la ICU al completo, incluyendo los modelos de vuelo y los correspondientes modelos de ingeniería. Concretamente en el

IAC se están diseñando los drivers para la operación de las ruedas de filtros y grismas del instrumento infrarrojo y el control de los motores, sensores y freno/embrague pertinentes. También se lleva a cabo el diseño de los drivers para los sistemas de calentamiento y calibración del instrumento. Además, el equipo de ciencia del IAC participa en las actividades de los grupos de trabajo que se han creado para la explotación científica del satélite, especialmente en el grupo de cúmulos de galaxias y de funciones de correlación de la distribución espacial de galaxias.

### *Otras actividades*

- Se ha determinado por primera vez de forma concluyente (a 6 sigmas) la existencia de “outflows” en torno a los grandes huecos ( $R > 15 h^{-1} \text{ Mpc}$ ) en la estructura del Universo a gran escala (Patiri, Betancort-Rijo & Prada).

- En el artículo López-Corredoira & Gabrielli se han analizado las características estadístico-matemáticas que una distribución de materia debe poseer para poder generar un espectro de potencias similar al observado en las anisotropías del CMBR.

- Junto con M. Girardi y W. Boschin, dentro del grupo DARC, R. Barrena ha obtenido 4 publicaciones en las que se analizan el estado dinámico de cuatro cúmulos, intentando demostrar la conexión entre los choques de sub-estructuras en el seno de los cúmulos y unas inusualmente altas emisiones difusas en radio y rayos X.

- En el artículo Ruiz-Granados et al., se ha estudiado la importancia dinámica del campo magnético en nuestra Galaxia y su posible influencia a la curva de rotación. La conclusión principal es que los campos magnéticos deben tenerse en cuenta. Una componente magnética azimutal de  $\sim 2 \mu\text{G}$  a distancias de  $\sim 2 R_0 (16 \text{ kpc})$  es capaz de explicar la forma de la curva de rotación en la parte externa del disco.



# EL UNIVERSO LOCAL

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

**J.E. Beckman.**

**J. Zaragoza Cardiel, A. Camps Fariña  
y J. Font Serra.**

**Colaboradores del IAC: E. Casuso  
Romate, B. Cedrés Expósito, J.H.  
Knapen, S. Erroz Ferrer, B. García  
Lorenzo, M. López Corredoira y J.K.  
Barrera Ballesteros.**

L. Gutiérrez Albores, V. Buenrostro (UNAM, México); A. Zurita, M. Relaño (Univ. de Granada); A. Cardwell (Open Univ., Reino Unido); P. Erwin, I. Martínez-Valpuesta (MPIA, Alemania); K. Fathi, J. Blasco (Univ. de Estocolmo, Suecia); B. Epinat (Univ. Midi-Pireneés, Francia); O. Hernández (Univ. de Montreal, Canadá); J.-L. Gach, P. Balard (Obs. de Marsella, Francia); P. James (Univ. John Moores, Reino Unido).

### Introducción

El objetivo principal de este Proyecto es el de estudiar la evolución de las galaxias y de su estructura, con énfasis en el papel desempeñado por el medio interestelar, e intergaláctico, y su interacción con la población estelar de la galaxia. Se comenzó hace más de 20 años con estudios muy detallados del medio interestelar cerca del sol, el Proyecto ha ido ampliando su alcance progresivamente hasta llegar ahora a las galaxias distantes. En la actualidad el Proyecto abarca estudios sobre el propio medio interestelar, la física estelar y su contribución a la física de galaxias, la estructura de las galaxias cercanas, el medio intergaláctico, y aspectos cosmológicos relacionados al progreso de la formación estelar durante escalas de

tiempo cosmológicas. Las líneas guías del proyecto se pueden definir como: el uso de fotometría, tanto en líneas espectrales como en el continuo, para dilucidar la estructura interna de las componentes bariónicas de las galaxias, y el estudio dinámico y morfológico de las componentes de gas y de estrellas mediante técnicas cinemáticas.

La primera línea proporciona información sobre el medio interestelar y sobre la distribución del gas, más polvo, dentro y fuera de las galaxias. También más recientemente se ha explorado la estructura de las partes más exteriores de las galaxias mediante fotometría de alta precisión, un estudio que sigue dando resultados que van en contra a partes de la sabiduría convencional sobre la estructura de las galaxias, y echa dudas sobre los conceptos básicos de esa estructura. Se está llevando esta línea de investigación hacia galaxias en el universo más lejano, encontrando pistas cuantificables y de bastante interés sobre la historia del ensamblaje de las galaxias con disco.

La segunda línea trata el problema de la construcción progresiva de las galaxias en el marco de los modelos cosmológicos mediante la adquisición de material por un progreso de agregación. Lo habitual es dar peso a las fusiones de las galaxias en este contexto, pero en este Proyecto se toma muy en serio la posibilidad que la evolución de las galaxias en los últimos 7-10 Gaños se haya impulsado más por la acrecimiento de masa en la forma de nubes subgalácticas, con sus correspondientes halos de materia oscura.

Para mejorar nuestra posibilidad de adquirir datos relevantes, desde el año 2010 se ha colaborado con colegas en la Universidad de Montreal, el Observatorio de Marsella, y el Observatorio de la Universidad de Estocolmo para usar un nuevo instrumento de espectroscopia bidimensional. El uso de este instrumento (GHaFaS) nos ha permitido obtener campos cinemáticos

del gas ionizado en galaxias completas. Esta posibilidad está ampliando el alcance de la parte cinemática del Proyecto, con aplicaciones como la interacción de las estrellas masivas con su gas placental, el flujo de gas hacia los agujeros negros en los centros de las galaxias, y el desarrollo de estructura (barras, brazos, bulbos) con las pistas dinámicas relevantes.

## Hitos

La medición de estructuras resonantes acopladas en los discos de más de 100 galaxias usando nuestras observaciones de los campos de velocidad de su gas ionizado. Hay varios puntos destacados en este trabajo. a) El método es nuevo, no depende de modelos y ofrece resultados para la determinación del radio de corrotación en el disco que son medio orden de magnitud más precisos que los valores encontrados mediante los métodos anteriores. b) Se han detectado múltiples radios de corrotación en casi todas las galaxias; aunque este resultado no es de por sí original, usando nuestra técnica se puede distinguir entre corrotaciones, resonancias de Lindblad, y resonancias ultraharmónicas, y así determinar cuáles de las resonancias son corrotaciones verdaderas. c) Se encontró un nuevo acoplamiento, no predicho, entre pares de resonancias, que se encuentra en más del 70% de los discos, y en más de la tercera parte de ellas se encuentra más de una vez. Este acoplamiento sitúa la resonancia externa de Lindblad que corresponde a una corrotación (llamémosla corrotación I) sobre otra corrotación más hacia el exterior (llamémosla corrotación II), mientras la resonancia ultraharmónica 4:1 de la corrotación II se encuentra sobre corrotación.

50 Este resultado tiene dos consecuencias: muestra que los sistemas de ondas de densidad existen en una gran mayoría de las galaxias con discos por lo cual, o son muy estables, o se forman de nuevo con gran rapidez si algo las perturba (recientemente se ha cuestionado la existencia de las ondas de densidad), proporciona a los teóricos un juego nuevo de parámetros para modelizar

el comportamiento de los discos de las galaxias. Estos resultados se han obtenido en observaciones con el interferómetro Fabry Perot GHaFaS instalado en el telescopio WHT, y con el interferómetro GHASP ubicado en el telescopio de 1,93 en el Observatorio de Alta Provenza (Francia).

Utilizando el filtro sintonizable OSIRIS en el telescopio GTC, se midió el factor de llenado de la componente fría y densa del gas en casi 100 de las regiones HII en la galaxia NGC 6946. El método usa la razón de las intensidades de las líneas en emisión del doblete a 6718Å y 6733Å para obtener la densidad electrónica dentro de los grupos más fríos en las regiones y una combinación de la luminosidad en H $\alpha$  más el radio de una región para obtener la "medida de emisión" y de allí la densidad electrónica promedia. Estas dos densidades se combinan para deducir el factor de llenado. Ha habido relativamente pocas medidas de este factor en la literatura, aunque es fundamental para calcular la transferencia de la radiación ionizante dentro de las regiones HII, el factor de escape de los fotones ionizantes de las regiones, la ionización del medio interestelar difuso dentro de los discos y la ionización del medio tibio iontercúmulo en los cúmulos de galaxias. Esta es la primera vez que el factor de llenado se ha medido en una muestra estadísticamente significativa dentro de una galaxia. Las observaciones han permitido inferir la dependencia del factor de la luminosidad de una región y asimismo permitirán indagar su variación dentro de las regiones individuales más extensas y luminosas, los sitios de la formación reciente de cúmulos de estrellas muy masivas. Este resultado es un paso importante en un programa con OSIRIS diseñado para medir explícitamente por primera vez el factor de escape de los fotones ionizantes. El programa necesitará la medición de una de las dos líneas de [SIII] en el infrarrojo cercano, también factible con OSIRIS.

Se ha usado el espectrómetro Fabry Perot GHaFaS para inferir nueva información importante sobre los efectos de la interacción

de las galaxias sobre la formación estelar y la alimentación de los núcleos galácticos activos (AGN). Las observaciones, de un campo de velocidad bidimensional de las dos galaxias en interacción NGC 3395 y NGC 3396 (el sistema Arp 270) combinados con una imagen en H $\alpha$  calibrada en flujo obtenida con la cámara ACAM en el telescopio WHT, han permitido obtener la función de luminosidad de las poblaciones de regiones HII en ambas galaxias y explorar su cinemática interna. El descubrimiento de dos flujos importantes de gas, uno hacia el núcleo a lo largo de la barra de NGC 3396 y otro, bicónico, desde el núcleo hacia fuera ha sido interesante. El ritmo de formación estelar en la zona circumnuclear se puede explicar fácilmente mediante la diferencia entre los ritmos de flujo hacia dentro y hacia fuera. Dado que los flujos bicónicos son característicos de los núcleos activos, se buscó, y encontró evidencia de la presencia de un AGN en el núcleo de NGC 3396, escondido dentro de una manta densa de polvo interestelar. La evidencia es la emisión del ion NeV a 24.3 micras de longitud de onda en un espectro del satélite Spitzer, y una línea en emisión en rayos-X a 6.4 keV de un espectro del satélite Chandra.

Análisis de las funciones de masa y de luminosidad de las regiones HII muestran que hay dos funciones distintas, una para las regiones de baja luminosidad y otra para aquellas de alta luminosidad. Se atribuye esta dicotomía a la formación de cúmulos de estrellas masivas en dos tipos de nubes moleculares distintas, las que tienen baja masa, que se ligan por la presión externa y las de alta masa que se ligan por su propia gravedad. Esta diferencia da lugar a dos regímenes de formación estelar, que bien podría ser la base de la existencia de funciones de masa bimodales en las poblaciones estelares de las galaxias. La población de alta luminosidad es fácil de encontrar en este par de galaxias en interacción precisamente porque la interacción ha estimulado la formación de nubes moleculares muy masivas.

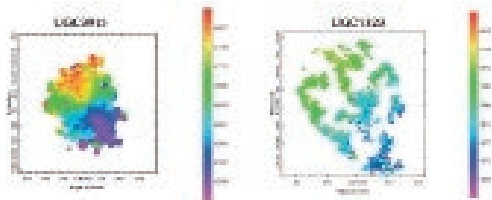
## Evolución del Proyecto

Durante 2012 se ha profundizado en lo que es la especialidad del grupo: la aplicación de observaciones de la cinemática del gas ionizado en galaxias al entendimiento de la dinámica interna de las galaxias, y su relación con la formación estelar global. Es importante resaltar que durante este año el número de investigadores adscritos al Proyecto se redujo a 2 (J.E. Beckman y J. Zaragoza Cardiel). A finales de año se incorporó al Proyecto el nuevo Astrofísico Residente, A. Camps, quien ha estado dedicado principalmente al estudio del Master en Astrofísica. Por esta razón el rendimiento del Proyecto ha sido algo reducido en comparación con años anteriores. Sin embargo, a finales de año se volvió a coger un nuevo ritmo que quedará demostrado con las publicaciones en 2013.

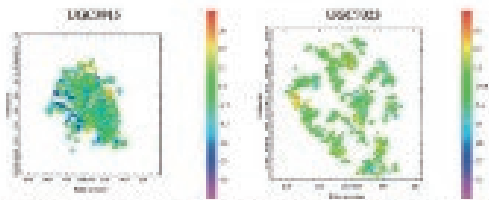
### *La estructura resonante de los discos de las galaxias*

Quizás el logro más importante ha sido la realización de nuestro propio método para determinar con precisión la estructura de las resonancias en los discos de las galaxias. La teoría de la formación de los rasgos estructurales de las galaxias: los brazos, las barras, y los bulbos, ha tenido que reconocer y explicar algunas paradojas aparentes en las observaciones. Las teorías de ondas de gravedad han surgido para dar cuenta de algunas de ellas, sobre todo de la presencia continua de estrellas masivas y jóvenes en los brazos espirales. Sin embargo hay muchas lagunas y controversias en estas teorías y su aplicación a los discos observados. Por ejemplo en un artículo en 2011 Foyle et al. utilizaron una serie de medidas morfológicas para cuestionar la base de la presencia de ondas de densidad en los discos. Esencialmente no encontraron en sus observaciones evidencia en favor de secuencias temporales de formación estelar asociadas con los brazos, predichas en principio por las teorías, y sobre todo del cambio de signo de estas secuencias en el radio de corrotación cuya existencia es un elemento fundamental del escenario teórico.

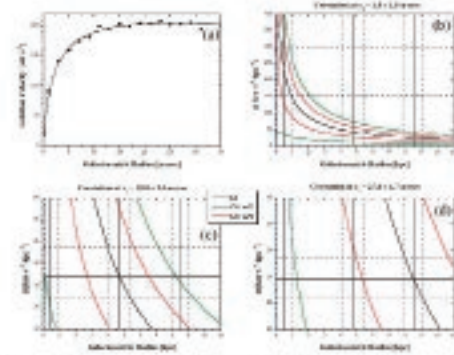
Nuestro método para medir la estructura resonante de las galaxias aprovecha los campos de velocidad del gas ionizado que se pueden medir usando un espectrógrafo bidimensional de tipo Fabry Perot. Se han producido resultados generales de más de 100 galaxias, que muestran sin ambigüedad la existencia de sistemas múltiples de ondas de densidad en casi todas, y se descubrió una nueva relación resonante interna en los discos. Además se ha podido medir las velocidades angulares de rotación de ambas barras por separado en las galaxias con dos barras, (una barra grande más una barra nuclear) comprobando ciertas predicciones teóricas que dan una razón de 2.3 entre ellas. (J. Font, J.E. Beckman y colaboradores externos).



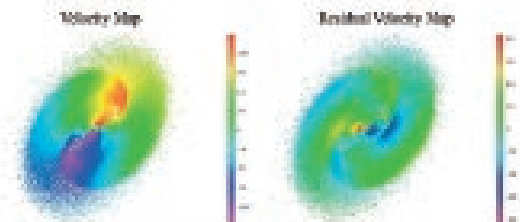
Left panel. Velocity field of UGC 3915, as measured from H $\alpha$  emission line observations from GHASP. Right panel. Velocity field of UGC 7323. The color bars gives the recession velocity in km s<sup>-1</sup>.



Left panel. The residual velocity field for UGC 3915 obtained after subtracting off the 2D rotational velocity field, which is derived after performing the iterative procedure from the observed field. Right panel. The residual velocity field for UGC 7323.

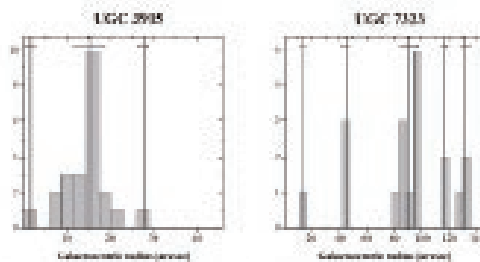


a) Rotation curve for UGC 3915 showing the observed values and the best polynomial fit. b) Plots, against galactocentric radius of  $\Omega$  (black curve),  $\Omega \pm K/2$  (green curves) and  $\Omega \pm K/4$  (red curves). The positions of the three corotation radii found for this galaxy gives by solid black vertical lines, with their uncertainties shown by the accompanying pairs of vertical dashed lines. The horizontal black line (and its associated uncertainties, shown dashed) gives the pattern speed associated with the innermost corotation radius. The details in the graph show that for the innermost of the three corotation radii, the Linblad and ultraharmonic resonances do not coincide with the other corotations. c) The same type of plot as in b), but centered on the second of the three corotation radii and showing that the ILR for this corotation coincides (within the uncertainties) with the innermost corotation, while the OLR coincides with the outermost corotation. d) The same type of plot as in b) but centered on the outermost of the three corotations, and showing that the inner ultraharmonic (14:1) resonance coincides with the second corotation radius. The pattern found in this galaxy, where two resonant systems are inter-related such that the OLR of the inner coincides with the corotation of the outer, and the 14:1 resonance of the outer coincides with the corotations radius of the inner is a pattern which we find at least once in the great majority of the galaxies measured.

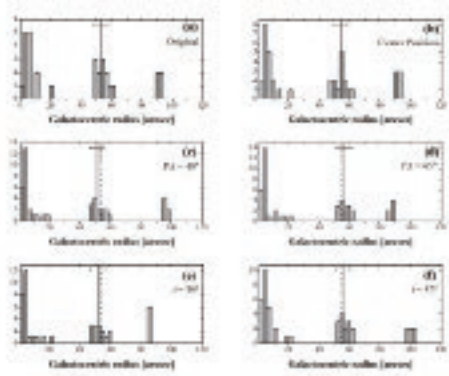


Left panel. Velocity field derived from our numerical model, projected as if observed on the sky. Right panel. Residual velocity field of the model galaxy, found by subtracting off the 2D rotational velocity field from the complete field.

MEMORIA  
2012 IAC



Histogram of the number of phase reversals detected in the residual velocity maps of the galaxies, plotted against galactocentric radius for: a) Left panel UGC3915 b) Right panel UGC7323. The clearly defined peaks in the histograms show the radii of corotation, except the innermost peak for UGC3915, which is consistent with an inner Lindblad resonance of the second peak, as can be seen in the next figure.

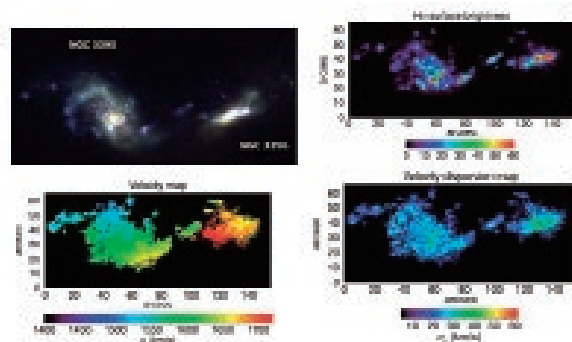


a) Histogram of the number of phase reversals detected in the residual velocity maps from the numerical model, plotted against galactocentric radius, taking the original values of the geometrical parameters: center position = (256,256), position angle =  $57^\circ$  and inclination =  $45^\circ$ . The vertical solid line marks the radial position of the corotation, and the horizontal solid segment gives the uncertainty associated with the corotation radius. b) The same type of histogram as in a) but modifying the position of the center. The new corotation lies in the same radial position than in a). c) The same type of histogram as in a) but modifying the position angle. The corotation radii obtained with the original parameters (panel a) is now included and plotted as a vertical dashed line, showing the effect of the variations of this parameter on the corotation radius. d) The same type of histogram as in c) but increasing the value of the position angle. The new corotation is shifted with respect to the original position in the opposite way than in c). e) The same type of histogram as in a) but changing the inclination angle. The new corotation radii (solid line) is shifted inwards when compared with the original one (dashed line). f) The same type of histogram as in e) but increasing the value of the inclination. The new corotation is shifted with respect to the original position in the opposite way than in e).

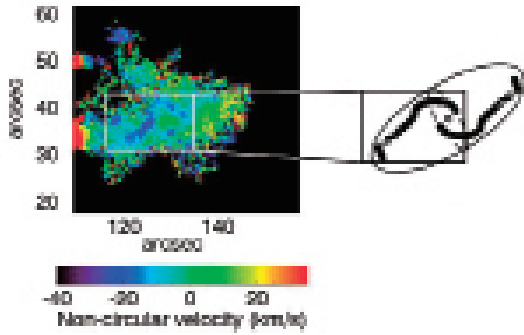
### Las galaxias interactivas en Arp 270

El segundo logro durante 2012 fue la demostración, en las galaxias en interacción del sistema Arp 270, de dos regímenes de formación estelar, que debe tener implicaciones importantes por la bimodalidad de la función inicial de masas de las estrellas en galaxias en general. Este resultado proviene de un análisis del cubo de datos obtenido con el instrumento GHaFaS, que ha permitido detectar las poblaciones de regiones HII en ambas galaxias, y medir sus parámetros básicos: luminosidad, densidad electrónica, masa, y radio. Se ha encontrado que la densidad electrónica cae con creciente luminosidad hasta una luminosidad crítica, y después sube. Combinando este resultado con medidas anteriores en la galaxia M51, se dedujo que hay dos diferentes regímenes

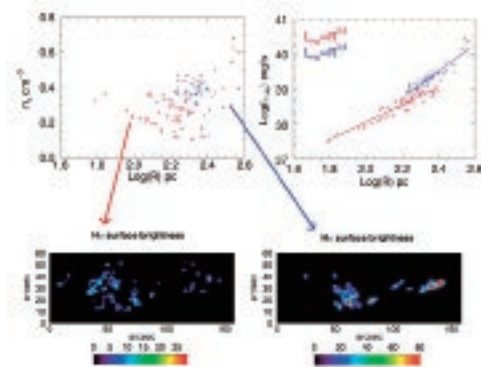
de regiones HII, régimen I donde las regiones están ligadas por la presión del gas externo, y régimen II donde están ligadas por su propia gravedad. Las regiones en régimen I se encuentran en las afueras de ambas galaxias, y las en régimen II en las zonas centrales y en la zona de fuerte interacción. Se pueden comparar estos resultados con un juego similar que se ha obtenido en "Las Antenas", donde se encuentran dos regímenes de regiones HII, y además dos regímenes de nubes moleculares. La masa crítica que divide los dos regímenes es comparable en ambos casos, es decir para las nubes moleculares y para las regiones HII. Esto indica que la causa de la división entre los dos regímenes proviene de las propiedades de las nubes moleculares donde se forman los cúmulos de estrellas masivas. Las interacciones entre las galaxias fomentan la formación de las nubes moleculares muy masivas de la población II, que abundan en ellas. También existen en galaxias aisladas masivas, pero en cantidades menores. Esta línea de investigación tiene implicaciones para la formación de cúmulos de estrellas masivas en galaxias con alto "redshift" donde había poblaciones más importantes de las nubes moleculares masivas. (J. Zaragoza Cardiel, J.E. Beckman y J. Font).



(From left to right, and top to bottom): Composite color map of Arp 270 from SDSS images; H $\alpha$  surface brightness, first moment map, giving the velocity fields of the two galaxies; second moment map showing the velocity dispersion.



Izquierda: mapa de NGC 3396 en velocidad no circular; derecha, modelo de la forma general de las calles de polvo en una galaxia barrada de Athanassoula (1992).

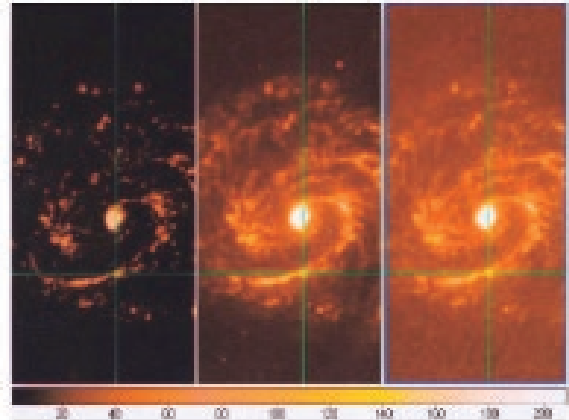


Arriba, a la izquierda: relaciones entre la densidad electrónica y el radio de las regiones HII en Arp 270 de la población I (puntos rojos) y de la población II (puntos azules); arriba a la derecha: la luminosidad en H $\alpha$  contra el radio de las regiones HII mostrando la diferencia en la relación entre las dos poblaciones; abajo a la izquierda: la distribución dentro de las galaxias de la población de las regiones HII de la población I, en las periferias de las dos galaxias; abajo a la derecha: la distribución de las regiones HII de la población II, en los centros de las galaxias y en la región de máxima interacción entre ellas.

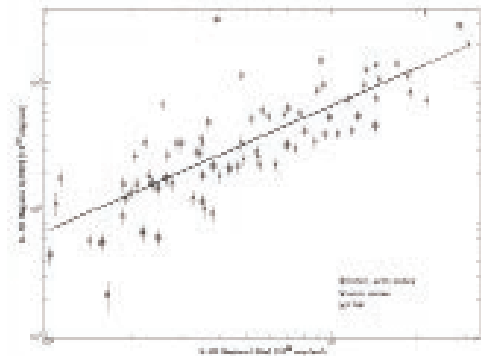
**La emisión en el infrarrojo de las regiones HII de M100**

Otra investigación, con resultados inesperados, en 2012 ha sido el análisis de las regiones HII en las imágenes infrarrojas de la galaxia M100 obtenidas de la galaxia Spitzer, comparándolas con sus equivalentes en H $\alpha$  obtenidas con el telescopio WHT. Mientras la luminosidad en el infrarrojo de una región es proporcional a la luminosidad en H $\alpha$ , un resultado normal que indica que el polvo interestelar emite radiación en proporción a la radiación que recibe de las estrellas ionizantes, la temperatura medida en el infrarrojo no muestra ninguna dependencia de la radiación recibida, y

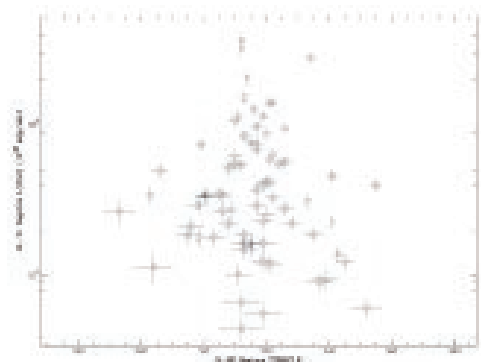
muestra valores muy similares, alrededor de 320K, para todas las regiones. Este último resultado no se encuentra en la literatura teórica. Se están probando modelos teóricos con escenarios que puedan explicar estas observaciones. (J.E. Beckman y J. Chan).



Imágenes de la galaxia espiral M100, de izquierda a derecha: en H $\alpha$ , en 5.5 micras de Spitzer, y en 8.0 micras de Spitzer. Desde estas imágenes y su calibración en flujo, mas otra imagen en 4.5 micras, se pudo derivar la temperatura y el flujo de emisión total de las regiones HII en la galaxia.



Flujo en H $\alpha$  contra el flujo en el infrarrojo (de Spitzer-IRAC) para las regiones HII en M100, mostrando una buena dependencia lineal, con su dispersión moderada.

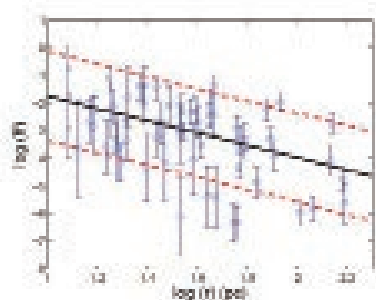


Temperatura del polvo interestelar en las regiones HII de M100 contra el flujo en el infrarrojo de cada región. El flujo varía por un factor 30 mientras la temperatura varía por sólo 30%.

Se está trabajando en un escenario que ofrece una explicación de este nuevo resultado.

*Con OSIRIS en el telescopio GTC, el factor de llenado de las regiones HII en NGC 6946*

Durante 2012 se ha trabajado en la reducción, el análisis, y la interpretación un juego único de datos que se habían obtenido con OSIRIS en el telescopio GTC. Se trata de la primera determinación de la variación del “factor de relleno” de una población de regiones HII en una galaxia: en este caso en NGC 6946, una espiral local con abundante formación estelar. Las observaciones, usando el filtro sintonizable de OSIRIS proporcionaron una imagen de la galaxia en la razón de las líneas del doblete de [SII] en 6718 Å y 6733 Å, de la cual se pudo inferir la densidad electrónica dentro de la fase densa de las regiones. La imagen correspondiente en H $\alpha$  ofrece la densidad electrónica promedio de las regiones, y de estas dos densidades se pudo obtener el factor de relleno, que decrece ligeramente con la luminosidad de una región. Este resultado parece bastante técnico, pero tendrá implicaciones para el entendimiento de la ionización del medio interestelar difuso en las galaxias, y probablemente de la ionización del medio intergaláctico. El programa de investigación sigue. (B. Cedrés, J.E. Beckman, A. Bongiovani, J. Cepa, C. Giammanco et al.).



*Factor de llenado de 58 HII regiones HII en el disco de NGC 6946 contra el radio de cada región. Este resultado muestra que la fase densa y tibia ocupa una fracción cada vez menor de la región cuando el radio, y por ende, la luminosidad crecen.*

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

**I. Pérez Fournon.**

**P. Ferrero, P.I. Martínez Navajas y A. Streblyanska.**

Principales colaboraciones internacionales en las que participa el grupo: Herschel SPIRE, HerMES, Herschel-ATLAS, SPICA, SAFARI, SWIRE, SERVS, SDSS-III, BOSS, BigBOSS, CIBO, VISTA VHS, WUDS, COSMOS, 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 japonés SPICA. Participa también en varios estudios de fuentes explosivas de rayos gamma (GRBs).

Los proyectos principales en 2012 han sido: a) Estudios extragalácticos con el Observatorio Espacial Herschel, principalmente los del Proyecto HerMES, “Key Project” de tiempo garantizado del Consorcio SPIRE, y el “Key Project” de tiempo abierto Herschel-ATLAS. b) Observaciones de seguimiento con el telescopio GTC y otros grandes telescopios de galaxias distantes seleccionadas en el infrarrojo y en ondas mm/submm. c) Participación en el desarrollo del instrumento SAFARI, la contribución europea al telescopio espacial infrarrojo japonés SPICA. d) Sloan Digital Sky Survey (SDSS) III (BOSS) y preparación de las

contribuciones del IAC a la fase IV de SDSS y a BigBOSS. e) El Proyecto SERVS (The Spitzer Extragalactic Representative Volume Survey), uno de los grandes proyectos del tipo “Exploratory Science” de Spitzer. f) Seguimiento de fuentes explosivas de rayos gamma (GRBs) en el marco de varias colaboraciones internacionales.

## Hitos

En 2012 el grupo continuó con las contribuciones a la explotación científica de varios proyectos del Observatorio Espacial Herschel, que incluyen los mayores proyectos de tiempo garantizado (HerMES) y de tiempo abierto (Herschel-ATLAS). Uno de los estudios ha dado lugar a una publicación en *Nature* (Page et al.) sobre el efecto de los núcleos activos de alta luminosidad en rayos X en la supresión de la formación estelar en la galaxia que lo alberga.

Otro aspecto relevante de los proyectos llevados a cabo con Herschel es el estudio con diferentes telescopios de las fuentes extragalácticas más brillantes descubiertas con el instrumento SPIRE de Herschel, algunas de las cuales están amplificadas por efecto lente gravitatoria. Se han estudiado varios objetos de este tipo del Proyecto HerMES, incluyendo objetos SPIRE brillantes descubiertos en un campo nuevo de gran área, HELMS, y del Proyecto Herschel-ATLAS.

El Proyecto SDSS-III hizo pública una gran base de datos de más de dos millones de espectros de galaxias, estrellas y cuásares (la SDSS Data Release 9), que incluye por primera vez espectros de un gran número de galaxias, cuásares y estrellas del Proyecto BOSS.

## Evolución del Proyecto

Las actividades principales del grupo en 2012 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.

El grupo ha liderado varios proyectos de observaciones de galaxias Herschel con los telescopios de IRAM, tanto el 30 m de Pico Veleta como el interferómetro de Plateau de Bure.

En 2012 se comenzó a participar en varios estudios sobre cuásares del Proyecto BOSS de SDSS-III.

Nuestra actividad en el campo de fuentes explosivas de rayos gamma (GRB) ha continuado en el marco de las colaboraciones con otros institutos en Alemania, Italia y España. En particular, se han realizado varias visitas de trabajo financiadas por el Proyecto “Estudio de las galaxias anfitrionas de GRBs: herramienta para analizar la evolución de las galaxias y los progenitores de las explosiones” (IP. P. Ferrero), una Acción Integrada del Programa Nacional de Internacionalización de la I+D con el Observatorio “Thuringer Landessternwarte Tautenburg” (Alemania).

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

**C. Muñoz-Tuñón.**

**O. González Martín, J. Sánchez Almeida, J. Méndez Abreu, R.H. Hinojosa Goñi, C. Ramos Almeida, J. Rodríguez Zaurín, A.M. Varela Pérez, J.M. Rodríguez Espinosa, N. Caon, J.A. López Aguerri, D. Reverte Pay y A.B. Morales Luis.**

R. Amorin Barbieri (IAA, Granada); L.M. Cairós (Postdam, Alemania); G. Tenorio Tagle, S. Silich, D. Rosa (INAOE, México); J. Palous, R. Wunsch (Academia de Ciencias-Rep. Checa); P. Planesas (OAN, Madrid); E. Simmoneau (IAP, Francia); M. Huertas Company (EPIC, Francia); N. Levenson (Gemini S., Chile); B. Elmegreen, D. Elmegreen (IBM, EEUU); A. Alonso (IFCA, Cantabria); C. Tanhunter (Sheffield, Reino



Unido), 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).

Este Proyecto está orientado al estudio teórico y observacional de los estallidos de formación estelar y su impacto en la evolución de las galaxias. La línea central ESTALLIDOS es definir la naturaleza y la extensión de los brotes en función de la metalicidad y el entorno; también entender los mecanismos que permiten su retroalimentación y la formación de nuevas generaciones de estrellas que, a su vez, producen el enriquecimiento cósmico en metales. Se estudió un amplio rango de entornos y propiedades, desde las galaxias más cercanas a los objetos que están formando estrellas de manera más extrema, para caracterizar los procesos físicos que gobiernan la formación estelar masiva (starbursts).

Siguiendo esta línea, ya clásica de ESTALLIDOS y teniendo en cuenta los progresos más recientes en este campo, especialmente la nueva información que ofrecen los grandes cartografiados, se ha estructurado nuestra investigación para los próximos tres años en tres grandes objetivos: 1) El estudio de la formación estelar masiva y el enriquecimiento químico del Universo local, 2) El análisis del impacto de brotes de formación estelar sobre la evolución galáctica y 3) La caracterización de los starbursts extremos. Cada objetivo está liderado por un miembro sénior del equipo y tiene fines específicos bien definidos, así como tareas y metodología propias y su correspondiente plan de trabajo.

Los temas relevantes de ciencia que serán abordados incluyen: a) Enriquecimiento metálico como huella de la historia de formación estelar de las galaxias. b) Estudios observacionales detallados de formación estelar y enriquecimiento químico en objetos del Universo local. c) Calibración precisa de modelos físicamente razonados de formación estelar masiva y de evolución química de galaxias. d) Evolución de galaxias en proceso de formación de estrellas haciendo uso de los grandes cartografiados; obtención de parámetros con mayor significado estadístico.

Los estallidos extremos de formación estelar serán estudiados aplicando la física ya conocida. Con la experiencia del grupo de más de 10 años estudiando starbursts como equipo coordinado, se analizarán objetos en condiciones límites de masa, metalicidad, luminosidad, tasa de formación estelar y entorno.

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

## Hitos

### *Local Tadpole Galaxies*

Elmegreen D.M., Elmegreen B.G., Sánchez-Almeida J., Muñoz-Tuñón C., Putko J., Dewberry J., 2012 *Astrophysical Journal*, 750, 92.

Las galaxias Tadpoles (renacuajo) son pequeñas y se caracterizan por su forma, tienen una cabeza muy prominente que es una región gigante formando estrellas y una estructura extensa, alargada que emana de la cabeza en forma de cola que emite en luz difusa. En este trabajo se ha utilizado la base de datos de Sloan (SDSS) para calcular edades, masas y densidad superficial de una muestra de 14 galaxias tadpoles en el universo local. La muestra fue seleccionada de los catálogos de Michigan y Kiso que hacen un compendio de galaxias brillantes en el UV. En nuestro trabajo comparamos esta muestra local con resultados previos

de tadpoles a alto  $z$  encontrados en el survey profundo del HST (HUDF). Los resultados demuestran que en las propiedades analizadas, las contrapartidas locales son idénticas a sus hermanas a alto redshift, salvando la diferencia de tamaño y luminosidad.

La masas de la cabeza escala linealmente con la luminosidad total de la galaxia, en un rango que va desde  $\sim 10^5 M_{\text{sun}}$  a una magnitud absoluta  $U = -13$  mag hasta  $0^9 M_{\text{sun}}$  en galaxias más luminosas ( $U = -20$  mag). La densidad superficial equivalente aumenta desde varias  $M_{\text{sun}} \text{pc}^{-2}$  en las galaxias locales a  $10\text{-}100 M_{\text{sun}} \text{pc}^{-2}$  a alto redshift, y el ritmo de formación estelar (SFR) por unidad de área en la cabeza aumenta desde  $\sim 0.01 M_{\text{sun}} \text{yr}^{-1} \text{kpc}^{-2}$  en las locales, hasta  $\sim 1 M_{\text{sun}} \text{yr}^{-1} \text{kpc}^{-2}$  a alto  $z$ . Los valores en las galaxias locales son los típicos de regiones de formación de estrellas, y el aumento con el redshift es consistente con otros valores cosmológicos, seguramente resultados de mayor cantidad de gas para formar estrellas a alto  $z$ . Las colas, en la muestra local, son como discos sin bulbos, con edades que disminuyen desde varios Gyr a varios cientos de Myr a medida que aumenta  $z$ . La densidad superficial de las colas es más constante con  $z$  que en el caso de la parte de starburst (cabeza). Los perfiles de intensidad que se pueden trazar hasta las partes exteriores en la muestra local, son simétricos y exponenciales. En este trabajo se sugiere que la mayoría de las tadpoles locales son en realidad galaxias disco sin bulbo, con formación estelar intensa, desplazada hacia un extremo de la estructura; la razones de este desplazamiento pueden ser diversas, desde efectos ambientales como presión externa o impactos sobre el disco, o simplemente, formación estelar espontánea en zonas con escalas de Jeans comparables con las dimensiones del disco.

Este trabajo es importante, en particular podríamos estar detectando localmente contrapartidas de galaxias en formación con procesos muy similares a los que tienen lugar a alto  $z$ - difíciles de analizar con el mismo detalle. Con este trabajo se

ha abierto un campo nuevo que se espera de resultados de impacto para los modelos cosmológicos de formación de galaxias, a partir de estudios del Universo Local.

*Are luminous radio-loud active galactic nuclei triggered by galaxy interactions?*

Ramos Almeida C., Bessiere P.S., Tadhunter C.N., Pérez-González P.G., Barro G., Inskip K.J., Morganti R., Holt J., Dicken D., 2012, *Monthly Not. of the R. Astron. S.* 419, 687R.

Se presentan los resultados al comparar la morfología óptica de dos muestras muy diferentes, una es una muestra completa de 46 radiogalaxias del sur a redshift intermedio ( $0.05 < z < 0.7$ ) y la otra muestra, una muestra de control que incluye galaxias tempranas en estado latente (tranquilo). Basándonos en esa comparación, discutimos el papel que juegan las interacciones de las galaxias en las poderosas radiogalaxias (PRGs). Si consideramos el mismo límite de brillo superficial, la fracción de formas distorsionadas es considerablemente menor en las galaxias de control (50%) que en las poderosas radio galaxias – PRGs - (94% considerando únicamente la radiogalaxias intensas). Este resultado apoya el escenario en el que PRGs representan una fase activa breve de galaxias elípticas que han sufrido, en un tiempo relativamente reciente el efecto de fusiones o interacciones.

Este trabajo ha sido la semilla de nuestra propuesta para organizar el Taller “The triggering mechanisms for active galactic nuclei”, que tendrá lugar del 22-26 de julio 2013 en el Lorentz Center, Leiden, Países Bajos. Nuestra propuesta fue aceptada en agosto 2012 y ha recibido una subvención de 13.000 €.

*X-ray variability of 104 active galactic nuclei. XMM-Newton power-spectrum density profiles*

González-Martín O., Vaughan S.

Existe la idea extendida de que los núcleos activos de galaxias, alimentados por la

acumulación de masa hacia el agujero negro, podrían ser una versión a gran escala de los agujeros negros de binarias que vemos en la Vía Láctea (BH-XRBs). Una de las evidencias que apoyan esta conjetura es la similitud del espectro de potencias de la variabilidad en rayos X, que presenta escalas de tiempo de caída características que escalan con la masa del BH. En este trabajo se hace un análisis homogéneo del espectro de potencias de densidad (PSDs) de una muestra completa de 104 AGNs cercanos ( $z < 0.4$ ), a partir de observaciones con XMM-Newton. La muestra incluye 61 AGN tipo 1, 21 tipo 2, 15 NLSy1, y 7 BLLACS. Cada PSD fue ajustada con dos modelos: ley de potencias sencilla y ley de potencias amortiguada. El resultado es que el 72% muestra una variabilidad significativa en, al menos una de las tres bandas exploradas. La PSD de la mayoría de ellos se ajusta bien a una ley de potencias simple con un índice medio dado por  $\alpha = 2.01 \pm 0.01$ . Por otro lado, un alto porcentaje de AGN de baja luminosidad no muestra variabilidad alguna (86% de LINERs).

Haciendo uso tanto de los resultados en rayos X presentados en este trabajo como un compendio de resultados de la literatura, demostramos la existencia del plano fundamental que relaciona la escala de tiempo de la variabilidad, la masa del agujero negro y la luminosidad. Como conclusión confirmamos la sugerencia de que los AGNs son similares a los agujeros negros de binarias (BH-XRBs), con BH más masivos.

## **Evolución del Proyecto**

El Proyecto está programado según objetivos y los resultados se dan enmarcados en ellos. En el nodo IAC estamos centrados principalmente en los objetivos 2 y 3.

Todos los resultados del Proyecto se publican en revistas especializadas con árbitro. El listado de publicaciones resume nuestra actividad científica. A continuación reseñamos resultados que encontramos particularmente relevantes y que tocan aspectos diversos de ESTALLIDOS en el IAC.

Se ha continuado trabajando en la viabilidad del Proyecto LUS (Local Universe Survey). LUS pretende un estudio completo de la formación y evolución de las galaxias. En los últimos años nos hemos implicado en el uso de los filtros sintonizables de OSIRIS y en desarrollar herramientas que permitan su calibración precisa en todo el campo del instrumento y no únicamente en el área monocromática. Con datos de las primeras observaciones de OSIRIS se ha demostrado la utilidad de los TF para cartografiar y obtener mapas de líneas de emisión calibrados en flujo de objetos extensos como nebulosas o galaxias. Se han verificado nuestros programas diseñados “ad-hoc” que permiten reducir de modo automático los datos proporcionados por OSIRIS-TF y se han desarrollado herramientas para analizar los datos. Los primeros resultados mostrando un refinamiento en la calibración que garantiza la recuperación del flujo en las zonas externas está publicado en (Méndez-Abreu et al. 2011, *Publication of the Astron. Soc. of the Pacific*, 123, 1107). Este año ha concluido el análisis en el que se demuestra que nuestro método permite una precisión del 3% en la calibración en flujo de cualquier imagen tomada con los filtros estrechos de OSIRIS (Mayya et al. 2012, *Publication of the Astron. Soc. of the Pacific*, 124, 895)

Se ha participado en el survey CALIFA (IP S. Sánchez), encaminado a obtener mapas con espectros resueltos espacialmente de una muestra de 600 galaxias del Universo Local ( $0.005 < z < 0.03$ ).

El grupo participó en la Colaboración SHARDS (IP P. Pérez-González) y contribuido al primer artículo que aparecerá en 2013.

Colideramos co-PI: J.A.L. Aguerri el proyecto instrumental WEAVE (incluido en la RIA), espectrógrafo de muchas fibras para el foco primario del telescopio WHT. Nuestra ciencia está incluida en el caso científico de WEAVE.

El grupo es miembro del equipo científico de EMIR EAST. Participamos en reuniones de

planificación del comisionado. Miembros de ESTALLIDOS lideran propuestas del tiempo garantizado de EMIR (IP F. Garzón).

Asimismo, formamos parte del grupo científico de MEGARA (PI. A. Gil de Paz) y que en particular, el tema de la retroalimentación estelar masiva está incluida en la memoria científica de MEGARA. Participamos en dos bloques del Proyecto. En el universo cercano se ha incluido el caso científico de Supervientos Galácticos y SSC en objetos tipo M82 y la muestra preseleccionada hasta  $z = 0.5$  forma parte del caso MEGARA relacionado con Cosmología.

Se ha comenzado una colaboración con la Universidad de Oporto sobre el estudio multifrecuencia de las galaxias extremadamente pobres en metales (XMP). Esta colaboración amplía la que establecimos recientemente y que está siendo muy fructífera, con los Dres. B y D Elmegreen (EEUU).

Nuestros resultados científicos hacen uso de numerosas infraestructuras y bases de datos y archivos públicos. Como ejemplos, VLT, Gemini, GTC, WHT, XMM, Spitzer, HST, Sloan, etc.

El estudio de starbursts y AGNs ha tenido un gran impulso desde la incorporación de C. Ramos Almeida. Ella y otros miembros del equipo expertos en este tema han producido muchos e importantes resultados reflejados en la numerosa lista de publicaciones. Es importante mencionar que en este aspecto y a través de la colaboración los Piratas que obtuvo tiempo ESO-GTC (IP A. Alonso Herrero), el grupo ESTALLIDOS tiene acceso al tiempo garantizado de Canaricam en el telescopio GTC.

Durante 2012 el grupo ha iniciado una nueva línea de investigación que consiste en realizar espectroscopia multiobjeto profunda en cúmulos de galaxias cercanas con el fin de estudiar las propiedades de las galaxias enanas que pertenezcan a una muestra amplia de cúmulos cercanos diferentes al cúmulo de Virgo y Coma. Este Proyecto

es preparación para el nuevo instrumento WEAVE planificado para el telescopio WHT para el año 2017. Este cartografiado profundo permitirá determinar la pertenencia al cúmulo de galaxias hasta magnitud  $M_r = -16.0$ . Ello permitirá determinar funciones de luminosidad espectroscópicas hasta las galaxias enanas, estudiar el estado dinámico de las galaxias enanas y sus poblaciones estelares en función de la posición con el cúmulo. Todo ello aportará datos cruciales para entender su formación y origen. Hemos comenzado con el cúmulo cercano de Abell 85 para el cual obtuvimos 15 apuntados con VIMOS/VLT cubriendo medio radio virial del cúmulo. Durante 2012 se ha comenzado la reducción de los 3.000 espectros obtenidos y la determinación de los redshifts de las galaxias. Esperamos obtener del orden de 500 galaxias pertenecientes al cúmulo más brillantes que  $M_r = -14$ . Este conjunto de galaxias proporcionará la posibilidad de realizar los estudios indicados anteriormente en cúmulos diferentes de los de Virgo y Coma. Durante el próximo año seguiremos con el análisis de estos datos. Este trabajo es parte de la tesis titulada "Propiedades de galaxias en cúmulos" que está realizando I. Agulli.

Estamos involucrados en el Análisis dinámico de radio cúmulos: Proyecto Dynamical Analysis of Radio Clusters (DARC). El Proyecto DARC tiene como principal objetivo investigar la conexión entre los choques de subestructuras en cúmulos de galaxias y su emisión difusa en radio, así como el sobrecalentamiento del medio intracumular y su alta emisión en rayos X. El grupo ha hecho un gran esfuerzo durante los últimos años en investigar la naturaleza de esta emisión extensa en radio para una muestra amplia de cúmulos de galaxias. Hasta ahora se han publicado más de 15 artículos, y estamos en la fase final analizando la relación entre la potencia de emisión de radio-halos con la dispersión de velocidades del cúmulo. Como resultado preliminar se ha visto que los cúmulos con emisión difusa en forma de radio halo poseen presencia de subestructura en estado de choque y mayor emisión en rayos X.

A continuación se mencionan otros resultados enmarcados en los objetivos del Proyecto AYA2010.

**OBJETIVO 2 (AYA2010-21887-C04-04):**  
*Analizar el impacto de los brotes masivos en la evolución de galaxias*

Sobre la formación y evolución de las galaxias lenticulares: Durante 2012 fuimos invitados a escribir un review sobre las propiedades de este tipo de galaxias. Hemos realizado también simulaciones de N-cuerpos con el fin de investigar si las propiedades de los remanentes de galaxias tras sufrir fusiones menores son similares a las observadas en lenticulares. El resultado más importante y novedoso ha sido que las fusiones menores producen una evolución de las S0, desde S0c hasta S0a. Esta secuencia fue propuesta hace 40 años, pero han sido estudios recientes la que la han vuelto a poner de moda para explicar las propiedades de las lenticulares (Eliche-Moral et al. 2012, *Astronomy & Astrophysics*, 547, 48).

Sobre las estructuras barras, bulbos etc. de galaxias: Encontramos que el patrón de velocidad de las barras no cambia con  $z$  y de ahí se concluye que la población dominante en las barras está en estructuras muy duraderas. Una consecuencia obvia es que no debe haber habido el cambio substancial de momento entre la barra y el halo que predicen las simulaciones numéricas (Pérez et al. 2012, *Astronomy & Astrophysics*, 540, 103). Tenemos otros resultados importantes, sobre la estructura tridimensional de los bulbos y sobre las propiedades espectroscópicas de los diferentes tipos morfológicos (publicados en *Astrophysical Journal; Monthly Not. of the R. Astron. Soc. y Astronomy & Astrophysics*).

**OBJETIVO 3: Seleccionar y caracterizar starbursts extremos**

Para el estudio de la formación y evolución e impacto de grandes starburst en el Universo seguimos recopilando datos de archivo. Este trabajo es parte de la tesis de R. Hinojosa.

Se ha completado la muestra de objetos del survey de COSMOS. La muestra es completa hasta  $z=0.28$ . Esperamos publicar el catálogo en 2013. Además se han observado algunos objetos con espectroscopia de alta resolución espectral con ISIS@WHT.

En relación a los trabajos teóricos de la evolución hidrodinámica de cúmulos masivos y densos hemos desarrollado modelos tridimensionales numéricos. En paralelo se siguen buscando pruebas observacionales de la existencia de una solución bimodal. La aproximación a bajo desplazamiento al rojo la hemos centrado en el análisis de los perfiles de las líneas de emisión medidas en una submuestra de súper cúmulos estelares en el centro de M82.

El estudio de galaxias enanas extremadamente pobres en metales (XMP de sus siglas en inglés) está siendo muy fructífero y está dando lugar a resultados no sólo importantes científicamente sino de gran impacto.

Muchas de las galaxias XMP tiene una forma característica, forma de tadpoles. Las galaxias Tadpoles (renacuajo) son pequeñas y se caracterizan por tener una cabeza muy prominente que es una región gigante formando estrellas y una estructura extensa, alargada que emana de la cabeza en forma de cola que emite en luz difusa. Hemos usado la base de datos de Sloan (SDSS) para calcular edades, masas y densidad superficial de una muestra de 14 galaxias tadpoles en el universo local. La muestra fue seleccionada de los catálogos de Michigan y Kiso que hacen un compendio de galaxias brillantes en el UV. En nuestro trabajo comparamos esta muestra local con resultados previos de tadpoles a alto  $z$  encontradas en el survey profundo del HST (HUDF). Los resultados demuestran que en las propiedades analizadas, las contrapartidas locales son idénticas a sus hermanas a alto redshift, salvando la diferencia de tamaño y luminosidad. En este trabajo sugerimos que la mayoría de las tadpoles locales son en realidad galaxias disco sin bulbo, con formación estelar

intensa, desplazada hacia un extremo de la estructura *Astrophysical Journal*, 750, 92. 2012. Este trabajo es importante, en particular podríamos estar detectando localmente contrapartidas de galaxias en formación con procesos muy similares a los que tienen lugar a alto  $z$ - difíciles de analizar con el mismo detalle. Con él se ha abierto un campo nuevo que esperamos de resultados de impacto para los modelos cosmológicos de formación de galaxias, a partir de estudios del Universo Local.

Las galaxias XMP son el trabajo de tesis de A.B. Morales Luís. Inicialmente recopiló un catálogo completo en el Universo Local y ahora trabaja en la caracterización más detallada. Está analizando la espectroscopia con ISIS en el telescopio WHT de una muestra representativa y esperamos publicar los resultados en el año 2013.

Se ha puesto especial atención en estudiar diferentes propiedades de galaxias en entornos de alta densidad en función de su masa.

Hemos usado los cúmulos globulares como trazadores de la formación de las galaxias enanas. Este estudio ha dado como resultado la publicación de un artículo durante 2012: Sánchez-Janssen & Aguerri 2012. Nuestro análisis no favorece la formación de las galaxias enanas en el cúmulo de Virgo mediante mecanismos de evolución violenta que propicien una gran pérdida de masa. Al contrario, los resultados parecen indicar que las galaxias enanas en Virgo son el resultado de procesos más suaves que impliquen pérdida de gas mediante procesos tanto internos como externos.

con el instrumento LIRIS del telescopio WHT. Los resultados observacionales descritos sugieren que las galaxias centrales en grupos fósiles son el resultado de fusiones de galaxias cuyos progenitores tenían poca fracción de gas (Méndez-Abreu et al. 2012, *Astronomy & Astrophysics*, 537, 25).

La amplia base de datos que dispone el grupo sobre estos sistemas está siendo utilizado por S. Zarattini para su tesis titulada "Formación y evolución de grupos fósiles". Durante 2012, se ha terminado la reducción final de los datos espectroscópicos que comprendían 51 máscaras con 1.500 rendijas en total. Esto nos ha proporcionado un catálogo espectroscópico de unas 1.000 galaxias confirmadas como miembros de sistemas fósiles. Este es el catálogo más grande de este tipo de sistemas presente en la literatura. S. Zarattini ha estado trabajando durante 2012 en el estudio de las funciones de luminosidad de sistemas fósiles con el fin de estudiar las variaciones de  $M^*$  y la pendiente de las funciones de luminosidad de sistemas de galaxias en función de su grado fósil. Este trabajo terminará durante el año 2013.

## **POBLACIONES ESTELARES EN GALAXIA (P/309403)**

**S.L. Hidalgo Rodríguez.**

**A. Aparicio Juan, C. Gallart Gallart, A. Milone, M. Monelli, R. Carrera Jiménez, A. Rosenberg González y A. del Pino Molina.**

**Colaborador del IAC: C. Gallart Gallart.**

J. Alonso, R. Angeloti, M. Catelan, M. Zoccali (PUC, Santiago, Chile); E. Bernard (Edimburgo, Reino Unido); R. Buonanno, S. Cassisi (INAF, Italia); L. Carigi (UNAM, México); F. Fusco (Univ. de Roma, Italia); E. Lokas (NCAC, Polonia); S. Muarabito (ULL); V. Nascimbeni, G. Piotto (Padua, Italia); I. Saviane (ESO, Chile); E. Pancino (Bologna, Italia); A. Piatti (OA-UNC, Argentina); A. Recio Blanco (Niza, Francia); I. San Román,

**MEMORIA  
2012 IAC**

62 Sobre la formación y evolución de las galaxias más brillantes del Universo; Los grupos fósiles de galaxias son asociaciones de galaxias dominadas por una galaxia brillante elíptica y rodeada por galaxias más pequeñas que son al menos 2 magnitudes más débiles. Se investigaron las propiedades fotométricas de 20 galaxias centrales de grupos fósiles utilizando las imágenes de alta resolución espacial en banda K tomadas

A. Sarajedini (Univ. de Florida, EEUU); E. Skillman (Minnesota, EEUU); P. Stetson (Victoria, Canadá).

## 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 espectroscopia. La investigación del grupo se centra en los objetos más próximos, incluyendo a la propia Vía Láctea y la espiral enana M33. Parece razonable suponer que son una buena representación de al menos todas las galaxias de su tipo, y pueden considerarse como una buena referencia para entender cómo éstas se forman y evolucionan.

El Proyecto puede dividirse en cuatro líneas principales:

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

Las galaxias enanas surgen de forma natural como los primeros objetos en formarse según el modelo estándar de universo dominado por materia oscura fría y parámetro cosmológico ( $\Lambda$ -CDM). Como consecuencia de la condición para la pérdida de gas y enfriamiento existiría un sesgo en la formación de galaxias: las enanas se originarían de los picos de densidad de  $1\sigma$  y trazarían la distribución real de masa del Universo primigenio. El estudio de sus propiedades tanto integradas como a través de sus estrellas resueltas, aportaría una información valiosa no sólo de la forma en la que surgen y evolucionan las galaxias, sino también de las condiciones iniciales del universo en las que se formaron. En el Grupo Local se conocen unas 50 galaxias enanas con masas por debajo de  $\sim 10^7 M_{\odot}$ .

Las galaxias espirales son mucho más complejas que las enanas y, según el modelo estándar de  $\Lambda$ -CDM, se habrían formado por la sucesiva incorporación (“merging”) de enanas a una protogalaxia inicialmente pequeña. Presentan estructuras

cinemáticamente diferenciadas y formadas en diferentes estadios evolutivos como disco y halo. La caracterización detallada de las propiedades de ambas es fundamental para la comprensión de la formación y evolución de las galaxias espirales. En el Grupo Local sólo hay tres galaxias espirales: la Vía Láctea, M31 y M33.

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 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. Otro es el estudio de los registros fósiles de su formación inicial, tales como estructuras extendidas constituidas por una población estelar vieja, la distribución de velocidades de sus estrellas individuales, o los gradientes de sus poblaciones estelares.

Dentro de esta línea se abordan dos aspectos concretos: historia de formación estelar de las galaxias enanas y poblaciones estelares y estructura primordial de la galaxia espiral M33.

Debido a su proximidad, las galaxias enanas del Grupo Local son candidatos ideales para estudiar en detalle su contenido estelar desde el momento de su formación hasta hoy. Si la fotometría es suficientemente buena, pueden obtenerse diagramas color-magnitud (DCM) de sus estrellas resueltas con suficiente precisión. Nuestro grupo es líder en obtener la HFE usando DCM, habiendo desarrollado algoritmos específicos para esta tarea. El análisis en detalle de la HFE de estas galaxias arrojará luz sobre el papel que tienen las galaxias enanas en la formación de galaxias de mayor tamaño. M33 presenta unas condiciones muy favorables para su estudio en detalle. El ángulo entre su plano de simetría y el del cielo es pequeño, por lo que está prácticamente “de

cara". Esto facilita su observación porque el enrojecimiento diferencial, la distancia diferencial y la mezcla de subestructuras en una misma imagen son limitados. Por otra parte, está lo suficientemente cerca como para poder observar sus estrellas resueltas con detalle y lo suficientemente lejos como para que la observación de amplias muestras de estrellas sea posible.

El objetivo es el estudio de la distribución espacial de sus poblaciones estelares de M33 en el disco y el halo, incluyendo la relación edad-metalicidad y llegando hasta las regiones más externas de la galaxia. Para ello el grupo se basará en diagramas color-magnitud para obtener historias de formación estelar; la distribución de variables RR-Lyr para la distribución de la población estelar más vieja, y medidas espectroscópicas del triplete del Calcio de estrellas resueltas para obtener la relación edad-metalicidad.

#### *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. En particular,  $\omega$  Cen y NGC 2808 contienen múltiple secuencias principales (Piotto 2009), pero no son los únicos casos: NGC 6752, 47 Tucanae, NGC 1851, M22 y al menos otros seis GC muestran múltiples ramas de subgigantes y/o RGBs (Milone et al. 2008, 2010, Piotto 2009).

64 Por otro lado, se ha asociado variaciones en la abundancia química de elementos ligeros con la presencia de estas secuencias múltiples (Milone et al. 2010). Análisis espectroscópicos extensos han mostrado que las variaciones en elementos ligeros (C,N,O,Na) dentro del cúmulo están principalmente asociadas con diferentes generaciones de estrellas y no con efectos evolutivos.

Modelos teóricos de D'Ercole et al. (2008) predicen que una fracción grande (90% o más) de la primera generación de estrellas podrían haberse perdido en los primeros momentos de evolución de los CGs a causa de la pérdida de masa debido a la explosión de supernovas. El hecho de que la primera generación de estrellas fuese mucho más numerosa en la época de formación del CG daría cuenta también del material enriquecido necesario para formar la siguiente generación de estrellas. Un estudio sistemático de la distribución radial de las estrellas en los CGs podría arrojar luz sobre esta cuestión.

En el contexto de lo que se acaba de mencionar, los actuales cúmulos globulares podrían proceder de primitivas galaxias enanas siendo quizá su componente más ligada y, por lo tanto, el resto que quedaría después de un proceso de disrupción de la galaxia primitiva por interacción de marea con la Vía Láctea. Este tipo de proceso es el que se observa en la galaxia esferoidal de Sagitario, de la que su núcleo, M55, había sido catalogado desde su descubrimiento como un cúmulo globular. Si este escenario es correcto, en las actuales galaxias esferoidales satélites de la Vía Láctea deberían encontrarse multipoblaciones muy viejas y diferenciadas por la composición química, de la misma manera que en los cúmulos. Es nuestra intención extender el análisis de las multipoblaciones a una muestra de galaxias esferoidales enanas con el fin de estudiar este proceso.

#### *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.

Los cúmulos abiertos son grupos de estrellas dinámicamente ligadas que comparten la misma edad y composición química. Esto les hace las partículas de prueba ideales para investigar algunas cuestiones clave en la astronomía moderna que todavía no tienen respuesta, como los procesos de formación



estelar o el ensamblaje y evolución de galaxias. En particular, los cúmulos abiertos son claves en el estudio de la composición química y cinemática del disco de la Vía Láctea.

Los estudios del disco Galáctico basados en cúmulos abiertos tienen el inconveniente de la falta de homogeneidad de las muestras. Este escenario va a cambiar en el inmediato futuro con la misión espacial GAIA, que proporcionará distancias y movimientos propios, y muestreo de espectroscopia de alta resolución que ha comenzado a desarrollar la comunidad europea utilizando las instalaciones de la ESO, proporcionando abundancias químicas y velocidades radiales. Sin embargo, no existe una muestra homogénea de diagramas color-magnitud de cúmulos abiertos. Esta muestra es de fundamental importancia ya que algunas propiedades físicas de estos objetos, como las edades, masas o funciones de luminosidad, pueden ser determinadas únicamente a partir del diagrama color-magnitud. Por cubrir esta carencia, se están obteniendo diagramas color magnitud una muestra de 60 cúmulos abiertos más viejos de 1 Gyr y visibles desde el hemisferio norte. Además, en colaboración con investigadores del Max-Planck Institute for Astronomy (Alemania) se van a observar otros 40 objetos desde el Hemisferio Sur. La muestra total está constituida por 100 cúmulos abiertos más viejos de 1 Gyr, que representan el 50% de los conocidos con esa edad.

GAIA va a proporcionar datos de alrededor del 1% de las estrellas de la Vía Láctea. De una buena parte de ellas, situadas en el entorno solar, se conocerán de forma precisa su distancia, edad y composición química. Este tipo de datos van a dar una oportunidad única de conocer la historia de formación estelar en el entorno solar. En este marco, es necesario adecuar las herramientas desarrolladas por el grupo para el análisis de poblaciones estelares al tipo de datos que suministrará GAIA.

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

Se han desarrollado una serie de herramientas de cálculo de poblaciones sintéticas, básicamente constituida por dos elementos: 1) cálculo de diagramas color-magnitud sintéticos para cualquier batería de parámetros de entrada (IAC-Star), y 2) resolución de la historia de la formación estelar mediante diagramas color-magnitud, basada en un algoritmo genético (IAC-pop/MinIAC).

El grupo va a iniciar 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. Por otro lado, son necesarios modelos precisos para estrellas por debajo de  $1.4 M_{\odot}$ , o extender las librerías a la nueva distribución de elementos pesados.

La disponibilidad en un futuro próximo de la inmensa cantidad de datos que proporcionará GAIA permitirá obtener estimaciones empíricas de propiedades fundamentales de las estrellas de población I y población II, tales como luminosidad y temperatura efectiva. Esto representa un laboratorio formidable donde testar la próxima generación de modelos estelares. Es fundamental comenzar a preparar el entorno necesario para este esfuerzo.

El desarrollo de esta nueva librería de evolución estelar nos permitirá avanzar en el conocimiento de problemas abiertos en Astrofísica. Por ejemplo para poder interpretar los patrones de abundancias químicas observadas en los CGs (tales como las abundancias de CNO) que pueden tener un gran impacto, aún no plenamente conocido, sobre varias bandas fotométricas; o por otro lado, comprender la formación de la primera generación de estrellas en las galaxias enanas de muy baja metalicidad.

## Hitos

Se analizó la fotometría de gran campo de 23 cúmulos globulares. Utilizando datos en cuatro bandas, se ha introducido un nuevo índice fotométrico,  $Cubi=(U-B)-(B-I)$  muy eficaz detectando múltiples secuencias en la RGB, y que éstas están formadas por estrellas con diferentes abundancias de elementos ligeros. Se ha demostrado que poblaciones múltiples de estrellas existen en todos los cúmulos analizados (Monelli & Milone).

Por primera vez se han encontrado variaciones en las intensidades de las bandas moleculares de CN y CH en estrellas con diferentes estadios evolutivos de un cúmulo abierto: NGC 791. Estas variaciones implican diferentes abundancias de C y N, tal como se observan en cúmulos globulares. Este resultado constituye la primera evidencia de la existencia de multipoblaciones en cúmulos abiertos (Carrera).

Se averiguó que las galaxias enanas esferoidales y las de transición difieren entre sí sólo en las regiones centrales. La distribución radial de la densidad estelar de las poblaciones estelares más viejas sigue una doble exponencial mientras que la de las estrellas más jóvenes ajusta una exponencial simple (Hidalgo, Monelli, Aparicio).

Se descubrió que las relaciones entre la masa, metalicidad y tasa de formación de las galaxias siguen dos comportamientos diferentes: uno para galaxias de menos de  $10^7 M_{\odot}$ , dominadas por pérdidas de gas y otro para galaxias de mayor masa, dominadas por caídas de gas en su pozo de potencial (Hidalgo).

enana de Fornax. La zona central de Fornax está dominada por una población intermedia-joven, mientras que en regiones cerca del borde del núcleo de la Galaxia predominan las estrellas viejas. Tanto la reionización del Universo, como el barrido del gas por las supernovas no parecen haber tenido ningún efecto significativo en la galaxia (del Pino, Hidalgo, Aparicio).

## Evolución del Proyecto

Se ha elaborado un artículo sobre los gradientes de población estelar de las galaxias enanas LGS-3, Phoenix, Cetus y Tucana. Este artículo está a punto de enviarse. Los resultados apuntan a que las galaxias enanas esferoidales y las de transición difieren entre sí sólo en las regiones centrales. La reionización no parece haber afectado a la formación estelar en el centro de estas galaxias aunque pudiera haber parado la formación estelar en las regiones más externas. Este artículo va a enviarse en breve.

Otro artículo sobre la comparación de la relación metalicidad-tasa de formación estelar entre las galaxias del Grupo Local y galaxias observadas con el SDSS (más de  $10^8 M_{\odot}$ ) ha sido enviado. Los resultados sugieren que el enriquecimiento químico de las galaxias por debajo de 107 masas solares se ven afectadas fundamentalmente por pérdidas de gas mientras que galaxias de mayor masa se evolucionan químicamente debido a caídas de gas con el cual forman estrellas.

En colaboración con el Departamento de Astronomía y Meteorología de la Universidad de Barcelona, se ha avanzado en las simulaciones con datos de GAIA para la obtención de la historia de formación estelar (HFE) de la Vía Láctea. La aportación a este Proyecto se basa en el uso del software desarrollado en el grupo para obtener la HFE usando un diagrama color-magnitud. Los primeros resultados de la simulación que muestran que será posible obtener la HFE del disco galáctico en el entorno solar con los datos que suministrará GAIA.

MEMORIA  
2012 IAC

66

Se ha hallado que el brote estelar en el bulbo central de la galaxia NGC 5102 ocurrido hace unos 150 Myr paró la formación estelar en las regiones cercanas de la galaxia (Hidalgo).

Se han localizado importantes diferencias en función del radio galactocéntrico para la historia de formación estelar de la galaxia

Se ha perfeccionado el software IAC-pop/MinnIAC para obtener la HFE introduciendo nuevas opciones de cálculo de errores y suavizado de soluciones. Este software está siendo usado por varias instituciones internacionales en colaboración con el IAC para obtener HFE a partir de diagramas color-magnitud.

Se finalizó el análisis de la galaxia NGC 5102 usando datos de HST. Los resultados muestran que el brote de formación estelar ocurrido en la parte central del bulbo hace ~150 Myr paró la formación estelar en las zonas más próximas, posiblemente debido al barrido del gas por viento estelar.

Se inició el análisis de la HFE en función del radio de la galaxia Leo-A observada con la cámara ACS del HST.

Se ha empezado con la reducción de datos de las galaxias Bootes, Draco, Hércules y Ursa Minor observadas con el telescopio Subaru.

En colaboración con S. Cassisi (INAF-Observatorio de Teramo). Se ha desarrollado una aplicación para mejorar la detección de los puntos principales de las trazas de la librería de evolución estelar de BaSTI. Este software está siendo usado actualmente en el Observatorio de Teramo.

Junto a A. Piersimoni (INAF-Observatorio de Teramo) se ha desarrollado una aplicación para mejorar el ajuste de las líneas de los espectrofotómetros del satélite GAIA.

Se inició una colaboración con J. Alonso (PUC, Chile) para obtener la HFE de una muestra de cúmulos globulares de la Vía Láctea. con baja latitud galáctica. Para ello se usarán los códigos IAC-pop/MinnIAC desarrollados por el grupo.

Otra colaboración con A. Piatti (Observatorio Astronómico de la Universidad de Córdoba, Argentina) para obtener relaciones edad-metalicidad usando índices de color. Estos resultados podrán compararse con las relaciones edad-metalicidad obtenidas con nuestro software (IAC-pop/MinnIAC).

Asimismo, se comenzó una colaboración con L. Carigi para obtener leyes de enriquecimiento químico de galaxias enanas del Grupo Local observadas con el HST. Obtener las leyes de enriquecimiento químico ayudará a comprender la evolución de este tipo de galaxias.

Se finalizó el análisis de la HFE de la galaxia enana de Fornax. Los resultados han sido obtenidos en tres campos, uno centrado en la galaxia y otros dos a una distancia igual al radio del núcleo de Fornax. Ha sido aplicado los códigos IAC-pop/MinnIAC.

Se inició una colaboración con E. Lokas (Centro Nicolás Copérnico de Varsovia, Polonia) para comparar los resultados obtenidos para la HFE de Fornax con los resultados obtenidos de simulaciones de formación de galaxias esferoidales enanas por medio de fusiones de dos sistemas o por las fuerzas de marea ejercidas por la Vía Láctea.

Se está avanzando en el análisis de la distribución espacial y los gradientes de las poblaciones estelares de la galaxia enana de Fornax. Este estudio permitirá comprender mejor la formación y evolución de esta galaxia. La comparación de las observaciones con los resultados obtenidos mediante simulaciones, proporcionará valiosa información sobre los posibles procesos sufridos por Fornax hasta nuestros días.

Se ha comenzado el análisis de la distribución espacial y los gradientes de las poblaciones estelares del cúmulo globular NGC 1851. Con este estudio se pretende avanzar en la comprensión de las multipoblaciones estelares en los cúmulos globulares, constriñendo los posibles mecanismos implicados en su formación y evolución.

## **ESPECTROSCOPIA BIDIMENSIONAL CON FIBRAS ÓPTICAS DE GALAXIAS ACTIVAS (P/309404)**

**B. García Lorenzo.  
E. Mediavilla Gradolph, J.A. Acosta  
Pulido y J.K. Barrera Ballesteros.**

**Colaboradores del IAC: J.A. Castro  
Almazán, J. Falcón Barroso, J. Font  
Serra, J. Jiménez Fuensalida, L.  
López Martín, J. Zaragoza Cardiel y  
J.E. Beckman.**

R. López (IEEC, Univ. de Barcelona); L.M. Cairós (Freelance, Alemania); S.F. Sánchez (IAA/CSIC-CAHA/CSIC-MPG, Almería); S. Arribas (CAB-CSIC, Madrid).

### **Introducción**

En las últimas décadas se han desarrollado técnicas instrumentales que permiten obtener información 3D de la función intensidad,  $I(\alpha, \delta, \lambda)$ , en detectores 2D. Las aplicaciones de este tipo de instrumentación en Astrofísica son muy diversas y van desde estudios en el Sistema Solar hasta objetos lejanos de interés cosmológico. El IAC ha sido pionero en el desarrollo y aplicación de estas técnicas 3D en Astrofísica, en concreto en la denominada espectroscopia bidimensional con fibras ópticas, desarrollando y construyendo varios instrumentos que han operado u operan en los telescopios del Observatorio del Roque de Los Muchachos (HEXAFLEX, 2D-FIS, HEXAFLEX-II, e INTEGRAL). Este Proyecto tiene dos líneas de desarrollo fundamental; por un lado, la aplicación de técnicas 3D, en particular la espectroscopia de campo integral, al estudio de objetos extensos (actividad en galaxias, regiones de formación estelar, etc.). Por otro lado, la participación en el desarrollo de nuevos equipos y técnicas de análisis de datos relacionadas con instrumentación 3D.

### **Hitos**

Los principales hitos alcanzados en el Proyecto durante el año 2012 se enumeran a continuación en orden cronológico.

A partir de la muestra de referencia de CALIFA, formada por 939 galaxias, se realizó una clasificación morfológica y búsqueda bibliográfica con el fin de extraer el subconjunto de galaxias en interacción incluidas en CALIFA. Se establecieron los criterios para clasificar este subconjunto de objetos en distintos estados evolutivos en una secuencia de fusión de galaxias.

El tránsito de Venus frente al Sol, ocurrido el 6 de junio, fue observado utilizando un sistema de espectroscopia de campo integral con fibras desarrollado en el IAC. El instrumento dispone de dos haces de 5x5 fibras que alimentan un espectrógrafo que cubre todo el rango óptico y otro infrarrojo que permite extender el espectro hasta  $\sim 2 \mu\text{m}$ .

En el mes de julio, L. Suárez Andrés presentó su proyecto Fin de Máster en Astrofísica centrado en la puesta a punto y caracterización del instrumento desarrollado para la observación del tránsito de Venus.

Se concluyó un diseño alternativo a la pre-óptica de HARMONI desarrollada en la fase A del Proyecto, intercambiando el colimador y la cámara y consiguiéndose que el sistema tenga sólo una pupila para las cuatro escalas espaciales especificadas en los requerimientos del instrumento.

Se finalizó el estudio de la región más brillante del objeto Herbig-Haro HH223, publicándose el trabajo en *Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*

Se desarrolló un procedimiento simple y automático para la detección de dobles/múltiples componentes en los espectros de emisión de galaxias. Este trabajo fue aceptado para publicarse en *Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*

Se completó el estudio de una muestra de galaxias enanas compactas azules observadas con el instrumento prototipo VIRUS-P. El trabajo se publicó en el *Astronomy & Astrophysics*.

Se participó en la 4th CALIFA Busy Week celebrada en Granada en el mes de noviembre, donde se presentaron los primeros resultados del estudio comparativo de la cinemática del gas y las estrellas para un conjunto de galaxias en distinto estado de interacción observadas por CALIFA.

### **Evolución del Proyecto**

Durante 2012 se han realizado diversas actividades relacionadas con las dos líneas de desarrollo de este Proyecto. En cuanto a la aplicación de las técnicas 3D en Astrofísica, los avances realizados han sido:

Dentro del marco de la colaboración internacional CALIFA (Calar Alto Legacy Integral Field Area) se ha implementado la metodología para obtener la cinemática de la componente dominante del gas ionizado de las galaxias observadas en CALIFA, permitiendo, además, la detección de componentes dobles o múltiples. Esta metodología se presenta en un artículo que fue aceptado para su publicación en el *Monthly Not. of the R. Astron. Soc.* a finales de noviembre. Además, se han obtenido los campos de velocidad de distintas líneas de emisión ([OII], [OIII], H $\alpha$ + [NII] y [SII]) y se han estimado los parámetros cinemáticos para cerca de 200 galaxias. Se han encontrado importantes distorsiones cinemáticas en un número significativo de galaxias. Estas distorsiones aparecen tanto en galaxias en interacción (como es de esperar) como en galaxias aparentemente aisladas. Se está preparando un trabajo en el que se presentan estos resultados.

De la muestra de referencia de CALIFA constituida por cerca de 1.000 galaxias, se han seleccionado aquellos objetos mostrando signos morfológicos de interacción o con

referencias previas a estar sufriendo un proceso de fusión. Este subconjunto de CALIFA es el punto de partida del proyecto de tesis que está desarrollando el estudiante de doctorado J. Barrera-Ballesteros. Se ha establecido un esquema representativo de los distintos estados de interacción durante el proceso de fusión de dos galaxias. Basado en este esquema, se ha generado una plataforma interactiva, a la que denominamos CALIFAZoo (<https://sites.google.com/site/califainteractive/>), para establecer una clasificación estadística del estado de interacción de cada uno de los objetos. Tras derivar la cinemática de los objetos en interacción observados ya por CALIFA (43 galaxias en ambas configuraciones: V1200 y V500), se está analizando y comparando los parámetros cinemáticos derivados para el gas ionizado y para la componente estelar en base al estado de interacción en el que se encuentra cada sistema. Los resultados preliminares del análisis llevado a cabo se presentaron en el congreso de la Semana Europea de la Astronomía (EWASS2012) y en la reunión "4th CALIFA Busy Week" celebrada en noviembre. Durante el segundo semestre de 2012 se comenzó un programa de observación complementario a CALIFA dedicado a observar objetos compañeros a galaxias de CALIFA que no están incluidas en la muestra madre de este cartografiado 3D y de las que ya se observaron 5 objetos (sólo en la configuración V1200). Por otro lado, para dos sistemas en interacción observados ya por CALIFA se ha obtenido datos 3D de alta resolución espectral utilizando el instrumento GH $\alpha$ FAS en colaboración con el grupo Estudios Cinemáticos, Estructurales y de Composición, de los Medios Interestelares e Intergalácticos del IAC y que serán analizados en detalle durante el desarrollo de la tesis.

En colaboración con el AIP (Postdam, Alemania), se ha concluido con el estudio de una pequeña muestra de galaxias compactas azules (BCDs) observadas con el instrumento 3D VIRUS-P en el telescopio Harlan J. Smith del Observatorio McDonald

(EEUU). En particular, las BCDs estudiadas presentan una morfología regular del continuo estelar y bastante compleja del gas ionizado, presentando una absorción por polvo significativa en todos ellos y exhibiendo cinemáticas variadas, incluyendo desde objetos con cinemática regular (rotación) a objetos con cinemática compleja (presencia de varias componentes cinemáticas). Los resultados de este trabajo se han publicado en *Astronomy & Astrophysics* (2012, 547, 24).

Se ha continuado con la colaboración en el estudio de peculiaridades cinemáticas en galaxias en interacción mediante datos de alta resolución espectral obtenidas con el instrumento GHαFAS operando en el telescopio WHT. Se dispone de datos 3D para unos diez objetos en interacción y se están realizando estudios detallados. Resultados parciales se han presentado en varios congresos internacionales. Para cuatro de los objetos se dispone de datos 3D (dos observados con INTEGRAL y dos dentro de CALIFA) de baja resolución espectral, pero en un rango espectral que cubre gran parte del espectro óptico.

En colaboración con la Universidad de Barcelona, durante este año se ha concluido con el estudio de las condiciones físicas y cinemáticas del objeto Herbig-Haro HH223. Combinando datos de espectroscopia de campo integral (obtenidos con el instrumento INTEGRAL operando en el telescopio WHT) con imagen en banda estrecha de distintas épocas, encontramos que los picos de emisión que forman el objeto HH223 presentan velocidades superiores a los 100 km/s, se mueven cercanos a la línea de visión y existe un cambio de inclinación del jet. Este trabajo ha sido publicado en *Monthly Not. of the R. Astron. Soc.* (2012, 424, 1817).

En cuanto al desarrollo de nueva instrumentación y técnicas relacionadas con instrumentación 3D, las actividades llevadas a cabo durante este año son:

En colaboración con el Proyecto Planetas07, se ha participado en el desarrollo y preparación de instrumentación para la observación del tránsito de Venus frente al

Sol que tuvo lugar en el mes de junio.

Se ha continuado la colaboración con el grupo de Alta Resolución Espacial del IAC para el desarrollo, pruebas de AIV y pruebas en telescopio del instrumento prototipo EDiFiSE.

Cinco instituciones europeas (Universidades de Oxford y Lyon, IAC, CAB-CSIC y UK-ATC), lideradas por la Universidad de Oxford, forman el Consorcio que diseñará y construirá, bajo contrato con la ESO, el instrumento de Primera Luz para el E-ELT HARMONI. La participación en HARMONI garantiza tiempo de observación en el E-ELT, siendo una oportunidad científica única para los investigadores del IAC. La participación del IAC en HARMONI incluye tres grandes bloques: 1) el desarrollo (diseño, fabricación y verificación) del subsistema que constituye la pre-óptica del instrumento, 2) coordinación en la arquitectura y desarrollo de la electrónica de control de todo el instrumento, 3) participación en la definición y desarrollo de los casos científicos para el aprovechamiento de HARMONI. En concreto, durante el año 2012 se han realizado varias reuniones y videoconferencias dedicadas principalmente a planificar las tareas asignadas al IAC dentro de la fase Delta-A del Proyecto, fase cuya intención es el refinamiento de ciertos subsistemas del instrumento. El retraso de la puesta en marcha de esta fase Delta-A, debidas a las negociaciones con ESO, no ha impedido que el IAC haya realizado ya la mayor parte de las tareas inicialmente identificadas en la fase Delta-A relacionadas principalmente con el diseño óptico de la pre-óptica. En el mes de noviembre, parte del equipo del IAC implicado en el Proyecto HARMONI asistió a la reunión de "Revisión del diseño de HARMONI" celebrada en Oxford (Reino Unido) con el resto de miembros del Consorcio y de la que surgieron nuevas ideas para un rediseño más compacto del subsistema pre-óptica en las que se están trabajando actualmente. Se ha iniciado el proceso de contratación de un ingeniero óptico que realizará, entre otras tareas, distintas variaciones del diseño óptico actual de la pre-óptica analizando sus prestaciones a nivel de calidad de imagen.

## **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 Alicante); B. Vicente (IAA, Granada); E.B. Amôres (LNA, Itajubá, Brasil); D. Minniti (Univ. Católica, Chile); G. Carraro, Y. Momany (ESO, Santiago, Chile); J. Molgo Sendra (GRANTECAN S.A., La Palma), S. Bilir, S. Karaali (Dept. Astronomy and Space Sciences, Estambul, Turquía).

### **Introducción**

El Proyecto se estructura en dos partes, diferenciadas pero complementarias: morfología y dinámica. El estudio detallado de la morfología de la Vía Láctea se enmarca dentro de la investigación en Astrofísica observacional y destinada a proveer una base de datos de distribución estelar en las regiones más alejadas y extintas de nuestra Galaxia, con el fin de avanzar en el conocimiento de la estructura estelar a gran escala de la Vía Láctea, mediante el desarrollo de modelos semiempíricos a partir de la información contenida en dichos catálogos. Por otra parte, los análisis dinámicos pretenden hacernos entender el origen de esos rasgos que observamos.

Los catálogos profundos y extensos de cielo son una herramienta fundamental de partida para una amplia variedad de investigaciones posteriores. Nuestro grupo ha utilizado la combinación de datos propios, más profundos, con los catálogos públicos (DENIS, 2MASS, UKIDSS, VISTA en infrarrojo cercano o SDSS en visible), que ofrecen una mayor cobertura espacial a nuestros estudios. Se cuenta con información detallada de la distribución estelar de las poblaciones dominantes en una amplia zona de cielo, que contiene las

líneas de visión de más interés por abarcar diferentes componentes estructurales: bulbo triaxial, barra larga, disco, brazos espirales, etc. Las 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 ejemplo con WMAP o PLANCK).

Actualmente el trabajo observacional se centra en el estudio espectrofotométrico detallado de grupos de objetos seleccionados que permitirá avanzar en el estudio del contenido estelar específico de la Galaxia. Se pretende, además, añadir información cinemática a nuestras bases de datos para introducirnos en el estudio de la dinámica a gran escala de la Galaxia. Este trabajo es de gran importancia en sí mismo, y en lo que significa en cuanto a la preparación de parte del programa central de observaciones de EMIR (Proyecto GALEP), en el que se participa.

Además, se ha trabajado en la dinámica de estructuras morfológicas principales en galaxias disco, en general, y en la Vía Láctea en particular. El objetivo principal de esta línea de trabajo es investigar la formación, pervivencia y evolución de grandes estructuras, estelares en principio, que se dan en el Universo local y que están asociadas gravitacionalmente. Se están estudiando las interacciones gravitacionales en sistemas barrados, tanto con barra simple como doble, o el efecto del acrecimiento del medio intergaláctico en el disco externo, líneas de investigación que se plantea continuar.

Finalmente, el grupo de investigación se ha integrado 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. Las limitaciones en las observaciones que impone el formato de la misión ha llevado a la comunidad europea GAIA a proponer grandes programas de observación en los telescopios de ESO. Se han presentado varias propuestas para "Large Survey Programs" destinadas a

**MEMORIA  
IAC 2012**

complementar los resultados de la misión, y nuestro grupo participa en “The Gaia-ESO survey: Galactic Astrophysics via VISTA Imaging, Gaia Astrometry, and Eso Spectroscopy”.

### **Evolución del Proyecto**

F. Garzón, A. Cabrera-Lavers, N. Castro-Rodríguez y P. Compère han dedicado la mayor parte de su tiempo a proyectos relacionados con el telescopio GTC y sus instrumentos OSIRIS (en funcionamiento, en el caso A. Cabrera-Lavers) o EMIR (en desarrollo). T. Mahoney dedica su tiempo fundamentalmente como editor de lenguaje en el IAC. F. Garzón fue además en 2012 Coordinador de Enseñanza del IAC. La cantidad de tiempo dedicada a la investigación en el grupo por lo tanto es pues limitada.

Algunos detalles del desarrollo y resultados del Proyecto:

**GAIA:** participación en la reunión que tuvo lugar en Barcelona del grupo REG de explotación científica de GAIA, en la sección de dinámica y estructura de la Vía Láctea, definiendo algunas líneas a trabajar en el Consorcio. P. Compère ha acudido también a una escuela de GAIA en Holanda, y F. Garzón ha organizado una escuela internacional en La Laguna sobre GAIA y la Vía Láctea.

**Dinámica de dos barras:** F. Garzón y M. López-Corredoira han seguido trabajando en el formalismo analítico para describir el problema de dos barras aisladas, y la resolución de las ecuaciones de movimiento resultante. Un artículo sobre el tema está ahora bajo proceso de arbitraje; después de haber descubierto algunos fallos en los cálculos, se han rehecho los mismos y enviado de nuevo.

**VISTA survey:** participación en los artículos sobre el cartografiado en infrarrojo del

Hemisferio Sur. Colaboración de M. López-Corredoira con otros autores, principalmente E.B. Amôres (Brasil), D. Minniti (Chile) y C. González-Fernández (Alicante) en la explotación de los datos del cartografiado VISTA-VVV para analizar la barra larga de nuestra Galaxia. Se ha publicado ya un artículo (González-Fernández et al. 2012) sobre los diagramas color-magnitud en la región de la barra larga; participación en otro artículo sobre el survey VISTA-VVV (Saito et al. 2012), y se ha enviado a la revista otro artículo sobre la cuentas de estrellas en la región de la barra larga (Amôres et al. 2012).

**Red clump stars:** en colaboración con investigadores de Turquía, A.L. Cabrera-Lavers ha estado trabajando en el análisis de la estrellas del “red clump”, candelas estándar que se utilizan para investigar la estructura de la Vía Láctea. Se ha publicado un artículo (Bilir et al. 2012), y otro más está enviado a la revista en proceso de arbitraje (Bilir et al.).

Visita de M. López Corredoira a la ESO, Santiago, para iniciar colaboración con Y. Momany y G. Carraro en el análisis del anillo de Monoceros.

J. Molgó Sendra, colaborador externo del grupo, ha realizado un trabajo de Máster de Astrofísica en la ULL, bajo la supervisión de M. López-Corredoira. Se ha creado un código informático (denominado “GALIAC”) para el cálculo de las cuentas de estrellas en cualquier dirección del cielo, a partir de los modelos y trabajos observacionales en los que ha estado trabajando nuestro grupo en los últimos años. También permite el programa hacer ajuste de parámetros de los modelos a partir de las cuentas observadas. Este código GALIAC será utilizado por el grupo próximamente.

**Otras publicaciones:** se han escrito otros artículos y otras participaciones en congresos (Ver Publicaciones científicas).



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

**J.A. López Aguerri, R. Barrena Delgado, C. Muñoz-Tuñón, J. Méndez Abreu, S. Zarattini e I. Agulli.**

E.M. Corsini (Univ. de Padua, Italia); J.M. Vílchez, J. Iglesias (IAA); C. del Burgo (UNINOVA, Portugal); N. Napolitano (Obs. de Capodimonte, Italia); M. Girardi, S. Borgani (Univ. de Trieste, Italia); A. Biviano (Obs. de Trieste, Italia); V. Debattista (Univ. de Lancashire, Reino Unido); M. Moles (CEFCA, España); E. D'Onghia (Cfa, EEUU); E. Jiménez Bailon (UNAM, México); M. de Santos Lleo (ESA, España); M. Arnaboldi (ESO, Alemania); O. Gerhard (MPIA, Alemania); R. Sánchez Janssen (ESO, Chile); W. Boschin (Fundacion Galileo Galilei-INAF, España); M. Huertas-Company (GEPI; Francia).

### 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. Las galaxias pueden encontrarse aisladas, formando la llamada población de campo, o bien pueden formar parte de asociaciones de galaxias que van desde pequeños grupos hasta cúmulos y supercúmulos de galaxias muy masivos. 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, *Astrophysical 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 S0. Estas galaxias residen sobre todo en las partes centrales de los cúmulos donde la densidad de galaxias es mayor, formando una familia homogénea de objetos que siguen fuertes relaciones observacionales tales como el plano fundamental (Djorgovski et al. 1987, *Astrophysical Journal*, 313, 59) o la relación color-magnitud (Sandage & Visvanathan 1978, *Astrophysical Journal*, 225, 742). Por el contrario, las galaxias de tipo tardío son menos abundantes en los cúmulos, siendo dominantes en la población de campo, aún así, no están ausentes en los cúmulos, encontrándose principalmente en las regiones más externas de los mismos, donde la densidad de galaxias no es muy alta. Además, su número presenta una evolución con el desplazamiento al rojo siendo más abundantes en cúmulos a alto desplazamiento al rojo (Dressler et al. 1997, *Astrophysical Journal*, 490, 557).

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, en 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; Murante 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).

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*,

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

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. Pretendemos entender en que entorno domina cada uno de estos mecanismos y cual/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: i) distribución morfológica de las galaxias de los cúmulos; ii) función de luminosidad; iii) luz difusa (cantidad y distribución); iv) presencia de subestructura; v) propiedades de las galaxias enanas y brillantes; vi) 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 se quieren medir en este Proyecto para muestras amplias de cúmulos de galaxias.

Este Proyecto es parte de uno de mayores dimensiones titulado “Estallidos de formación estelar”, el cual tiene financiación del Plan Nacional de Astronomía y Astrofísica durante el trienio 2010-2013. ESTALLIDOS es un Proyecto coordinado cuya coordinación está a cargo de J.M. Vílchez, y que cuenta con la participación de un amplio grupo de investigadores nacionales e internacionales. Dentro de España son 5 las instituciones

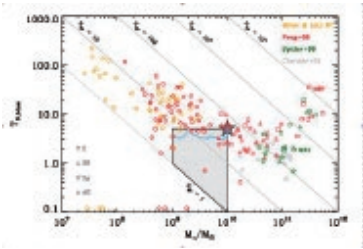
que cuentan con investigadores dentro del grupo ESTALLIDOS: IAC, IAA, LAEFF, UAM y CIEMAT. Además se tiene también financiación por parte del Gobierno de Canarias para el Proyecto “Formación y evolución de grupos fósiles” en el trienio 2010-2013.

## Hitos

### *Cúmulos globulares como trazadores de los efectos de entorno en las galaxias enanas tempranas de Virgo*

Las galaxias enanas tempranas (dEs) son por mucho las galaxias más abundantes en cúmulos cercanos. Es todavía un tema de debate si estos objetos son primordiales o han sido recientemente formados como consecuencia de los diferentes mecanismos físicos que pueden transformar las galaxias en los entornos de alta densidad de galaxias. Se realizó una aproximación novedosa a este tema, testeando los diferentes mecanismos de transformación de galaxias en cúmulos mediante al comparación de las propiedades de la población de cúmulos globulares (GCs) presentes en las galaxias dEs del cúmulo de Virgo y sus posibles progenitores. Para ello se han realizado modelos simples de interacciones gravitatorias e hidrodinámicas y se compararon sus predicciones con los datos observacionales. Se ha encontrado que las dEs de baja masa ( $M^* < 2 \times 10^8 M_{\odot}$ ) presentan una población de GCs que es consistente con que sean descendientes de galaxias enanas de tipo tardía las cuales han perdido su gas mediante procesos hidrodinámicos como la presión de arrastre. Por otro lado, las propiedades de las dEs de mayor masa son incompatibles con ser productos finales de una reciente evolución debida al entorno. Estas galaxias comprenden principalmente sistemas nucleados, y dEs con reciente formación estelar y estructuras tipo disco. Las galaxias dEs más brillantes y nucleadas parecen ser una población que han residido durante un largo tiempo en el potencial del cúmulo, pero han sido capaces de retener una rica y extensa población de GCs. Esto posiblemente se debe a sus altas masas totales. Nuestro análisis no favorece

mecanismos evolutivos violentos de los que resulte una pérdida de masa significativa. Al contrario se piensa que la gran mayoría de las galaxias dEs de Virgo han podido evolucionar mediante procesos más suaves que involucren barrido de gas por una combinación de factores internos y externos.

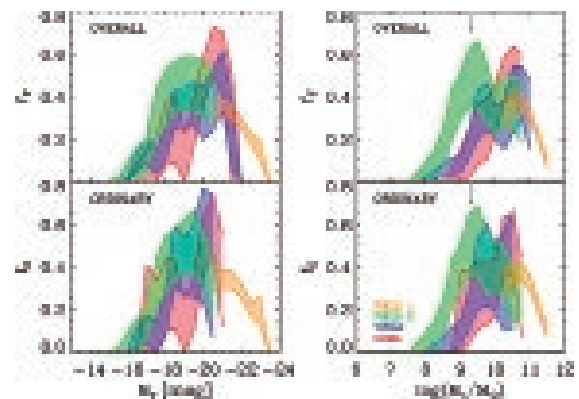


Frecuencia específica de masa de GCs pobres en metales en función de la masa estelar de galaxias E, S0, Sp, y dE obtenido de la literatura. Las galaxias que no tienen CGs se les ha asignado  $TN,blue = 0.12$ , y las líneas diagonales representan el lugar que ocuparían galaxias desde 1 hasta 104 GCs azules. La estrella representa las condiciones iniciales de nuestro modelo de galaxia similar a una galaxia LSB. La región sombreada indica su potencial localización de acuerdo con los modelos de harassment (Moore et al. 1999). La curva azul indica su evolución esperada si la pérdida de masa ocurre desde las partes externas a las internas de la galaxia. Las únicas dEs compatibles con ser descendientes de galaxias más masivas que han sufrido harassment son aquellas que tienen bajos valores de  $TN, blue$ . Galaxias de tipo LSB deberían perder más estrellas de sus discos que GCs con el fin de alcanzar las altas frecuencias específicas de GCs observadas en la mayoría de las dEs. Ver más detalles en Sánchez-Janssen & Aguerri (2012).

### Barras y discos: ¿nacen o se hacen?

Para entender la relación entre la formación de barras y el entorno es necesario distinguir entre los efectos que las interacciones producen en los discos y como éstas modifican la consiguiente formación de barras. Con este objetivo se ha obtenido la fracción de galaxias barradas en tres entornos distintos que van desde entornos de campo hasta entornos de cúmulo como Virgo y Coma, además cubriendo un rango de luminosidades (o equivalentemente de masas) sin precedentes. Se ha confirmado que la fracción de barras depende fuertemente de la luminosidad de las galaxias. También se demostró que la diferencia entre la distribución de la fracción de barras en función de la luminosidad (y de la masa) en el campo y en el cúmulo de Coma son estadísticamente diferentes, siendo el cúmulo

de Virgo un caso intermedio. La fracción de galaxias barradas muestra un máximo de aproximadamente un 50% a  $Mr \sim -20.5$  en cúmulos, mientras que el pico se desplaza a  $Mr \sim -19$  en el campo. Se interpreta este resultado como una variación en el efecto que el entorno tiene sobre la formación de las barras con la luminosidad. Especulamos que los discos brillantes son suficientemente estables contra las interacciones como para mantener su estructura fría, y por tanto las interacciones son capaces de provocar la formación de barras. En el caso de galaxias más débiles, las interacciones se vuelven lo bastante importantes como para calentar o incluso destruir los discos, y por tanto evitar la formación de barras. Por último, se señala también que el debate sobre si la fracción de barras depende o no del entorno se podría resolver teniendo en cuenta los diferentes rangos de luminosidad que se han usado en estudios anteriores.

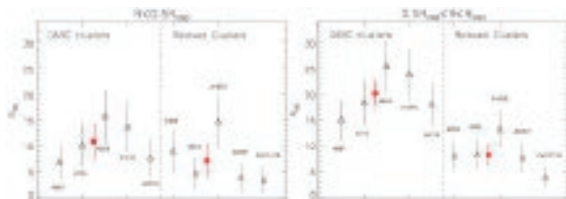


Distribución de fracciones de barras en función de la magnitud (paneles izquierda) y masa (paneles derecha) de las galaxias. La fracción de barras se calculó usando todos los tipos de Hubble ( $f_b$ ) y sólo para las galaxias disco ( $f_b$ ). Las muestras field1, field2, Virgo y Coma se muestran en naranja, verde, azul y rojo, respectivamente. La flecha gris indica la masa característica por debajo de la cual las galaxias de baja masa empiezan a ser sistemáticamente más gruesas ( $M/M_{sun} = 2 \times 10^9$ ). Ver más detalles en Méndez-Abreu et al.

### Efectos del entorno en la parte brillante de la función de luminosidad de las galaxias en cúmulos

La relación entre la función de luminosidad (LF) de las galaxias en cúmulos y el estado evolutivo de los cúmulos donde residen es una cuestión abierta. En particular, lo

concerniente a la formación/evolución de las galaxias más brillantes de los cúmulos. Se ha estudiado la parte brillante de las LFs de una muestra de cúmulos no relajados (“DARC” mostrando evidencias de recientes fusiones) y se ha comparado con una muestra de referencia formada por cúmulos relajados. El análisis de este trabajo se basó en datos de SDSS-DR7 y 10 cúmulos masivos y luminosos en rayos-X en el rango de redshift  $0.2 < z < 0.3$ , siempre considerando las galaxias dentro de un radio físico ( $R_{200}$  o sus fracciones). Se determinaron las LFs en la banda  $r$  y se usaron los diagramas de color magnitud ( $r-i$  vs  $r$ ) para permitir considerar galaxias azules y rojas por separado. Se ha encontrado que los DARC y los cúmulos relajados presentan LFs con parámetros similares. Las dos muestras difieren en el contenido de galaxias brillantes (BGs),  $M_r < -22.5$ . Los cúmulos relajados tienen menos número de galaxias brillantes, en particular, en las regiones externas ( $0.5 R_{200} < R < R_{200}$ ). Sin embargo, la luz acumulada en las BGs es similar para las dos muestras. Se concluyó que las galaxias brillantes crecen en luminosidad y decrecen en número conforme el cúmulo crece jerárquicamente. Esto está de acuerdo con la formación de las galaxias brillantes mediante las fusiones de otras galaxias luminosas.



Cuentas de galaxias brillantes en la región interna (panel izquierdo) y externa (panel derecho) de los cúmulos. Ver detalles en Barrena et al.

## Evolución del Proyecto

Durante el año 2012, se ha continuado con la línea principal de investigación que este Proyecto viene desarrollando durante los últimos años. En particular, se ha puesto especial atención en estudiar diferentes propiedades de galaxias en entornos de alta densidad en función de su masa.

## Cúmulos globulares como trazadores de la formación de las galaxias enanas

Las galaxias enanas son las galaxias más abundantes del Universo. En particular, las galaxias enanas rojas (dEs) se encuentran localizadas principalmente en entornos de alta densidad de galaxias (Binggeli et al. 1985). La relación entre este tipo de galaxias y el entorno se refleja claramente en el exceso de galaxias dE que se observa en las funciones de luminosidad fotométricas de cúmulos cercanos de galaxias (Poppesso et al. 2005). Sin embargo, existe un debate abierto sobre el origen de estas galaxias. No se tiene claro si las galaxias enanas que se observan en los cúmulos son objetos primordiales que han vivido en ellos desde las primeras etapas de su formación, o por el contrario tienen un origen más reciente, siendo los productos finales de galaxias que han evolucionado debido a diferentes mecanismos físicos que han actuado sobre dichas galaxias durante su vida en los cúmulos. La variedad de los mecanismos y los diferentes tiempos de escala de los mismos hacen muy difícil discernir cuál de los posibles escenarios es el principal causante de su evolución.

El grupo ha desarrollado durante los últimos años un intenso estudio sobre diversas propiedades de las galaxias enanas en entornos de alta densidad. Así, en el año 2005 se estudiaron las propiedades estructurales de las galaxias enanas ( $-16 < M_B < -18$ ) del cúmulo de Coma (Aguerri et al. 2005). De este trabajo resultó que las galaxias clasificadas como dS0 (un 25% del total de las enanas en el intervalo de luminosidad estudiado) presentaban parámetros estructurales que eran compatibles con que sus precursores fueran galaxias espirales tardías que habían perdido masa y se convirtieron en enanas debido a las interacciones de las mismas con el potencial cumular y las galaxias vecinas. Durante los años 2008-2009 se estudió la distribución de las galaxias enanas en el plano fundamental. Se realizaron simulaciones numéricas para testear el escenario en el cual las galaxias dE se formaron a partir

de galaxias masivas espirales las cuales habían perdido masa debido a interacciones con galaxias vecinas o con el potencial del cúmulo. Estas simulaciones mostraron que después de varias interacciones rápidas las galaxias espirales perdían mucha masa y se convertían en galaxias enanas, las cuales presentaban distribuciones diferentes en el plano fundamental dependiendo de la relación bulbo-disco (B/D) de sus progenitores. En particular eran las galaxias tardías que perdían masa las que daban lugar a galaxias de tipo dE o dS0 ocupando posiciones en el plano fundamental similares a las observadas (Aguerri & González-García 2009). Sin embargo, este test no es concluyente ya que otros mecanismos pueden producir galaxias tipo dE que ocupen posiciones similares en el plano fundamental. Durante el año 2010 se exploraron nuevos observables que pudieran determinar el origen de las galaxias enanas en cúmulos. En concreto, se estudió el vínculo entre el entorno y la forma intrínseca de las galaxias enanas (Sánchez-Janssen et al. 2010) o la presencia de barras (Méndez-Abreu et al. 2010). Las conclusiones de estos dos trabajos fueron que tanto la forma intrínseca de las galaxias como la presencia de barras no eran buenos observables para determinar el origen de las galaxias enanas en cúmulos. Esto se debe a que la forma intrínseca de las galaxias enanas no depende del entorno en el que se encuentren. Al contrario, dicha forma está determinada por los procesos físicos internos de las galaxias. Además, la presencia de barras en las galaxias enanas tampoco es un buen observable para determinar su origen debido a que existe una masa por debajo de la cual no existen discos finos en las galaxias.

tipo de galaxias independientemente de su masa, tipo morfológico o contenido en gas. Esta ubicuidad de estos sistemas estelares los hace particularmente interesantes para el estudio de la formación estelar y ensamblaje de la masa de galaxias cercanas. En particular, debido a que poseen un registro fósil de la historia evolutiva de las galaxias, los cúmulos globulares son trazadores muy útiles para estudiar la formación y evolución de las galaxias. El grupo ha realizado un trabajo de investigación para testear el origen no primordial de las galaxias enanas del cúmulo de Virgo mediante el estudio de diversas propiedades de cúmulos globulares presentes en estas galaxias. Este estudio ha dado como resultado la publicación de un artículo durante 2012: Sánchez-Janssen & Aguerri 2012.

En el estudio presentado en Sánchez-Janssen & Aguerri (2012) se compilaron datos de cúmulos globulares de galaxias presentes en cúmulos y en campo de diversas fuentes de la literatura científica. Esto ha dado como resultado la recopilación de una de las muestras más homogéneas y robustas de la literatura científica sobre este campo. Con estos datos se estudió la frecuencia específica de cúmulos globulares (TN) en función de la masa de las galaxias. En particular, se han testeado predicciones de modelos de interacción gravitatoria o hidrodinámica con el fin de explicar la forma de "U" que tiene la función TN vs. Mestelar. Los resultados obtenidos indicaron que galaxias de baja masa ( $M^* < 2 \times 10^8 M_\odot$ ) presentan una población de cúmulos globulares que es consistente con que sean descendientes de galaxias enanas de tipo tardío que hayan sufrido interacciones hidrodinámicas en el centro de los cúmulos. Por otra parte, galaxias dE de mayor masa presentan una población de cúmulos globulares que hace incompatible que sean productos de recientes transformaciones evolutivas dentro del cúmulo de Virgo. Nuestro análisis no favorece la formación de las galaxias enanas en el cúmulo de Virgo mediante mecanismos de evolución violenta que propicien una gran pérdida de masa. Al contrario, nuestros resultados parecen

- 78 Durante los años 2011 y 2012 se han buscado otros observables que pudieran depender más del entorno donde viven las galaxias enanas y ser usados en el estudio de su formación y evolución en cúmulos. Uno de estos observables, que ha resultado ser el más prometedor, ha sido la población de cúmulos globulares presentes en galaxias. Los cúmulos globulares son sistemas estelares que aparecen en todo

indicar que las galaxias enanas en Virgo son el resultado de procesos más suaves que impliquen pérdida de gas mediante procesos tanto internos como externos.

#### *Galaxias centrales de cúmulos: Sistemas fósiles de galaxias (proyecto FOGO)*

Las galaxias centrales de los cúmulos y grupos de galaxias son sistemas estelares muy especiales debido a su posición especial dentro del sistema. Son objetos presentes en los centros de potencial de los cúmulos, y que han crecido en masa y tamaño debido a acreciones de las galaxias circundantes. En particular, las galaxias centrales de los cúmulos son sistemas de especial importancia para entender la formación jerárquica de las estructuras del Universo. Nuestro grupo está especialmente interesado en el estudio de unos casos extremos que han tenido altas tasas de fusiones. Estos sistemas existen en el Universo y son los llamados sistemas fósiles. Este tipo de agregaciones de galaxias se caracterizan por presentar en sus centros las galaxias más masivas del Universo. Las simulaciones numéricas sobre la formación de estructuras muestran que este tipo de sistemas se formaron a alto  $z$  mediante procesos de fusiones violentas y rápidas.

Observacionalmente, los sistemas fósiles se caracterizan por tener una amplia diferencia (más de dos magnitudes) entre las luminosidades de sus dos galaxias más brillantes. Además, presentan emisión extensa en rayos-X, lo que implica que son sistemas de galaxias gravitatoriamente ligados. La gran diferencia de magnitudes entre sus dos galaxias más brillantes hace que estos sistemas estén dominados por una galaxia muy masiva situada en la parte central del cúmulo. Estos sistemas se habrían formado a partir de los halos de materia oscura que colapsaron primero. Esto significa que son sistemas muy viejos, formados por la caída temprana de satélites masivos en órbitas con poco momento angular. Después de este rápido colapso no han acrecido masa, quedando como estructuras fósiles. Es por eso su importancia

observacional. La observación de estos sistemas implica el estudio de estructuras que han quedado congeladas desde su formación a alto redshift. Son en definitiva estructuras fósiles del Universo primitivo.

En el año 2008 se concedió a nuestro grupo un programa de Tiempo Internacional en el Observatorio del Roque de los Muchachos para estudiar una amplia muestra de grupos fósiles. Este Proyecto pretende realizar un estudio sistemático y multifrecuencia de un catálogo de 34 nuevos grupos fósiles. Durante el año 2010 se terminaron las observaciones de este Proyecto. Durante el bienio 2008-2010 se nos asignaron 52 noches de observación en cuatro de los telescopios del Observatorio del Roque de los Muchachos: telescopios WHT, INT, TNG y NOT. Las observaciones se realizaron utilizando diferente instrumentación y cubriendo un amplio rango de longitudes de onda, desde el óptico hasta el infrarrojo cercano. Durante los años 2011-2012 se ha procedido a la reducción de todos estos datos y a la publicación de los primeros resultados científicos del Proyecto.

Las galaxias centrales de los grupos fósiles son clave para entender el origen y evolución de estos sistemas. Su peculiar emplazamiento en el centro del cúmulo hace que su origen y evolución estén ligados a procesos de fusiones de galaxias. Sin embargo, el debate sobre el tipo de fusiones que han dado lugar a estos sistemas está aún abierto. Las galaxias más brillantes de los grupos fósiles están entre las galaxias más masivas que se conocen en el Universo. Originalmente, se pensó que estas galaxias eran producidas como consecuencia de la evolución del grupo (Ponman et al. 1994). Sin embargo, simulaciones numéricas recientes han sugerido que su formación es producto de intensos procesos de fusiones de galaxias en tiempos cortos de tiempo (Sommer-Larsen et al. 2006; von Benda Beckman et al. 2008). Las observaciones realizadas hasta el momento habían mostrado que las galaxias más brillantes de los grupos fósiles tenían propiedades diferentes a otras elípticas brillantes. En

particular, presentaban isofotas de tipo disco y sus luminosidades correlaban con la dispersión de velocidades de los grupos en los cuales se alojan. Estas propiedades indican que estas galaxias en grupos fósiles podrían ser el resultado de fusiones de galaxias cuyos progenitores tenían cantidades de gas importantes (Kosroshahi et al. 2006). Sin embargo, elípticas brillantes que se forman en el centro de grupos que no son fósiles son productos de fusiones sin gas. Todos estos estudios previos sobre grupos fósiles se habían realizado sobre muestras reducidas de objetos. Por ello, las conclusiones que se habían sacado no eran concluyentes. El Proyecto FOGO cuenta con observaciones de una de las mayores muestras de grupos fósiles disponible en la literatura y es el entorno ideal para estudiar las propiedades de estos objetos. En particular, durante 2011-2012 se han investigado las propiedades de las galaxias más brillantes presentes en 20 de los grupos fósiles del Proyecto FOGO.

Se investigaron las propiedades fotométricas de 20 galaxias centrales de grupos fósiles utilizando las imágenes de alta resolución espacial en banda K tomadas con el instrumento LIRIS del telescopio WHT. Esta muestra es la mayor muestra de galaxias centrales en grupos fósiles que ha sido analizada hasta la fecha. Para este análisis se determinaron los parámetros estructurales de las galaxias usando el código GASP2D desarrollado por nuestro propio grupo (Méndez-Abreu et al. 2008). Dichos parámetros se determinaron mediante el ajuste de modelos de Sersic a la distribución de brillo superficial de las galaxias. Estos modelos proporcionaron una buena descripción del brillo superficial de estos objetos, sin necesidad de introducir componentes adicionales en la mayoría de los casos. Sólo una de las galaxias mostró la necesidad de una segunda componente estructural para ajustar su brillo superficial a grandes distancias radiales. De esto podemos inferir que las galaxias más brillantes de los grupos fósiles no son galaxias cD. Los perfiles de elipticidad de las isofotas de estas galaxias crecen siempre con el radio. Esto

puede estar relacionado con el hecho de que las fusiones que las produjeron tenían unas direcciones preferentes. Además, se analizaron las relaciones de escala (plano fundamental, relación de Kormendy y relación Faber-Jackson) para estas galaxias. No se encontraron diferencias significativas en el plano fundamental definido por las galaxias centrales en grupos fósiles y otras elípticas brillantes situadas en grupos y cúmulos no fósiles. Esto sugiere que las regiones centrales de las galaxias más brillantes de grupos fósiles son similares a las de otras galaxias brillantes. Sin embargo, se encontró un cambio en las pendientes de las relaciones de Faber-Jackson y masa-tamaño. Así, nuestras galaxias situadas en grupos fósiles son más grandes y tienen menor dispersión central de velocidades que las que les correspondería para su masa según las relaciones ajustadas para galaxias elípticas con menos masa.

Los resultados observacionales descritos anteriormente sugieren que las galaxias centrales en grupos fósiles son el resultado de fusiones de galaxias cuyos progenitores tenían poca fracción de gas. Todos estos resultados han sido publicados en el artículo Méndez-Abreu et al. 2012, *Astronomy & Astrophysics*, 537, 25.

La explicación más popular para los sistemas fósiles de galaxias es que son sistemas viejos y aislados, en los cuales un gran número de galaxias se han fusionado en una escala corta de tiempo para dar lugar a la galaxia central. Este escenario de formación se vio soportado por algunos estudios observacionales los cuales observaron que los sistemas fósiles presentaban altos valores de luminosidad y temperatura de rayos-X con respecto a sistemas no fósiles mostrando luminosidades ópticas o velocidades de dispersión similares. Sin embargo, estudios posteriores no encontraron estas diferencias entre sistemas fósiles y no-fósiles. Esto es debido principalmente a que estos estudios se han realizado con muestras muy pequeñas de grupos fósiles que no son estadísticamente significativas. Durante 2012 se ha trabajado



con nuestra muestra de sistemas fósiles la relación  $L_x$ - $L_{opt}$ . Se ha comparado esta relación con la que resulta de una muestra amplia de cúmulos seleccionados de SDSS y que no son fósiles. No se han encontrado diferencias en esta relación entre sistemas fósiles y no fósiles. La amplitud de la muestra hace que nuestros resultados sean mucho más robustos que los de estudios anteriores. Podemos concluir que nuestro resultado es consistente con los modelos clásicos en los cuales las galaxias más brillantes se forman por canibalismo de otras galaxias del sistema conservando la luz óptica total de los mismos.

La amplia base de datos que dispone el grupo sobre estos sistemas está siendo utilizado por el doctorando S. Zarattini para su tesis titulada "Formación y evolución de grupos fósiles". Durante 2012, se ha terminado la reducción final de los datos espectroscópicos que comprendían 51 máscaras con 1500 rendijas en total. Esto nos ha proporcionado un catálogo espectroscópico de unas 1000 galaxias confirmadas como miembros de sistemas fósiles. Este es el catálogo más grande de este tipo de sistemas presente en la literatura. S. Zarattini ha estado trabajando durante 2012 en el estudio de las funciones de luminosidad de sistemas fósiles con el fin de estudiar las variaciones de  $M^*$  y la pendiente de las funciones de luminosidad de sistemas de galaxias en función de su grado fósil. Este trabajo se terminará en el año 2013.

#### *Cartografiados espectroscópicos profundos en cúmulos de galaxias*

Durante 2012 el grupo ha iniciado una nueva línea de investigación que consiste en realizar espectroscopía multiobjeto profunda en cúmulos de galaxias cercanas con el fin de estudiar las propiedades de las galaxias enanas que pertenezcan a una muestra amplia de cúmulos cercanos diferentes al cúmulo de Virgo y Coma. Este Proyecto es preparación para el nuevo instrumento WEAVE que se está planeando para el telescopio WHT para el año 2017. Nuestro grupo es parte del equipo científico

del instrumento y ha presentado un caso científico fuerte para hacer un cartografiado espectroscópico profundo de una muestra muy amplia de cúmulos de galaxias cercanos.

Este cartografiado profundo permitirá determinar la pertenencia al cúmulo de galaxias hasta magnitud  $M_r = -16.0$ . Ello permitirá determinar funciones de luminosidad espectroscópicas hasta las galaxias enanas, estudiar el estado dinámico de las galaxias enanas y sus poblaciones estelares en función de la posición con el cúmulo. Todo ello aportará datos cruciales para entender su formación y origen. Se ha comenzado con el cúmulo cercano de Abell 85 para el cual obtuvimos 15 apuntados con VIMOS/VLT cubriendo medio radio virial del cúmulo. Durante 2012 se ha comenzado la reducción de los 3.000 espectros obtenidos y la determinación de los redshifts de las galaxias. Se espera obtener del orden de 500 galaxias pertenecientes al cúmulo más brillantes que  $M_r = -14$ . Este conjunto de galaxias nos proporcionará la posibilidad de realizar los estudios indicados anteriormente en cúmulos diferentes de los de Virgo y Coma. Durante el próximo año se seguirá con el análisis de estos datos. Este trabajo es parte de la tesis titulada "Propiedades de galaxias en cúmulos" que está realizando I. Agulli.

#### *Barras como trazadores de discos de galaxias*

Siguiendo el trabajo realizado en años anteriores, se ha continuado el trabajo sobre la influencia de las interacciones en la formación de barras en galaxias disco de diferentes masas. Para ello se derivó la fracción de barras en tres diferentes entornos: los cúmulos de Virgo, Coma y una población de galaxias de campo. Las tres muestras de galaxias cubrían un amplio rango de masas/luminosidades. Este estudio confirmó los resultados anteriores: es la masa de la galaxia el principal parámetro para la formación de barras. Sin embargo, el entorno también juega un papel importante.

Se ha propuesto un escenario de formación de barras en el cual las galaxias más brillantes/masivas son sistemas que pueden mantener fácilmente sus discos estelares fríos a pesar de las interacciones que sufran en entornos de alta densidad de galaxias. Por el contrario, en las galaxias menos masivas el entorno juega un papel importante y produce un calentamiento sustancial de sus discos estelares inhibiendo la formación de barras o incluso destruyendo sus discos. Este trabajo se publicó en Méndez-Abreu et al. 2012, *Astrophysical Journal*, 761, L6.

En nuestro grupo hay varios miembros del equipo científico del Proyecto CALIFA. Este Proyecto pretende obtener espectroscopia de campo integral de una muestra sin precedentes de galaxias del Universo cercano. Nuestro grupo está interesado en los mapas de velocidades estelares de la muestra de galaxias barradas observadas por CALIFA para determinar el patrón de velocidades de las barras mediante el método Tremaine-Weinberg. Durante la última década, varios miembros del Proyecto han estado midiendo los patrones de velocidad mediante el método TW en una muestra amplia de galaxias barradas tempranas. Debido al gran número de galaxias de todo tipo morfológico que presenta esta muestra, pretendemos estudiar los patrones de velocidad a lo largo de la secuencia de Hubble. Durante 2012 se ha estado trabajando en la determinación de los patrones de velocidad en una muestra de 10 galaxias de este cartografiado. Los primeros resultados aportan que el patrón de velocidades no depende del tipo morfológico. Así, tanto barras localizadas en galaxias tempranas como tardías, son rápidas. No se ha encontrado una tendencia, como sugerían estudios anteriores, del patrón de velocidades con el tipo morfológico. Este trabajo se publicará durante 2013.

Durante el año se ha publicado un artículo en el cual se ha estudiado la evolución del patrón de velocidades de las barras en función del desplazamiento al rojo. Este ha sido el primer trabajo de este tipo que se ha realizado hasta ahora. El resultado

principal que se ha obtenido es que la distribución de los patrones de velocidad no dependen del redshift. Así, todas las barras son compatibles con ser barras rápidas a todos los redshifts. Estos resultados se han publicado en Pérez et al. 2012, *Astronomy & Astrophysics*, 540, 103.

### *Formación y evolución de galaxias lenticulares*

Después de casi un siglo de su definición, el origen de las galaxias lenticulares es una cuestión aún no cerrada. Varios procesos de formación de este tipo de galaxias han sido propuestos para tratar de explicar la gran variedad de propiedades observacionales presentes en estas galaxias. Esta variedad en las propiedades observacionales de las galaxias lenticulares podrían indicar que este tipo de galaxias forman una familia heterogénea de objetos con diferentes orígenes y evoluciones. Durante 2012 fuimos invitados a escribir un review sobre las propiedades de este tipo de galaxias. Este review apareció publicado en Aguerri 2012, *AdAstr*, 28. En él, se revisan las principales propiedades observacionales de las diferentes componentes fotométricas de las galaxias lenticulares. Estas propiedades se relacionaron con los principales procesos propuestos con el fin de explicar su origen y evolución.

Recientemente se ha sugerido que las fusiones de galaxias no son el factor principal que produce la evolución de las galaxias lenticulares. Este se basa en que las fusiones mayores no pueden conservar el acoplamiento entre las escalas de los bulbos y los discos observadas en las galaxias S0. Sin embargo, el 70% de las galaxias S0 residen en grupos y entornos de galaxias donde la tasa de fusiones puede dominar su evolución. Nuestro grupo ha realizado simulaciones de N-cuerpos con el fin de investigar si las propiedades de los remanentes de galaxias tras sufrir fusiones menores eran similares a las observadas en galaxias lenticulares. Se encontró que todos los remanentes producidos en dichas simulaciones eran compatibles con ser galaxias S0. Además, las propiedades

estructurales de dichas galaxias siguen a las observadas en galaxias lenticulares. El resultado más importante y novedoso de este estudio ha sido el hecho de que las fusiones menores producen una evolución de las S0 a lo largo de varios tipos morfológicos, desde S0c hasta S0a. Esto es debido a que las fusiones menores hacen crecer principalmente el bulbo de las galaxias sin alterar mucho el disco. Este resultado es importante ya que podría explicar la existencia de una secuencia de tipos morfológicos en las galaxias lenticulares. Esta secuencia fue propuesta hace más de 40 años, pero han sido estudios recientes la que la han vuelto a poner de moda para explicar las propiedades de este tipo de galaxias. Estos resultados se han publicado en el artículo: Eliche-Moral et al. 2012, *Astronomy & Astrophysics*, 547, 48.

#### *Análisis dinámico de radio cúmulos: proyecto DARC*

La emisión extensa difusa en radio es un fenómeno raro en cúmulos de galaxias, y sólo gracias a la mejor sensibilidad de los radiotelescopios ha sido posible detectarla a  $z > 0.1$ . Hoy se conocen cerca de 30 sistemas de galaxias con fuentes extensas en radio. Esta emisión en radio es originada por una masa de electrones que viajan a velocidades relativistas inmersos en un campo magnético intracumular. Todavía hoy no está claro cuál es el mecanismo físico que hace que estos electrones adquieran tan altas velocidades. El Proyecto Dynamical Analysis of Radio Clusters (DARC) tiene como principal objetivo investigar la conexión entre los choques de subestructuras en el seno de los cúmulos de galaxias y su emisión difusa en radio, así como el sobrecalentamiento del medio intracumular y su alta emisión en rayos X. Este problema se abordó desde un punto de vista de observaciones en el óptico. Para ello, el grupo hace uso principalmente de datos espectroscópicos y fotométricos (en visible e infrarrojo) y con ellos se intenta desenmascarar la dinámica interna del cúmulo proponiendo un modelo que explique la morfología e intensidad de las emisiones difusas en radio y rayos X.

Nuestro grupo ha hecho un gran esfuerzo durante los últimos años en investigar la naturaleza de esta emisión extensa en radio para una muestra amplia de cúmulos de galaxias. Hasta ahora se han publicado más de 15 artículos, y actualmente se está en la fase final en la que analizaremos la relación entre la potencia de emisión de radio-halos con la dispersión de velocidades del cúmulo. Como resultado preliminar se ha visto que los cúmulos con emisión difusa en forma de radio halo poseen presencia de subestructura en estado de choque y mayor emisión en rayos X.

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

**A.M. Prieto Escudero, J.A. Acosta Pulido, M. Montes Quiles, C. Martínez Roger, M. Mezcua Pallérola y A. Pereyra Quirós.**

**Colaboradores del IAC: J.J. Díaz García, P. López Ramos y J. Patrón Recio.**

F. Muller-Sánchez (UCLA, EEUU), D. Harris (CfA, EEUU), G. Brunetti, K.H. Mack, M. Orienti (Inst. de Radioastronomía del CNRS, Italia); J. Reunanen (Obs. de Tuorla, Finlandia); G. Weigelt, K. Tristram, J.A. Fernández Ontiveros, N. Haering (ESO, Alemania); A. Rodríguez-Ardila (LNA, Brasil); 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 por primera vez comparables a las que se obtienen rutinariamente con HST en el óptico y VLBI en radio. La ventaja adicional de realizar el estudio propuesto en el IR es

que la extinción por polvo en el IR es 10 mag. inferior que en el óptico.

Los objetivos de este Proyecto son:

Desarrollar un grupo fuerte en el IAC especializado en técnicas de alta resolución espacial en el IR, tales como Adaptive Optics, Laser-guide Star, Speckle and Optical Interferometry. 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> y en el nueva instrumentación de Óptica Adaptativa 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 dispone de dos grandes programas de observación ya establecidos, cuyos objetivos científicos son los siguientes:

**Proyecto PARSEC.** "The central PARSEC of Galaxies <http://www.iac.es/project/parsec/main/index.php>. 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 VLA, HST y VLT.

## Evolución del Proyecto

Proyectos: Instrumentación (FRIDA) e investigación (PARSEC y PAIS)

Se han publicado 7 artículos con referee en 2012.

Se han impartido 4 presentaciones orales en 3 conferencias internacionales (A. Prieto, M. Mezcuca, J. Acosta).

Aprobada el CDR de FRIDA, se continúa con el desarrollo del sistema de control de FRIDA (J.J. Diaz, P. López, J. Patrón).

Actualización de los documentos de ciencia de FRIDA: modos de observación, reducción de datos, calibración y comissioning (J. Acosta, A. Prieto).

Interacción con GTC sobre la interfase GTCAO - FRIDA (A. Prieto).

A. Prieto es miembro del equipo científico de ESO encargado de la definición y desarrollo de ERIS- Enhancement resolution Infrared Spectrograph for VLT <http://www.eso.org/~mschoell/ERIS/>. ESO aprueba la construcción de ERIS en agosto 2012.

Supervisión del trabajo de tesis de M. Montes (A. Prieto, J. Acosta).

Se mantiene actualización de las páginas web FRIDA, PARSEC y PAIS: <http://www.iac.es/project/parsec/main/index.php> (A. Prieto).

Se anuncia y resuelve plaza postdoc financiada por PAYA2011-25527 (A. Prieto).

Se ha colaborado en dos trabajos basados en datos del satélite Herschel sobre la emisión en el infrarrojo lejano de galaxias Seyfert y con formación estelar intensa (J.A. Acosta).

Se ha colaborado en un artículo sobre el blazar 4c38.41 usando datos fotométricos obtenidos con los telescopios IAC-80 y TCS (J. Acosta, M.I. Carnerero).

Se ha continuado con la toma de datos fotométricos de una muestra de blazares (GASP-WEBT), brillantes en rayos gamma, en los rangos visible e infrarrojo usando los telescopios IAC-80 y TCS, respectivamente.

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

**J. Falcón Barroso.**

**L. Peralta de Arriba, C. Weidner, M.K. Seidel, E. Marmol Queraltó, B. Röck, I. Martín Navarro, A. Vazdekis Vazdekis, M. Prieto Muñoz, A. Rys, A. de Lorenzo-Cáceres, J. Bakos, M.T. Tapia Peralta, J.A. Carballo Bello, L. Domínguez Palmero, I. Trujillo Cabrera, M. Balcells Comas, A. Ferré Mateu, I. García de la Rosa y J. Fliri.**

N. Arimoto (NAOJ, Japón), S. Cassisi (Obs. de Teramo, Italia), P. Coelho (IAP, Francia), F. Buitrago (ROE, Reino Unido), R. Peletier (Kapteyn Inst., Países Bajos), I. Ferreras (UCL, Reino Unido), J. Gorgas, N. Cardiel, E. Toloba, A. Gil de Paz, P. Pérez-González (UCM), V. Quilis (Univ. de Valencia), J. Cenarro (CEFCA), 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), I. Martínez-Valpuesta (MPE/Alemania).

## Introducción

Entender la formación y evolución de las galaxias es sin duda alguna uno de los grandes retos de la astronomía actual. La acumulación observacional de datos de gran calidad en los últimos años nos 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 de lugar a la población de objetos tanto espirales como elípticos que se observan 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 está compuesto por 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.

A continuación se describen las principales líneas de investigación y objetivos generales que se acometerán en el marco de este Proyecto.

### *Modelos de síntesis de poblaciones estelares y metodología de análisis*

La valía de los modelos de síntesis para los estudios de poblaciones estelares reside en la calidad de sus ingredientes básicos.

Entre éstos cabe destacar las trazas evolutivas, con las isócronas resultantes, y las bibliotecas de espectros estelares empleadas. Hasta fechas muy recientes los modelos sólo eran capaces de predecir algunas líneas de absorción intensas a baja resolución espectral ( $\text{FWHM} > 8\text{\AA}$ ). Este rígido y limitado sistema de índices (conocido como Lick/IDS) no es óptimo para explotar los datos que nos ofrece la nueva generación de telescopios de la clase 8-10 m como el telescopio GTC, ya que, entre otras limitaciones, se requiere degradar la resolución de los espectros observados con la consiguiente pérdida de la información contenida en los mismos.

Nuestro grupo fue el primero en desarrollar un modelo que predice espectros completos de poblaciones estelares a resolución moderadamente alta  $1.8\text{\AA}$  (FWHM) en dos rangos espectrales limitados del visible, y en el infrarrojo cercano en la región del triplete del CaII alrededor de  $8600\text{\AA}$ . Recientemente otros grupos han comenzado a desarrollar nuevos modelos de este tipo. Para hacer posible estas predicciones ha sido necesario obtener nuevas bibliotecas de espectros estelares empíricas con excelentes cubrimiento de parámetros atmosféricos. Estos espectros de poblaciones estelares sintéticos permiten adaptar los modelos a los datos para obtener toda su información y el análisis se enriquece incluyendo información contenida en algunas líneas débiles. Este es el caso de H $\gamma$  o H $\beta$ , con un poder sin precedentes para estimar la edad. Otra ventaja de estos modelos es que el análisis es extensible a galaxias con distintos desplazamientos al rojo (z) por lo que sería posible determinar sus edades con mayor precisión.

distinguir los efectos de la Función Inicial de Masas (FIM), la cual nos fija la relación entre estrellas enanas y gigantes. Otra degeneración muy importante es nuestra incapacidad para diferenciar la edad e intensidad de un brote de formación estelar. En la última década se ha desarrollado el análisis de líneas de absorción que permite paliar parcialmente el problema al enfatizarse en ellas los efectos de la metalicidad y la edad. Sin embargo, incluso el indicador de edad más usado, la línea de Balmer H $\beta$ , muestra cierta dependencia con la metalicidad y es sensible a la emisión nebular.

Es un objetivo prioritario de este Proyecto obtener un sistema de indicadores clave que proporcionen información inequívoca sobre la edad, metalicidad, abundancias relativas, FIM e historia de formación estelar. Con este sistema es posible proponer diagramas diagnósticos para romper las degeneraciones fundamentales que afectan a las poblaciones estelares. Particularmente relevante es el estudio de nuevos indicadores específicamente desarrollados para explotar los filtros sintonizables de OSIRIS-GTC.

#### *Modelos de formación y evolución de galaxias*

Los actuales modelos de síntesis calculan espectros de poblaciones estelares para ser comparados con las observaciones en base a descripciones idealizadas de una galaxia (ej. poblaciones únicas, modelo de caja cerrada, etc.). Para dar un paso más allá es preciso comparar las observaciones con las predicciones a partir de modelos de formación y evolución de galaxias.

Se ha iniciado un ambicioso programa para sustituir las actuales tasas de formación idealizadas del modelo de síntesis de poblaciones estelares por las derivadas a partir de simulaciones hidrodinámicas (código MASCLÉT: Quilis 2004) que, en un contexto cosmológico y con una descripción física de los fluidos, nos permite describir los cúmulos y sus galaxias. Ligando la formación de las galaxias con la formación de sus poblaciones estelares se obtiene

#### *Degeneraciones fundamentales*

El estudio de la luz integrada sufre varias degeneraciones fundamentales que hacen que la solución obtenida no sea única. Entre éstas cabe destacar la degeneración entre edad y metalicidad, por la que una galaxia parece más roja por ser más vieja o más metálica. Asimismo resulta muy difícil

una gran variedad de galaxias, todas ellas con distribuciones tridimensionales de densidad, con su evolución temporal y sus correspondientes espectros sintéticos. Este trabajo se completa con la incorporación de la evolución química resultante de estos procesos. Estas simulaciones constituyen un gigantesco laboratorio virtual con el que poder comparar las observaciones.

### *Galaxias elípticas y sus relaciones de escala*

Si las galaxias elípticas se hubieran formado en un único evento y sus poblaciones hubieran evolucionado de una manera pasiva con el tiempo (modelo monolítico), se esperaría que sus propiedades estructurales (radio efectivo y dispersión de velocidades) se mantuvieran invariables con el tiempo. Sin embargo, en un modelo de ensamblaje jerárquico estas propiedades se espera que varíen a medida que la galaxia va adquiriendo su estructura final. Es interesante destacar que un estudio basado únicamente en el análisis de las poblaciones estelares no podría distinguir entre estos dos modelos alternativos si, por ejemplo, las poblaciones estelares se hubieran formado en tiempos muy tempranos y luego se hubieran agregado en una única estructura mediante fusiones secas. En este caso, ambos escenarios producirían el mismo tipo de población estelar final. Por este motivo, pretendemos dentro del Proyecto analizar la evolución de las propiedades de escala (tamaño, dispersión de velocidades, etc.) en función del desplazamiento al rojo. De esta manera podremos estudiar a qué velocidad se ha producido el ensamblaje de las galaxias y cuáles son los mecanismos físicos responsables de tal evolución.

### *Galaxias elípticas y gradientes de metalicidad*

El modelo monolítico predice gradientes negativos de metalicidad para las galaxias elípticas, mientras que la formación jerárquica prevé gradientes más planos. Los gradientes nos informan sobre el monto y eficiencia de los procesos de disipación de energía durante el proceso de formación. Si los gradientes fueran el resultado de una variación de la metalicidad

nos permitirían conectar las propiedades químicas y dinámicas de las galaxias. En cambio sí se debieran a una variación de la edad de la población nos informarían de cómo han procedido los posibles brotes de formación estelar. De hecho el gradiente de metalicidad se ha propuesto como índice del impacto de las fusiones en la configuración de la Galaxia.

### *Cúmulos de galaxias y papel del entorno*

Según los modelos jerárquicos las galaxias de cúmulos densos se terminan de ensamblar antes que sus homólogas en los cúmulos de baja densidad. Determinar la influencia del entorno en las poblaciones estelares y en las relaciones de escala nos permitirá probar si las galaxias de cúmulos son efectivamente más viejas que las de campo. Los primeros resultados obtenidos por este grupo con una muestra de galaxias aisladas sugieren una mayor dispersión de edades que la correspondiente a galaxias pertenecientes a cúmulos y grupos.

### *Galaxias espirales*

El modelo jerárquico predice que las componentes esferoidales de las galaxias espirales (particularmente los bulbos más masivos) son el resultado de procesos de acreción de otras estructuras. Pese a que potencialmente las poblaciones estelares pueden facilitarnos información relevante acerca de estos procesos, el análisis de líneas de absorción en espirales es casi inexistente en la literatura. Esto es en parte debido a que estas galaxias muestran historias de formación extendidas, así como por la presencia de gas y manchas de polvo.

Un aspecto totalmente pionero que se propone afrontar en este Proyecto es estudiar las poblaciones estelares en galaxias lenticulares y espirales de primeros tipos con barras y barras secundarias. Como principal objetivo se pretende establecer la secuencia de formación y escalas de tiempo características de estas componentes estructurales mediante la combinación de las edades promedio y abundancias relativas obtenidas.

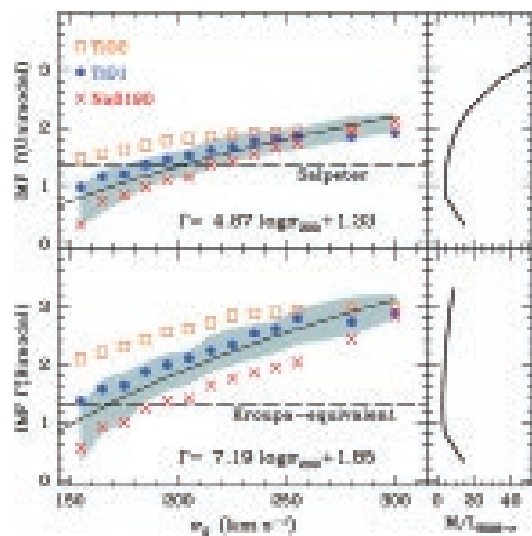
La periferia de las galaxias contiene información clave para entender los procesos de formación de estos objetos, ya que en estas regiones de densidad más baja, las huellas de estos procesos sobreviven más tiempo. En estas regiones, la densidad de gas es tan baja que los modelos de formación estelar predicen que no deberían formarse estrellas. Sin embargo, las observaciones más recientes encuentran que hay un claro “exceso” de estrellas en estas partes de las galaxias. Para resolver este misterio es fundamental el estudio detallado de sus poblaciones estelares. El reto observacional es sin embargo grande, ya que los brillos superficiales de estas regiones de las galaxias es muy débil ( $>26$  mag/arcsec<sup>2</sup>). Es por tanto necesario el uso de grandes telescopios e instrumentación novedosa como los filtros sintonizables de OSIRIS (más eficientes que la espectroscopia en regiones de bajo brillo superficial) para atacar este problema. En este sentido, este grupo, está en posición de afrontar este estudio dada su dilatada experiencia en el análisis de las poblaciones estelares y debido a la preparación llevada a cabo para la explotación de los filtros sintonizables.

### Hitos

#### *Variación sistemática de la función inicial de masa con la dispersión de velocidades en galaxias de tipos tempranos*

Una componente esencial en las teorías de formación de galaxias es la denominada función inicial de masa (IMF por sus siglas en inglés). Dicha función describe la distribución de masa original en las regiones de formación estelar. En este trabajo se presentaron evidencias de que existe una fuerte correlación entre la dispersión de velocidades central de galaxias de tipo temprano (ETGs por sus siglas en inglés) y las anchuras equivalentes de varias líneas de absorción especialmente sensibles a la presencia de estrellas de baja masa. Nuestra muestra está formada por ~40000 ETGs del cartografiado “Spheroids Panchromatic

Investigation in Different Environmental Regions survey”. Los datos extraídos fueron combinados y limpiados de contaminación procedente de la atmósfera y dieron lugar a 18 espectros de muy alta calidad ( $S/N > 400$  Å<sup>-1</sup>) en distintos rangos de dispersión de velocidades. El estudio de poblaciones se ha basado en la nueva librería de modelos de síntesis MIUSCAT creados en nuestro grupo. En nuestro estudio se observa una fuerte relación entre la pendiente de la IMF y dispersión de velocidades, siendo el exceso de estrellas de baja masa más acusado en las galaxias más masivas. El estudio aquí presentado sugiere que las galaxias de baja masa son consistentes con una IMF tipo Kroupa mientras que las más masivas sólo pueden ser explicadas con IMFs muy pendientes, excediendo la IMF tipo Salpeter para galaxias con dispersiones de velocidades superiores a 200 km s<sup>-1</sup>.

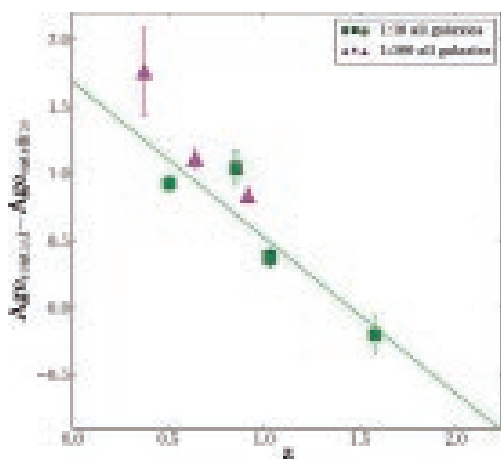


La figura muestra la variación de la pendiente de la IMF - de tipo unimodal en el panel superior y bimodal en el inferior - frente a la dispersión de velocidades. La zona sombreada corresponde a la zona con un 68% de nivel de confianza de la distribución de probabilidad del ajuste de nuestros modelos a los datos usando las regiones con los índices espectrales (TiO1, TiO2 and Na8190). Los valores relativos a IMF tipo Salpeter (en el caso unimodal) y Kroupa (en el bimodal) se indican con líneas horizontales. El ajuste por mínimos cuadrados se muestra como referencia con la línea sólida. Los paneles a la derecha muestran las variaciones en la relación masa-luminosidad de los datos asumiendo un población de 10 Gaños y metalicidad solar, ilustrando así las variaciones en dicha relación esperadas dependiendo de la elección de la IMF.



## Caracterización de los satélites de galaxias masivas hasta $z \sim 2$ : poblaciones jóvenes para construir las partes externas de galaxias masivas cercanas

La creación de galaxias de baja masa (galaxias satélite) es actualmente el mecanismo más utilizado para explicar el cambio tan significativo que las galaxias masivas han sufrido en los últimos 10 mil millones de años. En este trabajo se han investigado los colores y edades promedio de dichos satélites situados alrededor de galaxias masivas ( $M_{\text{star}} \sim 10^{11} M_{\text{sun}}$ ) hasta  $z \sim 2$ . Se ha encontrado que estas galaxias satélite tienen colores ligeramente más azules que las galaxias centrales. Cuando se interpretan dichas diferencias en términos de edad estelar, vemos que mientras a alto desplazamiento al rojo las galaxias centrales y satélite tienen la misma edad, en el Universo más cercano la diferencia aumenta hasta los 1.5 mil millones de años. Estos resultados son compatibles con escenarios de formación jerárquica de galaxias donde las partes externas de galaxias se forman por satélites que son ligeramente más jóvenes, pobres en metales, y con abundancias químicas relativas inferiores a las mostradas por las galaxias centrales en sus regiones interiores.



La figura muestra la diferencia de edad observada entre las galaxias centrales y sus satélites. En la figura se muestran los resultados al explorar las propiedades de galaxias satélites con cociente de masa (relativo a la galaxias central) de 1 a 10 (cuadrados verdes) y de 1 a 100 (los símbolos púrpura).

## Evolución del Proyecto

### Modelos de poblaciones estelares

### Desarrollo de modelos de poblaciones estelares

Durante 2012 se ha ampliado el rango espectral de la librería de modelos de poblaciones estelares MILES que hasta ahora solo cubrían el rango visible de longitud de onda. Esto se ha logrado al combinar los espectros procedentes de tres librerías distintas: MILES, CaT y INDO-U.S. Esta extensión de los modelos, denominados MIUSCAT, cubren el rango entre 3465-9469 AA a una resolución espectral constante de 2.51 AA (FWHM). Estos modelos han permitido definir una serie de índices espectrales sensibles a la IMF en el infrarrojo cercano. La precisión en la calibración en flujo de nuestros espectros permite determinar colores en distintos sistemas fotométricos. De hecho los modelos MIUSCAT se comparan extraordinariamente bien con los colores de los cúmulos globulares de la Vía Láctea y M31. Además, también son capaces de reproducir la evolución de los colores individuales de galaxias de tipos tempranos a desplazamientos al rojo intermedio. Sin embargo, éstos no producen buenos ajustes a combinaciones de colores (algo que también ocurre con otros modelos en la literatura). Esto apunta a que se han de tener en cuenta factores adicionales en la modelización de estas galaxias (ej. sobre abundancias). Los modelos están disponibles en nuestra página Web. El trabajo sobre los modelos MIUSCAT se ha publicado este año.

Siguiendo en esta línea, también se ha trabajado en preparar la librería NGSL para la creación de nuevos modelos de poblaciones que cubran un rango aún mayor que MIUSCAT en longitud de onda. El punto fuerte de esta nueva librería es la capacidad de ampliar nuestras predicciones al UV. En la actualidad hemos determinado los parámetros fundamentales de las estrellas y se está caracterizando la resolución espectral de los datos.

Por último, se avanzó en la modelización de las poblaciones estelares en el rango IR de longitud de onda gracias a las nuevas isócronas del grupo de Teramo, publicadas este año. Dichas isócronas permitirán interpretar los datos presentados en Marmol-Queraltó et al. (2009). Con este trabajo el grupo se sitúa en una posición excelente para explotar la instrumentación infrarroja en breve disponible en las grandes infraestructuras telescópicas.

### **Métodos de análisis de las poblaciones estelares en galaxias**

Una fracción importante del tiempo dedicado a este apartado del proyecto este año se ha centrado en la reducción de los datos de los filtros sintonizables de GTC/OSIRIS. Después de mucho esfuerzo descubrimos que las observaciones realizadas no podían calibrarse de forma precisa y por tanto no se ha logrado extraer ninguna información útil de los espectros obtenidos. La experiencia, sin embargo, ha servido para desarrollar una nueva estrategia observacional que pondremos en práctica en las observaciones que nos han concedido para abril de 2013.

Otro proyecto importante que se ha comenzado es la implementación de un pipeline de análisis para el estudio de las poblaciones estelares de los datos de campo integral del survey CALIFA. En la actualidad dicho pipeline está en pleno funcionamiento y ya se ha comenzado a analizar los resultados que estamos obteniendo.

### **Universalidad de la IMF vs la teoría IGIMF**

En 2012 se desarrollaron modelos usando la teoría IGIMF (Integrated Galactic Initial Mass Function) y empezado a comparar las predicciones con datos observacionales. El trabajo hasta la fecha se ha centrado en la comparación con tres sets de datos: los datos del Proyecto GAMA, de Cappellari et al. 2012 (publicados en *Nature*), y los datos de Ferreras et al. El modelado de los datos de GAMA y Cappellari se ha completado y un artículo se enviará en breve. El trabajo con la muestra de Ferreras et al. está todavía por completar.

Uno de los objetivos fundamentales de los modelos que siguen la teoría IGIMF es su implementación en modelos numéricos cosmológicos como los que produce nuestro colaborador V. Quillis (Univ. de Valencia). Mientras que los ajustes básicos necesarios ya se han completado, todavía no se está en disposición de producir predicciones útiles para las simulaciones.

Durante este año también se empleó algo de tiempo en producir nuevas predicciones que siguen la teoría IGIMF que puedan ser comprobadas observacionalmente. En concreto en relación al número de estrellas de tipo O y B para una IMF constante o IGIMF. El siguiente paso será transformar estos números a la producción de H $\alpha$ , y flujos en el UV cercano y lejano, que son mucho más accesibles observacionalmente.

### *Evolución Cósmica de Galaxias*

### **Poblaciones estelares en cúmulos de galaxias**

El estudio de las estructuras más extensas del Universo es clave para nuestra comprensión de la evolución de galaxias. Durante 2012 se han reducido y analizado en detalle las poblaciones estelares y las historias de formación estelar (SFHs por sus siglas en inglés) de galaxias a desplazamientos al rojo intermedios ( $z=0.83$ ) pertenecientes al cúmulo RX J0152.7-1357. Se determinó, por primera vez, las edades, metalicidades y abundancias relativas promedio y las SFHs de las galaxias individuales. El relacionar estas propiedades con la dispersión de velocidades y comparando con las medidas equivalentes en el cúmulo de Coma determinó la evolución de galaxias masivas con el tiempo. La relación entre la posición de las galaxias dentro del cúmulo, la dispersión de velocidades y la SFH demuestran que dichas galaxias masivas evolucionan de forma pasiva mientras que las menos masivas, generalmente pobladoras de las partes externas del cúmulo, sufren una formación estelar más extendida. En la actualidad se está elaborando un artículo que resume estos resultados.

El aspecto más novedoso de este trabajo reside en el uso de una nueva técnica para inferir las SFHs de la muestra de galaxias que permite la variación de la IMF. Como se muestra en Ferré-Mateu et al. los resultados que se obtienen si la IMF se considera universal (y por tanto fija en el tiempo) son muy diferentes a los resultantes cuando se permite su variación. En nuestro artículo se ha cuantificado dicho efecto en algunos de los parámetros más importantes en este tipo de estudios (M/L, masas, edades, SFHs). Cualitativamente una variación de la IMF resulta en edades más jóvenes y masas mayores a medida que la IMF se vuelve más pronunciada. Encontramos que la pendiente de la IMF está íntimamente relacionada con la dispersión central de velocidades. La no universalidad de la IMF es un tema muy candente que puede dar lugar a la resolución de muchos temas aún sin respuesta dentro del campo de las poblaciones estelares.

### **Evolución de Galaxias Masivas**

En 2012 se continuó el estudio sobre en ensamblaje de galaxias masivas en el tiempo. En particular nos centramos en las transformaciones morfológicas de estos objetos durante los últimos 11 mil millones de años. El grupo ha descubierto que se produce un cambio significativo en dichas propiedades. De hecho, las galaxias elípticas son la clase morfológica predominante desde  $z=1$ . Además se estudiaron en detalle las propiedades de las galaxias compactas existentes en el universo cercano, descubriendo que estos objetos tienen una estructura y poblaciones estelares complejas. La explicación más razonable para su existencia es que se han formado recientemente, y por tanto representan la cola de la formación de galaxias masivas.

El grupo ha conseguido completar un número significativo de estudios sobre galaxias masivas durante 2012. Éstos son mayoritariamente la continuación de proyectos que se iniciaron el año anterior y que se han centrado en 3 temas fundamentales:

1) El ensamblaje de galaxias masivas por medio de fusiones mayores. En un artículo que se publicará a principios de 2013 se ha estudiado la razón por la que algunas observaciones recientes discrepan (aparentemente) con escenarios de formación jerárquica de galaxias en las que las fusiones mayores tienen un papel dominante. Para analizar este asunto se analizó la morfología, distorsiones estructurales y el incremento en la formación estelar de una muestra de galaxias masivas ( $M_{\text{star}} > 5 \cdot 10^{10} M_{\text{sun}}$ ) de la secuencia roja en un rango de redshifts entre 0.3 y 1.5. Nuestra muestra inicial procede del Groth Strip y se ha combinado con datos de la base de datos Rainbow Extragalactic Database and the Galaxy Origins and Young Assembly survey. En nuestro estudio se ha descubierto que existe una línea evolutiva muy marcada en la que galaxias con discos irregulares se convierten en galaxias esferoidales regulares. Este resultado implica que: (1) la población de galaxias masivas, rojas y regulares del universo local son descendientes de galaxias más irregulares ya en la secuencia roja a  $z=1.5$ ; (2) los progenitores de la mayoría de las galaxias masivas, regulares de la secuencia roja hoy en día son discos que han evolucionado en la secuencia roja por medio de fusiones mayores en  $0.6 < z < 1.2$  y (3) las formación de galaxias E-S0 con masas mayores a  $10^{11} M_{\text{sun}}$  a  $z=0$  se ha congelado desde  $z=0.6$ . Todos estos resultados apoyan la idea de que las fusiones mayores sí que juegan un papel esencial en la formación de galaxias masivas.

2) El ensamblaje de galaxias de tipos tempranos y su dependencia con la masa. Este trabajo es similar al anterior pero no se centra exclusivamente en las galaxias más masivas. Se ha utilizado la base de datos de Rainbow para su estudio y todavía está en fase de desarrollo (habiendo hasta la fecha simplemente preparado los catálogos de galaxias que se van a usar).

3) La aparición tardía de galaxias masivas y el cambio de la pendiente en las K-galaxy

number counts. El resultado de este estudio se publicará en un artículo titulado: "The nature of galaxy number counts from NUV to NIR bands". Este es un artículo teórico-observacional que se espera enviar a la revista en breve.

Uno de los temas más productivos del grupo este año ha sido el estudio de satélites alrededor de galaxias masivas de tipos tempranos. En este contexto se han desarrollado las siguientes líneas de investigación.

El análisis de galaxias masivas y sus satélites a redshifts intermedios (hasta  $z=2$ ) para probar que las fusiones menores tienen mayor importancia de la dada hasta la fecha en la evolución de este tipo de galaxias masivas. En Mármol-Queraltó et al. (2012a), se trabajó en la búsqueda de satélites alrededor de 629 galaxias masivas dentro de un radio proyectado de 100 kpc. Encontramos que la fracción de satélites permanece constante con el redshift y entorno al 30% para satélites con relación de masa 1:100 hasta  $z=1$  y 15% para relaciones de masa 1:10 hasta  $z=2$ . Haciendo cálculos aproximados estimamos que fusiones del tipo 1:3 se producen dos veces desde  $z\sim 2$  para galaxias masivas. Para galaxias con discos esta fracción decrece a  $\sim 1$ . Este número de fusiones es ligeramente inferior al predicho por modelos teóricos.

Durante este año también se analizaron los colores de las poblaciones estelares en galaxias masivas con satélites. En Mármol-Queraltó et al. (2012b) encontramos que los satélites presentan colores más azules que las galaxias centrales. Esto se traduce en edades similares entre ambas a alto redshift, mientras que representa una diferencia de edades de 1.5 Gyr para redshifts más bajos. Este resultado es compatible con modelos jerárquicos de evolución de galaxias. Siguiendo la misma idea se están analizando los colores de galaxias masivas en la muestra del Stripe82. Este trabajo es fundamental para dar una medida contrastada de las diferencias de poblaciones estelares entre las galaxias centrales y satélites en el universo local.

Usando el mismo set de datos se ha estudiado si el tamaño de las galaxias masivas está relacionado con la frecuencia de satélites a su alrededor. Encontramos que el crecimiento de esferoides masivos desde  $z=1$  debido a fusiones es independiente de su tamaño y no se ha encontrado evidencia de una localización preferente de satélites con relaciones de masa 1:10 hasta 1:100. Esto sugiere que la menos desde  $z=1$ , la actividad de fusiones ha sido homogénea para todas las poblaciones de satélites.

### **Espectrofotometría de galaxias del SDSS**

Uno de los resultados más impactantes del grupo este año ha sido el descubrimiento de una dependencia entre la Función Inicial de Masa (IMF por sus siglas en inglés) y la dispersión de velocidades. En Ferreras et al., presentamos evidencia observacional de que existe una relación muy fuerte entre la dispersión de velocidades y la profundidad de varios índices espectrales sensibles a la presencia de estrellas de baja masa. Nuestra muestra de  $\sim 40.000$  galaxias de tipos tempranos procede del cartografiado Spheroids Panchromatic Investigation in Different Environmental Regions survey ( $z < 0.1$ ). La muestra resultante se combinó para producir 18 espectros de muy alta calidad ( $S/N > 400 \text{ \AA}^{-1}$ ). El análisis combinado de los índices sensibles a la IMF y técnicas de ajuste de espectros se ha llevado a cabo con los modelos de MIUSCAT arriba mencionados. La tendencia observada sugiere que galaxias de tipos tempranos de baja masa tienen una IMF que sigue la prescripción de Kroupa (2001), mientras que galaxias más masivas necesitan de IMF mucho más pronunciadas.

Además de este trabajo, también se han estudiado las diferentes relaciones de escala que siguen galaxias de baja y alta masa. En particular se investigaron los procesos que dan lugar a la curvatura de dichas relaciones. El estudio se centró en una familia de galaxias, entre  $0.01 < z < 0.025$  y masas entre 109 to  $3 \times 10^{11} M_{\text{sun}}$ , de las que se han extraído sus historias de formación estelar. Se encontraron diferencias claras en la distribución de edades y metalicidades

antes y después del punto de inflexión de la curvatura mencionada anteriormente que sugiere una transición repentina en la eficiencia de la formación estelar. La tendencia de la relación edad-metalicidad para las galaxias menos masivas no es compatible con la acreción de gas poco metálico, lo que sugiere a su vez en una relación dominada por outflows.

### **Simulaciones numéricas de galaxias masivas**

Nuestro trabajo es esta parte del Proyecto se ha centrado en 2 aspectos fundamentalmente.

1) El mecanismo encargado de hacer crecer a las galaxias elípticas en un factor 4 desde  $z=2$ . Para lograr este objetivo se han simulado ocho galaxias con un historial de fusiones distinto desde  $z=2.5$  hasta el presente. Se ha encontrado que la acreción de material hace crecer a las galaxias un factor entre 4 y 6 en tamaño y 2 en masa con un ligero incremento en la dispersión de velocidades. El trabajo muestra que simulaciones cosmológicas de fusiones secas de galaxias son un mecanismo viable para explicar el crecimiento observado en galaxias reales y por tanto no favorecen un escenario de crecimiento monolítico. Como extensión a este trabajo, y en colaboración con la P. Sánchez-Blázquez, se está estudiando el efecto que estas acreciones tienen en la distribución de metalicidad de las galaxias. Los primeros resultados apuntan a que este efecto reduce el gradiente original en un 40%.

2) La evolución en la secuencia de Hubble de galaxias S0 por medio de fusiones menores. Este estudio está basado en unas simulaciones de N-cuerpos y ha resultado en una publicación titulada: "Evolution along the sequence of S0 Hubble types induced by dry minor mergers I. Global bulge-to-disk structural relations.". En la actualidad se está trabajando en un segundo artículo titulado: "Evolution along the sequence of S0 Hubble types induced by dry minor mergers. II - Disk-bulge coupling in the photometric relations through merger-induced internal secular evolution".

*Procesos de evolución secular en galaxias cercanas*

### **Revelando la naturaleza de barras y bulbos galácticos**

Durante 2012 se publicaron los resultados de nuestro trabajo sobre la galaxia barrada doble NGC 357. Además se ha completado el análisis de los datos de espectroscopia de campo integral para una muestra de cuatro galaxias del mismo tipo: NGC2859, NGC 3941, NGC 4725, y NGC 5850. Este trabajo incluye el estudio detallado de las poblaciones estelares además de la cinemática del gas ionizado y las estrellas. Encontramos que las barras internas son más jóvenes y más metálicas que las regiones circundantes. Estos resultados serán publicados en los primeros meses de 2013.

La evolución de las galaxias espirales está aún lejos de estar completamente comprendida, especialmente en términos de su evolución secular. Para tratar este asunto se ha combinado la cinemática y poblaciones estelares a lo largo de los ejes mayores y menores de una muestra de 6 galaxias. Nuestro estudio revela que los brazos espirales de las galaxias son los principales responsables del calentamiento de los discos. Sin embargo la acción de nubes moleculares gigantes no ha podido ser descartada del todo.

### **Estudio de las regiones exteriores de galaxias espirales cercanas**

Dentro de este ámbito del Proyecto se ha llevado a cabo una serie de trabajos destinados a la detección y posterior caracterización de los halos estelares de galaxias espirales a distintos desplazamientos al rojo.

En Universo cercano se han observado 7 galaxias de cara procedentes del survey Stripe82 y obtenido perfiles radiales que se extienden hasta brillos superficiales en torno a 20 mag/arcsec<sup>2</sup> en la banda r' del SDSS. No se ha encontrado evidencia de un truncamiento brusco de los perfiles y por tanto la transición disco-halo es bastante suave. Los halos estelares cobran importancia a

niveles de brillo superficial alrededor de 28 mag/arcsec<sup>2</sup> (aproximadamente entre 4-10 escalas del disco). Se descubrió que la contribución del halo puede ser responsable de los perfiles tipo III establecidos en la literatura. La contribución en luz del halo en relación al total de la galaxia es del orden de 1 al 5%. Los colores del halo sugieren unas poblaciones estelares difícilmente reconciliables con modelos de síntesis espectrales para IMFs convencionales, encontrando que las IMFs más probables son aquellas con un alto número de estrellas de baja masa.

Por otro lado se han aprovechado los datos profundos del HST del Ultra-deep field para explorar las propiedades de los halos a  $z \sim 1$ , encontrando que las propiedades estructurales son similares (en forma y tamaño) a las que encontramos en el Universo local. Sin embargo, estos halos son 3 magnitudes más brillantes que las locales con colores más azules. Las poblaciones que inferimos para estos halos a  $z \sim 1$  son compatibles edades inferiores a 1 Gyr. Esto implica que dichos halos se formaron en desplazamientos al rojo entre 1 y 2. Estos resultados son compatibles con predicciones teóricas para estas épocas. Un escenario de evolución pasiva, donde los halos simplemente se desvanecen con el tiempo es suficiente para explicar la transición que observamos entre los halos de distintos desplazamientos al rojo.

El mecanismo que produce los truncamientos de los discos de galaxias espirales no ha sido aún confirmado. A pesar de los esfuerzos teóricos no hay una explicación única al respecto. En un intento de buscar una explicación a este fenómeno hemos seleccionado 34 galaxias del cartografiado del S4G (Spitzer Survey of Stellar Structure in Galaxies) de los cuales se han extraído perfiles radiales. El estudio del grupo revela dos rasgos muy marcados en nuestros perfiles: in break a distancias en torno a 8 kpc y un segundo truncamiento 14 kpc de las galaxias. En el estudio proponemos que los breaks son debido a fenómenos relacionados con umbrales de formación

estelar, mientras que los truncamientos muy probablemente tengan un origen relacionado con la densidad de masa de los discos a esos radios y que además pudiera estar relacionado con el momento angular máximo de las estrellas en esas regiones.

### **Formación y evolución de galaxias enanas elípticas**

Durante 2012 se completó la reducción de datos y el análisis de la cinemática de la muestra de 12 galaxias enanas (dEs) observadas en años anteriores. La variedad en la morfología y la cinemática, así como las poblaciones estelares de la muestra sugiere un modelo de formación en el que las galaxias enanas elípticas son descendientes de otras galaxias enanas de tipos más irregulares (lo que explica la estocasticidad de las propiedades observadas). Confirmamos que en promedio las dEs son en promedio más jóvenes y menos metálicas que las galaxias gigantes. Por otro lado el momento angular de nuestras galaxias es compatible con el de las gigantes, lo que confirma nuevos modelos de evolución que sugieren transformaciones de galaxias en la dirección anteriormente apuntada. Por último se ha descubierto que la fracción de materia oscura incrementa para galaxias enanas situadas en las afueras del cúmulo de Virgo.

Como parte del Proyecto SMAKCED se ha estudiado la disposición estructural de las dEs. Nuestro trabajo muestra una amplia variedad de estructuras morfológicas no reconocidas hasta la fecha en este tipo de galaxias. Encontramos que sólo un cuarto de las galaxias de nuestra muestra están formadas por una única componente. La fracción de galaxias con barras es del 18% y aparecen estar más concentradas en las regiones interiores del cúmulo de Virgo.

### **El Proyecto Stripe82**

Una de las iniciativas más interesantes del grupo es la incorporación de un postdoc para trabajar en la re-reducción y explotación de los datos procedentes del Stripe82. Como resultado de este trabajo se publicarán

una serie de catálogos que se pondrán a disposición de la comunidad científica. Aunque todavía queda mucho trabajo por hacer ya se han obtenido varios resultados muy interesantes a la vez que inesperados.

En 2012 el trabajo principal se ha centrado en diseñar y poner en marcha el pipeline de reducción de datos, así como evaluar la calidad de los datos. El sistema está en la actualidad completamente operativo y ya ha producido imágenes de 0.25 grados cuadrados. El grupo se encuentra en la actualidad elaborando el primer artículo del Proyecto que mostrará detalles sobre el análisis de los datos, así como algunos de los resultados científicos ya obtenidos.

## **LAS GALAXIAS BARRADAS: EVOLUCIÓN Y CONSECUENCIAS (P/300724)**

**J.H. Knapen.**

**S. Erroz Ferrer, M. Cisternas, R.C. Leaman y B. Röck.**

I. Martínez-Valpuesta (MPE, Alemania); 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 (Univ. Liverpool John Moores Univ., Reino Unido); E. Schinnerer, G. van de Ven, A. Macchio, M. Querejeta (MPIA, Alemania); M. Regan (STScI, EEUU); R. Peletier, E. Valentijn, M. Verheijen (Groningen, Países Bajos); B. Elmegreen (IBM, EEUU); D. Elmegreen (Vassar, EEUU); K. Sheth (NRAO, EEUU); C. Wilson (McMaster, Canadá); R. Beswick (Univ. de Manchester, Reino Unido); B. Madore, L. Ho (Carnegie, EEUU); J. R. Sánchez-Gallego (Univ. de Kentucky, EEUU); S. Laine (IPAC).

### **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 variadas 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 como 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 a base de imágenes de galaxias cercanas y a desplazamiento al rojo de hasta 1.

### **Hitos**

Se ha completado el estudio de la relación entre gas y formación estelar para las galaxias del Nearby Galaxies Legacy Survey. Se descubrió que un número significativo de galaxias muestra tasas de formación estelar, medidas con  $H\alpha$ , que no se corresponden con lo esperado en función de su intensidad en la línea de CO J=3-2. Se ha especulado que estas galaxias pueden haber sufrido brotes muy recientes de formación estelar que son trazados por  $H\alpha$  pero no por infrarrojo o continuo de radio.

S. Erroz-Ferrer ha publicado su primer artículo (Erroz-Ferrer et al.). En él demuestra que se han cumplido las expectativas

expuestas en la propuesta de observación acerca de los datos cinemáticos obtenidos con el instrumento GHaFaS del telescopio WHT. El artículo se centra en el estudio de una galaxia (NGC 864), y el estudio que se ha hecho de ella es aquél que se espera realizar para el resto de galaxias observadas.

## **Evolución del Proyecto**

Análisis de datos de H $\alpha$  obtenidos con el instrumento Fabry-Perot GHaFaS en el telescopio WHT de galaxias de la muestra de S4G, y obtención de datos de varias galaxias más. Publicación de un primer artículo basado en estos datos. (JK, SEF).

Estudio comparativo de la morfología y formación estelar de galaxias tempranas. Para ello se están comparando imágenes en H $\alpha$  tomadas en el telescopio NOT con datos del UV de GALEX. Se redactará un artículo de este estudio. (JHK,SEF).

Obtención de imágenes en el óptico de las galaxias pertenecientes al survey S4G que no tienen imagen en el Sloan Digital Sky Survey (SDSS) con el telescopio LT. Imágenes en proceso de obtención y reducción. (JHK, SEF).

Preparación de la librería estelar IRTF por su uso como "template" en el desarrollo de modelos de distribuciones espectrales de energía de galaxias en el rango de longitud de onda de 2.5 a 5 micrómetros (JHK, BR, AV).

Análisis de los datos H $\alpha$  de 155 galaxias obtenidos en el marco del Nearby Galaxies Legacy Survey. Comparación de estos datos con otros datos tales como CO J=3-2, infrarrojo o Hidrógeno atómico para estudiar las propiedades del gas y la formación estelar en las galaxias de la muestra (JK, JRSG).

Desarrollo de un método automatizado para estimar la densidad total de gas cerca de regiones de fotodisociación usando datos de hidrógeno atómico y emisión ultravioleta (JK, JRSG).

Construcción de un pipeline para automatizar el método de Meidt et al. para la creación de mapas de masa estelar usando imágenes de Spitzer en 3.6 y 4.5 micras (MC, JHK).

Análisis de datos en rayos-X de Chandra para una muestra de 41 galaxias barradas de S4G, de lo que ha salido un artículo (MC, JHK).

Estudio de la estructura y propiedades de los llamados discos gruesos en galaxias, a base de imágenes profundas en el óptico e infrarrojo.

## **EVOLUCIÓN DE GALAXIAS (P/301113)**

**J. Cepa Nogué.**

**A.M. Pérez García, B. Cedrés Expósito, A.M. Bongiovanni, H. Domínguez Sánchez, I. Oteo Gómez, J. Poledniková, I.M. Pintos Castro, I. Rivero Losada y M. Ramón Pérez.**

E. Alfaro, M. Fernández, M. Povic (IAA); B. Altieri, D. Coia, L. Metcalfe, R.M. Pérez-Martínez, M. Sánchez-Portal I. Valtchanov (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).

## **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 (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 a 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 a 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 a altos desplazamientos al rojo, y que nuestro grado de desconocimiento solo permite clasificar, hasta ahora, por la manera cómo se han detectado.

Los datos necesarios se obtendrán mediante tres cartografiados propios obtenidos utilizando el instrumento OSIRIS en el telescopio GTC: OTELO, HORUS y GLACE. OTELO y HORUS se desarrollarán en los mismos campos, 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. Son cartografiados únicos, que no

pueden obtenerse con otros instrumentos existentes o en construcción para telescopios de clase 8-10 m, debido a que requieren el uso de filtros sintonizables. 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, HORUS y GLACE: la obtención de imágenes de la mayor profundidad, de la misma zona del cielo, 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.

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- $\alpha$  débiles a alto desplazamiento al rojo.

**HORUS** (Hydrogen and Oxygen Recombination lines Unified Survey, IPs: J. Cepa Nogué y J. Gallego) puede denominarse también el “OTELO azul”. En este caso la tomografía se llevaría a cabo, inicialmente, en tres intervalos de longitudes de onda centrados en 426, 499 y 584 nm. Está diseñado para ampliar el estudio de emisores Lyman- $\alpha$  a estadios más tardíos que los estudiados con OTELO y a detectar “borrones Lyman-  $\alpha$ ” (Lyman alpha blobs, o LABS). Estas longitudes de onda permitirán muestrear cada 0.5 Giga años la existencia de LABS, a fin de establecer si existe una época de predominio de su existencia. Asimismo, también permitirán estudiar en el infrarrojo próximo las líneas [OII]372.7nm, [OIII]500.7nm y Balmer- $\alpha$  de los LABS detectados. Finalmente, también se espera detectar y estudiar un número apreciable de emisores de oxígeno a desplazamientos al rojo menores.

**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 2.5. El Proyecto GLACE ha sido aprobado como un proyecto de gran formato ESO-GTC (IP.: M. Sánchez-Portal), que empezó a ejecutarse en 2011.

MEMORIA  
2012 IAC

98

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- $\alpha$  hasta Balmer- $\alpha$  a 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,

**LOCKMAN SpReSO** (IPs: J. Cepa Nogué y J. González) dedicará más de 200 horas de tiempo garantizado de OSIRIS, para obtener espectroscopía MOS de resolución intermedia, de 365 a 1.000 nm, de un millar de fuentes Herschel de la parte central del campo Lockman.

**PEP** (PACS Extragalactic Probe, IP: D. Lutz, Co-I: 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  $\mu\text{m}$  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.

## Hitos

Se localizaron regiones de gas ionizado de alta metalicidad asociadas a los brazos espirales de las galaxias NGC 628 y NGC 6946. Esta alta metalicidad estaría causada por un incremento en la temperatura que podría estar asociado con variaciones en la función inicial de masas de los brazos con respecto al resto del disco.

También se han descubierto diferencias significativas, a desplazamientos al rojo de  $\sim 0.3$ , entre las galaxias que presentan emisión Lyman- $\alpha$  (LAEs en inglés) y las no emisoras. Los LAEs tienden a contener menos polvo, tienen tasas de formación estelar más elevadas, continuos UV más empinados y tamaños mucho menores. Estos resultados indican que estas galaxias tienen una mayor fracción de escape

de fotones de estas longitudes de onda. Morfológicamente, los LAEs son de tipo Irregular, con indicios de fusiones.

En cambio, el estudio de LAEs a mayores desplazamientos al rojo (entre  $\sim 2.0$  y  $3.5$ ) seleccionados espectroscópicamente y estudiados del UV al FIR, muestra una población mayormente joven y con una amplia variedad de morfologías, extinciones, tasas de formación estelar y masas estelares. Este hallazgo desmiente resultados anteriores que indicaban que la población de LAEs a estos desplazamientos al rojo era de naturaleza bimodal. Más aún, la diferencia con la población no-LAE a los mismos desplazamientos al rojo es debida fundamentalmente a diferencias en la extinción por el polvo, siendo los LAEs generalmente objetos de menor extinción. Sin embargo, las pocas galaxias de la muestra detectadas en FIR, pertenecen a la categoría de ultraluminosas infrarrojas (ULIRG) tanto si son LAEs como si no, y presentan mayores cantidades de polvo. Esto indica que la naturaleza LAE no es incompatible con una mayor extinción. Asimismo, esta población está ausente a menor desplazamiento al rojo ( $\sim 0.3$ ), lo que es un claro indicio de evolución en este tipo de objetos.

Asimismo, la combinación de datos profundos en rayos X y en el óptico, ha permitido confirmar que los núcleos galácticos activos (AGN en inglés) detectados en rayos X a desplazamientos al rojo entre  $\sim 0.5$  y  $1.5$ , se encuentran preferentemente en el llamado "valle verde" (Green valley) y representan una fase de transición hacia galaxias de la secuencia roja (red sequence), debido a truncamientos en la formación estelar causados por el AGN. Es preciso señalar que nuestros estudios han permitido detectar un mayor número de AGN de baja luminosidad que estudios anteriores, debido a la mayor profundidad de los datos ópticos utilizados.

Finalmente, para terminar este breve e incompleto recopilatorio de los resultados obtenidos por el grupo en 2012, cabe mencionar el análisis, que por primera vez

se realiza de forma sistemática, de las líneas de emisión de las galaxias con dobles picos de emisión en los espectros del cartografiado SDSS. Tras confeccionar los diagramas de diagnóstico BPT, se ha encontrado que este tipo peculiar de objetos presentan tanto fotoionización en ambas componentes, que difieren en 200-400 km/s, como componentes no térmicas. Las abundancias de oxígeno totales de las galaxias con doble estallido de formación estelar son intermedias entre ambas componentes, siendo la ionización atribuible a un elevado número de estrellas ionizantes.

Es preciso señalar, una vez más, que los investigadores del Proyecto involucrados en el desarrollo de OSIRIS, tanto del IAC como de otras instituciones, han dedicado una parte significativa de su tiempo a las pruebas en el cielo y a la calibración del instrumento, que aún continúa en la actualidad, a fin de incluir los últimos modos de observación y poner a punto las factorías de datos, para dejar el instrumento plenamente operativo lo antes posible e incrementar la producción científica del telescopio GTC.

### **Evolución del Proyecto**

Se han estudiado las regiones HII de varias galaxias espirales, analizando la extinción, metalicidad, temperatura, anchura equivalente y tasas de formación estelar en los brazos con respecto al resto del disco.

Se analizaron comparativamente las propiedades policromáticas (del UV al FIR) de los emisores Lyman- $\alpha$  a bajo y a alto desplazamiento al rojo.

**MEMORIA  
2012 IAC**

**100**

Se estudió la morfología y propiedades de las galaxias huésped de núcleos galácticos activos.

Se ha analizado la naturaleza de las galaxias con líneas de emisión dobles en los espectros del SDSS.

Comisionado (MOS y BTF), calibración y software (datoducto y diseñador de máscaras) de OSIRIS en el telescopio GTC.

Se ha mantenido con la colaboración con el cartografiado ALHAMBRA.

Se ha continuado con la colaboración en el cartografiado J-PAS, que permitirá completar los estudios hasta ahora efectuados, y abordar nuevas metas como la detección de grandes cantidades de cuásares a alto desplazamiento al rojo.

Se han puesto las bases de la colaboración para iniciar el cartografiado MOS del campo Lockman con el tiempo garantizado del instrumento OSIRIS (telescopio GTC) en colaboración con México.

### **GALAXIAS DE TIPO TARDÍO EN EL UNIVERSO LOCAL (P/301204)**

**C. Gallart Gallart.**

**M. Monelli, R. Carrera Jiménez, S.L. Hidalgo Rodríguez y C. Martínez Vázquez.**

**Colaboradores del IAC: R.C. Leaman y S.L. Hidalgo Rodríguez**

E. Bernard (ROE, Reino Unido); G. Bono (Univ. de Roma Tor Vergata, Italia); R. Buonanno, S. Cassisi (INAF, Obs. de Teramo, Italia); R. Carrera; E. Costa, R. Méndez (Univ. de Chile); F. Figueras, C. Jordi, L. Balaguer-Núñez (Univ. de Barcelona); D. Harzidimitriou (Univ. de Atenas, Grecia); V. Hill (Obs. de Niza, Francia); G. Fiorentino, E. Pancino, A. Mucciarelli (INAF, Obs. de Bolonia, Italia); L. Mayer (Univ. de Zurich, Suiza); I. Meschin; C. Parisi (Obs. de Córdoba, Argentina); I. Pérez (Univ. de Granada); F. Primas (ESO, Alemania); D. Romano (Univ. de Bolonia, Italia); E. Skillman (Univ. de Minnesota, EEUU); P.B. Stetson (DAO, Canadá); A. Walker (CTIO, Chile).

### **Introducción**

El término “Galaxia de tipo tardío” se usa tradicionalmente para referirse a las galaxias espirales e irregulares. Tiene su origen en el hecho de que estos sistemas

se sitúan al final del diagrama en forma de diapasón de la clasificación morfológica de galaxias introducida por Hubble. Comparten la característica común de ser galaxias con una cantidad relativa de gas alta (5-25%), y que forman estrellas en la actualidad. Las galaxias espirales tienen un disco con brazos espirales, un bulbo central y, a menudo, una barra. Las irregulares (e irregulares enanas) son más pequeñas y tienen una apariencia caótica. El objetivo de este Proyecto es contribuir a entender la formación y evolución de galaxias de estos tipos morfológicos, usando ejemplos locales que pueden ser resueltos en estrellas individuales.

En efecto, la comprensión de como las galaxias en general, y las de tipo disco en particular, se forman, es uno de los objetivos más importantes de la Astrofísica. Se cree que los discos se forman temprano, alrededor de redshift 2 a 3, pero que su desarrollo se vería parcialmente interrumpido durante la época de abundantes fusiones de galaxias. Posteriormente se calentarían y formarían el disco grueso observado en la mayoría de galaxias externas (Brook et al. 2005, *Astrophysical Journal*, 630, 298; Yoachim & Dalcanton 2006, *Astrophysical Journal*, 131, 226). A continuación, el resto del gas se asentaría en el disco delgado, que se espera que sea, por tanto, bastante joven. A partir de ahí, los procesos evolutivos internos de cada galaxia tomarían el relevo, y la redistribución de masa y momento angular, debido a estructuras no axisimétricas como las barras, darían lugar a estructuras parecidas a muchos de los bulbos observados (Kormendy & Kennicutt 2004, *Annual Review of Astronomy and Astrophysics*, 42). Por otro lado, se espera que la longitud de escala de los discos galácticos vaya aumentando con el tiempo debido al acrecimiento de gas en las partes externas en una época reciente, combinado con el agotamiento del gas en las partes centrales. Este proceso se ha denominado formación de dentro hacia afuera (ej. Roskar et al. 2008, *Astrophysical Journal*, 675, L65, pero ver también Robertson et al. 2004 *Astrophysical Journal*, 606, 32).

Finalmente, los halos parecen tener un origen doble, con una parte de sus estrellas formadas in-situ, y el resto provenientes de la acreción de sub-halos (galaxias enanas o cúmulos globulares; Carollo et al. 2007, *Nature*, 450, 1020; Marín-Franch et al. 2009, *Astrophysical Journal*, 694, 1498; Zolotov et al. 2009, *Astrophysical Journal*, 702, 1058). Aunque pudiera parecer que disponemos de un modelo bastante claro sobre la formación de las galaxias de tipo disco, los detalles de cada estadio de este proceso no están todavía claros, y se observan importantes diferencias en las propiedades de las galaxias simuladas por diferentes autores (ej. Abadi et al. 2003, *Astrophysical Journal*, 591, 499; Robertson et al. 2004, op. cit.; Governato et al. 2007, *Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, 374, 1479; Stinson et al. 2009, *Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, 395, 1455; Sawala et al. 2010, *Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, 402, 1599).

Por otro lado, en un escenario de formación de galaxias “de abajo hacia arriba”, como el asociado al actual paradigma de la Materia Oscura Fría, se supone que las galaxias irregulares, las irregulares enanas, junto con otros tipos de galaxias enanas, son los supervivientes de los ladrillos, por así decirlo, que formaron las galaxias grandes. Estas galaxias tienen cantidades sustanciales de gas y formación estelar actual. Esto, además de su baja metalicidad, las convierte en laboratorios muy atractivos para estudiar el proceso de formación estelar en las épocas tempranas de la evolución de las galaxias “normales”, cuando la metalicidad era más baja en ellas y tenían una fracción de gas más alta. En grupos de galaxias como el Grupo Local, las galaxias de tipo irregular se distribuyen preferentemente hacia sus afueras, alejadas de las galaxias grandes, al contrario de lo que sucede con las elípticas o las esferoidales enanas, que normalmente son sus satélites. Esto plantea preguntas interesantes sobre posibles relaciones evolutivas entre estos diferentes tipos de galaxias enanas, y sobre como los efectos ambientales influyen en determinar su tipo morfológico y su evolución global.

Observaciones detalladas que proporcionen información inequívoca sobre las historias de formación estelar en función de la posición en la galaxia (y por lo tanto, datando la época de formación de las diferentes componentes de la galaxia), sobre la edad de los cúmulos globulares y sobre las propiedades cinemáticas y químicas, proporcionan importantes restricciones a nuestra comprensión del proceso de formación y evolución de las galaxias. Los estudios más detallados de este tipo se pueden realizar en galaxias suficientemente cercanas para ser resueltas en estrellas individuales, de tal manera que su historia de formación estelar, química y cinemática se pueda obtener a partir de diagramas color magnitud profundos, espectroscopia de sus estrellas resueltas, y a partir de estudios de sus estrellas variables. En este Proyecto, se va a utilizar este conjunto de herramientas complementarias para conseguir el objetivo de caracterizar el estado evolutivo de una muestra de galaxias de tipo tardío (sin excluir la posibilidad de estudiar galaxias cercanas de otros tipos morfológicos).

El Grupo Local contiene un número relativamente grande de galaxias de tipo tardío, todas ellas lo suficientemente cercanas para usar estas herramientas. Entre ellas, las más grandes son galaxias espirales (la Vía Láctea, M31 y M33). Una docena de ellas son de tipo irregular (La Nube Grande de Magallanes, LMC), o irregulares enanas (la Nube Pequeña de Magallanes -SMC-, WLM, IC10, IC1613, NGC 6822, Sextans A, Sextans B, LGS3, Leo A, NGC 3109, LGS3 y Phoenix - las dos últimas se clasifican a menudo como “de transición” porque tiene poco gas y poca formación estelar actual -). Estas galaxias van a ser los objetivos principales de este Proyecto. Las galaxias de tipo tardío también son un constituyente importante de los grupos de galaxias cercanos y, en el futuro, algunas de ellas podrían ser incluidas para extender nuestra muestra de estudio.

## Hitos

Se han estudiado las estrellas variables Cefeidas anómalas de la LMC, derivando informaciones sobre el mecanismo de su formación y sobre las características de la población estelar que las generó.

Se investigó la población de estrellas variables de la galaxia enana Leo I, encontrando una mezcla única de Cefeidas clásicas y anómalas. Se ha demostrado que esto está relacionado con la peculiar historia de formación estelar de esta galaxia.

Se estudió la galaxia enana irregular NGC 6822. Basándonos en datos HST, se realizó un nuevo análisis de la distancia en diferentes campos del disco de esta galaxia, y se estimaron las variaciones de enrojecimiento interno con la distancia del centro.

Por primera vez se han determinado las velocidades radiales y metalicidades a partir de datos espectroscópicos en cuatro cúmulos abiertos: Berkely 26, Berkeley 70, NGC 1798 y NGC 2266.

Se descubrió que las galaxias enanas esferoidales y las de transición difieren entre sí sólo en las regiones centrales. La distribución radial de la densidad de las poblaciones estelares más viejas sigue una doble exponencial mientras que la de las estrellas más jóvenes se ajusta a una exponencial simple (Hidalgo, Monelli, Gallart).

## Evolución del Proyecto

El año 2012 ha sido el de inicio de este Proyecto. Por consiguiente, se ha dedicado bastante esfuerzo a iniciar nuevas líneas de investigación y nuevas colaboraciones, que todavía no han dado frutos en forma de publicaciones. Queremos destacar tres en particular:

1) Participación en una gran colaboración a nivel internacional, liderada por investigadores en EEUU, cuyo objetivo es realizar un cartografiado profundo y extensivo de ambas Nubes de Magallanes, usando la nueva cámara DECam, en el telescopio de 4 m de CTIO. Se escribieron tres propuestas de observación, todas ellas exitosas, con el fin de obtener datos para este Proyecto durante el periodo de Verificación Científica del instrumento, durante el primer semestre (2012B), en que se aceptaron propuestas en régimen de riesgo compartido, y en el semestre subsiguiente (2013A). En este momento se está preparando una propuesta de tipo Survey para este Proyecto, a la vez que se están reduciendo los primeros datos.

2) Inicio de un proyecto, en colaboración con varias instituciones en España y Europa, para caracterizar las abundancias químicas en una muestra de cúmulos abiertos del disco de la Vía Láctea. Este proyecto es complementario, por lo que se refiere al estudio de los cúmulos abiertos, con el Proyecto 'Gaia-ESO survey'. Inicialmente, se han obtenido 5 noches en cada uno de los telescopios NOT y Mercator (IP: R. Carrera).

3) Inicio de una colaboración entre varios proyectos del IAC, con el fin de realizar un estudio de 'La evolución temporal del gradiente de metalicidad en M33'. Se espera que la incorporación de un postdoc Severo Ochoa en dedicación exclusiva a este Proyecto le dé un impulso importante durante 2013.

También en 2012 se dio un impulso importante al subproyecto del estudio de estrellas variables como trazadoras de las poblaciones estelares en galaxias, publicando artículos al respecto para las galaxias LMC, Leo I y Leo A.

Finalmente, se han continuado con los trabajos ya iniciados en años anteriores en relación a los proyectos LCID (Local

Cosmology from Isolated dwarfs) y Nubes de Magallanes. En el primer caso, se ha avanzado sustancialmente con un artículo en el que se analizan los gradientes en la historia de formación estelar en cuatro de las galaxias de la muestra, así como en el análisis de la historia de formación estelar de la galaxias Leo A. En el caso de las Nubes de Magallanes, se avanzó en la reducción y calibración de los datos, así como en la redacción de un artículo describiendo la historia de formación estelar de tres campos a diferentes distancias galactocéntricas.

La inestabilidad laboral de dos de los postdocs del grupo (M. Monelli, con 5.5 meses de desempleo en 2012, y R. Carrera, finalizando su contrato a finales de año), además de la dedicación de la IP a labores de coordinación dentro del programa Severo Ochoa no han favorecido la total consecución de los objetivos propuestos para 2012.

# FISICA DE LAS ESTRELLAS, SISTEMAS PLANETARIOS Y MEDIO INTERESTELAR

## NEBULOSAS BIPOLARES (P/308613)

**A. Mampaso Recio.**  
**R.L.M. Corradi.**

E.R. Rodríguez Flores (IGA, Cuba); J. Drew (Univ. de Hertfordshire, Reino Unido); R. Greimel (Univ. de Graz, Austria); M. Santander-García (OAN, Madrid); D.R. Gonçalves (Obs. 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); S. Navarro (Univ. de Guadalajara, México); M. Rodríguez, G. Delgado Inglada (INAOE, México); K. Viironen (CEFCA, Teruel); L. Cuesta (CAB, Madrid); J.M. Vílchez (IAA, Granada); J. Mikolajewska (Copernicus Centre, Polonia); Colaboración IPHAS ([www.iphas.org](http://www.iphas.org)).

### Introducción

Se persiguen tres objetivos principales:

Determinar las condiciones físico-químicas de las Nebulosas Planetarias con geometría bipolar y de las nebulosas alrededor de estrellas simbióticas para entender el origen de la bipolaridad y poner a prueba los modelos teóricos que intentan explicar la morfología y la cinemática nebular.

MEMORIA  
2012 IAC

104

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, analizando sus propiedades físico-químicas e investigando los gradientes de composición química a lo largo de los discos galácticos.

### Hitos

Se ha descubierto un sistema binario de corto periodo (1,2 días) formado por dos enanas blancas en el núcleo de la nebulosa planetaria Fleming-1. La interacción de las dos estrellas explicaría, mediante la formación de un disco de acreción oscilante, la compleja simetría punto-simétrica del par de jets de alta velocidad curvados en forma de S que caracterizan a este peculiar objeto.

<http://www.iac.es/divulgacion.php?op1=16&id=770>

<http://www.eso.org/public/videos/eso1244c/>

Se consiguió medir con alta precisión la posición, la velocidad y, por primera vez, la aceleración que sufren las condensaciones nebulares alrededor de la nova 1901 GK Per. El estudio abarca un periodo de 25 años e incluye más de 200 condensaciones individuales. Sorprendentemente, las condensaciones no se han frenado significativamente en su trayectoria expansiva desde que se eyectaron hace más de un siglo. En la actualidad viajan a una velocidad entre 600 y 1.000 km/s, alejándose de la estrella central de forma radial e isótropa.

<http://m.agenciasinc.es/Noticias/Fuegos-artificiales-de-una-estrella-en-3D>

### Evolución del Proyecto

R. Corradi y A. Mampaso publicaron en 2012 el resultado de un trabajo de clasificación espectral de estrellas usando redes neuronales. El trabajo, liderado por S. Navarro (Univ. de Guadalajara, México), se basa en la tesis doctoral que S. Navarro realizó en el IAC y tiene como meta final la determinación de distancias precisas (aproximadamente 30% de error) a una



amplia muestra de nebulosas planetarias galácticas (NPs) utilizando el llamado “método de extinción-distancia”. El tipo espectral y la clase de luminosidad de las estrellas de campo en dirección a las NPs (típicamente, centenares de estrellas por NP) se determinan automáticamente usando un grupo de redes neuronales “entrenadas” previamente con un nuevo conjunto de índices espectrales que usan, a su vez, las líneas fotosféricas más sensibles a la temperatura y luminosidad estelares. Por primera vez se consiguió determinar el tipo espectral de las estrellas con alta precisión (2 subtipos) en espectros con relación señal/ruido tan baja como 20, lo que abre la posibilidad de clasificar grandes bases de datos de espectros provenientes de surveys, con relaciones señal/ruido típicas bajas o moderadas.

R. Corradi lideró, junto a nuestra colaboradora T. Liimets (Obs. de Tartu, Estonia), un estudio morfológico y cinemático 3D de la nebulosa alrededor de la nova GK Per. El análisis realizado sobre los movimientos propios y las velocidades radiales a lo largo de los últimos 25 años de más de 200 condensaciones presentes en la nebulosa ha permitido medir, por primera vez, la aceleración que sufren esas condensaciones, un parámetro muy importante en astrofísica pero muy difícil de medir. Los principales resultados del estudio son: 1) las condensaciones muestran diferentes velocidades, entre 600 y 1000 km/s, y se han frenado muy poco desde que la estrella central las eyectó en 1901. 2) Las condensaciones, y la envoltura en la que se encuentran, se expanden isotrópamente en la dirección radial, aunque se ha descubierto también un interesante patrón simétrico de velocidades no-radiales en algunas direcciones. 3) El análisis realizado ha permitido determinar la distancia a la nova con la mejor precisión hasta la fecha,  $400 \pm 30$  pc.

R. Corradi participó en 2012 en el descubrimiento y estudio del núcleo binario de la NP Fleming-1. Este sistema binario debió pasar por una fase de envoltura común que acabó formando un disco de acreción precesante y un par de chorros de alta velocidad (jets) con un tipo especial de simetría llamada “punto-simétrica”. Este estudio proporciona pistas importantes para entender uno de los principales enigmas que quedan por resolver en el estudio de las NPs: el paso entre las fotosferas estelares, básicamente esféricas, y las envolturas, normalmente no-esféricas, que las estrellas expulsan al final de sus vidas al llegar a la fase de NP.

También en 2012 el grupo participó en el estudio espectroscópico de un centenar de objetos con exceso ultravioleta descubiertos por el survey UVEX. El análisis de los espectros estelares demuestra que la inmensa mayoría de los objetos encontrados (95%) son verdaderas fuentes UV, tipo enanas blancas (solas o en parejas), subenanas calientes O y B, cuásares, etc., y que más la mitad de las nuevas estrellas descubiertas (64%) son enanas blancas.

R. Corradi participó en el estudio en rayos X con el satélite Chandra de 21 NPs de la vecindad solar. Analizando conjuntamente esa muestra con las 14 NPs anteriormente estudiadas, se concluye que un 70% del total de las NPs presentan emisión detectable en rayos X y que aproximadamente la mitad tienen estrellas centrales con emisión X. Los flujos en rayos X medidos son, en general, mucho más intensos que lo que se espera en estrellas centrales solitarias, lo que sugiere una alta frecuencia de binarias en las NPs.

Durante 2012 se publicó un estudio morfológico y cinemático detallado de la nebulosa pre-planetaria CRL2688 realizado a lo largo de un periodo de unos 15 años con el

telescopio espacial HST y en el cual participó R. Corradi. La nebulosa se ha expandido uniformemente un 2,5% en ese periodo. Los anillos se han ido eyectando, todos a la misma velocidad de unos 15-18 km/s, a razón de uno cada siglo durante los 4.000 años anteriores al momento de la eyección de los lóbulos bipolares principales, ocurrida hace unos 250 años. Las observaciones realizadas permiten también determinar la distancia a la nebulosa con buena precisión, resultando ser unos 300-350 pc.

R. Corradi publicó en 2012 el estudio de los candidatos a estrella simbiótica encontrados mediante el survey IPHAS, el cartografiado del Plano Galáctico en H $\alpha$  en el que nuestro grupo participa desde 2003. En ese artículo se presenta el método de detección implementado, el seguimiento espectroscópico realizado hasta el momento, una descripción de las simbióticas más relevantes descubiertas y se discute la extensión del cartografiado al Hemisferio Sur (survey VPHAS+), algo que se está llevando a cabo en la actualidad con el telescopio VLT Survey Telescope (VST) de ESO (Cerro Paranal, Chile).

## **REGIONES HII EXTRAGALÁCTICAS (P/308614)**

**C. Esteban López,  
M.F. Núñez Díaz, V. Luridiana, J. García  
Rojas y L. López Martín.**

A.R. López Sánchez (AAO, Australia); A. Mesa Delgado (PUC, Chile); F. Bresolin (IfA, Hawai, EEUU); M. Cerviño, M. Villaverde (IAA); C. Morisset, L. Carigi, M. Peimbert, M. Peña (IA-UNAM, México); M. Rodríguez (INAOE, México).

### **Introducción**

El presente Proyecto se dedica principalmente al estudio de la estructura, dinámica, condiciones físicas y composición química de las nebulosas ionizadas a través del análisis detallado y modelización de sus espectros. Otro tema de nuestro interés es el

estudio del ritmo y la historia de la formación estelar en galaxias enanas ricas en gas (galaxias HII).

### **Hitos**

Se obtuvo espectroscopia de campo integral de una zona central de la Nebulosa de Orión que contiene varios discos protoplanetarios (proplyds) ionizados en sus capas externas. Se ha encontrado que la desexcitación colisional altera fuertemente la intensidad de las líneas en los discos proplyds, afectando de forma muy severa la determinación de las condiciones físicas y abundancias químicas del gas. Se ha obtenido la emisión intrínseca de los proplyds 177-341, 170-337 y 170-334 por sustracción directa de la emisión de fondo, aunque los dos últimos presentan cierto grado de contaminación debido a su pequeño tamaño. Un análisis detallado del espectro de 177-341 utilizando diagnósticos de densidad adecuados revela la presencia de gas con una densidad que supera en un factor 100 a la del gas de fondo de la nebulosa. Se elaboró un modelo físico para el proplyd 177-341 encontrando un buen acuerdo entre el espectro predicho y el observado. Finalmente, se descubrió que el uso de condiciones físicas correctas para el gas de los proplyds proporciona valores del factor de discrepancia de abundancias para el O $^{++}$ , ADF(O $^{++}$ ), próximos a cero en dichos objetos, mientras que la emisión de fondo presenta los valores de ADF (O $^{++}$ ) típicos observados en el resto de la Nebulosa de Orión. Se llegó a la conclusión de que la presencia de altas densidades en el gas ionizado afecta severamente la determinación de abundancias a partir de la intensidad de líneas de excitación colisional y, por lo tanto, aquellas que se determinen mediante líneas de recombinación deben considerarse como una mejor aproximación a las abundancias reales del gas ionizado.

### **Evolución del Proyecto**

M. Núñez Díaz, becario FPI del grupo, se encuentra finalizando su tesis doctoral centrada en la obtención y análisis de un mapa espectroscópico profundo de la Nebulosa

de Orión a partir de datos del espectrógrafo bidimensional PPAK del telescopio 3.5 m del Observatorio de Calar Alto. En enero de 2012 se completó la obtención de datos para todos los campos (cerca de 20) que cubren la zona central de la nebulosa. Todos los campos se redujeron y se está realizando su análisis, centrado en la obtención de mapas de cocientes de intensidad de líneas y de densidad y temperatura electrónicas. En total se disponen de cerca de 5.000 espectros unidimensionales muy profundos que cubren todo el rango óptico desde 3.500 hasta 7.000 Angstrom y con una resolución espectral efectiva de unos 2 Angstrom. Se está obteniendo un enorme rédito científico de estos datos.

En colaboración con A. Mesa-Delgado (Universidad de Chile) se está llevando a cabo un análisis de espectros Echelle de las nebulosas anulares alrededor de estrellas masivas NGC 6888 y NGC 7635 (obtenidos con el telescopio de 8 m Subaru de Mauna Kea, Hawaii, EEUU). En ambas se detectan líneas de CII que permiten determinar la abundancia de carbono.

Se ha avanzado en el análisis de los espectros Echelle de varias regiones HII de la galaxia de Andrómeda que se obtuvieron con el telescopio Subaru. En varios de los objetos se detectan líneas de CII que permiten determinar la abundancia de carbono y el gradiente radial de abundancia de dicho elemento y del cociente C/O a lo largo del disco de dicha galaxia.

J. García-Rojas ha finalizado el estudio de las propiedades físicas y químicas de una muestra de nebulosas planetarias con estrella central de tipo [WC] a partir de espectroscopía de alta resolución (Echelle) muy profunda. La primera parte del estudio (condiciones físicas) fue publicada a comienzos de 2012. En todos los objetos se detectan múltiples líneas de recombinación de distintos iones de O y C entre otros, que permiten determinar el cociente C/O en este tipo de objetos.

J. García-Rojas ha realizado una reducción preliminar de datos MUY profundos de la

nebulosa planetaria NGC 6302 obtenidos con el espectrógrafo Echelle UVES del telescopio VLT en varias configuraciones. El objetivo es detectar líneas de recombinación de alta excitación de elementos pesados.

L. López-Martín en colaboración con J. Iglesias, J. M. Vílchez y C. Kehrig (IAA) ha empezado un análisis de morfología, cinemática y determinación de abundancias en galaxias utilizando espectroscopía bidimensional. Se tienen datos reducidos y analizados de un grupo de galaxias utilizando PMAS (CAHA, Almería).

L. López-Martín en colaboración con E. Benítez, I. Cruz-González, I. Fuentes-Carrera y J. Méndez-Abreu está haciendo un estudio a través de imágenes profundas en la banda R de galaxias Seyfert de tipo intermedio con el objetivo de determinar las masas de los agujeros negros centrales. Este estudio pretende comparar esta determinación con otras obtenidas a través de estudios cinemáticos en galaxias Seyfert de tipos I y II para establecer la validez o no de esta correlación.

Durante el mes de marzo de 2012, M. Núñez Díaz realizó una visita de trabajo al Centro de Radioastronomía y Astrofísica de Morelia (México) para colaborar con W. Henney en cuestiones relacionadas con su tesis doctoral.

Durante 2012, recibimos visitas de trabajo de varios colaboradores como L. Carigi y C. Morisset (IA-UNAM, México) y A. Mesa-Delgado (PUC, Chile).

Varios miembros del grupo asistieron a diferentes congresos nacionales e internacionales que se celebraron el año presentando en todos ellos contribuciones orales e incluso reviews: "Metals in 3D: New insights from Integral Field Spectroscopy" (abril, Granada), "Mapping Oxygen in the Universe" (mayo, Puerto de la Cruz, Tenerife), "X Reunión Científica de la SEA" (julio, Valencia) y "The Orion Nebula: A Laboratory for the Study of Star Formation and Gaseous Nebulae. 2nd NCAC Symposium" (julio, Varsovia, Polonia).

V. Luridiana ha seguido trabajando en la elaboración del código PyNeb para el análisis de líneas de emisión. El código está completo y en fase de verificación, y se planea publicarlo en febrero 2013.

J. García Rojas fue co-chair del Comité de Organización Local (LOC) del Congreso Internacional "Mapping Oxygen in the Universe" celebrado del 14 al 18 de mayo en el Puerto de la Cruz (Tenerife).

Desde finales de 2012 nuestro grupo de investigación tiene asignado un becario FPI para realizar su tesis doctoral. La incorporación se realizará en el primer trimestre de 2013.

## **ESTUDIO FÍSICO DE NEBULOSAS PLANETARIAS (P/308615)**

**A. Manchado Torres.**

**A. García Hernández, V. Luridiana y O. Zamora Sánchez.**

L. Stanghellini (NOAO, EEUU); E. Villaver (UAM, Madrid); P. García Lario, (ESAC, Madrid); G. García-Segura (UNAM, México); L. Bianchi (YHU, EEUU), M. Manteiga (Univ. de La Coruña).

### **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 dado lugar a pulsos térmicos en la Rama asintótica gigante (AGB), siendo uno de los principales contribuyentes al enriquecimiento del medio interestelar. Se investigó la fase de transición entre los últimos pulsos térmicos en la AGB y la formación de nebulosas planetarias (NPs). En particular, el grupo se centró en los cocientes isotópicos de C y O  $^{12}\text{C}/^{13}\text{C}$ ,  $^{17}\text{O}/^{16}\text{O}$ , y  $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$  para imponer ligaduras observacionales a los modelos teóricos actuales de nucleosíntesis

en AGBs, así como para estudiar su relación con la presencia de Li y elementos ricos en neutrones en estrellas AGB.

Durante estos pulsos térmicos, la estrella AGB puede perder hasta 10-4 Msolar por año y formar complejas moléculas orgánicas complejas. Uno de nuestros objetivos es investigar si estas moléculas son los fullerenos. También se han estudiado los procesos hidrodinámicos que dan lugar a morfologías diferentes y también las estructuras complejas detectadas en el hidrógeno molecular en las PNe. Por último, se estudian las PNe en las Nubes de Magallanes, con el objetivo de obtener un [OIII] función de luminosidad que se podría utilizar como una "candela" estándar para calcular las distancias extragalácticas.

El estudio de las bandas difusas interestelares (DIB) tiene por objeto detectar moléculas orgánicas complejas en el medio interestelar (ISM). Se están estudiando estas moléculas (PAHs y fullerenos) en el laboratorio en condiciones similares a las del ISM y en el espacio en las PNe y el ISM.

### **Hitos**

Se han detectado el fullereno C60 y el proto-grafeno (C24) en las nebulosas planetarias M 1-60 y K 3-54, respectivamente. Se encontró que la producción de fullerenos y grafeno puede verse favorecida en entornos de baja metalicidad y que estas moléculas complejas se formarían a partir del procesado foto-químico de un material con estructuras aromáticas y alifáticas.

Se descubrió que las bandas infrarrojas en  $\sim 7.0$ , 8.5, 17.4, y 18.8 micras que se detectan en objetos con espectros dominados por bandas de hidrocarburos policíclicos aromáticos (PAHs) pueden atribuirse a proto-fullerenos y no a moléculas neutras de C60. Además, se ha detectado una nueva banda difusa interestelar (DIB) en 400 nm. El nuevo DIB en 400 nm (posiblemente también los DIBs en 628 y 722 nm) podría estar relacionado con especies precursoras de fullerenos o proto-fullerenos.

Se ha hallado que la estrella de tipo R Coronae Borealis DY Cen es la primera y único sistema binario entre este tipo de estrellas y otros objetos relacionados como las estrellas extremas de helio y las estrellas de carbono deficientes en Hidrógeno.

Se ha encontrado que cuando una estrella en la rama asintótica de gigantes (AGB en inglés) se desplaza por el medio interestelar, a velocidades de entre 10 y 100 km/s, se producen estructuras en forma de “choque de proa” dando lugar a estructuras asimétricas.

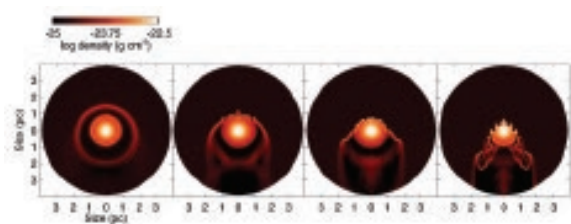


Imagen de la densidad de la envoltura alrededor de una estrella de 1 masa solar, cada  $4.74 \times 10^5$  años, moviéndose en el Medio Interestelar, a velocidades de (de izquierda a derecha), 10, 30 50 y 100 km/s.

## Evolución del Proyecto

Durante el pasado año el grupo se centró en el estudio infrarrojo de todas las nebulosas planetarias (galácticas y extra-galácticas) en las que se han detectado los fullerenos (C60 y C70). Como resultado de este trabajo, se han encontrado los fullerenos C60 en una nueva nebulosa planetaria (M 1-60) y proto-grafeno (C24) en otra (K 3-54). Se ha encontrado que la producción de fullerenos y grafeno puede verse favorecida en entornos de baja metalicidad como las Nubes de Magallanes. La explicación más probable sobre cómo se generan los fullerenos y grafenos es que estas moléculas complejas se formarían a partir del procesado foto-químico de un material con estructuras aromáticas y alifáticas como carbono amorfo hidrogenado (HAC), fracciones de petróleo, kerogeno, etc. Y que debe ser muy abundante en las envolturas circumstelares de nebulosas planetarias.

Se finalizó el análisis/discusión de los espectros infrarrojos Spitzer de una muestra de 159 Nebulosas Planetarias del disco galáctico. Además, se ha avanzado en el análisis/discusión de los espectros Spitzer de 88 estrellas post-AGB sin contrapartida óptica y se tiene un artículo en preparación.

Se analizaron los espectros ópticos VLT/UVES de la estrella de tipo R Coronae Borealis DY Cen. La no detección de la molécula de C60 en su espectro parece soportar recientes resultados de laboratorio que muestran que las bandas infrarrojas en ~7.0, 8.5, 17.4, y 18.8 micras que se detectan en objetos con espectros dominados por bandas de hidrocarburos policíclicos aromáticos (PAHs) tienen que atribuirse a proto-fullerenos y no a moléculas neutras de C60. Además, el nuevo DIB en 400 nm (posiblemente también los DIBs en 628 y 722 nm) podría estar relacionado con especies precursoras de fullerenos; un componente orgánico que contenga anillos pentagonales. Estos espectros también han servido para revelar que la estrella DY Cen es la primera y único sistema binario entre este tipo de estrellas y otros objetos relacionados como las estrellas extremas de helio y las estrellas de carbono deficientes en hidrógeno. Ambos trabajos se publicaron en *Astrophysical Journal Letters* y se preparó el material correspondiente para la Galería de resultados del IAC.

Se concluyó el refinamiento de los modelos teóricos de nucleosíntesis estelar para estrellas AGB masivas. Además se han estudiado las implicaciones de estos resultados para el problema de las abundancias anómalas en cúmulos globulares.

Se avanzó en la mejora de los modelos de atmósfera de estrellas AGB masivas para tener en cuenta el efecto de la presencia de una envoltura de polvo circumestelar. Se ha conseguido implementar una envoltura circumestelar en estos modelos de atmósfera y actualmente se está en fase de pruebas. Además, se está construyendo

una malla de espectros sintéticos en banda H para estrellas muy frías ( $< 3500$  K) que se implementará en la reducción automática de Sloan-III/APOGEE.

Se realizaron las observaciones con el telescopio espacial Herschel de una proto-nebulosa planetaria con fullerenos. Además, se han empezado a obtener datos de GTC/Canaricam para estudiar el mecanismo de formación de los fullerenos.

Se ha obtenido tiempo de observación con TNG/NICS para observar estrellas que sirvan de calibración para el Proyecto Sloan-III/APOGEE.

Se estudió el comportamiento hidrodinámico del gas eyectado por una estrella situada en la rama asintótica de gigantes (AGB) interaccionando con el medio interestelar (ISM). Nuestras simulaciones utilizan los modelos actuales de evolución estelar. Además cubrimos un amplio rango de velocidades relativas (desde 10 hasta 100 km/s), densidades del medio interestelar (ISM) desde 0.01 hasta 1  $\text{cm}^{-3}$  y masa estelares de las estrellas progenitoras (desde 1 a 3.5 masas solares). Se ha estudiado cuándo y cómo se forman estructuras en forma cometaria y “choque de proa” y en qué régimen las envolturas se ven afectadas por inestabilidades. También se analizaron los resultados de muestras simulaciones en término de la estructura cinemática de la población estelar de nuestra galaxia.

y elementales y desenrojecimiento de flujos observados según distintas leyes de extinción.

A continuación detallamos las mejoras de PyNeb en 2012 con respecto a la versión de 2011.

### Manejo de datos atómicos

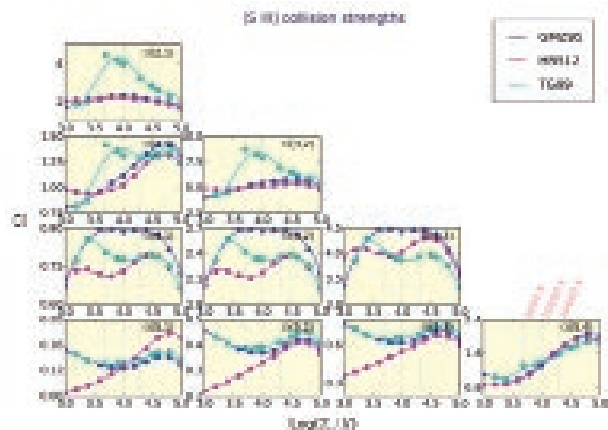
Los datos atómicos utilizados son la mayor fuente de discrepancia entre los resultados publicados para un mismo objeto. En PyNeb se ha incorporado una serie de herramientas que posibilitan explorar, de forma sencilla y amigable, el efecto de adoptar un conjunto de datos u otro. Las principales novedades son:

Dos conjuntos de datos atómicos se ofrecen por defecto: el de IRAF/nebular versión 2009 y el recomendado. El usuario puede también definir con extrema facilidad un conjunto personalizado de datos atómicos, gracias a las modificaciones efectuadas en la interfaz del código con los datos atómicos. La práctica totalidad de datos publicados en la literatura se están recopilando de forma tal que, para cada ion, se ofrecen varias alternativas.

Todos los datos incluidos están representados gráficamente para su inspección visual.

MEMORIA  
2012 IAC  
110

El código PyNeb para el análisis de las líneas de emisión está prácticamente completo. PyNeb se basa en el paquete nebuloso de IRAF, pero presenta un gran número de mejoras con respecto a aquél, tanto desde el punto de vista de la interfaz como desde el de las funcionalidades que incluye. Las siguientes son las funciones de nebuloso que se han reproducido en PyNeb: cálculo de poblaciones y emisividades para un ion dado; cálculo de la densidad dada la temperatura y viceversa; cálculo de abundancias iónicas



Ejemplo de diagrama de las Fuerzas de Colisión para [S III] incluido en PyNe.

Además, se proveen herramientas para reproducir estas gráficas o incluir en ellas nuevos conjuntos de datos.

Se han incluido, por primera vez, datos de elementos s (Xe, Kr y Ba).

### *Funcionalidad del código*

Además de lo señalado en el informe de 2011 (cálculo autoconsistente de densidad y temperatura a partir de pares de cocientes, capacidad para analizar simultáneamente datos en arrays (tablas) e IFUs, más leyes de extinción disponibles y posibilidad para el usuario de incluir su propia ley de extinción) se ha incluido algunas funciones adicionales:

- Cálculo de abundancias elementales a partir de abundancias iónicas por medio de un amplio inventario de icfs (ionization correction factors).
- Cálculo de emisividades de líneas de recombinación de H I y He II.
- Graficado de diagramas de Grotrian.

El primer release candidate de PyNeb está programado para la segunda mitad de febrero 2013.

## **ESTRELLAS BINARIAS (P/308807)**

**C. Lázaro Hernando.**

**M.J. Arévalo Morales, I. González Martínez-País, P. Rodríguez Gil, T. Shahbaz, J. Casares Velázquez y J.A. Acosta Pulido.**

R. Iglesias Marzoa (ULL); M. López Morales (Carnegie Inst. of Washington, EEUU); V.S. Dillon (Univ. de Sheffiel, Reino Unido); P. Abraham (Konkoly, Hungría); M. Pérez Torres (SRON); D. Steeghs, B.T Gansicke, T.R. Marsch (Univ. de Warwick Reino Unido); L. Schmidtobreick; W. Skidmore, V. Rana (Caltech, EEUU); P. Hakala, A. Somero (Univ. de Helsinki, Finlandia); C. Tappert (Univ. de Chile); K. Long, E. Mason (Space Telescope Science Inst., EEUU) ; A.

Rebassa Mansergas (Univ. de Valparaíso, Chile); D. Jones (Jodrell Bank, Reino Unido); M. Hernanz (Inst. Estudios Espaciales de Cataluña); A. Schwope, A. Nebot (AIP, Alemania).

## **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 han 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 observables 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 Stromgren y observaciones espectroscópicas. 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 (~ 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 (~65 min según la teoría) se predice una concentración de más del 90 por ciento de la población total de cataclísmicas, que nunca ha sido encontrada observacionalmente. Para probar o descartar esta afirmación, se están midiendo los periodos orbitales de toda la muestra de nuevas variables cataclísmicas del Sloan Digital Survey (200 sistemas), en un ingente esfuerzo observacional.

Por otra parte nuestro 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 horas, que se conocen como sistemas SW Sextantis.

En un periodo orbital de 3 horas la teoría predice el cese del transporte de masa, lo cual parece contradecirse con la existencia de cataclísmicas con ritmos mayores de transferencia de masa justo en la frontera superior de 3 horas. 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.

Durante el último año, 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-binariedad a partir del estudio de las estrellas centrales de nebulosas planetarias bipolares. Se estudiará también una muestra de control de nebulosas planetarias esféricas.

## Hitos

Publicación del Atlas de variabilidad espectral en el rango infrarrojo medio de una muestra de Objetos Estelares Jóvenes. Los datos están disponibles como un catálogo de VizieR, accesible a través del servidor SIMBAD (VizieR On-line Data Catalog: J/ ApJS/201/11).

Descubrimiento de episodios esporádicos de acreción en el sistema BB Doradus en low state. Esto demuestra que, durante esos estados de acreción suspendida, ésta no se para completamente, sino que prosigue intermitentemente.

Descubrimiento de dos líneas de emisión satélites de H $\alpha$  en BB Doradus, posiblemente originadas en una protuberancia de tipo solar en la estrella compañera.



## Evolución del Proyecto

M.J. Arévalo y C. Lázaro finalizaron la colaboración en el análisis de una nueva binaria de tipo post-envoltura común, formada por una enana blanca y una estrella de tipo M, descubierta por el satélite Kepler. Los resultados ya han sido publicados. También se finalizó el análisis de las curvas fotométricas (observadas en visible e infrarrojo) y la espectroscopia de la estrella V1430 Aql. Los resultados han sido publicados.

R. Iglesias Marzoa, doctorando del grupo durante el año 2012, ha llevado a cabo las siguientes tareas:

- Finalización de las observaciones de la binaria NSVS0684 en VRI (IAC80), reducción y análisis preliminar de las curvas de luz en VRI y JK (telescopio TCS).

- Conclusión de las observaciones de la binaria T-Cas0-10452 en VRI (telescopio IAC-80), actualmente en reducción.

- Observación de eclipses en VRI de varias binarias poco masivas de período largo en el campo de Kepler (K002719873, K003730067, K004633434, K006131659, K006449552, K007200102, K008296467, K009001468, K009837578 y K010753734), reducción de todas las observaciones y fotometría preliminar para ajustar las efemérides.

- Desarrollo de un conjunto de macros de reducción automática de datos para el Trömsö CCD Photometer en modo "full-frame" y aplicación a las observaciones de este año.

- Calibración fotométrica en el visible (BVRI) de parte de las binarias del proyecto de tesis, utilizando campos de Landolt 2007. Las observaciones se desarrollaron en dos noches fotométricas (26 de Julio y 18 de Agosto). Desarrollo del software de cálculo de extinción y transformación fotométrica con sus incertidumbres. Calibración de los objetos y obtención de magnitudes y colores en el sistema Johnson-Cousins con el fin de

calibrar las Teff de una manera consistente. Comienzo de la escritura de la tesis en este apartado.

- Implementación del IR Flux Method (IRFM) para el cálculo de radios y Teff de las binarias y aplicación al cálculo de la Teff de T-Cyg1-12664.

- Análisis parcial de las curvas de luz VRI y Kepler de T-Cyg1-12664 utilizando Phoebe y JKTEBOP y obtención de las curvas de velocidades radiales.

- Desarrollo de un programa de cálculo de distribución espectral de energía (SED) a partir de modelos teóricos. Aplicación a T-Cyg1-12664 con el fin de comprobar/ aclarar las discrepancias aparecidas en las magnitudes de distintos catálogos.

## ESTRELLAS DE BAJA MASA, ENANAS MARRONES Y PLANETAS GIGANTES (P/309506)

**R. Rebolo López.**

**V.J. Sánchez Béjar, J.I. González Hernández, B. Gauza, S. Boudreault y A. Suárez Mascareño.**

**Colaboradores del IAC: C. Allende Prieto, N. Lodieu y M. Esposito.**

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 (Univ. de Hertfordshire, Reino Unido), M.T. Ruiz (Univ. de Chile).

## 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

Se ha logrado una precisión de 4 cm/s en la calibración del espectrógrafo HARPS utilizando un sistema de peine de frecuencias laser. Esta es la mejor precisión que se ha alcanzado en la calibración de un espectrógrafo astronómico y constituía un desafío tecnológico a superar en el camino hacia la detección de planetas como la Tierra en estrellas de tipo solar.

Se midió de manera homogénea la Función Inicial de Masas en tres cúmulos utilizando UKIDSS Galactic Cluster Survey.

Se han descubierto las primeras enanas marrones de tipo T con el Vista Hemispheric Survey.

## Evolución del Proyecto

El Proyecto ha continuado la actividad en sus dos principales líneas de investigación: a) la identificación de objetos ultrafríos (tipos espectrales M tardíos, L, T e Y) y caracterización de sus propiedades tanto en el campo, como en cúmulos estelares y alrededor de estrellas; b) la detección de exoplanetas hasta masas comparables a la de la Tierra y caracterización de las propiedades dinámicas de los sistemas a que pertenecen por medio de técnicas de velocidad radial.

### *Objetos ultrafríos*

En el ámbito de los objetos ultrafríos se pueden enumerar los siguientes desarrollos.

Se ha continuado el programa de búsqueda de enanas ultrafrías en el infrarrojo cercano utilizando el VISTA Hemispheric Survey. Se han investigado más de 4.000 grados cuadrados de cielo observados con VISTA en bandas J y K para lograr la detección de enanas ultrafrías y poco luminosas bien sea por sus colores o por su alto movimiento propio. Para la detección por color se ha realizado una correlación entre el catálogo que el Consorcio VHS ha ido construyendo

progresivamente y el catálogo público del satélite WISE de la NASA. Se han seleccionado criterios de color que permiten la identificación de enanas de tipo L, T y también de tipo Y. Se ha producido una lista de candidatos de cada uno de estos tipos y llevado a cabo un programa de seguimiento fotométrico y espectroscópico con varias noches de observación en los telescopios VLT, NTT y Magallanes que ha conducido a la publicación de las primeras enanas de tipo T detectadas por VISTA. También se han implementado varios algoritmos de correlación del catálogo VHS con 2MASS para identificar objetos de alto movimiento propio (mayor que 200 milisegundos de arco por año). Algunos de ellos han sido desarrollados en colaboración con la UPCT. Se han identificado un alto número de candidatos principalmente de tipo M tardío, y tipo L e iniciado una labor de confirmación fotométrica y espectroscópica. Se ha continuado la búsqueda de enanas de tipo T en el Large Area Survey de UKIDSS. Se ha descubierto una enana T pobre en metales como compañera de una estrella brillante de paralaje y metalicidad conocida.

Empleando GTC/OSIRIS se han conseguido las primeras detecciones en banda z de enanas de tipo Y descubiertas en 2011 y 2012 por el satélite WISE. Se ha descubierto la existencia de una notable correlación entre los colores z-J, z-W2 y los colores en el infrarrojo cercano. Se ha postulado que la desaparición de átomos alcalinos en forma libre en la atmósfera de estos objetos (que tienen temperaturas atmosféricas en el rango 400-500 K) que pasarían a integrarse a moléculas (principalmente cloruros) y la presencia de moléculas sulfurosas podrían ser la causa de estas correlaciones. Las masas de las enanas de tipo Y son todavía objeto de debate, pero se estima que las más frías podrían tener masas inferiores a unas 10 veces la masa de Júpiter.

Se ha iniciado un programa de detección de objetos de luminosidad ultra baja alrededor de las estrellas más cercanas al Sol ( $d < 5$  pc).

Para ello se está utilizando CanariCam en el telescopio GTC (para objetos del Hemisferio Norte) y las imágenes proporcionadas por VHS (para objetos en el Hemisferio Sur). Con CanariCam se han observado hasta el momento 6 estrellas empleando el filtro estrecho a 8,6 micras. La sensibilidad típica de las imágenes permite detecciones de objetos del tipo Y temprano a separaciones de  $> 1$  arcsec de las primarias (separaciones físicas  $> 2-5$  AUs). Con VHS ya se han observado 10 estrellas a distancias de  $< 5$  pc. El límite de detección de compañeros es  $J=19$  lo cual también permite la detección de objetos del tipo Y tempranas, aunque debido a efectos de saturación de la primaria esos límites solo se alcanzan a separaciones de  $> 10$  arcsec. Por otra parte VHS tiene la ventaja de que la búsqueda de posibles compañeros se puede realizar hasta separaciones de decenas de minutos de arco que corresponde a miles de AUs de separación física con las estrellas primarias.

En cúmulos estelares se ha continuado con la búsqueda de enanas de tipo L y T que en sistemas de edad inferior a 10 Myr corresponde a objetos de masa planetaria. Aunque se tenía sensibilidad para detectar objetos de tipo T, las búsquedas no han proporcionado candidatos fiables, cabe la posibilidad de que se haya alcanzado el límite de fragmentación subestelar que diversos modelos predicen podría encontrarse alrededor de 5 veces la masa de Júpiter. Ha proseguido el estudio de la función de masas subestelar en varios cúmulos de edades entre 10 y 500 Myr. Concretamente se han publicado dos artículos sobre la función de masas de las Pléyades,  $\alpha$  Per y Praesepe basado en datos fotométricos y astrométricos proporcionados por UKIDSS GCS DR9. Además de la función de masas en estos cúmulos, se ha investigado la variabilidad y la multiplicidad de enanas marrones y estrellas de baja masa. Se han conseguido más de 30 horas de observación con GTC/OSIRIS para realizar la caracterización espectroscópica de una gran muestra de enanas M y L de estos cúmulos. También

se han obtenido imagen en las bandas ZYJ en Upper sco utilizando VISTA/VIRCAM con el objetivo de establecer la existencia del límite de fragmentación y se ha medido la función de masas del cúmulo NGC 2516. Actualmente se trabaja en la del cúmulo King 5.

Se ha publicado la búsqueda de compañeros de más de 450 estrellas M de la vecindad solar realizada con Astralux y FastCam con resoluciones espaciales típicas de 0.1-0.2 arcsec. Se ha establecido la frecuencia de binarias en estas estrellas de baja masa. También se ha publicado el estudio realizado con FastCam para investigar la población de estrellas de baja masa en el núcleo del cúmulo globular M15 donde la densidad estelar es muy elevada.

En el cúmulo de Sigma Orionis se ha publicado un trabajo en el que se presenta por primera vez la función de masas del cúmulo completa desde 20 Msol hasta 6 Mjup en la mayor parte del área del cúmulo. Para ello se ha contado con datos del telescopio VISTA en el Cinturón de Orion y de otras facilidades como Spitzer, Wise, Subaru o INT. En este estudio se ha encontrado que las estrellas de baja masa, enanas marrones y objetos de masa planetaria del cúmulo tienen la misma distribución espacial y frecuencia de discos, indicando posiblemente un mecanismo de formación similar. Además se encontró un déficit de objetos de masa planetaria por debajo de 4 Mjup, lo que constituye un indicio acerca de la existencia de una masa mínima en la formación aislada de este tipo de objetos.

FastCam-Coro que combina un coronógrafo y un sistema de imagen ultrarrápida (con un campo de visión de aprox. 10 arcsec). La última semana del año el instrumento se probó con éxito en el telescopio WHT. Los datos se encuentran bajo análisis pero la inspección preliminar indica que se ha conseguido un alto grado de contraste en la parte más roja del espectro óptico, donde se espera superar contrastes de factor  $> 100000$  a separación de 1 arcsec de la estrella primaria.

En colaboración con las universidades de Cambridge, Colonia y Politécnica de Cartagena se ha concluido el diseño detallado e iniciado la fase de construcción de AOLI (sistema de Óptica Adaptativa con imagen ultrarrápida) que consta de un sistema de corrección basado en un espejo deformable y un sistema de cámaras ultrarrápidas (con cuatro detectores) que permitiría obtener con el telescopio WHT imágenes de resolución mejor que 0.1 arcsec en un campo de visión de 1 arcmin con estrellas de referencia de magnitud más brillante que  $I=17$ .

Prosigue la búsqueda y caracterización de enanas ultrafrías de Población II. Se ha obtenido espectros en el infrarrojo cercano para subenanas de tipo M y L, determinándose la secuencia completa desde M0 hasta M9 para tres clases: las subenanas, subenanas extremas y ultra subenanas. Como resultado de la correlación cruzada que se ha realizado entre SDSS, UKIDSS y 2MASS se han identificado más de 60 nuevas subenanas que han sido clasificadas espectroscópicamente con los telescopios NOT, GTC y VLT. Se ha iniciado un proyecto de búsqueda de litio en las subenanas de tipo L más brillantes. La detección de litio en estos objetos sería clave para confirmar su subestelaridad.

Se han descubierto dos nuevos sistemas binarios de estrellas enanas blancas y otras estrellas de este tipo en los cúmulos NGC 2287 y NGC 3532. Se trabaja también en la búsqueda de enanas blancas muy frías ( $T < 4000$  K), habiéndose detectado ya varias de ellas.

MEMORIA  
2012 IAC

116

Han continuado los desarrollos instrumentales que promueve el Proyecto para conseguir imágenes de Alta Resolución Espacial con alto contraste, esenciales para investigar la multiplicidad de objetos subestelares y para lograr a largo plazo la detección de luz reflejada en el óptico por planetas que orbitan estrellas muy brillantes. En este ámbito se ha colaborado con las universidades de Cantabria y Politécnica de Cartagena en el desarrollo del instrumento

## *Investigación exoplanetaria*

En el ámbito de la investigación exoplanetaria el Proyecto ha realizado las siguientes actividades.

En el marco del Consorcio MARVELS de Sloan, se ha participado y concluido el análisis de varios candidatos a exoplanetas/enanas marrones inicialmente detectados con los datos de Sloan. Han sido confirmados por medidas de velocidad radial que ha realizado el grupo en el telescopio TNG usando SARG. También se han realizado observaciones con FastCam que permite descartar la existencia de objetos en la línea de visión que pudieran haber alterado las medidas espectroscópicas. Se han publicado varios trabajos.

Los datos obtenidos durante la fase de pruebas del sistema "Laser- Frequency Comb" (peine de frecuencias laser de ESO en cuyo desarrollo participa el grupo junto a investigadores del Instituto Max-Planck de Óptica Cuántica), han mostrado que se puede obtener precisiones de 4-5 cm/s en la calibración en longitud de onda del espectrógrafo HARPS en el telescopio de 3.5 m del Observatorio de la Silla. Estas son las precisiones más altas logradas hasta la fecha en cualquier observatorio. Se ha publicado en *Nature* la primera curva de velocidad radial obtenida con un sistema de peine laser, esta tecnología aporta un paso esencial para el desarrollo de programas de velocidad radial dirigidos a la detección de exoplanetas de la masa de la Tierra en zonas de habitabilidad de estrellas de tipo solar.

Se iniciaron las observaciones del programa de búsqueda de exo Tierras alrededor de estrellas M usando el nuevo instrumento HARPS-North en el telescopio TNG GAPS y HARPS-North. En este programa el grupo colabora con investigadores del IEEC y del consorcio italiano GAPS (Global Architecture of Planetary Systems). Se pretende realizar medidas sistemáticas de alta precisión (1 m/s) para una colección de estrellas de tipo M temprano en la vecindad

solar. Los primeros resultados indican que es posible alcanzar esas precisiones y por tanto será posible detectar Tierras en zona de habitabilidad de estas estrellas.

La actividad de desarrollo instrumental que realiza el grupo en técnicas de alta precisión en la medida de velocidad radial se centra en la participación en los Consorcios ESPRESSO y CARMENES. En el primero se ha concluido el diseño preliminar de varios subsistemas de este espectrógrafo óptico ultraestable que se lideran en el IAC (banco optomecánico, sistema de conexión de fibras, monturas de los componentes ópticos, plan de provisión de los mismos) de los que se tiene responsabilidad total. Se trabaja también en el desarrollo de algoritmos para la calibración del sistema laser de ESPRESSO y en los paquetes de análisis de datos. Además se ha comenzado la preparación del programa científico del tiempo garantizado del instrumento. En lo que respecta a CARMENES (espectrógrafo ultraestable para el telescopio de 3.5 m de Calar Alto) se ha llevado a cabo el diseño preliminar de varias monturas para componentes ópticos y se participa activamente en la caracterización de las estrellas de tipo M que forman parte del programa científico.

## **NATURALEZA Y EVOLUCIÓN DE BINARIAS DE RAYOS X (P/309710)**

**J. Casares Velázquez.**

**G. Israelian, M. Linares Alegret, C. Zurita Espinosa, D.M. Russell, A. Herrero Davó, T. Shahbaz, R. Cornelisse, J. González Hernández, I. González Martínez-País, P. Rodríguez Gil y F. Grisé.**

MEMORIA  
IAC 2012

117

**Colaborador del IAC: J.M. Corral Santana.**

T. Muñoz Darias, P. Charles (Univ. de Southampton, Reino Unido); M. Pérez Torres, P. Jonker (Univ. de Utrech, Países Bajos); T.

Marsh, D. Steeghs, B. Gaensicke (Univ. de Warwick, Reino Unido); V. Dhillon (Univ. de Sheffield, Reino Unido); 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); J. Combi (Univ. de La Plata, Argentina); P. Molaro (Obs. de Trieste, Italia); P. Bonifacio (Obs. de París, Francia); S. Campana, P. D'Avanzo (Obs. de Brera, Italia); P. Hakala (Univ. de Helsinki, Finlandia); I. Negueruela, (Univ. de Alicante).

## 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  $10^3$ - $10^6$  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:

MEMORIA  
2012 IAC

118

Expandir la muestra de BH midiendo funciones de masa en nuevas binarias transitorias. Asimismo, determinar 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.

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 imponer restricciones a la ecuación de estado de la materia nuclear, por un lado, y a la edad y evolución de estos sistemas, por otro (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). Asimismo, pueden proporcionar información para desvelar la naturaleza del objeto compacto mediante el estudio del perfil de líneas de emisión (ej. 6.4 keV). En el óptico se estudiará la variación orbital de los perfiles de emisión utilizando técnicas de tomografía Doppler. Esto 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 quasi-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  $P_{orb}$ ).

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  $Li^7/Li^6$  es un indicador del mecanismo de aceleración de partículas que produce estos elementos en el entorno del BH o NS.

## Hitos

Detección de modulaciones orbitales de 60.37 d y 321 d en las fuentes gamma AGL J2241+4454 y HESS J0632+057 mediante espectroscopia óptica. Este resultado permite confirmar la naturaleza binaria de estos objetos. En el trabajo se presentan las primeras restricciones dinámicas a estos sistemas y se descubren sendas correlaciones entre la excentricidad/EW de H $\alpha$  y el período orbital (Casares et al. 2012 *Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, 421 1103).

Detección del agujero negro H1705-25 en quietud con Chandra. Tiene una luminosidad  $L_x \sim 9 \times 10^3$  erg/s, típica de agujeros negros en quietud. Las estrellas de neutrones son sistemáticamente más brillantes que los agujeros negros lo cual se interpreta como evidencia de la ausencia de superficie sólida en agujeros negros acretantes (Yang, Kong, Russell et al. 2012 *Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, 427 2876).

Descubrimiento de un acortamiento del período orbital en el agujero negro XTE J1118+480. La variación del período orbital (-1.83 ms/año) es mucho más grande que las previsiones debidas a pérdida de momento angular por radiación gravitatoria o frenado magnético (González-Hernández, Rebolo, Casares 2012 *Astrophysical Journal* 744 L25).

## Evolución del Proyecto

Continua el desarrollo de los programas de búsqueda de agujeros negros en estos sistemas, determinación de masas, abundancia química de las estrellas compañeras y detección de Li. Este año se han obtenido nuevos espectros GTC de XTE J1118+480, uno de los agujeros negros de período más corto, para refinar el valor de la derivada del período orbital descubierta por nuestro grupo. La órbita se contrae a un ritmo más alto del previsto por los escenarios evolutivos y presenta un desafío a nuestro conocimiento de los mecanismos de pérdida de momento angular. Se continúa con la observación rutinaria del candidato a BH SWIFT J1753.5-0127, aún en estado activo desde su descubrimiento en 2005. También se han obtenido observaciones de los nuevos sistemas transitorios MAXI J1659-152, Swift J1910.2-0546, Swift J1357.2-0933 y Swift J1745-26 durante la fase de erupción. En el caso de Swift J1910.2-0546 se observan variaciones en velocidad radial en una componente de emisión estrecha en H $\alpha$  que sugieren un período orbital de  $>6.5$  hr (Casares et al. 2012 ATel 4347). Por su parte, en Swift J1357.2-0933 se detectan “dips” o eclipses de hasta 0.8 mags que implican una inclinación cercana a 90 grados. Este sistema posee además una emisión H $\alpha$  extremadamente ancha que apoya la presencia de un agujero negro, y un período de 2.8 horas, uno de los más cortos conocidos. Se ha elaborado un artículo presentando estos resultados que acaba de ser aceptado en *Science* (Corral-Santana et al.). En el trabajo se propone que Swift J1357-0933 es el paradigma de la población oculta de agujeros negros transitorios eclipsantes.

Por último, se está elaborando un artículo en el que se presentan las propiedades fotométricas del agujero negro histórico KY TrA que será enviado en breve.

Actualmente, el censo de BH con evidencia dinámica es de unos 20; hace falta un mínimo de unos 30 sistemas para abordar estudios estadísticos de sus propiedades fundamentales. Se prevé que en unos pocos años se pueda alcanzar esa cifra, gracias al descubrimiento de nuevos candidatos con los actuales satélites de rayos X, más los candidatos clásicos, accesibles a telescopios de 8-10 m. En este contexto, J.M. Corral-Santana ha defendido su tesis doctoral en la que se elaboran diagnósticos fotométricos, basados en colores (H $\alpha$ 5875-r) vs (r-i) y (r-H $\alpha$ ) vs (r-i) de IPHAS/UVEX, en combinación con colores infrarrojos de 2MASS, para la búsqueda de nuevos agujeros negros en quietud. Además, se han publicado 2 artículos en los que se presenta el primer catálogo de fuentes UVEX con exceso ultravioleta y su clasificación espectroscópica (Verbeek et al. 2012 *Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, 420 1115; 2012 y *Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, 426 1235). J. Casares ha sido invitado a dar un review sobre masas de agujeros negros estelares en el Workshop "Physics of Accretion on to Black Holes" que será publicado como capítulo de un libro por Springer.

Además, la ventana abierta por el estudio de la mezcla de Bowen en Sco X-1 permite obtener información dinámica de binarias de rayos X persistentes y las primeras estimaciones de las masas de sus estrellas de neutrones. T. Muñoz realizó una estancia de un mes en el IAC para completar el análisis de los perfiles de las líneas de Bowen de X1822-371 con un código de irradiación. Se está elaborando un artículo en el que se presentan restricciones muy precisas al ángulo de apertura del disco y la masa de la estrella de neutrones en este sistema. También se han publicado los resultados de los espectros FORS2 y XSHOOTER de la nueva fuente transitoria MAXI J0556-332, proponiéndose 2 posibles períodos orbitales que favorecen la presencia de una estrella

de neutrones frente a un agujero negro (Cornelisse et al. 2012 *Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, 420 3538). Además se ha completado el análisis de los espectros GTC de Ser X-1 y se ha avanzado en el análisis de los espectros VLT de GR Mus. El grupo tiene además 1 propuesta ToO con GTC+OSIRIS para el estudio de nuevos sistemas en erupción visibles desde el norte. La mayor parte de estos sistemas serán demasiado débiles ( $R > 23$ ) en quietud para realizar estudios espectroscópicos con la instrumentación actual. Tan sólo la detección de líneas Bowen durante la fase de erupción permitiría realizar estudios dinámicos y restringir las masas de las estrellas.

Con relación al estudio de variabilidad rápida y emisión no térmica en binarias de rayos X se ha publicado un artículo en el que se detecta la frecuencia de transición en la emisión de jet en 5 nuevos sistemas (Russell et al. *Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, 429 815). Se presenta además un análisis comparativo de la frecuencia de transición del jet con la luminosidad en rayos X para 12 binarias de rayos X.

En el apartado de abundancias químicas de las estrellas compañeras se ha iniciado el análisis de nuestra base de datos de alta resolución de Cyg X-2. Se espera completar el análisis durante 2013.

En cuanto al estudio de elementos orbitales y masas de objetos compactos en HMXBs, se ha publicado un artículo en el que se presentan variaciones en velocidad radial y parámetros de la línea de emisión H $\alpha$  en las contrapartidas ópticas de 2 binarias de rayos gamma recientemente descubiertas: HESS 0632+57 y AGL J2241+4454 (Casares et al. 2012 *Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, 421 1103). El artículo presenta las primeras restricciones a los elementos orbitales de estas binarias y hace una discusión comparativa con otros miembros de la familia de binarias gamma. Asimismo, se han realizado observaciones coordinadas MAGIC/óptico de la binaria gamma LSI +61 303 para estudiar posibles correlaciones entre la emisión gamma y el



viento de la estrella compañera. Además, se ha completado un artículo en el que se descubre la presencia de una modulación de 1d en las velocidades radiales de LS 5039, producida por oscilaciones no radiales de la estrella compañera O6.5V (Casares et al. *Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*). Por último, se ha contratado a un nuevo postdoc para completar el análisis de los espectros GTC de 2 fuentes ULXs extragalácticas: NGC 5204 y Holmberg II.

## **ESTRELLAS MASIVAS AZULES (P/309808)**

**A. Herrero Davó.**

**S. Simón-Díaz, M. García García,  
G. Gómez Velarde, C. Weidner, L.  
Crivellari, K.S. Rübke Zúñiga, S.A.  
Ramírez Alegría y C. Sabin San Julian.**

**Colaborador del IAC: S.L. Hidalgo  
Rodríguez.**

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. Lennon (ESA, Madrid), N.R. Walborn (STScI, EEUU); R.P. Kudritzki, M.A. Urbaneja (IoA, Univ. de Hawai, EEUU); R. Barbá (La Plata, Argentina); F. Najarro (CAB, Madrid); I. Negueruela (Univ. de Alicante); A. Marín (CEFCA, Teruel); M. Ribo (IEEC-UB, Barcelona); J. Maíz Apellániz (IAA, Granada), N. Langer, N. Castro (Univ. de Bonn, Alemania), S. Clark (Open Univ., Reino Unido), J. Borissova (Univ. Valparaiso, Chile), F. Comerón, A. Pasquali (ESO, Alemania).

### **Introducción**

Las estrellas masivas son auténticos motores de la evolución de las galaxias y el Universo. Nacen con al menos ocho masas solares, lo que las condena irremisiblemente a estallar como supernovas al cabo de unos pocos millones de años, tras sintetizar en su interior gran cantidad de elementos

pesados que expulsarán al exterior en su mayor parte, alterándolo y modificando su composición química. El estudio se realizará preferentemente entre las que tienen más de veinte masas solares, cuyos fuertes vientos y campos de radiación inyectan a lo largo de su evolución enormes cantidades de energía mecánica y radiativa en el medio que les rodea, ionizándolo, calentándolo y acelerándolo. Su vida es tan breve que su mera presencia nos indica que han nacido recientemente. Son así excelentes trazadores de las propiedades del medio circundante y de la formación estelar, desde los brazos espirales de galaxias como la Vía Láctea hasta los estallidos de formación estelar intensa conocidos como starbursts.

Los espectros de estas estrellas contienen gran cantidad de información. Presentan un gran número de líneas 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 espectroscópicos 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 Universo temprano con formación estelar activa. Por su alta luminosidad, se pueden estudiar sus espectros individuales en galaxias cercanas más allá del Grupo Local, muy especialmente con los nuevos telescopios de la clase 8-10 m, y por ello han sido sugeridas repetidamente como posibles patrones de distancias. Además constituyen una de las pocas fuentes de las que obtener información directa de las zonas de alta extinción como el centro de nuestra Galaxia. Recientemente han despertado el interés por la población III y se las ha propuesto como fuentes de la reionización del Universo en épocas tempranas. Su final está relacionado con algunos de los más exóticos objetos y eventos conocidos, como las estrellas de neutrones y los agujeros negros, las binarias masivas de rayos X, los rayos cósmicos o los estallidos de rayos gamma.

La determinación de sus parámetros estelares y abundancias químicas permite una comparación detallada 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 equilibrio estadístico y de continuidad en una geometría esférica. Además, el problema debe resolverse utilizando una descripción realista del modelo atómico. Sin embargo, si disponemos de dichos parámetros estelares y abundancias, podemos además comparar con las determinaciones de abundancias en el medio interestelar de nuestra galaxia y galaxias vecinas, y con las predicciones 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 estrellas y galaxias, bajo diferentes condiciones, extrapolables a regiones más alejadas del Universo. No obstante, ello requiere en 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 de diferentes rangos espectrales, el UV es necesario para determinar velocidades terminales del viento, el visible para temperaturas efectivas, gravedades y pérdidas de masa; en ocasiones, el IR permite esas mismas determinaciones, y además proporciona información sobre gradientes de velocidad en la base del viento. La detección en radio permite determinar pérdidas de masa e identificar procesos no térmicos. La comparación de la pérdida de masa obtenida a diferentes longitudes

de onda puede indicar la presencia de condensaciones o grumos en el viento.

Las estrellas masivas nacen en regiones galácticas a menudo inaccesibles a nuestra vista, ocultas por el polvo presente en el plano de la galaxia. En los últimos tiempos, gracias a observaciones IR (y otras longitudes de onda), se están descubriendo cúmulos de estrellas masivas que hasta hace poco nos eran completamente desconocidos. La búsqueda y estudio de estos cúmulos nos revelará importantes detalles de la formación estelar en nuestra Galaxia, en particular la forma de la Función Inicial de Masas y su posible dependencia del entorno y la metalicidad, y la existencia de una masa de corte, a partir de la cual la naturaleza no formaría estrellas. Actualmente, esta masa parece situarse alrededor de las 150 masas solares, pero este dato está sin confirmar. Igualmente, los estudios IR nos pueden permitir acceder a las primeras fases de la vida de las estrellas masivas, cuando la evolución estelar tiene lugar todavía oculta por nube original. Particularmente interesante aquí es detectar el posible inicio del viento estelar y la naturaleza de las estrellas O Vz, un subtipo espectral con anchas líneas de H $\alpha$  4686.

Los objetivos del presente Proyecto son los siguientes:

- Estudiar estrellas masivas en asociaciones OB, regiones HII y sistemas binarios, a fin de determinar sus parámetros físicos y explicar su evolución.
- Estudiar los vientos de las estrellas, en particular la existencia de condensaciones y la relación entre el Momento del Viento y la Luminosidad (WLR).
- Mejorar los modelos de atmósfera utilizados.
- Estudiar las estrellas en otras galaxias cercanas, con condiciones cercanas a las del Universo cercano.
- Estudiar la formación de estrellas masivas en regiones oscurecidas de la Galaxia.

## Hitos

Se ha determinado la escala de temperaturas de las estrellas O en la galaxia IC1613, de tan solo el 13% de la metalicidad solar. Se trata del entorno más pobre en metales en el que se haya determinado esta escala hasta ahora, y nos acerca un paso más a las propiedades de las estrellas en el Universo primitivo. Las estrellas en IC1613 son unos 1000 K más calientes que las estrellas en la Pequeña Nube de Magallanes, confirmando así la tendencia conocida, pero extendiendo su base. Este trabajo ha sido realizado utilizando espectros obtenidos con el espectrógrafo OSIRIS en el telescopio GTC.

## Evolución del Proyecto

Durante el año 2012 se continuó con el estudio de la galaxia IC1613. Se ha priorizado el análisis de nuestras observaciones con el telescopio GTC, con las que se publicó la clasificación espectral de las estrellas O en esta galaxia y la escala de temperaturas correspondiente. Esta es la escala de temperaturas de estrellas O determinada en el entorno de menor metalicidad hasta la fecha. En esta misma galaxia se están analizando actualmente observaciones de VIMOS y de HST de estrellas O. Se está a la espera de poder reducir observaciones obtenidas con VIMOS-IFU y de recibir datos de X-Shooter para estrellas en esta galaxia.

Se ha comenzado la clasificación de espectros de estrellas en Sextans A obteniendo tiempo para observar estrellas masivas en Sag D1r. Para la clasificación de espectros en Sex A se cuenta con una nueva estudiante, I. Camacho, que realizará su trabajo de final de máster de Astrofísica con esta investigación.

En M33 se avanzó algo en el análisis de estrellas LBV, donde se ha realizado una publicación. Actualmente se está trabajando con la estrella B324. También está avanzado el análisis de las últimas observaciones obtenidas con WHT-AF2. Una de las prioridades para el próximo año será

avanzar en el estudio de estrellas en esta galaxia, que este año se ha visto retrasado al priorizar trabajos sobre IC1613. Parte de este esfuerzo se coordinará dentro del Proyecto de M33 del Severo Ochoa.

Sin embargo, con la finalización del contrato de M. García tenemos problemas en estos momentos para continuar la investigación en el campo de las estrellas extragalácticas al ritmo que sería deseable, y es previsible que en 2013 se tengan dificultades para avanzar en este campo.

Se están realizando avances en el marco de nuestra participación en la colaboración VFTS (VLT-FLAMES Tarantula Survey). C. Sabín ha finalizado el análisis de estrellas OVz en 30 Doradus comparándolas con una muestra de estrellas OV en la misma región. En total, la muestra analizada comprende unas 80 estrellas. C. Sabin ha podido desentrañar la naturaleza de las estrellas OVz, resultando que sus peculiaridades espectrales se deben a la variación natural de los parámetros estelares, sin que las estrellas sean (como se había especulado) más jóvenes o de viento más débil que sus contrapartidas “normales”. Es de esperar que C. Sabin termine su tesis este año con el análisis de la muestra completa (ahora ya sin distinguir entre OV y OVz) y de las rotoras rápidas.

Dentro de la misma colaboración, S. Simón-Díaz ha continuado participando en la determinación de velocidades de rotación en las estrellas O. Aunque este trabajo es parte de la tesis doctoral de O. Ramírez Agudelo, estudiante de la Universidad de Amsterdam, S. Simón-Díaz tiene un papel fundamental en este trabajo, ya que suyos son los programas con los que se realiza la determinación de velocidades de rotación y suya es la mayor experiencia en el campo. El análisis está próximo a concluir y un artículo se encuentra ya muy avanzado. Como no ha sido posible determinar el ensanchamiento extra de las líneas espectrales (“macroturbulencia”) el grupo ha enviado una propuesta de observación

con VLT-FLAMES (I.P.: S. Simón-Díaz) que está casi finalizada (es modo servicio). Otras actividades en las que se colaboró dentro de VFTS han sido: (a) el estudio de las DIBs en los espectros de 30 Dor; (b) La determinación de velocidades de rotación y macroturbulencia en supergigantes B; (c) el estudio de multiplicidad de las estrellas; (d) la clasificación espectral; (e) el análisis de 2 estrellas supergigantes B en sistemas binarios; (f) el censo de estrellas ionizantes en 30 Doradus; (g) el estudio de las estrellas con líneas de emisión.

Cabe destacar que este año el grupo ha organizado la reunión de la colaboración, que se llevó a cabo en La Laguna en el mes de marzo, con la presencia de unos 40 investigadores.

En el campo de las estrellas galácticas, se está pendiente de cerrar los análisis de estrellas de la IACOB, cuyas observaciones han finalizado este año. S. Simón-Díaz tiene muy avanzados los análisis de las estrellas de este catálogo. Cabe destacar que ha completado el paquete de programas para determinación de velocidades de rotación y macroturbulencia, y se ha avanzado en el proyecto de observaciones temporales para establecer una relación entre las pulsaciones y la macroturbulencia. Gran parte del trabajo este año se ha enfocado en establecer ciertas colaboraciones de futuro. El Proyecto IACOB ha dado lugar a varias colaboraciones y desarrollos. Se está colaborando con R. Barbá y otros en un cartografiado extenso de estrellas masivas en el hemisferio Sur (OWN) y con el cartografiado NOMADs. El grupo también está dentro de la Colaboración GAIA, y se participa en GES, el cartografiado espectroscópico GAIA-ESO. Hay una extensión de IACOB directamente relacionada con GAIA, IACOB-sweg, que busca observar estrellas masivas para construir una base de espectros de comparación para GAIA (cuya cobertura espectral es muy reducida). Asimismo, se participa en el Proyecto CAFE-BEANS que utiliza los telescopios de CAHA para monitorizar alrededor de 100 estrellas O en

tres años, y se ha establecido una nueva colaboración con F. Comerón y A. Pasquali (ESO) sobre Cygnus OB2.

El grupo también participa en un nuevo Large Programme de ESO sobre campos magnéticos en estrellas O, aportando nuestra experiencia en la observación y análisis de las atmósferas de estrellas O, así como la base de espectros que constituye IACOB.

Los trabajos en el infrarrojo cercano se centran en dos bandas. En la primera, la detección de nuevos candidatos a cúmulos masivos, durante este año se ha publicado el análisis de MASGOMAS-01, que ha resultado un cúmulo muy masivo de unas 20000 masas solares, y casi se ha finalizado el análisis de MASGOMAS-04, que en realidad parece tratarse de un cúmulo con dos núcleos, quizá consecutivos en la formación estelar. Estos dos cúmulos fueron recogidos en la tesis de S. Ramírez, presentada en el mes de septiembre. Además, se ha implementado el algoritmo de “amigos de amigos” para la búsqueda de estrellas O oscurecidas. La primera búsqueda con este algoritmo ha detectado varios candidatos prometedores, de los cuales se seleccionó uno, MASGOMAS-06, para nuestras próximas observaciones. S. Ramírez tiene actualmente una postdoc en la Universidad de Valparaíso en Chile. Aunque seguimos colaborando, su ausencia del IAC hará los avances en este terreno más difíciles de momento.

En la segunda, el análisis espectroscópico de estrellas O en el infrarrojo de manera consistente con el óptico, constituye la tesis de K. Rübke. Durante este año K. Rübke ha avanzado en su comprensión de las estrellas masivas y ha realizado algunos análisis iniciales de estrellas tanto en el infrarrojo como en el óptico. Es de destacar que también ha adaptado al infrarrojo el algoritmo de análisis automático que se había desarrollado para el visible. Los primeros resultados muestran una fuerte dependencia de la ley de velocidades del viento que se está explorando.

Seguimos colaborando con MAGIC y con el grupo de estrellas de rayos X liderado por J. Casares. Si bien este año no ha habido avances en esta colaboración, ya tenemos pendiente para 2013 un reanálisis de LSI+61303.

El próximo año se unirá al Proyecto L. Crivellari. El pasado año desarrolló junto con el E. Simmonneau una mejora del algoritmo que utilizando el Método Integral Implícito junto con los Factores de Iteración permitió llegar a una solución físicamente correcta del problema de transporte de radiación en una atmósfera estelar.

## **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 (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 (Imperial College, 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 (Bodaghee 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 mil 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 elementos 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

Se ha demostrado que la diferencia en abundancias de Be entre las estrellas frías con y sin planetas no es significativa, utilizando por primera vez medidas precisas de berilio en estrellas con temperaturas inferiores a los 5000K.

Varios trabajos han sido publicados analizando los espectros de 1111 estrellas con y sin planetas, pertenecientes a los catálogos HARPS-GTO, HARPS2 y HARPS4. Se descubrió que la formación de planetas en bajas metalicidades es más frecuente para estrellas con alto contenido de elementos  $\alpha$ .

Demostración de que los planetas tipo Tierra o super-Tierras pueden tener una

composición química muy diferente a la de la Tierra si éstos se forman alrededor de las estrellas con la razón C/O superior a 0.8.

Seguimiento de la hipergigante HR8752 en el período 1973-2005, que presentó una evidencia de calentamiento de 3000K causada por procesos evolutivos. Se sugiere que dicha estrella está a punto de explotar como una supernova, o incluso está ya en proceso de explosión.

## **Evolución del Proyecto**

Se presentan nuevos espectros de UVES de una muestra de 15 estrellas frías no evolucionadas con y sin planetas detectados. Junto con resultados anteriores, se estudian abundancias de Be entre los dos grupos de estrellas. Se obtiene una muestra final de 89 y 40 estrellas con y sin planetas respectivamente, que abarca una amplia gama de temperaturas efectivas, de 4700 K a 6400 K, e incluye varias estrellas enanas frías por primera vez. Una vez determinadas las abundancias de berilio, se encuentra que para la mayoría de ellas (más frías) las líneas de Be II suelen ser indetectables, lo que implica que el Be fue destruido. El fuerte agotamiento de Be en objetos fríos se lleva a cabo para todas las estrellas, independientemente de la presencia de planetas, por lo que el efecto de agotamiento adicional del Li en estrellas de tipo solar con planetas en comparación con estrellas sin planetas detectados no parece estar presente, a pesar de que el número de estrellas en esas temperaturas es aún pequeño para llegar a una conclusión final.

Por otra parte, para las estrellas calientes las abundancias de Be son aproximadamente constantes, con un ligero descenso con la Teff hasta alcanzar un brusco descenso en el contenido de Li-Be alrededor de 6300 K.

Estudios recientes han demostrado que en bajas metalicidades las estrellas con planetas tienen alto contenido de elementos  $\alpha$  y pertenecen al disco grueso. Se utilizaron los espectros de 87 candidatos a planetas de

Kepler y los datos disponibles de la muestra de HARPS para explorar este fenómeno. Utilizando los métodos tradicionales de análisis espectroscópicos de abundancias, se obtuvieron abundancias para Ti, Ca, Cr en las estrellas de Kepler. Dado que la mayoría de estas estrellas albergan planetas del tamaño de pequeños o de baja masa, podemos suponer que, a pesar de que los planetas terrestres se encuentran en un régimen bajo en hierro, éstos son en su mayoría reforzados por elementos  $\alpha$ . Esto implica que la formación inicial de los planetas rocosos podrían comenzar en el disco grueso galáctico, donde las condiciones químicas para su formación son más favorables.

Las simulaciones han demostrado que una gran variedad de planetas terrestres extrasolares con diferentes composiciones pueden existir en base a las variaciones observadas en la abundancia de los elementos estrella anfitriona. En base a estudios recientes, se espera que una proporción significativa de estrellas anfitrionas puedan tener ratios de Mg / Si por debajo de 1. Simulaciones de formación de planetas en estos sistemas muestran un empobrecimiento en Mg respecto a los valores hallados para la Tierra, que contiene especies de silicato tales como piroxeno y feldespatos diferentes. Las abundancias planetarias de carbono también varían significativamente con ligeras variaciones en los valores de C/O de la estrella materna.

Se estudia la evolución temporal de la hipergigante amarilla HR 8752 en base a espectros de alta resolución (1973-2005). Los datos espectrales MK observados, observaciones en B-V y V (1918-1996) e incluso observaciones en V previas (1840-1918). Durante el período de nuestro estudio, el valor de Teff aumenta progresivamente en una serie de variaciones a la baja que fueron observables durante un período de cobertura temporal suficiente grande. Se demuestra que la región de inestabilidad atmosférica en el diagrama HR-que bautizamos el vacío evolutivo amarillo en realidad consta de dos partes.

Los modelos sugieren que el F que se encuentra en la galaxia podría haber sido producido principalmente de tres formas diferentes: las supernovas de tipo II, nucleosíntesis en la rama asintótica gigante, o en el núcleo de estrellas Wolf-Rayet. Sólo unas pocas mediciones observacionales de abundancias de F están disponibles en la literatura. Se han analizado espectros en IR de CRIRES y Feros del ESO. Se calculan las abundancias de F en nueve enanas frías de la secuencia principal en la vecindad solar, basándonos en una línea de la molécula de HF a 2,3 micras. Además, se estudian los elementos de procesos-s en cinco de estas estrellas. Varias de las estrellas analizadas parecen ser ligeramente ricas en flúor con respecto al Sol, aunque no se encontró correlación entre la abundancia F y el contenido de hierro. Además, la mayoría de las estrellas enriquecidas con flúor tienen también alto contenido de itrio y circonio, lo que sugiere que la nucleosíntesis de flúor en AGB es la principal fuente de producción de flúor de las estrellas observadas. Sin embargo, la correlación entre  $[F/Fe]$  y los elementos s-es más bien débil y posiblemente enmascarada por las incertidumbres en las mediciones de la abundancia de F.

## **PLANETAS07 (P/300803)**

**E. Pallé Bago.**

**R. Rebolo López, M. Esposito, B.W. Tingley, B. Laken, P. Montañés Rodríguez, C.A. Alvarez Iglesias, P.A. Miles Páez, K.Y. Peña Ramírez, B. González Merino, H. Parviainen, M. Espinoza Contreras, B. Gauza, F. Murgas Alcaíno, E. Sanromá Ramos, R.J. García López, H.J. Deeg, J.A. Belmonte Avilés, G. Israelian, V.J. Sánchez Béjar, N. Lodieu, J. Licandro y R. Alonso Sobrino.**

### **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 de batalla más activos dentro de la Astrofísica moderna. Este campo se ayuda de y, a su vez motiva, el desarrollo de instrumentación cada vez más sensible y estable para telescopios de tierra y misiones espaciales.

En el año 2008 comenzó el presente Proyecto estratégico con el objetivo principal de situar al IAC en una posición líder en la investigación sobre la astrobiología. Los objetivos concretos son: detección directa de planetas gigantes, detección indirecta de planetas rocosos), y la caracterización de los objetos del Sistema Solar con cierto interés astrobiológico. Todo el esfuerzo se invertirá en preparar al IAC para su participación en futuras misiones espaciales diseñadas con el objetivo de buscar vida extraterrestre, como Darwin y el "Terrestrial Planet Finder" (TPF), y su participación en la instrumentación de los grandes telescopios (ej. el E-ELT).

Este Proyecto pretende que los investigadores del IAC adopten una situación aventajada con la explotación de OSIRIS y CanariCam, instrumentos de Primera Luz del telescopio GTC, y la construcción, comisionado y operación de nuevos instrumentos, como UES en el telescopio GTC, espectrógrafo óptico de alta resolución, y NAHUAL, espectrógrafo Echelle de alta resolución en el infrarrojo cercano para este telescopio. Asimismo, el IAC se ha convertido en uno de los miembros principales del consorcio ESPRESSO, espectrógrafo muy estable para los telescopios VLT y precursor de CODEX, instrumento del telescopio E-ELT, y participa también en propuestas para proyectos y misiones espaciales tales como CoRoT, Echo, PLATO y TESS.

En el marco del Proyecto estratégico, el IAC también colaborará con el consorcio responsable de instalar un espectrógrafo análogo de HARPS en el telescopio WHT, cuyo objetivo principal es el seguimiento de los candidatos a exoplanetas detectados por la misión KEPLER, y con el equipo responsable de un "Exoplanet Tracker" rojo para el telescopio GTC. Además,



el Proyecto estratégico proveerá la financiación necesaria para explorar otras técnicas interesantes que podrían convertirse en herramientas imprescindibles para la detección de planetas, como la interferometría de cancelación con el telescopio GTC.

Finalmente, en el OT, se ha desarrollado un nuevo instrumento para el telescopio TCS, Wide-FastCam, para la búsqueda de compañeros rocosos de estrellas frías.

## Hitos

Determinación de forma homogénea de la IMF de tres cúmulos abiertos explorados por el UKIDSS GCS.

Descubrimiento de las primeras enanas T en el VISTA Hemisphere Survey.

Determinación del espectro espectropolarimétrico de la Tierra.

Caracterización de la emisión en H- $\alpha$  de la supertierra GJ1214b con el telescopio GTC.

Estudio detallado del polvo de un planeta en evaporación con espectrofotometría del telescopio GTC.

Demostración de las precisiones alcanzables con sistemas de "laser-comb" para medidas de velocidad radial.

Estudio de una enana blanca eclipsando a una estrella M.

Puesta en marcha del Proyecto XO en el Observatorio del Teide.

Estudio de tendencias y variabilidad de la nubosidad durante la primera década de datos del instrumento MODIS.

Participación en las misiones espaciales EChO y CHEOPS.

Observaciones del tránsito de Venus.

## Evolución del Proyecto

### *Búsquedas de estrellas de baja masa y exoplanetas*

El IAC está liderando el programa de búsqueda de enanas ultrafrías en el infrarrojo cercano utilizando el VISTA Hemispheric Survey (IP McMahon, Cambridge, Reino Unido). Se han investigado más de 4.000 grados cuadrados de cielo observados con VISTA en bandas J y K para lograr la detección de enanas ultrafrías y poco luminosas bien sea por sus colores o por su alto movimiento propio. Para la detección por el color se ha realizado una correlación entre el catálogo que el Consorcio VHS ha ido elaborando progresivamente y el catálogo público del satélite WISE de la NASA. Se han seleccionado criterios de color que permiten la identificación de enanas de tipo L, T y también de tipo Y. Se ha confeccionado una lista de candidatos de cada uno de estos tipos y llevado a cabo un programa de seguimiento fotométrico y espectroscópico con varias noches de observación en los telescopios VLT, NTT y Magallanes que ha conducido a la publicación de las primeras enanas de tipo T detectadas por VISTA. También se han implementado varios algoritmos de correlación del catálogo VHS con 2MASS para identificar objetos de alto movimiento propio (mayor que 200 milisegundos de arco por año) en colaboración con la UPCT. Se han identificado un alto número de candidatos principalmente de tipo M tardío, y tipo L e iniciado una labor de confirmación fotométrica y espectroscópica.

N. Lodieu continúa explorando los datos del Large Area Survey de UKIDSS para restringir la forma de la función de masa del entorno solar en colaboración con el Consorcio CDSWG. Se ha continuado la búsqueda de enanas de tipo T en el Large Area Survey de UKIDSS. Asimismo, se ha descubierto una enana T pobre en metales como compañera de una estrella brillante de paralaje y metalicidad conocida.

Se ha continuado con el estudio de la función de masas subestelar en varios cúmulos de edades entre 10 y 500 Myr. Concretamente

se han publicado tres artículos sobre la función de masas de las Pléyades, alpha Per (liderados por N. Lodieu) y Praesepe (primer autor S. Boudreault) basado en datos fotométricos y astrométricos proporcionados por UKIDSS GCS DR9. Además de la función de masas en estos cúmulos, se ha investigado la variabilidad y la multiplicidad de enanas marrones y estrellas de baja masa. Se han obtenido 35 horas de observación con GTC/OSIRIS para realizar la caracterización espectroscópica de una gran muestra de enanas M y L de estos cúmulos. También se ha conseguido imagen en las bandas ZYJ en Upper sco utilizando VISTA/VIRCAM con el objetivo de establecer la existencia del límite de fragmentación (trabajo liderado por N. Lodieu) y se ha medido la función de masas del cúmulo NGC 2516 (trabajo enviado a *Monthly Not. of the R. Astron. Soc.* por S. Boudreault).

El grupo sigue con la búsqueda y caracterización de enanas ultrafrías de Población II dentro del marco de la tesis de Marcela Espinoza (supervisor N. Lodieu). Se han obtenido espectros en el infrarrojo cercano con TNG/NICS/Amici y VLT/X-shooter para subenanas de tipo M y L, determinándose la secuencia completa desde M0 hasta M9 para tres clases: las subenanas, subenanas extremas y ultra subenanas. Como resultado de la correlación cruzada que se ha realizado entre SDSS, UKIDSS y 2MASS se han identificado más de 60 nuevas subenanas que han sido clasificadas espectroscópicamente con los telescopios NOT, GTC y VLT (M. Espinoza está preparando un artículo para su publicación). Se ha iniciado un proyecto de búsqueda de litio en las subenanas de tipo L más brillantes con GTC/OSIRIS y VLT/FORS en colaboración con Y. Pavlenko (Kiev, Ucrania). La detección de litio en estos objetos sería clave para confirmar su subestelaridad.

#### *Caracterización y búsqueda de estrellas con planetas por velocidad radial*

Utilizando **HARPS-South** en el telescopio de 3.5m del Observatorio de la Silla y un

nuevo sistema “laser-comb” desarrollado en colaboración con el Instituto Max-Planck de Óptica Cuántica y ESO, investigadores del IAC han demostrado que es posible obtener con muy alta precisión calibraciones en longitud de onda que aplicadas a la espectroscopia estelar conducen a precisiones mejores que 5 cm/s en la determinación de la velocidad de estrellas (Wilken et al. 2012). Un dispositivo “laser-comb” se incorporará también a **ESPRESSO**, el espectrógrafo ultraestable que se está desarrollando para los VLT, lo que podrá permitir la detección de exo-Tierras en la zona de habitabilidad de estrellas de tipo G y K cercanas al Sol.

La mayoría de los integrantes sénior (staff y RyC) del Proyecto participan en un proyecto de observación “High-precision radial velocity survey to detect low-mass planets around M-type stars” (IP: I. Ribas) para la detección de planetas en torno a estrellas M explotando las capacidades del espectrógrafo **HARPS-N** en el telescopio TNG. Este programa ha sido dotado con varias noches de observación en los semestres 2012B y 2013A y se espera que se siga obteniendo tiempo en los próximos semestres.

Durante el año se ha continuado trabajando en el diseño final de **CARMENES**, que tendrá lugar en febrero de 2013, y particularmente en el diseño mecánico final del soporte del grisma y del Exposure Meter. Desde el punto de vista científico se está llevando a cabo un estudio de alta resolución espacial de las estrellas M cercanas que componen la muestra de **CARMENES** con el instrumento FastCam en el telescopio TCS. Hasta la fecha se llevan observadas unas 400 estrellas y los resultados preliminares se han publicado en un póster del Congreso Cool Star 17 en Barcelona.

#### *Caracterización de exoplanetas por tránsitos*

Durante 2012, se concluyó la primera parte de un estudio de una enana blanca eclipsando una estrella M. Este sistema fue el único de este tipo conocido en el campo de la misión Kepler antes de su lanzamiento. Un artículo

de Almenara et al. (2012) reporta una caracterización de este sistema, basada en observaciones fotométricas y de velocidades radiales tomadas en 2005-2010 con varios telescopios del ORM. En una segunda parte de este estudio, se están combinando los datos terrestres con los obtenidos con la misión Kepler gracias a un proyecto de 'Guest Investigador' (IP: R. Alonso). La combinación con los datos terrestres muy anteriores al lanzamiento de Kepler permite una mayor cobertura temporal de este sistema, derivando efemérides que indican la probable presencia de otro cuerpo, cuya naturaleza estelar o subestelar es todavía desconocida.

En los semestres de 2012A a 2013A, nuestro grupo ha obtenido una relativamente gran cantidad de horas para la observación de tránsitos de exoplanetas con el telescopio GTC (IP: E. Pallé). Se realizaron observaciones con filtros de banda ancha, con filtros sintonizables y con espectroscopia de tránsitos, lo que ha llevado a varias publicaciones, siendo nuestro grupo uno de los más productivos con el telescopio GTC. Sin duda esta última técnica, la de espectroscopia de tránsitos es la que está dando los mejores resultados, con una calidad y precisión de los datos, a la altura de la mejor instalación del mundo. En este momento se están analizando los datos acumulados y se trabaja en la publicación de cuatro artículos más basados en estas observaciones. Uno de nuestros programas en GTC permite una rápida respuesta a nuevos exoplanetas interesantes para su caracterización desde tierra.

Como ejemplo, a principios de 2012 apareció en la literatura el descubrimiento de un objeto (KIC 12557548) en el campo de la misión Kepler con tránsitos de profundidades muy variables. Estos fueron interpretados como los de un planeta del tamaño del Mercurio en el proceso de evaporación, debido a la cercanía a su estrella central. El KIC 12557548 fue observado por nuestro grupo primero con el telescopio WHT con tiempo DDT y en modo servicio, con resultados pocos concluyentes, y después con el GTC/

OSIRIS en modo de espectrofotometría. Estos datos evidencian que la opacidad del material responsable de los tránsitos del KIC 1255754 no depende de la longitud de onda a través del visible, indicando la presencia de polvo con granos muy opacos y/o relativamente grandes. Una interpretación detallada y la publicación de estos datos está en curso.

Durante 2012, se ha finalizado también la instalación del nodo del Proyecto XO en el Observatorio de Teide (IP del nodo IAC: P. Montañés). XO es un telescopio dedicado a la búsqueda de exoplanetas en torno a estrellas brillantes. Su operación es de forma robótica y su funcionamiento durante 2012 ha sido un éxito con prácticamente ninguna necesidad de intervención de personal del IAC. A través de P. Montañés, nuestro grupo participa activamente en el análisis de las curvas de luz y posterior follow-up de estas observaciones.

#### *Climatología y atmósferas planetarias*

B. Laken, financiado por el Proyecto del Plan Nacional "El clima terrestre: las nubes y el albedo" (#CGL2009-10641), se incorporó en septiembre 2010 y fue rápidamente entrenado tanto en la toma de datos como en su reducción y análisis. Durante 2012, B. Laken finalizó la adaptación del software de reducción de datos para poder analizar de forma conjunta los datos de las tres estaciones Earthshine que actualmente están en funcionamiento (California, Izaña y Crimea).

Además, es nuestra intención llevar las medidas del Earthshine más allá de sus capacidades actuales. Para ello se está trabajando en la construcción de una rueda de filtros robotizada que nos permitirá hacer medidas del albedo en tres colores distintos (rojo, verde y azul) y además medir la polarimetría de la luz reflejada por la Tierra. Estas observaciones del albedo en colores serían únicas en el mundo ya que no existen observaciones desde el espacio con resolución espectral, y además diseñadas con estabilidad suficiente como

para medir tendencia temporales del orden de décadas. A estos efectos, se estableció una colaboración con la Universidad de Lisboa para el diseño y fabricación de una rueda de filtros robótica que se colocara en el telescopio Earthshine del Observatorio del Teide, presumiblemente durante 2013. Esta rueda permitirá la medición del albedo en distintos colores, lo que se espera sea de gran importancia para entender no sólo los cambios en el albedo, sino también los mecanismos físicos responsables.

Una de las mayores incertidumbres en los modelos y predicciones climáticas actuales son la nubosidad y su interacción con los aerosoles. Tanto unos como otros afectarán al albedo, pero lo harán de forma distinta a distintas longitudes de onda y con distintos efectos de polarización. Tanto la información en colores como la polarimetría ayudarán no sólo a medir sino también a averiguar las causas físicas responsables de los cambios en el albedo. Además, estas medidas pueden incorporarse a nuestras observaciones rutinarias de forma sencilla, casi trivial, una vez construida la rueda de filtros apropiada y capaz de ser controlada desde nuestro software automático de recogida de datos. Prevemos que la construcción termine durante 2013.

Además de participar en el Proyecto Earthshine, B. Laken y E. Pallé han publicado, en colaboración con el resto de integrantes del mismo y con colaboradores internacionales, varios artículos sobre los efectos de los contrails en el balance radiativo del planeta, la detección de señales solares en las series de nubosidad del satélite MODIS, y la interpretación de los efectos solares en datos diarios de nubosidad. Su rendimiento ha sido extraordinario, y se detallan a continuación algunos de los resultados más recientes.

Durante 2011, el grupo elaboró un artículo examinando las relaciones entre medidas in situ de temperaturas oceánicas y estimaciones de nubosidad desde satélite. Mediante estas relaciones se ha podido reconstruir la variación de la nubosidad en la

zona del Pacífico ecuatorial, basado en las mediciones de temperaturas, desde 1880, encontrando un significativo incremento en nubosidad en torno a un 3% sobre este periodo de tiempo. Este trabajo se presentó en el International Radiation Symposium 2012 (Pallé & Laken, 2012) y una publicación más detallada está en proceso de arbitraje.

En 2012 también se publicó el estudio de tendencias y variabilidad de la primera década de datos del instrumento Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS). Se ha encontrado que a pesar de que la nubosidad total parece no haber cambiado significativamente, si lo han hecho los distintos tipos de nubosidad, lo que podría indicar una compleja respuesta de la cobertura de nubes al incremento de temperaturas. Además se ha demostrado la gran influencia que el ENSO tiene en la variación inter-anual de la nubosidad. También se publicó otro estudio sobre los cambios de nubosidad extremos detectados en varias bases de datos desde satélite, que ocurren asociados a cambios en la presión en el hemisferio sur a escalas sinópticas. Este trabajo demostró asociaciones dinámicas en la atmósfera previamente no conocidas.

En la actualidad se están investigando los episodios de invasión de polvo en suspensión a 2300 metros de altura sobre el Archipiélago Canario. El Sahara es la mayor fuente de polvo mineral del planeta, y el polvo mineral es el aerosol más abundante en masa. Este estudio ofrece una oportunidad de ganar conocimiento sobre las más que significativas variaciones en los episodios de invasión de polvo, al tiempo que resulta de enorme interés para la operación de los telescopios en Tenerife y La Palma. Para esta investigación se ha utilizado la base de datos de extinción nocturna, recopilada durante los últimos 30 años en el Observatorio del Roque de los Muchachos en La Palma. La variaciones inter-anales de la frecuencia de episodios y la magnitud de estos eventos parece asociadas a cambios tanto en índices regionales climáticos, como a modos de variabilidad globales. Estos resultados están siendo confirmados y se espera poder

publicarlos en breve.

Paralelamente, en 2010 E. Pallé, junto con M. Wild y A. Sánchez (ECHT, Zurich), iniciaron una colaboración para una compilación de series de insolación de carácter global, con la que investigar posibles episodios de dimming y brightening previos a 1960. La colaboración ha empezado a recabar, homogenizar y analizar todas las series temporales disponibles, a escala mundial de insolación terrestre, desde principios del siglo pasado.

E. Sanromá progresa a muy buen ritmo en su beca de doctorado, y ha conseguido establecer las relaciones que gobiernan la presencia de nubosidad en la Tierra dependiendo de la latitud y la superficie continental. Esto le ha permitido obtener curvas de variabilidad del albedo terrestre en distintas épocas de la evolución de la Tierra. Este primer paso de su trabajo se ha dado a conocer en congresos internacionales y ha dado lugar a una publicación científica (Sanromá & Pallé, *Astrophysical Journal*, 2011). Ha completado también un segundo trabajo donde se estudia los efectos de la aparición de vida (bacterial mats y vegetación) sobre la corteza continental terrestre en el espectro de reflexión del Planeta. Asimismo, ha determinado que usando la combinación apropiada de canales fotométricos, es posible determinar la naturaleza de las superficies continentales desde el espacio, lo que tendrá sin duda una gran implicación para el estudio de exoplanetas rocosos. El artículo se encuentra pasando el segundo proceso de arbitraje después de pedir los editores cambios menores en el primer borrador.

En 2008 E. Pallé dirigió un trabajo de fin del Máster en Astrofísica a I. Gómez Leal. Desde entonces Ileana ha obtenido una beca R internacional del IAC, y se incorporará en septiembre de 2009 a un proyecto de doctorado dirigido por F. Selsis en la Universidad de Burdeos, que E. Pallé co-dirige. Como continuación de su trabajo del Master I. Gómez Leal ha producido un artículo sobre la variabilidad fotométrica de la Tierra, ésta vez en el rango infrarrojo,

a partir de medidas del flujo de radiación infrarrojo desde satélites (datos de GEWEX) (Gómez-Leal, Pallé & Selsis, *Astrophysical Journal*, 2012).

Finalmente apuntar que a finales de 2010 se incorporó al grupo una estudiante de doctorado, B. González Merino, becaria FPI del MICIIN. El título de su tesis es: "Atmósferas planetarias: la Tierra, el sistema solar y los planetas extrasolares". B. González Merino ha cursado durante 2011 las asignaturas del Master de Astrofísica de la ULL y ha tomado contacto con la literatura y los métodos que usará para su tesis doctoral. Durante los meses de julio y agosto de 2011, tanto B. González Merino como E. Pallé realizaron una estancia en ESO en Munich, invitados por M. Kissler, Project Scientist del telescopio europeo E-ELT. La estancia ha culminado en una colaboración con el ESO durante 2012, en un proyecto para estudiar las aplicaciones del gran telescopio europeo E-ELT para la búsqueda de vida en el universo cercano. Su primer trabajo de investigación sobre la detección y caracterización de líneas metálicas en la atmósfera terrestre se encuentra también en proceso de arbitraje.

B. Lake y E. Pallé, mantienen colaboraciones habituales con el Departamento de Geografía de la Universidad de Sussex (Reino Unido), y el Hvar Observatory (Croatia) en el campo de las interacciones Sol-Tierra. También forman parte del programa europeo COST ES1005 "Towards a more complete assessment of the impact of solar variability on the Earth's climate". Recientemente, B. Laken ha sido seleccionado como contributing author, en el capítulo 7 del próximo informe del Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) a invitación de los editores del capítulo. Dentro de este rol, ha contribuido en concreto en la redacción de las secciones dedicadas a evaluar las hipótesis propuestas para describir las relaciones Sol-Tierra.

#### *Astrobiología y exoplanetas*

El grupo colabora en numerosos proyectos tanto de búsqueda como de caracterización

de planetas extrasolares. Describimos aquí uno de los aspectos de estas investigaciones: la caracterización de la Tierra como si de un exoplaneta se tratara y sus aplicaciones astrobiológicas. A. García-Muñoz fue postdoc del IAC, asociado al grupo desde 2010 a 2012, y ha desarrollado un modelo del espectro de transmisión de la atmosfera terrestre, capaz de reproducir nuestras observaciones y aplicarlas tanto a la caracterización de los aerosoles terrestres como al estudio de otro tipo de atmosferas. Este modelo ha requerido una gran complejidad tanto a la hora de introducir geometrías como a la de introducir reflexión y refracción en los códigos atmosféricos estándares. Debido a esta complejidad y carga de trabajo, no se produjeron publicaciones, en los primeros años, pero sí durante 2011 y 2012. El código, metodología y resultados se describen con detalles en artículos y comunicaciones a congresos.

E. Sanromá ha trabajado durante 2012 como parte de su tesis en aplicar este modelo a la generación de modelos fotométricos y espectroscópicos del albedo terrestre para distintas épocas de la evolución terrestres y para distintos tipos de posibles planetas extrasolares rocosos. Con este trabajo, expandirá su artículo publicado en 2011, y además pretendemos indagar, por primera vez, cuál puede haber sido el papel de la nubosidad como regulador del clima terrestre a lo largo de la historia evolutiva del Planeta.

También cabe destacar la caracterización del aspecto espectro-fotométrico del albedo terrestre. Este trabajo lo ha llevado a cabo E. Pallé en colaboración con M. Sterzik (ESO) y S. Bagnulo (Observatorio de Armagh). Se trata de hacer medidas espectropolarimétricas de muy alta precisión del lado brillante y oscuro (earthshine) de la Luna con FORS2 en el telescopio VLT. La caracterización espectropolarimétrica de la Tierra permite la identificación de la composición atmosférica, la identificación de rangos de la superficie (incluidos biomarcadores como las plantas) e incluso la determinación de las propiedades promedio de la nubosidad (opacidad y altura media).

El primer artículo se publicó en *Nature* en marzo de 2012 y la ESO ha concedido un generoso programa de observación a desarrollar durante este semestre.

#### *Observaciones del tránsito de Venus*

El día 6 de junio de 2012 se produjo el último tránsito de Venus frente al Sol en los próximos 103 años. Este tránsito presentaba una oportunidad única de observar el fenómeno como si se tratara de un tránsito de un planeta rocoso frente a una estrella tipo solar. Con este fin nuestro grupo estuvo trabajando durante 2001 y 2012 en la preparación de un experimento (telescopio + arrays de fibras + cámaras visible e infrarroja) para medir espectroscópicamente el tránsito de Venus frente al Sol e intentar detectar la atmósfera de Venus. Para ello se organizó una expedición científica a Australia donde el tránsito era visible en su totalidad con gran probabilidad de cielos despejados. Y así fue, las observaciones fueron un éxito. Sin embargo, la reducción de datos es difícil por la naturaleza de los instrumentos y la magnitud de la señal a medir. Los datos se están analizando todavía y formarán parte de la tesis de B. González y, en menor medida, de la de F. Murgas.

Por otro lado, también se ha enviado una propuesta de DDT al telescopio NTT en La Silla para observar el tránsito de Venus reflejado en la Luna. Las observaciones se realizaron con éxito y los resultados preliminares indican que es posible que el grupo haya detectado una banda de CO<sub>2</sub> de la atmósfera de Venus. E. Pallé está trabajando en un artículo con los resultados.

#### *Participación en misiones espaciales*

En los últimos años el descubrimiento de nuevos exoplanetas y los últimos avances en el estudio de sus atmósferas no sólo están dándonos valiosa nueva información sobre la física de exoplanetas, sino que nos están permitiendo además poner las propiedades de los planetas de nuestro Sistema Solar dentro un contexto más global. Además, cada vez se está más cerca del objetivo final de este campo, que es encontrar

planetas con condiciones de habitabilidad similares a la Tierra. Un paso definitivo en esta dirección es la misión EChO (Exoplanet Characterization Observatory) de la ESA, propuesta para ser lanzada entre 2022 y 2024. Una vez lanzada, EChO revolucionará nuestro conocimiento sobre atmósferas de exoplanetas, desde gigantes gaseosos hasta planetas tipo rocoso como la Tierra. En estos momentos ya se ha finalizado con la fase de definición de la misión y, como miembros del Consorcio de EChO, el grupo está profundamente involucrado en estas etapas de ciencia preparatoria y contribuciones técnicas a la carga útil. E. Pallé ha sido concedido un proyecto de MICIIN “La misión EChO: atmósferas planetarias e implicaciones astrobiológicas”, para la preparación de la fase B de EChO. Para ello se planea trabajar en los próximos dos años en temas relacionados tanto con la ciencia de preparación de EChO como con aspectos tecnológicos de la misión. En particular, nuestras labores para la preparación y puesta en marcha de EChO y la subsecuente explotación de sus datos van a estar centradas en trabajos de definición y diseño de las operaciones del segmento de tierra de EChO, así como las “pipelines” de procesado de datos y el software de a bordo, como parte de las responsabilidades españolas dentro del consorcio de EChO para la Fase de Definición de la misión.

A principios de 2012, la ESA convocó propuestas para una pequeña misión espacial denominada ‘S-class’, y miembros del grupo participaron en dos propuestas: Por una, PlanetVision fue una propuesta principalmente hispano-belga para una misión combinando fotometría para caracterizar exoplanetas y asterosismología para las estrellas centrales, implementado sobre la plataforma del satélite INGENIO (un satélite español para observaciones terrestres) en una órbita tipo ‘trailing’. Un miembro de nuestro grupo (H. Deeg) fue encargado en coordinar el caso científico relacionado a exoplanetas. La otra misión es CHEOPS, liderado por un consorcio suizo, y también centrado en fotometría de sistemas con planetas conocidos. Mientras

‘PlanetVision’ llegó a ser uno de los finalistas, fue CHEOPS la única misión aceptada para un estudio más detallado. Desde principios del 2012 se ha ido desarrollando un simulador de las imágenes de dicha misión, CHEOPSim, y actualmente un miembro del grupo (R. Alonso, que ejerció de Mission Scientist en las primeras fases de la misión durante su postdoc en Ginebra) forma parte del grupo “Noise Task Force” para evaluar la precisión de CHEOPS. En la actualidad se está estudiando la posibilidad de una participación española en la carga útil de la misión, para formalizar la participación científica.

#### *Pequeños cuerpos del sistema solar de interés astrobiológico: asteroides primitivos*

Se publicaron 3 trabajos y hay otro en *Astronomy & Astrophysics* en proceso de revisión. Se destaca el trabajo publicado sobre espectroscopia visible e infrarroja de los asteroides primitivos tipo B (de León et al. 2012, “Near-infrared spectroscopic survey of B-type asteroids: Compositional analysis”) y el que está actualmente aceptado con observaciones del árbitro y presentado en un par de congresos internacionales (Alí-Lagoa et al. 2013, “Physical properties of B-type asteroids from WISE data”). Estos objetos son muy importantes, entre otras cosas por estar relacionados con los asteroides activados y porque dos objetos tipo B son objetivos de las misiones OSIRIS-Rex y MarcoPolo-R.

Se ha continuado con el trabajo de espectroscopia a 3 y 10 micras de asteroides primitivos y se han publicado 2 artículos (Licandro et al. 2012 *Astronomy & Astrophysics* 537, A73 y Hargrove et al. 2012, *Icarus* 2011, 453) con espectros tomados con Spitzer y el IRTF. Se ha obtenido tiempo en el telescopio GTC para obtener espectros en la banda N de asteroides de las poblaciones de Hildas y Cybeles en el período 2012b y 2013a. Lamentablemente las noches del 2012b se perdieron por mal tiempo. Se continúa trabajando en observaciones de SPITZER de otros asteroides primitivos, en particular sobre objetos de la familia de Veritas.

En 2011 se dio un paso muy importante desarrollando el software para determinar diámetros y albedos de asteroides a partir del uso de los datos proporcionados por la misión de NASA WISE. Durante 2012 se ha utilizado este para analizar diversas poblaciones de objetos. Hay un artículo en proceso de revisión (Alí Lagoa et al. 2013) y al menos 3 en preparación en colaboración con el Delbó.

Finalmente se ha obtenido tiempo en los telescopios GTC, TNF y IRTF y ya hay nuevos datos espectroscópicos de poblaciones de asteroides primitivos (tipo B, y familias colisionales como por ejemplo los Polanas).

#### *Interacción entre investigadores*

Un objetivo de PLANETAS07 ha sido la intensificación de la coordinación entre los investigadores de distintas áreas dentro del Proyecto. La introducción de una reunión semanal en el IAC, denominada "Exocafé" ha avanzado mucho en este sentido, con una presencia típica de 5-8 investigadores. En multitud de discusiones interesantes se han derivado varios proyectos concretos. En particular, varias de las observaciones de planetas con espectrofotometría en el telescopio GTC, descritas en otras secciones, han sido fruto de estas reuniones.

Debido a esta creciente interacción, ilusión y ebullición científica, a la conclusión del Proyecto estratégico iniciado hace tres años, se solicita la creación de un nuevo proyecto interno (no estratégico) titulado "Exoplanetas y Astrobiología" que reunirá a una mayoría de los antiguos miembros del proyecto estratégico, y al núcleo duro de las interacciones científicas.

**Colaboradores del IAC: J. Sánchez Almeida, A.L. Cabrera Lavers, A. García Hernández, F. Garzón López, E. Joven Alvarez, O. Zamora Sánchez, R.J. García López, A. Asensio Ramos, D. Fabbian, J. González Hernández, F. Gracia Temich, y R. Carrera Jiménez.**

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); A.E. García Pérez, 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, V.S. Smith (NOAO, EEUU); Y. Sun Lee (Univ. de Michigan, EEUU); M. Cropper (Univ. College London, Reino Unido), M.P. Ruffoni, J.C. Pickering (Imperial College, Reino Unido), K. Cunha (Obs. Nacional, Brasil).

#### **Introducción**

La espectroscopia 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

### **ABUNDANCIAS QUÍMICAS EN ESTRELLAS (P/301008)**

**C. Allende Prieto.  
R. Rebolo López, S. Meszaros, E. Fernández Alvar y D. García Alvarez.**



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 como 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 reducción de datos 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

La detección de una reducción en el periodo orbital del sistema de dos enanas blancas J0651 concuerda perfectamente con la predicción de la teoría de la relatividad de Einstein. Las medidas del sistema realizadas por el telescopio GTC son las que tienen una cadencia más rápida, y permiten confirmar de manera independiente el descubrimiento.

En verano de 2012 se cumple el primer año de operaciones de APOGEE, uno de los cuatro programas del Sloan Digital Sky Survey III. En tan solo un año el espectrógrafo de APOGEE ha obtenido más de 50.000 espectros, principalmente de gigantes rojas a lo largo y ancho del disco de la Vía Láctea. El equipo de desarrollo del software de análisis de los espectros de APOGEE está liderado por el IAC. Una de las primeras aplicaciones ha sido descubrir varias estrellas con abundancias de hierro cien veces inferiores a la solar en las partes centrales de la Galaxia.

## Evolución del Proyecto

A lo largo de 2012 se ha observado, haciendo uso de varios telescopios, la evolución del periodo orbital del sistema binario de dos enanas blancas descubierto por nuestro equipo el pasado año. Las observaciones, que incluyen secuencias fotométricas con el telescopio GTC en La Palma, han desvelado sin ambigüedades que el periodo orbital del sistema está reduciéndose a un ritmo de 0.25 milisegundos por año, en buen acuerdo con las predicciones de la teoría de la Relatividad de Einstein. Las enanas blancas en este sistema binario completan una órbita cada 12 minutos, y la orientación del sistema respecto a la Tierra hace que se produzcan eclipses cada seis minutos, cuando una estrella pasa por delante de la otra y viceversa. Los eclipses nos permiten medir la minúscula reducción en el periodo orbital asociada a la pérdida de energía por emisión de ondas gravitacionales. Este tipo de ondas, predichas por la teoría de la relatividad, no se han podido observar directamente todavía, pero este sistema ofrece la demostración indirecta más clara de su existencia.

Como parte de la participación del IAC en el Proyecto SDSS-III (Sloan Digital Sky Survey III), se han realizado estudios de grupos de estrellas del halo con distribuciones frías de velocidad a partir de observaciones del Proyecto SEGUE. En el marco del Programa APOGEE, se han completado sendos estudios sobre la barra central de

la Vía Láctea y las estrellas de más baja metalicidad presentes en las zonas centrales de la Galaxia. Se han calculado y publicado nuevas mallas de modelos de atmósfera con abundancias de carbono y elementos  $\alpha$  que se desvían de las proporciones solares. También se ha realizado un análisis de la cinemática de estrellas gigantes rojas que ha permitido medir con precisión exquisita la rotación del disco de la Galaxia en la vecindad solar.

Se ha seguido de cerca la evolución del Proyecto HETDEX, que está construyendo un instrumento capaz de obtener hasta 30.000 espectros simultáneos haciendo uso de 75 espectrógrafos acoplados al telescopio Hobby-Eberly de 10 m de diámetro en el Observatorio McDonald (EEUU). Se realizó un estudio sobre la información que estos espectros, de baja resolución, pueden ofrecer para el estudio de las poblaciones estelares de la Vía Láctea, incluyendo las poblaciones de enanas blancas, y se presentó en la reunión de la Sociedad Americana de Astronomía, que tuvo lugar en enero en Austin, Texas. También se participó en la reunión de la colaboración BigBOSS que tuvo lugar en octubre en París, donde se presentaron dos estudios sobre la ciencia estelar y la calibración espectrofotométrica. BigBOSS es otro ambicioso proyecto de cartografiado espectroscópico con participación española, liderado por el Laboratorio Nacional Lawrence Berkeley de EEUU.

análisis de datos. Las predicciones se basan en simulaciones numéricas hidrodinámicas 3D con el código CO5BOLD.

En 2012 se realizó también un estudio exhaustivo de la abundancia de Li en unas 800 estrellas de la vecindad solar utilizando espectros de alta resolución y alta señal a ruido. Estas estrellas pertenecen al disco delgado, al disco grueso, y al halo de la Galaxia. El Li se destruye con facilidad por reacciones nucleares en la base de la zona de convección externa en estrellas de baja masa, y proporciona información de gran utilidad sobre la estructura y evolución de las estrellas. En este estudio se ha identificado un rango de parámetros estelares en el que todas las estrellas presentan abundancias muy altas o muy bajas de Li, sin puntos medios. Nuestro análisis también indica que no hay correlación entre las abundancias de Li y la presencia de planetas alrededor de las estrellas.

Finalmente, se hicieron importantes avances en el desarrollo de software para el Proyecto GAIA-ESO, para el que el Observatorio Europeo Austral (o European Southern Observatory) ha reservado 300 noches de observación con uno de los telescopios de 8 m del VLT (Very Large Telescope). Este programa complementará las observaciones de la misión GAIA con espectroscopia desde tierra de resolución intermedia y alta para unas 100.000 estrellas.

**MEMORIA  
2012 IAC**

138

Se completó un estudio teórico sobre la convección en la superficie de estrellas de tipo tardío y sus implicaciones para la medida de velocidades radiales con el espectrógrafo RVS (Radial Velocity Spectrometer) a bordo de la misión GAIA, que se lanzará al espacio a finales de 2013. En este estudio se han calculado los desplazamientos efectivos esperados en el rango espectral del RVS como consecuencia de la convección superficial, para poder corregir las distorsiones que producen en el

# EL SOL Y EL SISTEMA SOLAR

## ESPECTROPOLARIMETRÍA SOLAR (P/309902)

E. Khomenko.

**M. Collados Vera, N. Vitas, I. Calvo Santamaría, I. Arregui Uribe-Echevarria, A. Pastor Yabar, C.C. Quintero Noda, C. Kuckein, V. Martínez Pillet, B. Ruiz Cobo, A.J. Díaz Medina, M.J. Martínez González, A. de Vicente Garrido, C. Beck y M. Luna Bannasar.**

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, R. Rezaei (Kiepenheuer Inst. für Sonnenphysik, Alemania); S.K. Solanki, A. Gandorfer (MPI für Sonnensystemforschung, Alemania); P. Cally (Univ. de Melbourne, Australia); M. Stangalini (Univ. Tor Vergata, Roma, Italia), C. Beck (Sac Peak, EEUU), C. Kuckein (Potsdam, Alemania).

### Introducción

La finalidad de este Proyecto es estudiar diversas manifestaciones del campo magnético que se pueden observar en la atmósfera solar. Éstas 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.
- Estudio del magnetismo solar.

La finalidad última de estos estudios es avanzar en el conocimiento de los siguientes aspectos:

- Estabilidad 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 débiles.

### Hitos

**Se ha medido por primera vez la estructura de un tubo de flujo magnético en la red magnética solar a partir de las observaciones de Sunrise/IMaX.** A partir de datos obtenidos con este instrumento, se analizó la asimetría espectral de los perfiles de Stokes V (polarización circular) en un elemento magnético aislado de la red magnética fotosférica. La asimetría aumenta desde valores muy pequeños en el centro de la estructura hasta casi el 100% en los bordes. Esta estructura es compatible con la expansión del campo magnético con la altura, requisito necesario para cumplir el equilibrio de presiones y la conservación de flujo magnético en la atmósfera solar. La inversión de los perfiles de Stokes I y V ha confirmado este resultado, ya que de ellas se ha obtenido un aumento de la altura de las “canopies” a distancias mayores del centro

MEMORIA  
IAC 2012

139

de la estructura con un gradiente de campo magnético negativo. Sin embargo, la forma no simétrica de la estructura y la presencia de asimetría negativa del área y amplitud de Stokes V revelan que la situación es más compleja que un tubo de flujo canónico expandiéndose con la altura y rodeado por flujos descendentes.

**Por medio del archivo histórico de datos obtenidos con el Tenerife Infrared Polarimeter en el telescopio VTT, se ha estudiado la variación de la intensidad media del campo magnético de las manchas solares** durante el ciclo 23 y el comienzo del 24. Se analizó una muestra de 183 manchas solares observadas desde 1999 hasta 2011 y se ha encontrado una tendencia sistemática en las manchas solares en la etapa tardía del ciclo 23, de manera que tienden a tener campos magnéticos más débiles. El ritmo de disminución de la intensidad de campo es de aproximadamente 94 G/año y está por encima de las fluctuaciones estadísticas de la serie (14 G/año). En el mismo intervalo de tiempo, la intensidad del continuo de las umbras aumenta a un ritmo de 1,3 ( $\pm$  0,4)% por año. Las manchas solares en el nuevo ciclo 24 muestran intensidades de campo más altas e intensidades del continuo más bajas que las que aparecen al final del ciclo 23, interrumpiendo la tendencia. Se concluye que las manchas solares tienen una intensidad de campo intrínsecamente más débil y una umbra más brillante en las últimas etapas de los ciclos solares en comparación con sus etapas iniciales, sin ningún cambio significativo en su área. El aumento brusco de la intensidad de campo en las manchas del nuevo ciclo sugiere que las variaciones cíclicas dominan sobre cualquier otra tendencia a largo plazo.

**Se ha propuesto un modelo eficiente para explicar las altas temperaturas cromosféricas.** Se estudió el calentamiento de la cromosfera magnetizada solar inducido por la gran fracción de átomos neutros presentes en esta capa. La presencia de partículas neutras, junto con la disminución con la altura del acoplamiento por colisiones,

conduce a desviaciones del comportamiento magnetohidrodinámico clásico del plasma cromosférico, dando lugar a un movimiento neto entre las componentes neutra e ionizada, conocido como difusión ambipolar. La disipación de corrientes en la cromosfera se ve reforzada varios órdenes de magnitud debido a la acción de la difusión ambipolar, en comparación con el caso clásico de difusión óhmica. A raíz de estos resultados, se ha propuesto que una cantidad significativa de energía magnética puede ser liberada en la cromosfera por la presencia de campos magnéticos no-potenciales con una intensidad de tan solo 10-40 G. Como consecuencia, se concluye que la difusión ambipolar es un proceso importante que debe ser incluido en modelos de calentamiento cromosféricos, ya que tiene el potencial de calentar rápidamente la cromosfera.

## **Evolución del Proyecto**

### *Magnetismo del “Sol en calma”*

A partir de los datos de Sunrise/IMaX se ha analizado la asimetría espectral de los perfiles de polarización circular en un elemento magnético aislado de la red magnética fotosférica. La asimetría aumenta desde valores muy pequeños en el centro de la estructura hasta casi el 100% en los bordes. Esta estructura es compatible con la expansión del campo magnético con la altura. La inversión de los datos confirma esta visión, revelando el aumento de altura de las “canopies” al alejarse del centro de la estructura. Sin embargo, la forma no redonda de la estructura y la presencia de asimetría negativa en área y amplitud del perfil de polarización circular revelan que la situación es más compleja que la de un tubo de flujo canónico expandiéndose con la altura, rodeado por flujos descendentes de materia.

Se han estudiado las propiedades de la granulación solar en una región facular desde la fotosfera hasta la cromosfera baja, para investigar la dependencia de la estructura granular con la intensidad del campo magnético. El estudio se ha hecho con datos

de la VTT, usando los instrumentos TESOS y TIP simultáneamente. Se ha encontrado que la altura a la que se produce el fenómeno de granulación “inversa” es unos 100 km mayor en las regiones faculares que en el “Sol en calma”, y la correlación entre las variaciones de velocidad e intensidad granular se conserva hasta mayor altura también. El fuerte campo magnético de la zona facular parece estabilizar la convección y hacer el transporte de energía más eficaz en las capas superiores de la atmósfera solar, ya que los elementos convectivos alcanzar mayores alturas.

A partir de datos de Sunrise/IMaX se han hecho estadísticas sobre la cantidad y la distribución espacial de los arcos magnéticos a pequeña escala (400 km) en la fotosfera solar. Se han identificado unos 497 arcos. El análisis ha demostrado que estos dipolos pequeños no aparecen de manera uniforme sobre la superficie solar: su distribución espacial es más bien filamentosa y agrupada, y existen zonas de señal magnética muy baja con falta de organización estructural (zonas de calma absoluta). La existencia de estas áreas de calma absoluta no se pueden explicar cómo fluctuaciones estadísticas de un proceso de Poisson espacial. Se argumenta que esta es una característica intrínseca del mecanismo que genera los campos magnéticos en el “Sol en calma”.

Los datos de Sunrise/IMaX relevan en mucho detalle la evolución de un dipolo magnético fotosférico a escala intermedia, desde su emergencia hasta su descomposición. El flujo magnético del dipolo es de  $6 \times 10^{17}$  Mx, lo cual lo sitúa entre los dipolos a escala granular y los de regiones efímeras débiles. Los pies se separan a una velocidad de  $3,5 \text{ km s}^{-1}$  y alcanzar una distancia máxima de 4,5 Mm antes de que el campo se disuelva. La morfología general y comportamiento están de acuerdo con los análisis previos de las estructuras bipolares emergentes a escala granular, pero también se encontraron varias similitudes con las estructuras de flujo emergentes a mayores escalas. La tasa de aumento de flujo es de  $2,6 \times 10^{15} \text{ Mx s}^{-1}$ ,

mientras que la tasa de decaimiento es de un orden de magnitud más pequeña. Se ha detallado la fase de descomposición de los pies del bipolo, con la rotura en pequeñas estructuras y la interacción de éstas con los campos ya existentes hasta su cancelación. Esta evolución parece estar dominada por un proceso difusivo aún no identificado que elimina la mayor parte del flujo.

Los datos de Sunrise/IMaX han permitido también estudiar la emergencia de campo magnético en un área con un número significativo de gránulos explosivos. Se encontraron dos escalas meso-granulares donde emergen  $10^{18}$  Mx de flujo magnético. La aparición de campos longitudinales unipolares débiles ( $\sim 100 \text{ G}$ ) comienza con una sola polaridad magnética visible, que ocupa la parte superior de sus respectivos gránulos. Tras un tiempo, comienzan a aparecer polaridades mixtas que se concentran en las zonas intergranulares. Todo el proceso dura unos 20 min. Las simulaciones numéricas MHD muestran procesos similares.

#### *Propagación de ondas en estructuras magnéticas y “Sol en calma”*

Se han analizado estadísticamente las distribuciones de fluctuaciones de intensidad en función de la longitud de onda para las líneas de Ca II H y de Ca II infrarrojo en  $854,2 \text{ nm}$ , para evaluar la cantidad de energía contenida en dichas fluctuaciones. Se han encontrado fluctuaciones de intensidad con amplitud de  $0.6 (1.2) \text{ W m}^{-2} \text{ ster}^{-1} \text{ pm}^{-1}$  en el núcleo de Ca II IR (Ca II H) y valores más bajos en las alas de estas líneas. Los valores de temperatura de brillo, correspondientes a estas variaciones de intensidad, están por debajo de  $100 \text{ K}$  para la fotosfera y llegan hasta  $500 \text{ K}$  en la cromosfera. Se concluye que el contenido de energía de las fluctuaciones de intensidad es insuficiente para crear una elevación de temperatura cromosférica similar a la que tienen la mayoría de los modelos de referencia de la atmósfera solar. El aumento de las fluctuaciones con altura indica la presencia de la propagación de ondas acústicas hacia

arriba, con amplitud creciente. La diferencia entre las distribuciones de variación de intensidad entre las regiones magnéticas y en calma indica la existencia de algún mecanismo que actúa únicamente en plasma magnetizado.

Se ha estudiado la conversión de las ondas magneto-acústicas rápidas a ondas Alfvén por medio de simulaciones numéricas 2.5D en una configuración de campo magnético similar a una mancha solar. Las ondas rápidas (acústicas) que se propagan desde las capas sub-fotosféricas hacia arriba a través de la capa de equipartición se transforma en una magnética, la cual se refracta y se refleja. Alrededor de la altura de reflexión, esta onda rápida se transforma a una Alfvén. La eficiencia de transformación depende de la inclinación y azimut del vector de campo magnético con respecto a la dirección de propagación de la onda. La conversión a ondas Alfvén resulta ser particularmente importante para campos fuertemente inclinados, como los que existen en las penumbras de manchas solares. Igualmente importante es el azimut. Para valores de azimut menores de 90 grados, se generan ondas Alfvén que se propagan hacia arriba, mientras para valores mayores, se generan ondas que se propagan hacia abajo. Los flujos de energía asociados a las ondas de Alfvén pueden ser tan grandes como los acústicos.

Se ha investigado teóricamente la influencia de la geometría magnética de filamentos solares en las oscilaciones longitudinales de gran amplitud. Se ha representado un filamento como un conjunto de tubos delgados (threads) fríos incrustados en una corona caliente. Se han encontrado los modos propios del sistema y se ha establecido que las oscilaciones longitudinales observadas se describen bien por el modo fundamental. También se ha encontrado que los modos normales son casi independientes de la geometría de las regiones calientes de los tubos. Se concluye que las oscilaciones longitudinales de gran amplitud observadas son impulsadas por la proyección de la gravedad en la dirección de los tubos de

flujo y están fuertemente influenciadas por la curvatura del campo magnético en el que residen los threads.

#### *Manchas solares y regiones activas*

Por medio del archivo histórico de datos del Polarímetro Infrarrojo Tenerife (TIP) obtenidos en el telescopio VTT, se ha estudiado la variación de la intensidad media del campo magnético de las manchas solares en el ciclo 23 y el comienzo del 24. Se analizó una muestra de 183 manchas solares observadas desde 1999 hasta 2011. Se ha encontrado una tendencia sistemática en las manchas solares en las etapas finales del ciclo 23, con campos magnéticos más débiles. Esta disminución en la intensidad de campo con el tiempo es de aproximadamente 94 G/año y es mayor que las fluctuaciones estadísticas de la serie (14 G/año). En el mismo intervalo de tiempo, la intensidad del continuo de la umbra aumenta a un ritmo de 1,3 ( $\pm 0,4$ ) % al año. Las manchas solares muestran al comienzo del ciclo 24 intensidades de campo más altas e intensidades de continuo más bajas que las del final del ciclo número 23, interrumpiendo la tendencia. Se concluye que las manchas solares tienen una intensidad de campo intrínsecamente más débil y una umbra más brillante en las últimas etapas de los ciclos solares en comparación con sus etapas iniciales, sin ningún cambio significativo en su área. El aumento brusco de la intensidad de campo en las manchas del nuevo ciclo sugiere que las variaciones cíclicas son dominantes sobre cualquier otra tendencia a largo plazo.

Se ha determinado la torsión y helicidad magnética de filamentos situados en la penumbra interna de manchas solares, a partir de datos de HINODE. Para ello se ha construido un modelo geométrico tridimensional y se ha aplicado un algoritmo genético para minimizar la divergencia de campo magnético y la fuerza neta magnetohidrodinámica, alcanzándose una solución libre de fuerzas en aquellas zonas que así lo permiten. Se ha evaluado la capacidad de diagnóstico de dos parámetros que se utilizan frecuentemente

en la literatura para medir la helicidad y la fuerza magnética, demostrando que solo son indicadores cualitativos. El torque local muestra valores significativos sólo en las fronteras de filamentos penumbrales brillantes, con signos opuestos en cada lado. Estas ubicaciones coinciden con la presencia de grandes corrientes eléctricas. El retorcimiento medio de los filamentos penumbrales es generalmente pequeño.

Se han investigado las propiedades de una estructura de la cromosfera solar en una región activa para averiguar si sus características son consistentes con un flujo de sifón en un bucle magnético lleno de material cromosférico. Para ello, se han utilizado datos de los instrumentos TIP-II y POLIS de la VTT, con los que realizaron medidas simultáneas en las líneas espectrales cromosféricas de Ca II H, y He I 1083 nm y las fotosféricas cercanas a éstas. Se ha obtenido que el extremo interior de la estructura se encuentra en la penumbra de una mancha solar y en él existe un flujo de material hacia abajo. La velocidad del flujo cae abruptamente desde unos 40 km/s a cero al adentrarse en la penumbra. En el extremo exterior de la estructura, las líneas fotosféricas revelan un flujo de material hacia arriba. La señal de polarización cerca del extremo exterior muestra una polaridad opuesta a la de la mancha, una intensidad de campo magnético de 580 G, aproximadamente la mitad que en el extremo interior. La estructura existe durante aproximadamente 90 min. Se concluye que las velocidades observadas están de acuerdo con las predicciones teóricas de las corrientes de sifón cromosféricas y coronales.

### *Cromosfera*

Se han analizado datos espectropolarimétricos obtenidos con el polarímetro TIP en la VTT, en la línea cromosférica de He I 1083 nm, en espículas y protuberancias solares. Las observaciones muestran perfiles de polarización lineal que se producen por procesos de dispersión en presencia de campo magnético. Tras una cuidadosa reducción de los datos, éstos muestran

la existencia de perfiles de Stokes V extremadamente asimétricos en espículas. Estos perfiles han sido ajustados por un modelo con dos componentes magnéticas a lo largo de la línea de visión.

Se ha deducido la estructura magnética, desde la fotosfera hasta la cromosfera, de un filamento situado en la región activa NOAA 10781, observada con el polarímetro TIP en la VTT. Se han encontrado flujos descendentes presentes por doquier en las fáculas que rodean el filamento. En la región del filamento se encuentran flujos ascendentes de unos 0.15 km s<sup>-1</sup>. En la cromosfera, la situación es diferente para los dos días de observación. El primer día de observación, la porción cromosférica del filamento se mueve hacia arriba como un todo con una velocidad media de 0.24 km s<sup>-1</sup>. Sin embargo, dos días más tarde sólo muestran un flujo ascendente las capas que están encima de una penumbra huérfana, mientras que el resto del filamento está dominado por los mismos flujos descendentes observados en otras partes de la región facular. El patrón de velocidad observado en este filamento sugiere fuertemente un escenario donde los campos transversales son en su mayoría dominados por flujos ascendentes. El grueso del filamento se ve emerger en las dos alturas, fotosfera y cromosfera, con algunas excepciones en la cromosfera.

Este trabajo se completó con el análisis de magnetogramas de SOHO/MDI y con imágenes de BBSO y TRACE, para estudiar la evolución del filamento y su región activa, encontrando que el vector de campo magnético en la cromosfera estaba fuertemente cizallado (paralelo al eje del filamento), mientras que las líneas de campo fotosféricas de debajo tenían una configuración de polaridad inversa. El vector de campo magnético inferido en el filamento sugiere una topología magnética de cuerda. Además, las observaciones indican que el filamento se divide en dos partes, una que se encuentra en la cromosfera y la otra que queda atrapada en la fotosfera. Por lo tanto, sólo la parte superior de la estructura helicoidal se "ve" con las líneas de helio.

En otro trabajo se calculó la estructura tridimensional de un filamento a partir de extrapolaciones libres de fuerza no lineales, basadas en observaciones simultáneas de la fotosfera y de la cromosfera (TIP/VTT). Las dos extrapolaciones se han llevado a cabo independientemente y se han comparado los resultados en las alturas donde se solapan. Este método abre nuevas posibilidades de diagnóstico. Las extrapolaciones revelan un filamento formado por una cuerda retorcida de flujo magnético cuyo eje se encuentra alrededor de 1.4 Mm por encima de la superficie solar. Las líneas de campo retorcidas dan un poco más de una vuelta a lo largo de la parte observada del filamento.

#### *Magnetismo estelar*

Se han derivado expresiones exactas para el grado de polarización lineal sobre un disco estelar resuelto o integrado, debido a dispersión resonante y efecto Hanle para una distribución dipolar o cuadrupolar del campo magnético. Para un dipolo no resuelto, la polarización resultante se puede expresar en términos de parámetros que sólo dependen del ángulo de inclinación y la intensidad efectiva del dipolo. Se han calculado ejemplos de campo en forma de cuadrupolos y dipolos alineados, pero el formalismo desarrollado puede fácilmente ser aplicado a otras configuraciones de campo más generales.

La observación de la polarización de una estrella rotante en diferentes fases abre la posibilidad para deducir el campo magnético en su superficie, gracias a la conocida técnica de "Zeeman-Doppler Imaging". Cuando el campo magnético es lo suficientemente débil, los perfiles de polarización circular y lineal son proporcionales a las derivadas primera y segunda del perfil de intensidad, respectivamente. Se ha demostrado que la aproximación de campo débil (para las líneas débiles en el caso de polarización lineal) se puede generalizar al caso de una estrella rotante incluyendo el efecto Doppler y teniendo en cuenta la integración sobre la superficie estelar. Se han expresado los

perfiles de Stokes en forma de desarrollo en serie de polinomios de Hermite. Estos términos dependen del campo magnético integrado sobre la superficie y de las componentes de la velocidad. Además, se demuestra que, en una estrella rotante, el flujo de polarización circular depende del flujo y de la derivada de éste. Del mismo modo, la polarización lineal depende del perfil del flujo y de sus derivadas primera y segunda.

#### *Técnicas de análisis de datos*

Se ha analizado la robustez de los resultados de las asimetrías de polarización circular obtenidas después de la aplicación de técnicas de reconstrucción de imágenes basadas en la diversidad de fase. Se han utilizado varios modelos de magneto-convección, obtenidos con diferentes condiciones iniciales, para sintetizar espectros de la línea de Fe I en 525,02 nm. Tras degradar los perfiles sintéticos reproduciendo el esquema observacional de IMaX, se ha aplicado la reconstrucción de las imágenes sintéticas degradadas y se han comparado con las originales. A pesar de que las asimetrías son a menudo difíciles de definir en el "Sol en calma" debido a la complejidad de los perfiles de Stokes V, se muestra cómo las asimetrías se degradan espacial y espectralmente. Los resultados indican que, aunque las técnicas de reconstrucción de imágenes reducen la degradación espacial, pueden modificar las asimetrías de los perfiles debido principalmente a la aparición de ruido correlacionado espacialmente.

La extracción de información sobre el campo magnético y la termodinámica a partir de observaciones espectropolarimétricas se basa en la suposición de un modelo parametrizado atmosférico cuyos parámetros son deducidos por comparación con las observaciones. A menudo, la elección del modelo atmosférico subyacente se basa en razones subjetivas. En otros casos, los modelos se eligen basándose en razones objetivas (ej. la necesidad de explicar las asimetrías en los perfiles de



Stokes), pero no está claro qué grado de complejidad es necesario. La ausencia de un criterio objetivo útil para comparar modelos a veces conduce a puntos de vista opuestos sobre el magnetismo solar porque los escenarios físicos inferidos son esencialmente diferentes. Para resolver esta arbitrariedad se ha presentado una manera de comparación cuantitativa de diferentes modelos basada en el cálculo Bayesiano. Los resultados muestran que no hay un único modelo adecuado que explique todos los perfiles observados. Los datos con moderada relación señal-ruido (S/N) dan prioridad a modelos sin gradientes a lo largo de la línea de visión. Si las observaciones muestran claras señales de polarización circular y lineal por encima del nivel de ruido, los modelos con gradientes a lo largo de la línea son los preferidos. Como regla general, las observaciones con grandes S/N favorecer modelos más complejos.

#### *Ionización parcial*

Se estudió, bajo un punto de vista teórico, la modificación del criterio clásico para la aparición de la inestabilidad de Rayleigh-Taylor (RTI), así como su ritmo de crecimiento en un régimen lineal, en un plasma parcialmente ionizado bajo la descripción de dos fluidos. En este caso, el plasma se supone compuesto de un fluido neutro y otro fluido de cargas (electrones e iones) acopladas por medio de colisiones. En estas condiciones, se han derivado las ecuaciones generales y las condiciones en la discontinuidad, encontrando que tanto la compresibilidad como las colisiones de iones y neutros reducen la tasa de crecimiento lineal, pero no afectan al umbral crítico de la aparición de la RTI. La configuración es siempre inestable cuando un plasma ligero está situado debajo de un plasma más denso, independientemente del valor de la intensidad de campo magnético, el grado de ionización, y la frecuencia de colisiones entre iones y neutros. Sin embargo, las colisiones entre iones y neutros tienen un fuerte impacto en el ritmo de crecimiento de la inestabilidad, que puede disminuir en un

orden de magnitud en comparación con el valor en el caso no colisional. La escala de tiempo para el desarrollo de la inestabilidad es mucho más grande que en el caso clásico incompresible totalmente ionizado.

Se ha hecho también un estudio de la inestabilidad Kelvin-Helmholtz (KHI) para el caso de un plasma parcialmente ionizado. Se ha encontrado que, en el caso incompresible, la KHI está presente para cualquier velocidad de cizalladura, independientemente del valor de la frecuencia de colisiones. En el caso compresible, el desarrollo de la inestabilidad depende en gran medida de los parámetros del plasma, especialmente de la frecuencia de colisiones y el contraste de densidad. Para el caso particular de los penachos turbulentos de protuberancias, se llega a la conclusión de que velocidades sub-Alfvénicas pueden desencadenar la inestabilidad KHI gracias al acoplamiento entre iones y neutros.

Se realizó un estudio sobre el calentamiento de la cromosfera magnetizada solar inducido por la gran fracción de átomos neutros presentes en esta capa. La presencia de especies neutras, junto con la disminución con la altura del acoplamiento por colisiones, lleva a desviaciones del comportamiento magnetohidrodinámico clásico del plasma cromosférico. Aparece un movimiento neto entre los componentes neutros e ionizados, conocido como difusión ambipolar y la disipación de las corrientes en la cromosfera se ve reforzada órdenes de magnitud debido a la acción de difusión ambipolar, en comparación con el caso clásico de difusión óhmica. A raíz de este resultado, se ha propuesto que una cantidad significativa de energía magnética puede ser liberada en la cromosfera por la presencia de campos magnéticos no potenciales con una intensidad de tan solo 10-40 G. Como consecuencia, se ha concluido que la difusión ambipolar es un proceso importante que debe ser incluido en modelos de calentamiento cromosféricos, ya que tiene el potencial para calentar rápidamente la cromosfera.

## *Instrumentación*

Se ha continuado con la participación en varios desarrollos instrumentales, tales como el espectrógrafo del telescopio GREGOR, la preparación de IMAx para el segundo vuelo de Sunrise o algunos aspectos del diseño de EST.

## **FÍSICA DE LA MATERIA INTERPLANETARI (P/300004)**

**J. Licandro.**

**M. Serra Ricart, A. Oscoz Abad, O. Vaduvescu y V.M. Alí Lagoa.**

J. de León Cruz (ULL); V. Lorenzi (CGG, TNG); H. Campins, Y. Fernández (UCF, EEUU); P. Alonso (NASA-AMES, EEUU); J.L. Ortiz, R. Duffard (IAA, Granada); A. Morbidelli, M. Delbó (Obs. de la Côte d'Azur, Francia); A. Alvarez Candal (ESO, Chile); J. Fernández, G. Tancredi (UDELAR, Uruguay); G.P. Tozzi, G. Strazzulla (INAF/O. Catania, Italia); M. Melita (IAFE, Argentina); R. Gil-Hutton (CASLEO, Argentina); E. Unda-Sanzana (UCN, Chile).

## **Introducción**

Este Proyecto estudia las propiedades físicas de una serie de poblaciones de cuerpos menores del Sistema Solar (objetos trans-neptunianos, Centauros, cometas y asteroides cercanos a la Tierra), de los asteroides primitivos en particular de los del cinturón externo relacionados (ej. los Troyanos), de los objetos transicionales asteroide-cometa, y de sus interrelaciones. La información que se obtenga de estos objetos es crucial para comprender el origen y evolución de nuestro sistema planetario.

Los objetos trans-neptunianos (TNOs en inglés), Centauros y los cometas son tres poblaciones diferentes pero estrechamente relacionadas de planetesimales remanentes de las primeras épocas del Sistema Solar, formados en la región del disco protoplanetario donde se encuentran los planetas gigantes y hasta unas 50 UA del

Sol. Los TNOs se han formado en una región plana más allá de Neptuno conocida como cinturón transneptuniano o de Edgeworth-Kuiper y a partir del descubrimiento del primero de ellos en 1992 se han transformado en uno de los objetos de mayor interés entre los estudiosos del Sistema Solar, ya que son una fuente de información invaluable sobre la composición y condiciones reinantes en esa región de la nebulosa pre-solar. Debido a perturbaciones gravitacionales y a colisiones mutuas, algunos TNOs se difunden hacia órbitas que están en la región de los planetas gigantes transformándose en Centauros. Finalmente algunos Centauros, debido a perturbaciones planetarias (principalmente causadas por Júpiter) pasan a órbitas de período corto, con afelios próximos a la órbita de Júpiter, y se transforman en cometas de la familia de Júpiter (FJ). Por otra parte, los cometas de largo período (LP) y los de tipo Halley provienen de una región esférica en la periferia del Sistema Solar conocida como Nube de Oort. Los objetos en la nube sufren perturbaciones gravitacionales debido al campo gravitatorio de la galaxia, al pasaje del Sol por nubes moleculares o por el pasaje cercano de estrellas. Estas perturbaciones hacen que algunos objetos sean enviados nuevamente hacia la región interna del Sistema Solar, pasando en algunos casos por las cercanías del Sol en órbitas muy excéntricas (cometas LP). Todos estos objetos, TNOs, Centauros y cometas, tienen un origen común en la zona externa del disco protoplanetario, y su estudio nos revela importante información sobre el estado de la materia en esta región y sobre los procesos que han tenido lugar desde los orígenes del Sistema Solar. Asimismo, recientes modelos dinámicos sugieren que los asteroides tipo D, que pueblan el cinturón externo en particular la población de asteroides Troyanos, Hildas y Cybeles, podrían ser TNOs dispersados en las primeras épocas del Sistema Solar.

Otros cuerpos de interés son los objetos cercanos a la Tierra (conocidos como NEOs en inglés), que constituyen una población de cuerpos menores (asteroides y cometas) cuyas órbitas les permiten aproximarse

periódicamente e incluso interceptar la órbita de nuestro planeta. Se trata de una población de objetos que no se han formado en las órbitas que ocupan actualmente, sino que provienen mayormente del Cinturón Principal de asteroides, y en menor medida, de la población de cometas FJ. El estudio de los NEOs tiene una relevancia significativa desde el punto de vista astrofísico en la medida de que nos permiten comprender los mecanismos de transferencia de objetos a esta población y de cómo está compuesta. También porque son, junto con los cometas, los precursores de la enorme mayoría de los meteoritos y meteoros. Dada la cercanía con nuestro planeta, diversas misiones espaciales se han dirigido y se dirigirán en el futuro cercano (ej. NEAR o Deep Space 1), hacia el estudio detallado de NEOs y cometas. Pero éstas sólo pueden acceder a un número muy limitado de objetos, por lo que para tener una comprensión global de los NEOs es imprescindible el estudio de un número significativo de miembros de la población desde Tierra. También hay que destacar que los NEOs no sólo presentan un interés meramente astrofísico, sino que, dado que pueden colisionar con la Tierra (de hecho muchos de ellos lo han hecho en la historia reciente de nuestro planeta), presentan un interés desde el punto de vista de la seguridad y el desarrollo de nuestra civilización. El reciente desarrollo de diversos programas de búsqueda y seguimiento de NEOs potencialmente peligrosos, y el reconocimiento de la importancia de su estudio por el Consejo Europeo en su resolución de enero de 1996 a favor del desarrollo de programas internacionales para la búsqueda y caracterización física de los NEOs, son muestras inequívocas de la importancia que le da la comunidad internacional al estudio de estos objetos.

El grupo está integrado en un grupo internacional de estudio de los NEOs llamado EURONEAR (European Near Earth Asteroid Research). Nacido en 2006 este programa es un intento de unir a todos los grupos europeos que trabajan en el área para formar una red coordinada para su estudio. Actualmente la integran 16 instituciones de 9 países.

Además de los cometas desactivados que se pueden encontrar en la población de NEOs, existe una población de objetos cuyas características no permite establecer claramente su naturaleza asteroidal o cometaria, son los objetos transicionales asteroide-cometa. Entre los objetos transicionales se encuentran los asteroides en órbitas cometarias (ACOs) y los asteroides activados (entre los que destacan los llamados Main Belt Comets).

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, un array de 640x480 microbolómetros. Este detector puede ser utilizado en diferentes misiones a pequeños cuerpos del Sistema Solar en las que el grupo está involucrado: Marco Polo-R y Trojan Odyssey, presentadas en 2010 al llamado de ESA Cosmic Vision y OSIRIS-Rex de NASA. MP y OR son misiones a un NEA primitivo y TO es una misión que sobrevolará varios asteroides Trojanos e Hildas. Pero este desarrollo además se utilizará en la cámara infrarroja de la misión de JAXA JEM-EUSO que volara en 2016 a la ISS.

Programas específicos:

#### *Propiedades físicas de los núcleos cometarios*

Este trabajo consiste principalmente en la determinación del tamaño de un número significativo de núcleos de cometas de la FJ para estudiar su distribución, y de la determinación de las propiedades rotacionales de algunos núcleos cometarios, principalmente de cometas de la FJ, y el estudio de posibles variaciones de éstas (en particular del período de rotación). La determinación del tamaño de los núcleos se realiza haciendo fotometría CCD con telescopios de medio y gran tamaño (incluido el VLT) de los cometas a grandes distancias heliocéntricas donde se los presume sin actividad cometaria, asumiendo un valor para el albedo se estima el radio efectivo. Hay que destacar que se está participando en un

programa de gran alcance con el telescopio espacial SPITZER para determinar con precisión el tamaño y albedo de una centena de cometas.

El estudio de las propiedades rotacionales, que se realiza obteniendo series fotométricas con CCDs, proporciona valiosa información sobre la estructura interna del núcleo (distribución de momentos de inercia, densidad y calidad del material).

#### *Propiedades superficiales de TNOs, Centauros y núcleos cometarios*

El estudio de las propiedades superficiales (composición mineralógica) es de gran importancia para determinar la composición original y posibles diferencias en las distintas regiones donde se han originado, y para estudiar los diversos procesos que afectan y modifican la superficie de los objetos helados del Sistema Solar y relacionarlos con las condiciones de irradiación y densidad de objetos en el cinturón transneptuniano. El mismo se realiza básicamente por medio de la fotometría multibanda o la espectroscopia visible e infrarrojo. En los últimos años el grupo está llevando a cabo un programa espectroscópico con grandes resultados en el infrarrojo cercano utilizando principalmente el telescopio TNG, al que se le ha complementado con espectroscopia en el visible tanto en el telescopio TNG como en los telescopios WHT y NOT. La espectroscopia en el infrarrojo es particularmente importante ya que permite detectar hielos superficiales como el hielo de agua y el metano, que producen profundas bandas de absorción en las bandas H y K. Este programa hace uso de las propiedades únicas del espectrógrafo infrarrojo del telescopio TNG, NICS, que dada su baja resolución y alta eficiencia permite obtener espectros de objetos débiles con S/N similares a los obtenidos con el telescopio Keck en tiempos de exposición comparables. En este tiempo se han obtenido los primeros espectros infrarrojos de un núcleo cometario (28P/ Neujmin 1 y 124P/ Mrkos), espectros de varios TNOs y Centauros, e incluso para el caso de dos Centauros se ha estudiado en detalle posibles variaciones espaciales

de sus propiedades superficiales. Hay que destacar el reciente descubrimiento de que la superficie de uno de los mayores TNOs conocidos, 2005 FY9, es muy similar a la de Plutón, con una abundante presencia de hielo de metano. Este estudio debe continuar para obtener resultados sobre un número significativo de objetos que nos permita trabajar con modelos de formación de mantos de radiación y efectos colisionales como el de Gil-Hutton. Este programa se ha ampliado en 2008 para estudiar asteroides primitivos tipo D con posible origen transneptuniano. También se ha ampliado el rango de longitudes de onda al infrarrojo medio y térmico.

#### *Propiedades superficiales y rotacionales de los NEOs y objetos transicionales asteroide-cometa*

El estudio de las propiedades rotacionales de los NEOs y de los objetos transicionales se inició en 2002 y se basa en determinar por medio de series de imágenes CCD, la curva de luz rotacional y los colores de estos objetos, y así establecer el período de rotación de un número significativo de estos que permita estudiar las propiedades rotacionales de estas poblaciones.

El estudio de las propiedades superficiales se realiza en base a observaciones espectroscópicas en el visible e infrarrojo utilizando principalmente los telescopios NOT, WHT y TNG con el objetivo de hacer una determinación más precisa del tipo y propiedades mineralógicas de un grupo significativo de objetos, de manera similar a lo que se hace con los TNOs. Los estudios mineralógicos se llevarán a cabo usando los modelos de scattering superficial, y los métodos específicamente utilizados para el análisis de la composición de los asteroides de Gaffey (Gaffey et al. 1993) y el Método de Gaussianas Modificadas (MGM, Sunshine et al 1990).

#### *Propiedades del polvo y el gas en las comas cometarias*

En este programa se pretende obtener las propiedades del gas y el polvo en las comas

cometarias por medio de imágenes CCD con filtros de banda ancha y filtros estrechos especialmente diseñados para éste trabajo, por medio de imágenes en el infrarrojo cercano y por medio de la espectroscopia CCD e infrarroja de la coma. Se estudia el continuo que procede de la dispersión de la luz solar por el polvo, y las bandas de emisión de las moléculas cometarias (CN, C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub>). Se estudian abundancias, y mecanismos de formación y desaparición de estas moléculas, y tasas de producción de polvo y sus características como color y tamaño. Todo esto proporciona importante información sobre la composición de los cometas y los procesos físico-químicos que tienen lugar en la coma cometaria. Se está utilizando la extensa base de datos observacionales obtenidos principalmente con los telescopios IAC-80 y TCS entre 1996 y 2000 durante la tesis de J. Licandro, observaciones realizadas en el infrarrojo con el telescopio TNG y observaciones que se han realizado con los filtros interferenciales en el telescopio JKT en 2002-2003, así como observaciones realizadas en La Silla (imagen y espectros visible e infrarrojo). Finalmente, se cuenta con una extensa base de datos obtenidos durante el experimento Deep-Impact en 2005. Se aplican modelos de polvo (Moreno et al. 2003) y de producción y vida de especies moleculares como el de Haser o el de Festou, en colaboración principalmente con L. Lara y F. Moreno del IAA y G. P. Tozzi.

## Hitos

Los asteroides “primitivos”, aquellos que presentan una composición poco alterada y similar a la de los meteoritos más primigenios (carbono, silicatos y minerales hidratados), nos proporcionan información sobre las primeras etapas de formación de nuestro Sistema Solar. Es justo esta característica la que los ha puesto en el foco de las más recientes misiones espaciales. En concreto, dos de estas misiones planean visitar y tomar muestras de la superficie de dos asteroides primitivos cercanos a la Tierra, 1999 RQ36 (OSIRIS-REx, NASA) y 2008 EV5 (MarcoPolo-R, ESA). Estos

dos asteroides están clasificados como asteroides tipo-B, caracterizados por tener espectros en el visible con pendientes negativas. En el año 2010 se publicó un trabajo en el que se estudió, desde un punto de vista dinámico y composicional, el origen del asteroide tipo-B 1999 RQ36 (Campins et al. 2010, *Astrophysical Journal*, 721, L53). Al mismo tiempo el grupo se ha interesado por otro asteroide tipo-B, (3200) Phaethon, uno de los pocos asteroides que tiene una lluvia de meteoros asociada (de León et al. 2010, *Astronomy & Astrophysics*, 513, 26; presentado en el Congreso Internacional DPS, celebrado en Pasadena, California, EEUU). Realizando un análisis similar al que se hizo para 1999 RQ36, se encontró que (3200) Phaethon procede muy probablemente de la familia colisional de (2) Pallas, situada en el cinturón principal de asteroides. El propio asteroide Pallas es también un asteroide tipo-B.

Este último trabajo motivó el artículo de 2012, publicado en *Icarus* (de León et al. 2012, *Icarus*, 218, 196) y presentado en el congreso internacional EPSC-DPS (Nantes, Francia) en el 2011. En él se analizaron los espectros en el visible e infrarrojo-cercano de unos 45 asteroides tipo-B del cinturón principal, encontrando que, a pesar de tener espectros similares en el visible, en el rango entre 0.8 y 2.5 micras mostraban una variación continuada de pendiente espectral, desde pendientes negativas (azules) hasta pendientes positivas (rojas). Este cambio progresivo en la pendiente espectral parece además estar correlacionado con un gradiente en el grado de alteración, tanto termal como acuosa, de los minerales presentes en la superficie de estos asteroides.

Como extensión natural de este resultado, se decidió estudiar las propiedades físicas de estos asteroides en el infrarrojo medio (a 3.4, 4.6, 12 y 22 micras), utilizando para ellos los datos proporcionados por la misión espacial WISE (Wide-field Infrared Survey Explorer). En este trabajo, enviado recientemente a *Astronomy & Astrophysics* (Alí-Lagoa et al.), se descubrió que, estadísticamente

hablando, los asteroides tipo-B presentan algún grado de hidratación de los minerales de su superficie. La presencia de materiales hidratados es un claro indicador de que estos objetos fueron ricos en agua al menos en el pasado, y que ésta debió pasar un tiempo por la fase líquida para poder incorporarse a los minerales.

## Evolución del Proyecto

Durante 2012 nuestro grupo publicó 9 artículos en revistas con árbitro, hay otros 2 en prensa y 3 en proceso de arbitraje. También se publicaron 2 en revistas sin árbitro y 30 contribuciones en las Minor Planet Circulars de la IAU. Co-autores en 23 presentaciones orales y 3 posters presentados en 8 congresos o talleres internacionales y un taller a nivel nacional. Asimismo, se impartieron 2 conferencias invitadas en otras instituciones.

Nos visitaron P. Lacerda (Queen's University Belfast, Reino Unido), N. Pinilla Alonso (Universidad de Tennessee, EEUU), M.D. Rodríguez Frías y J.A. Morales de los Ríos (Univ. de Alcalá). Este último realizó una estancia de 2 meses para trabajar en la caracterización del detector para la cámara infrarroja (IRCAM) de la misión JEM-EUSO que se hizo en los laboratorios del IAC.

V. Alí Lagoa realizó una visita de dos semanas al Observatorio de la Cote d'Azur (CNRS, Francia) en la que estuvo trabajando sobre modelos térmicos de asteroides y el uso de los datos de WISE con el M. Delbó.

J. Licandro hizo tres visitas de una semana cada una: al Observatorio de la Cote d'Azur para trabajar con M. Delbó y con P. Michell, con éste último en temas relacionados con la misión MarcoPolo-R; a la Universidad de Oxford donde trabajó con N. Bowles y su grupo; (3) a la UdelaR (Uruguay) donde formó parte de un tribunal de tesis doctoral y estuvo trabajando con G. Tancredi.

Se trabajó en la preparación de una propuesta a la Comisión Europea en el llamado FP7-SPACE-2013-1 titulada "Small Worlds from

the outer Solar System". El IP es el R. Duffard del IAA, y además de nuestro grupo (IP, J. Licandro) y el del IAA hay participación de un grupo alemán (IP, T. Mueller, Max-Planck Institute for Extraterrestrial Physics), otro francés (B. Sicardy, Obs. de Paris), otro británico (IP V. Dillon, Universidad de Sheffield), el grupo de la U. de Alicante (IP A. Campo-Bagatin), el grupo chileno de la Universidad de Antofagasta (IP. E. Unda-Sanzana) y el grupo de la Universidad de Tennessee en el que está actualmente N. Pinilla-Alonso (IP J. Emery). La financiación solicitada es por un período de 4 años. El Proyecto abarca el estudio de los asteroides primitivos de la parte externa del Cinturón Principal de asteroides (Cybeles, Hildas y Troyanos), Centauros y transneptunianos, y se enmarca dentro de los proyectos de investigación actualmente en curso en el grupo. Dentro de este Proyecto nuestro grupo lidera el paquete de trabajo de preparación para el uso de datos de GAIA, y tiene responsabilidades en el WP de modelos termofísicos (imagen y espectroscopia en el infrarrojo térmico) y el de modelos físicos de la superficies (espectroscopia en el visible e infrarrojo cercano).

Durante 2012 se han continuado desarrollando los objetivos científicos del grupo, e igualmente se avanzó notablemente en los aspectos tecnológicos relacionados con nuestras participaciones en misiones espaciales.

### *Producción Científica*

El trabajo del grupo se ha concentrado principalmente en 3 áreas: los asteroides primitivos, los asteroides activados y los NEAs, aunque se continúa trabajando en TNOs, Centauros y cometas

**Asteroides primitivos:** Se publicaron 3 trabajos y hay otro en *Astronomy & Astrophysics* en proceso de revisión. Se destaca el trabajo publicado sobre espectroscopia visible e infrarroja de los asteroides primitivos tipo B (de León et al. 2012, "Near-infrared spectroscopic survey of B-type asteroide: Compositional análisis)

y el que está actualmente aceptado con observaciones del árbitro y presentado en un par de congresos internacionales (Alí-Lagoa et al. 2013, "Physical properties of B-type asteroids from WISE data"). Estos objetos son muy importantes, entre otras cosas por estar relacionados con los asteroides activados y porque dos objetos tipo B son objetivos de las misiones OSIRIS-Rex y MarcoPolo-R.

Se ha continuado el trabajo de espectroscopía a 3 y 10 micras de asteroides primitivos. Se han publicado 2 artículos (Licandro et al. 2012 *Astronomy & Astrophysics* 537, A73 y Hargrove et al. 2012, *Icarus* 2011, 453) con espectros tomados con Spitzer y el IRTF. Asimismo, se ha obtenido tiempo en el GTC para obtener espectros en la banda N de asteroides de las poblaciones de Hildas y Cybeles en el período 2012b y 2013a. Lamentablemente las noches del 2012b se perdieron por mal tiempo. Se continúa trabajando en observaciones de SPITZER de otros asteroides primitivos, en particular sobre objetos de la familia de Veritas.

En 2011 se dio un paso muy importante desarrollando el software para determinar diámetros y albedos de asteroides a partir del uso de los datos proporcionados por la misión de NASA WISE. Durante 2012 se ha utilizado este para analizar diversas poblaciones de objetos. Como dijimos, ya hay un artículo en proceso de revisión (Alí Lagoa et al.) y al menos 3 en preparación en colaboración con M. Delbó.

La visita de P. Lacerda abrió una nueva colaboración que nos permitirá utilizar los datos de WISE para estudiar propiedades rotacionales de diferentes poblaciones de asteroides, en particular de las de asteroides primitivos en las que se está trabajando. V. Alí-Lagoa ha trabajado junto con P. Lacerda en el análisis de los datos y hay un artículo en preparación.

Finalmente, se ha obtenido tiempo de telescopio en el GTC, TNF y IRTF y ya hay nuevos datos espectroscópicos de poblaciones de asteroides primitivos (tipo B,

y familias colisionales como por ejemplo los Polanas).

**Asteroides activados:** Se publicó un artículo y hay otro que se publicará en 2013 (Licandro et al., *Astronomy & Astrophysics* 550A, 17L, "Exploring the nature of new main-belt comets with the 10.4 m GTC telescope: (300163) 2006 VW139). Se impartieron 3 presentaciones orales. Se continúan utilizando las imágenes del programa de seguimiento de nuevos MBCs que tenemos aprobado en el GTC y utilizando el modelo de scattering de polvo de F. Moreno para estudiar el origen de la actividad observada.

Se están analizando los datos de un tercer objeto observado durante 2012.

Igualmente J. Licandro se ha incorporado a un grupo de investigadores europeos que está preparando una propuesta a ESA para una misión de tipo M4 del programa Cosmic Vision y tiene como objetivo un Main Belt Comet (probablemente 133P/Elst-Pizarro).

**NEAs:** Este año se han concentrado las nuevas observaciones en NEAs que puedan ser objetivo de misiones como Marco Polo-R, OSIRIS-Rex o la de JAXA Hayabusa II. Se han observado tanto a los objetivos ya seleccionados (1996 FG3, 1999 RQ36 y 1999 JU3), como otros NEAs que pueden ser objetivos de backup. Hay un artículo enviado con espectroscopía en el infrarrojo del objetivo de Hayabusa II, 1999 JU3 (Pinilla et al.) y otro en preparación sobre 1999 RQ36 (de León et al.).

Igualmente se ha trabajado en la coordinación de la colaboración internacional EURONEAR cuyo IP es O. Vaduvescu. EURONEAR dio lugar a un artículo, una presentación oral en un congreso internacional y a 30 publicaciones en el Minor Planet Center a los que se aportó astrometría de NEAs. También se presentó un proyecto de tiempo internacional al CAT que no obtuvo tiempo.

**TNOs, Centauros y cometas:** Se publicaron 3 artículos y hay otro que se publicará aparece en 2013 (Pinilla-Alonso et al.

2013, "Surface composition and dynamical evolution of two retrograde objects in the outer solar system: 2008 YB3 and 2005 VD" *Astronomy & Astrophysics*, 550, 13P) y otros dos en proceso de revisión con los resultados del programa SEPPCoN con el que se observó un centenar de cometas con el telescopio espacial Spitzer (Fernández et al. y Kelley et al.).

V. Lorenzi continúa su trabajo en la reducción de datos espectrales de TNOs y Centauros de nuestra base de datos, y ha realizado nuevas observaciones en el TNG para las que el grupo había obtenido tiempo de observación. Varuna está preparando un artículo sobre el TNO (20000) que se espera salga publicado en la primera mitad de 2013. La visita de N. Pinilla-Alonso permitió avanzar notablemente en el análisis de nuestra base de datos.

#### *Desarrollo tecnológico y participación en misiones espaciales*

El desarrollo tecnológico en el que el grupo está envuelto recibió financiación del Plan Nacional en 2012 por el Proyecto "Diseño preliminar y prototipo de laboratorio de la unidad de electrónica del detector de la cámara infrarroja de la misión JEM-EUSO" (AYA2011-29489-C03-02)

El proyecto de desarrollo de la electrónica para el detector de microbolómetros de ULIS se ha aprobado oficialmente como un proyecto en el que participa el Área de Instrumentación en la segunda mitad de 2011 y desde entonces cuenta con un gestor profesional del Área (M. Reyes) y una mayor dedicación de unos de los ingenieros electrónicos del Área (E. Joven).

En el laboratorio de detectores LISA del IAC se finalizó el montaje de un experimento para caracterizar el detector de ULIS. Se utiliza la electrónica y detector adquirido en 2010 a la empresa canadiense INO. Este prototipo de cámara utiliza el detector de ULIS y permite manejar todos los parámetros variables del detector. Para terminar el montaje se adquirió

una óptica de germanio y su adaptador, y finalmente se adquirió un generador de cuerpo negro frío, que trabaja entre -60 y 150 grados Celsius con incertidumbre del orden de la centésima de grado, y una serie de máscaras que permiten estudiar el NETD del detector.

Los objetivos originales del AYA2011-29489-C03-02 fueron:

1.- Preparar un diseño preliminar para la unidad de electrónica (FEE) del detector de ULIS (la matriz de 640x480 microbolómetros UL 04 17 1) para la IRCAM de JEM-EUSO y la documentación necesaria para la PDR de la cámara.

2.- Construir un modelo funcional con electrónica espacializable de la FEE del punto anterior en base dicho diseño preliminar.

3.- Caracterizar el detector de ULIS en diferentes condiciones de ambiente y modos de operación compatibles con las que tendría en la IRCAM de JEM-EUSO utilizando el prototipo de cámara de laboratorio adquirida a la empresa INO.

4.- Dar soporte a la participación del grupo en otras misiones espaciales a objetos del Sistema Solar en las cuales está involucrado (MarcoPolo-R y OSIRIS-Rex). En particular la participación en el payload de MarcoPolo-R ya que el grupo es parte de los consorcios de los instrumentos THERMAP y ATMS. Ambos instrumentos tienen como detector el mismo ULIS que la IRCAM de JEM-EUSO por lo que el diseño y la experiencia obtenida para la IRCAM es muy importante.

5.- Continuar con la investigación en propiedades superficiales y térmicas de asteroides primitivos, relevante para las misiones indicadas en el punto 4.

Respeto al punto 1, el mismo implica un contrato con una empresa que, lamentablemente, sufrió un retraso de muchos meses por problemas administrativos



de los cuales el grupo no es responsable. Finalmente gracias a los esfuerzos del gestor del Proyecto, M. Reyes, y el ingeniero E. Joven, se pudo cerrar el contrato con la empresa NTE-SENER, aunque sólo a final de diciembre (a pesar de que los trámites se iniciaron en marzo). Por esta razón se ha solicitado una extensión al MINECO que ha sido aprobada. Está previsto tener el diseño listo en febrero de 2013.

El punto 2 se ha visto igualmente afectado por los mismos problemas. La contratación de la empresa que fabricará el modelo funcional depende de la documentación generada en el punto 1. Se espera poder sacar este contrato en febrero y tener el modelo entregado en el segundo semestre de 2013.

El punto 3 se completó con éxito. Se completó una extensa nota técnica (Joven et al.) que se envió al consorcio de la IRCAM de JEM-EUSO. En base a estas pruebas y a las ya realizadas por el fabricante, el detector ha alcanzado el nivel TRL5. Hay un artículo enviado basado en estas pruebas (Morales de los Ríos et al.) y estos resultados también serán parte de la tesis doctoral de Morales de los Ríos.

Durante 2012 se han participado en diversos WS, reuniones de trabajo y videoconferencias relacionadas con nuestra participación en la IRCAM de JEM-EUSO.

En cuanto al punto 4:

- J. Licandro, como parte del núcleo duro de proponentes de la misión MarcoPolo-R (MP-R) a la convocatoria M3 de ESA Cosmic Vision 2010 y Chairman el grupo de trabajo (WG) de MP-R "Local and global characterization: optical and spectral properties" participó en 2 Workshops, siendo convocante de uno de ellos. Otros miembros del grupo, en particular la J. de León Cruz, ha tenido destacada participación.

- Como Chairman de ese WG ha coordinado el trabajo de caracterización óptica y

espectroscópica del objetivo original (1996 FG3) en el que están involucrados diferentes grupos de investigación. Igualmente ha coordinado el trabajo de caracterización de posibles objetivos alternativos que llevó a identificar al asteroide 2008 EV5 como un asteroide primitivo. Este objeto es actualmente el objetivo principal de la misión. Julia de León igualmente ha tenido un destacado trabajo en el WG y está terminando un artículo sobre 1996 FG3.

- Nuestro grupo participa en los consorcios THERMAP y ATMS que han respondido al "Call for proposal" de ESA para instrumentación para MP-R y que han sido aprobados para su estudio con el mayor grado de prioridad (1) en 2011. En ambos casos se participó en el grupo científico y nos encargamos de la electrónica del detector. Durante 2012 ambos consorcios trabajaron en el citado estudio y volvieron a presentarse al nuevo llamado que hizo ESA. Los trabajos realizados para la IRCAM de JEM-EUSO, en particular lo realizado en el punto 3, se pudo incorporar a la documentación de THERMAP y ATMS. Igualmente el prototipo de cámara de INO fue utilizado para diversas pruebas realizadas con el BBM de ATMS durante la visita que hizo J. Licandro a N. Bowles en Oxford, que sirvieron para validar el modelo.

Durante 2012 se han participado en diversos WS, reuniones de trabajo y videoconferencias relacionadas con nuestra participación en MarcoPolo-R, THERMAP, ATMS.

- Licandro participa en el grupo científico del instrumento MaRIS también propuesto para MP-R para hacer espectroscopía en el visible e infrarrojo.

- J. Licandro forma parte del "Science Team" de la misión de NASA, OSIRIS-Rex (O-R). O-R es una misión seleccionada en el marco del programa New Frontiers y volará en 2017. Se trata de una misión de tipo "sample return" al asteroide primitivo 1999 RQ36. J. Licandro participó en la reunión del "Science Team" que tuvo lugar en Boulder (Colorado, EEUU) en 2012. J. Licandro se ha integrado

en el "Asteroid Astronomy WG" de O-R y colabora directamente con H. Campins.

- J. Licandro se incorporó al grupo de científicos que están preparando una propuesta de misión tipo M para el llamado de ESA Cosmic Vision M4. Esta misión, llamada "Castalia", tiene como objetivo el estudio in situ de un Main Belt Comet (el objetivo primario sería 133P/Elst-Pizarro).

Finalmente, a inicios de 2012 se presentó otro proyecto coordinado con las universidades de Alcalá de Henares y Carlos III de Madrid para continuar con el desarrollo de la IRCAM de JEM-EUSO que resultó parcialmente financiado "Diseño de la unidad de electrónica del detector de la cámara infrarroja de la misión JEM-EUSO" (AYA2012-39115-C03-03).

## **SISMOLOGÍA SOLAR Y ESTELAR Y BÚSQUEDA DE EXOPLANETAS (P/300008)**

**C. Régulo Rodríguez.**

**J.A. Belmonte Avilés, H.J. Deeg, A. Jiménez Mancebo, P.L. Pallé Manzano, F. Pérez Hernández, T. Roca Cortés, R. Alonso Sobrino, K. Uytterhoeven, J.M. González Pérez, M. Díaz Alfaro, A. Triviño Hage y S. Barceló Forteza.**

**Colaboradores del IAC: A. Eff-Darwich y J. Patrón Recio.**

R. García, S. Turck-Chieze, S. Mathis (IRFU/DSM/CEA Saclay, Francia); D. Salabert, (Obs. de la Cote d'Azur, Francia); J. Christensen-Dalsgaard, F. Grundahl, H. Kjeldsen (Univ. de Aarhus, Dinamarca); M. Cunha (CAUP, Portugal); W.C. Chaplin (Univ. de Birmingham, Reino Unido); T. Metcalfe, S. Mathur (HAO, EEUU); T. Bedding (Univ. de Sydney, Australia); D. Chou, J. Fernández (Univ. Tsing Hua, Taiwán); I. Fernández, F. Hill, (GONG- NSO, EEUU); J.C. Suárez, R. Garrido (IAA, Granada); A. Moya (CAB, Madrid); S. Korzennik (Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics, EEUU); R. Oreiro (Inst. voor Sterrenkunde, Bélgica); M. Deleuil,

C. Moutou, A. Bonomo, J.M. Almenara (LAM Marsella, Francia); D. Gandolfi, M. Fridlund (ESA/ESTEC, Países Bajos); L. Doyle (SETI, EEUU); K. Colon, E. Ford (Univ. de Florida, EEUU); H. Rauer, J. Cabrera, (DLR, Alemania); V. Kozhevnikov (Ural State Univ., Rusia); D. Pollacco (Queens Univ. Belfast, Reino Unido); T. Guillot, O. Creevey (Univ. de Niza, Francia); E. Günther, A. Hatzes (Obs. Tautenburg, Alemania); M. Rabus (Univ. Católica, Chile); P. Kabath (ESO, Chile); T. Brown, A. Shporer (Las Cumbres Obs. Global Telescopes, EEUU); L. Tal-Or, T. Mazeh (Univ. de Tel Aviv, Israel); D. Queloz (Obs. de Ginebra, Suiza); J. Ballot (CNRS, Univ. de Toulouse, Francia).

## **Introducción**

Los objetivos genéricos de este Proyecto son: el estudio de la estructura y dinámica del interior solar, la extensión de dicho estudio al caso de otras estrellas, y la búsqueda de planetas extrasolares por métodos fotométricos, principalmente mediante tránsitos por delante de sus estrellas principales.

Para el primer objetivo se utiliza la única técnica que actualmente permite su estudio: la Heliosismología Global (para sondear hasta el mismo núcleo del Sol) y la Local (sondeo más detallado pero limitado al 10% más externo). 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 implicaciones en nuevos proyectos, tanto de instrumentación espacial como en tierra.

- Observacional, en el que se realizan observaciones interrumpidas 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 estas misiones 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.

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 (y también cambios de color) 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 única al alcance de la tecnología para permitir la detección de planetas con tamaños similares al de la Tierra, 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 con lo que se puede entender como una extensión lógica de lo aprendido en la experiencia con los anteriores objetivos. Por otro lado, es importante desarrollar algoritmos para la detección inequívoca de planetas y distinguirlos de lo que son falsas alarmas.

El satélite CoRoT, operativo desde el 2007, continuó durante el 2012 en su fase de extensión, y los trabajos del grupo relacionado con planetas extrasolares y Astrosismología han sido centrados en su explotación. En noviembre 2012, se produjo un fallo en la electrónica del instrumento de CoRoT, con lo cual se terminó la adquisición de datos. Se encuentra en plena fase operativa la misión espacial Kepler, cuya cantidad y calidad de resultados ya ha revolucionado los campos de asterosismología y de exoplanetas. Si bien es una misión NASA para descubrir exoplanetas tipo Tierra, el consorcio europeo KASC (Kepler Asteroseismic Science Consortium) es el encargado exclusivo de la explotación científica de la vertiente de Astrosismología de las miles de estrellas que se están observando a lo largo sus más de cuatro años de vuelo.

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, se intentan forzar las técnicas desde Tierra, para estudiar las características físicas de los exoplanetas tipo "Júpiter caliente". Esto es posible gracias a técnicas de espectroscopia 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 nos proporciona directamente la emisión del lado diurno).

El panorama actual para los estudios de atmósferas de exoplanetas con misiones espaciales no contempla nuevas misiones hasta al menos 2018 o más tarde, con el lanzamiento de JWST. Por lo tanto, se abre una ventana temporal en la que los observatorios terrestres pueden liderar este campo. Se están llevando a cabo observaciones usando principalmente los telescopios TNG, WHT, GTC, y en el futuro posiblemente las instalaciones de ESO.

### Hitos

*Pulsational amplitude growth of the star KIC 3429637 (HD 178875) in the context of Am and  $\rho$  Pup stars*

Murphy et al. 2012, *Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, 427, 1418

KIC 3429637 (HD 178875) es una  $\delta$  Sct del tipo Am cuya curva de luz muestra pulsaciones de amplitud creciente en los datos fotométricos obtenidos con el satélite Kepler. El análisis de los 3 picos de mayor amplitud en la Transformada de Fourier de la señal, indican diferentes ritmos de crecimiento en los tres. Se han eliminado las causas instrumentales y se determinó que el aumento de la amplitud era intrínseco de la estrella. Una posible causa de este aumento de amplitud es un desplazamiento de la zona de Hell. Si este modelo es correcto, se estarían viendo cambios evolutivos de la estrella en tiempo real.

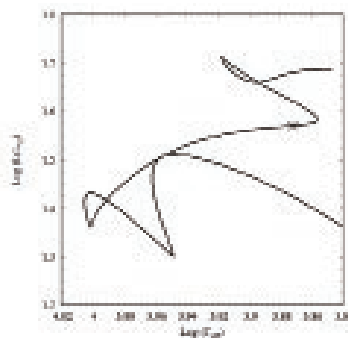
*A multisite photometric study of two unusual Beta Cep stars: the magnetic V2052 Oph and the massive rapid rotator V986 Oph*

Handler et al., 2012, *Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, 424, 2380

Se llevó a cabo un análisis de las pulsaciones de las estrellas  $\beta$  Cep V2052 Oph y V986 Oph a través de un estudio fotométrico realizado a partir de observaciones con ocho telescopios en 5 continentes durante 182 noches. Esto permitió identificar los modos de mayor amplitud y poner límites al ángulo de inclinación de una de las estrellas. Este estudio es uno de los primeros estudios sismológicos de estrellas OB con rotación rápida y uno de los pocos basados en campañas fotométricas multicolor tan amplias.

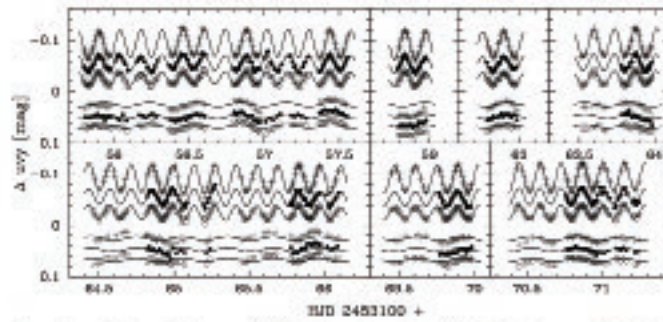
El análisis de las frecuencias de V2052 Oph permitió la detección de 3 frecuencias de oscilación, el primer armónico de la señal mayor y la frecuencia de rotación con su primer armónico. La identificación de los modos de oscilación a través del análisis del cociente de las amplitudes de color, confirma que el modo dominante es radial, mientras que los otros dos son, probablemente, modos  $l=4$ . Combinando los límites sismológicos en la inclinación del eje de rotación con análisis publicados del campo magnético, se concluye que el modo radial debe ser el modo fundamental. La modulación rotacional de la luz está en fase con las publicaciones espectroscópicas y es consistente con un rotador oblicuo para el cual los polos magnéticos pasan a través de la línea de visión.

La amplitud fotométrica de la única oscilación detectada de V986 Oph es consistente con un modo  $l=3$ , pero su identificación es incierta.



*Position of the best model in its evolutionary track in the HR diagram, showing the evolutionary stage of the star. As this is a model, there are no error bars.*

Some of our time-series photometry of V2052Oph (upper three curves) and V986 Oph (lower three curves). The plus signs represent U or u measurements, the filled circles are v data and the open circles data in the V or y filter. The lines are the multifrequency fits derived from periodicity search.



**Secondary eclipses in the CoRoT light curves: A homogeneous search based on Bayesian model selection**

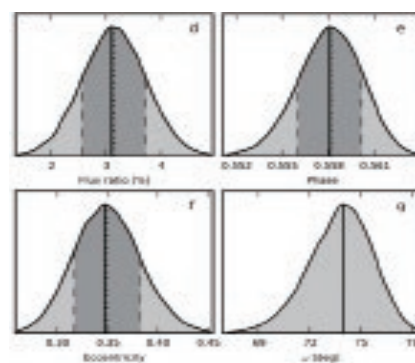
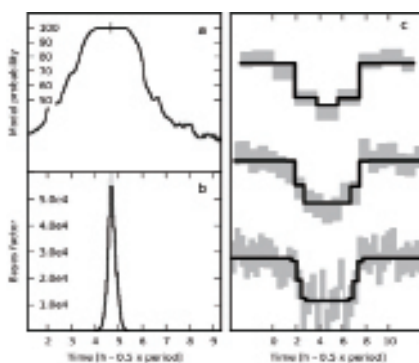
Parviainen, H., Deeg, H.J., Belmonte, J.A. 2013, *Astronomy & Astrophysics* (arXiv:1211.5361)

Se realizó una búsqueda de tránsitos secundarios (eclipses de los planetas detrás de sus estrellas centrales) de todos los 20 planetas CoRoT que han sido publicadas hasta la mitad de año 2012. Este trabajo, en el marco de la tesis de H. Parviainen, utilizó datos archívalos - las curvas de luz del CoRoT – y métodos de análisis Bayesianos. Se descubren eventos significantes para dos planetas, CoRoT-6b y CoRoT-11b, y para una enana marrón, CoRoT-15b. Se encuentran también eventos de significancia marginal para cuatro planetas, CoRoT-3b, 13b, 18b, y 21b, además de confirmarlos para CoRoT-1b y CoRoT-2b, ya publicadas previamente. Estos resultados permiten estimaciones de las temperaturas superficiales planetarias,

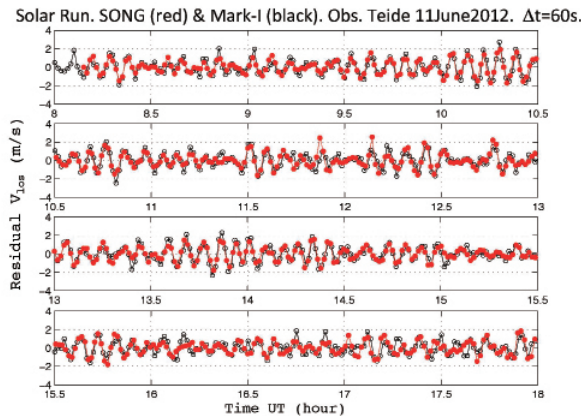
siendo ellos más altos de lo esperado, y en acuerdo con resultados similares en la literatura, basados en eclipses secundarios de planetas descubiertos por la misión Kepler.

**Primera Luz del espectrógrafo Echelle de SONG (Stellar Observations Network Group) en el Observatorio del Teide**

Primera Luz del espectrógrafo Echelle de SONG. Las observaciones llevadas a cabo con el este espectrógrafo tras su ubicación en el Observatorio del Teide en la primavera de 2012, demuestran la extrema sensibilidad del instrumento y la eficacia de la técnica de la celdilla de Yodo en la determinación de velocidades radiales, en este caso del Sol, con una alta precisión (del orden de 30 cm/s). Las observaciones simultáneas llevadas a cabo con SONG y con espectrofotómetros solares de referencia (Mark-I en el OT y GOLF en SoHO) demuestran que la señal oscilatoria es claramente detectable y con mayor relación señal- a-ruido en el caso del espectrógrafo Echelle.



Resultados para CoRoT-11b. Se presenta la probabilidad del modelo con eclipses secundarios (a) y su factor Bayesiano (b), la curva de luz y el modelo con el eclipse, ambos en fase con el periodo orbital y con 3 diferentes tamaños para los 'bins' (c), y los distribuciones posteriores de (d) la proporción de los flujos superficiales de planeta y estrella, (e) fase del centro del eclipse, (f) excentricidad, y (g) el argumento del periastró.



Medidas de la velocidad radial solar residual obtenidas simultáneamente con el espectrógrafo SONG y con el espectrofotómetro solar de referencia Mark-I para uno cualquiera de los días en que se llevó a cabo esta campaña observacional coordinada. Se aprecia la alta precisión y prestaciones del nuevo espectrógrafo SONG, comparables o incluso superiores a las de instrumentos de referencia como el Mark-I.

## Evolución del Proyecto

La principal actividad del grupo se ha centrado a lo largo del año en la explotación científica de las misiones espaciales CoRoT y Kepler, así como en la instalación y puesta a punto del telescopio y espectrógrafo de la estación SONG en el observatorio del Teide. Los miembros del grupo están altamente implicados en el análisis de los datos de la misión espacial Kepler a través de su consorcio europeo KASC (Kepler Asteroseismic Science Consortium), consorcio que es el encargado exclusivo de la explotación científica de la vertiente Astrosismológica de las miles de estrellas observadas por esta misión. Por parte de CoRoT, la doble vertiente en cuanto a la temática científica –exoplanetas y astrosismología- ha sido explotada de modo destacado y efectivo por los miembros del grupo.

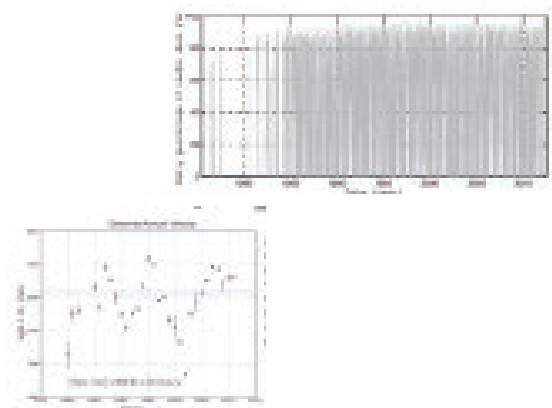
perfectamente accesibles y manejables con herramientas de programación estándar. Como consecuencia de ello, se está llevando a cabo una análisis global de la misma y que permitirá estudiar la evolución temporal a lo largo de casi tres ciclos de actividad del Sol de campos de velocidad y del espectro de modos propios de oscilación globales sensibles a los cambios en la estructura interna y dinámica de interior solar. Como primer paso, se ha concluido el análisis del llamado “desplazamiento gravitatorio solar” (solar gravitational redshift) determinado a partir de las medidas precisas de la velocidad radial solar que proporciona este espectrofotómetro. La mejor determinación de este parámetro, una vez corregido de efectos instrumentales y de la modulación introducida por la actividad en la superficie solar, resultó ser de 600.8 m/s y un error asociado de 0.7 m/s, o lo que es lo mismo, con una incertidumbre de una parte en mil. La diferencia con respecto al valor teórico resultante de la Teoría de Relatividad (636 m/s) es de un 5% y se atribuye principalmente al “limb shift” de la línea espectral utilizada en la medidas (Potasio KI 7699Å). De particular interés resulta ser la variación temporal observada en este parámetro que está claramente anticorrelacionada con el grado de actividad solar y ello implicaría cambios en los parámetros físicos que determinan el mecanismo de la convección solar.

MEMORIA  
2012 IAC

### 158 Helioseismología

Tratamiento de la base de datos del espectrofotómetro solar Mark-I en el OT 1976-2011.

Se completó el trabajo de revisión y homogeneización de esta base de datos observacionales, de forma que resultan



Base de datos observacionales obtenidos con el espectrofotómetro solar Mark-I en el Observatorio del Teide (arriba). Se muestra para cada día el porcentaje de horas útiles de datos relativo al posible de horas de Sol. Del análisis de estos datos, es posible determinar el término  $V_{gr}$  (desplazamiento gravitatorio al rojo), calcular los valores anuales promedio y examinar su evolución temporal (izquierda).

## *Astrosismología*

La impresionante calidad de los datos obtenidos por las misiones espaciales CoRoT y Kepler ha permitido a lo largo de este año continuar con el espectacular avance en el estudio sismológico de gran cantidad de estrellas, tanto en secuencia principal como subgigantes y gigantes rojas.

La existencia de las misiones espaciales CoRoT y Kepler nos han dado acceso a datos astrosismológicos de más de 500 estrellas tipo solar y miles de gigantes rojas, que está dando lugar, desde 2008, a una revolución en el campo de la Astrofísica.

A lo largo de este año se ha profundizado en el estudio de los ciclos de actividad magnética de estrellas tipo solar, a partir de la variación de sus frecuencias de oscilación y de las amplitudes de los modos acústicos. Este es un campo muy prometedor de estudio para la comprensión de los procesos dinamo que operan en el interior de las estrellas, algo que, hasta ahora, sólo se podía estudiar a partir de “proxis” en la superficie de las estrellas, tales como las emisiones cromosféricas en rayos X o de las medidas espectro-polarimétricas de los campos magnéticos.

También se ha profundizado en el análisis de la granulación y de sus propiedades, tanto para las estrellas gigantes rojas como para las estrellas de tipo solar, a partir del análisis del espectro de potencias de más de 100 estrellas.

Asimismo, se han llevado a cabo estudios de la rotación superficial de las estrellas a partir del análisis del efecto de las manchas en sus curvas de luz.

Se han seguido obteniendo y estudiando las frecuencias de oscilación para más de 600 estrellas, tanto de tipo solar como subgigantes, con lo cual nuestra comprensión de estas estrellas y la precisión de sus modelos se ha seguido refinando.

Por último, se han iniciado estudios muy

prometedores sobre la búsqueda de pseudomodos y de la frecuencia acústica de corte en estrellas distintas del Sol.

Instalación y Primera Luz en el primer nodo de la Red SONG (Stellar Observations Network Group) en el Observatorio del Teide.

En abril de 2012 se completó con éxito la instalación del telescopio (1 m) y el espectrógrafo Echelle que constituyen la instalación telescópica denominada “SONG-OT”. Las primeras pruebas de calidad de imagen revelaron unas prestaciones fuera de las especificaciones del telescopio cuya responsabilidad era totalmente de la empresa proveedora y atribuibles enteramente a la calidad del espejo primario del telescopio. Es por ello que no se pudo proceder a llevar a cabo la Primera Luz de ciencia con objetos estelares que precisaban de la superficie colectora del telescopio de 1 m. A la espera de la entrega de un nuevo espejo primario, se decidió proceder a inyectar en el espectrógrafo luz solar para poder evaluar las prestaciones del espectrógrafo. Para ello, se instaló un piroheliometro de incidencia normal y una fibra óptica adosada al mismo de modo que ésta colectaba luz solar que se inyectaba en la rendija del espectrógrafo. A la vista de la calidad de los datos obtenidos (detección de la oscilación global del Sol de +/- 1 m/s) se decidió llevar a cabo una campaña continuada de observaciones diurnas a lo largo de una semana entera (más de 10 horas por día) para alcanzar la suficiente resolución espectral y a la vez poder comparar estas observaciones con las obtenidas simultáneamente con un espectrofotómetro solar situado en el mismo observatorio (Mark-I) y otro a bordo del satélite SoHO (GOLF). Del análisis de los tres conjuntos de observaciones simultaneas, se concluye que el nivel y la precisión de la señal en la zona espectral de los modos acústicos del Sol (2 a 4 mHz, equivalente a periodos de 5 minutos), es mejor para el caso del espectrógrafo estelar SONG que para los otros dos instrumentos. Este resultado permite confirmar que el uso de un espectrógrafo echelle dotado con una



*Instalación del telescopio SONG (1 m) en su actual ubicación del Observatorio del Teide, llevada a cabo en abril de 2012.*

celda de Yodo (I2) cuyas líneas espectrales sirven de referencia en la determinación de pequeños desplazamientos de longitud de onda (velocidades Doppler), es realmente una técnica potente y precisa y augura buenos resultados cuando se aplique al caso estelar (objetos más débiles).

### *Exoplanetas*

Por parte de la misión espacial CoRoT, los descubrimientos de 5 planetas (CoRoT 16b, 19b, 20b, 21b y 23b) han sido publicados durante el año 2012. Asimismo, los trabajos sobre 6 nuevos planetas se encuentran en diferentes niveles de estudio para su publicación durante el 2013, algunos liderados por nuestro grupo como CoRoT-27b, que es un planeta masivo (Parviainen et al.) y CoRoT 24 b y c que constituye el primer sistema de CoRoT con tránsitos de múltiples planetas (Alonso et al.). Una contribución importante a todos estos descubrimientos ha sido la coordinación del programa de seguimiento fotométrico terrestre, con 44 candidatos observados en 2012, utilizando más de media docena de equipos europeos. Nuestra tarea de coordinación incluye la revisión de todas estas observaciones y su introducción en el 'transit predictor', un servicio online localizado en el IAC (<http://www.iac.es/proyecto/corot/followup>) que incluye información sobre todos los candidatos de la misión CoRoT - unos 620 en la actualidad - y que se está actualizando

continuamente. Además, se contribuyó con observaciones propias, de aproximadamente 15 candidatos revisados durante el 2012 en el telescopio IAC-80. Una línea más reciente de trabajo han sido las observaciones de velocidades radiales de candidatos de CoRoT, con el espectrógrafo FIES en el telescopio NOT, y cuyas 3 campañas durante el año han contribuido al descubrimiento de varios planetas.

Se ha trabajado, asimismo, en varias investigaciones de los planetas de CoRoT descubiertos previamente y en el análisis de otros tipos de objetos encontrados con datos de CoRoT. Dentro del primer punto se encuentra una búsqueda de tránsitos secundarios (o eclipses de los planetas detrás de sus estrellas centrales) de la totalidad de los 20 planetas CoRoT que han sido publicados a mediados de 2012. Este trabajo, en el marco de la tesis de H. Parviainen, se publicará a principios de 2013 (Parviainen, Deeg & Belmonte) y en él se utilizaron datos de archivo - las curvas de luz del Corot - y métodos de análisis Bayesianos. Dentro de los 20 planetas analizados, se encuentran indicios de la presencia de estos elipses en 5 planetas siendo, en 3 de ellos, descubrimientos nuevos. Estos datos permiten estimaciones de las temperaturas superficiales planetarias y de sus albedos. Por otra parte, un estudio de la estrella activa CoRoT 1028995 utilizó datos nuestros obtenidos con el NOT/



FIES, para el desarrollo de un modelo de actividad cromosférico (Gondain et al. 2012). Asimismo, un trabajo de B. Tingley et al. (*Astronomy & Astrophysics*) presenta un nuevo método de verificación de candidatos a planetas mediante fotometría en 2 o más colores, incluyendo una serie de observaciones encaminadas a este fin, dentro de las que se incluyen algunas realizadas con el telescopio GTC. Durante el otoño del 2012, el grupo comenzó los preparativos para actuar como LOC en una reunión de los miembros de CoRoT, que tiene previsto celebrarse en La Laguna (Tenerife) en marzo de 2013 bajo el título "11th CoRoT Week".

Un protagonismo central durante la primera mitad del año 2012 tuvo una propuesta para una misión espacial 'PlanetVision', en respuesta a una convocatoria de la ESA para misiones pequeños (S-class). El objetivo principal de este Proyecto es la caracterización de sistemas planetarios conocidos situados en sistemas con estrellas centrales brillantes, mediante fotometría en 3 colores (2 VIS y una en NIR).

También durante este año se contribuyó a la preparación de la propuesta S-mission de la ESA CHEOPS, que en octubre resultó la única misión aceptada para un estudio más detallado. Desde principios de año se ha ido desarrollando un simulador de las imágenes de dicha misión, CHEOPSim, y actualmente un miembro del grupo (R. Alonso), forma parte del grupo "Noise Task Force" para evaluar la precisión de CHEOPS. Desde octubre, se ha estudiado la posibilidad de una participación española en la carga útil de la misión, para formalizar la participación científica.

## **MAGNETISMO Y POLARIZACIÓN EN ASTROFÍSICA (P/300725)**

**A. Asensio Ramos.**

**H. Socas Navarro, J. Trujillo Bueno, F. Moreno Insertis, R. Manso Sainz, L. Belluzzi, E.S. Carlín Ramírez, T. del Pino Alemán, D. Orozco Suárez y N. Fabas.**

M. Bianda, R. Ramelli (Inst. Solari Ricerche, Suiza); R. Casini, R. Centeno, B.W. Lites (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); K. Kobayashi (Univ. de Alabama, EEUU); S. Tsuneta (NAOJ, Japón).

### **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 los máseres astronómicos, en las envolturas circunestelares y en descifrar el complejo magnetismo de la atmósfera solar.

- 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.

- Espectroscopia 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

La propuesta CLASP ha sido seleccionada por la NASA. El grupo de magnetismo y polarización en Astrofísica participa en este Proyecto internacional proporcionando la base teórica y las técnicas de diagnóstico y análisis de plasmas necesarias para predecir e interpretar la polarización de la línea Ly- $\alpha$  del Hidrógeno.

Se aplicaron técnicas Bayesianas para seleccionar el mejor modelo entre los disponibles para explicar un perfil de Stokes medido.

Se ha demostrado que la presencia de gradientes de velocidad verticales en las atmósferas estelares incrementa significativamente las señales de polarización por dispersión.

Se encontraron zonas absolutamente en calma no compatibles con fluctuaciones estadísticas en la superficie solar donde no aparecen dipolos magnéticos. Se argumentó que es una propiedad intrínseca del mecanismo que genera el magnetismo del "Sol en calma".

## Evolución del Proyecto

*Técnicas de análisis y aplicación a observaciones*

Se han desarrollado técnicas simplificadas para el estudio de campos magnéticos en estrellas. El hecho de que la práctica totalidad de estos objetos no estén resueltos con los telescopios actuales, hace que las señales de polarización inducidas por efecto Zeeman sean prácticamente nulas a no ser que haya mecanismos que rompan la simetría. El grupo ha desarrollado esquemas analíticos que permiten obtener los parámetros de Stokes emergentes de una estrella en rotación con un campo magnético dipolar. Estos cálculos analíticos permiten acelerar cualquier tipo de inferencia de campos estelares.

El análisis de datos espectropolarimétricos es complicado, entre otras cosas, porque

se necesitan muchos fotones para detectar las señales intrínsecamente débiles. Se ha desarrollado una técnica Bayesiana para detectar de forma fiable señales que estén al nivel de ruido. El método es ideal para instrumentos espaciales que buscan señales en regiones espectrales inexploradas. Un caso de esto es el cohete CLASP (Chromospheric Lyman- $\alpha$  Spectro-Polarimeter).

La degradación de imágenes por los instrumentos, incluso en el espacio, dificulta a veces la interpretación de los resultados obtenidos a partir de observaciones. Por primera vez el grupo ha aplicado una técnica de deconvolución regularizada a datos del espectropolarímetro a bordo de Hinode. Este método está basado en una descomposición en componentes principales de los parámetros de Stokes. Se aplicó esta técnica a datos de la penumbra de una mancha solar y se han encontrado evidencias claras por primera vez de campos con polaridad opuesta a lo largo de toda la extensión de los filamentos penumbrales. Esto se interpreta como la presencia de flujo magnético que retorna en la penumbra.

Se cree que la estructura de la cromosfera solar está gobernada por campos magnéticos, incluso en zonas en calma. Durante la pasada década, se han desarrollado herramientas de inversión que permiten analizar la cromosfera de zonas activas. Aun así, debido a la complejidad del modelado, se han estudiado las capacidades de diagnóstico de inversiones sin suponer equilibrio termodinámico local para perfiles de Stokes en la línea de Ca II en 8542 Angstrom inducidos por el efecto Zeeman. Las inversiones aplicadas a casos sintéticos en el quiet Sun muestran que se puede obtener una buena estimación del campo magnético y las velocidades a lo largo de la línea de visión. La estimación de la temperatura es algo menos precisa, pero todavía útil. Otra conclusión es que es necesario un nivel de ruido por debajo de 10-3.5 para detectar señales de polarización lineal.

Se han presentado evidencias observacionales de una rotación aparente de plasma en un pie de una protuberancia solar. Para ello, se hizo uso de datos espectropolarimétricos en el triplete de He I en 1083 nm para detectar desplazamientos Doppler en ambos lados del pie de una protuberancia del orden de 6 km/s. A pesar de que espectroscópicamente no se puede distinguir un movimiento de rotación de un flujo neto, se ha interpretado de esta manera.

#### *Transporte de radiación polarizada*

Se ha mejorado uno de los códigos de transporte radiativo plano paralelo en régimen Hanle disponibles en el grupo para tener en cuenta el efecto de las velocidades verticales y el cálculo de los cuatro parámetros de Stokes (I, Q y U hanle y V Zeeman). Con este código, se ha investigado en detalle la generación de polarización en las líneas de Ca II en atmósferas con fuertes gradientes de velocidad. Se ha verificado que estos gradientes son extremadamente eficientes en aumentar la anisotropía que induce la generación de polarización atómica y, por ende, polarización por dispersión. Esta investigación demuestra que es crucial conocer el estado dinámico de la atmósfera si se quiere diagnosticar campos magnéticos a través del efecto Hanle.

La línea Ly- $\alpha$  del He II a 304 Angstroms es una de las líneas espectrales escogidas para obtener desde el espacio, mediante instrumentos basados en filtros adecuados, imágenes espectaculares de la región de transición del Sol. Dado que la información sobre el campo magnético está contenida en la polarización de la luz, es importante investigar si tal línea espectral puede estar polarizada y, en tal caso, cuál es su sensibilidad magnética. Para tal fin, se ha realizado una investigación teórica que ha demostrado que procesos de "scattering" en el plasma de la región de transición del Sol deben producir señales de polarización lineal muy significativas, del orden del 1%, y que su sensibilidad al campo magnético mediante el efecto Hanle comienza a ser

apreciable para intensidades superiores a 100 gauss (es decir, para campos magnéticos intensos para los cuales la línea Ly- $\alpha$  del Hidrógeno se encuentra prácticamente en régimen de saturación Hanle). Por lo tanto, observaciones simultáneas de la polarización lineal en ambas líneas Ly- $\alpha$  facilitarían la determinación del campo magnético en la región de transición del Sol, pues la polarización observada en la línea del He II podría utilizarse como referencia para identificar mejor la acción del efecto Hanle en la línea Ly- $\alpha$  del Hidrógeno.

Se inició una rigurosa investigación teórica cuyo objetivo final es descifrar los mecanismos físicos responsables de la polarización esperada en las líneas h y k del Mg II, alrededor de 2800 Angstroms, las cuales se originan en la alta cromosfera y región de transición del Sol. Se ha concluido que la acción conjunta de efectos de redistribución parcial en frecuencias y de interferencia mecano-cuántica entre los dos niveles superiores de tales líneas espectrales da lugar a un complejo perfil de polarización lineal. Las alas de tal perfil espectral son sensibles a la estructura térmica de la cromosfera, mientras que el centro de la línea k del Mg II es muy sensible, mediante el efecto Hanle, a la presencia de un campo magnético débil ( $B < 100$  G) en la región de transición. Asimismo, se ha realizado otra investigación teórica sobre el impacto de tales ingredientes físicos sobre la polarización lineal producida por procesos de "scattering" en las líneas Ly- $\alpha$  del H I y He II a 1215 y 304 Angstroms, respectivamente.

Se han derivado expresiones exactas para el grado de polarización lineal inducido por dispersión resonante y el efecto Hanle sobre discos estelares resueltos o integrados y estructuras dipolares o cuadrupolares de campo. Se demostró que la polarización

para un dipolo no resuelto se puede escribir en función de tres funciones del ángulo de inclinación y fuerza del dipolo. Las técnicas usadas son generalizables a casos más complicados. Para entender el calentamiento de la corona solar es importante obtener información empírica sobre el campo magnético en la región de transición, donde en menos de 100 km la temperatura cambia de diez mil a un millón de grados y el plasma pasa de estar parcialmente a prácticamente completamente ionizado. Para tal fin es necesario medir e interpretar la polarización lineal producida por procesos de "scattering" en líneas resonantes UV, tales como la línea Ly- $\alpha$  del Hidrógeno. La interpretación de los perfiles de Stokes observados con futuros telescopios y espectropolarímetros como CLASP, requerirá tener en cuenta que el plasma de la cromosfera y región de transición es altamente inhomogéneo y dinámico. Por tal motivo se ha realizado una investigación teórica basada en simulaciones numéricas de la polarización producida por procesos de "scattering" en la línea Ly- $\alpha$  del Hidrógeno, lo que ha requerido solucionar el problema de la generación y transporte de radiación polarizada en modelos tridimensionales de la atmósfera solar (fotosfera, cromosfera y corona), resultantes de simulaciones magneto-hidrodinámicas (MHD). Los resultados obtenidos demuestran que el campo magnético de la región de transición del modelo MHD escogido da lugar, mediante el efecto Hanle, a cambios significativos en los perfiles de Stokes emergentes.

#### *Espectropolarimetría espacial*

La propuesta CLASP ha sido seleccionada por la NASA. El espectropolarímetro cromosférico Ly- $\alpha$  (CLASP, de Chromospheric Ly- $\alpha$  Spectropolarimeter) es un experimento desde un cohete sonda, propuesto por un equipo internacional

# INSTRUMENTACIÓN Y ESPACIO

## INSTRUMENTACIÓN ÓPTICA

### ALTA RESOLUCIÓN ESPACIAL (P/308635)

**J. Jiménez Fuensalida.**

**B. García Lorenzo, A. Rodríguez Hernández, L.F. Rodríguez Ramos, A. Alonso Sánchez, F. Gracia Temich y H. Chulani.**

**Colaboradores del IAC: C. Muñoz-Tuñón, A.M. Varela Pérez y J.L. Rasilla Piñero.**

### Introducción

Los sistemas de Óptica Adaptativa (AO) justifican en gran medida los próximos proyectos de telescopios grandes y extremadamente grandes (ELT). Al incrementar el tamaño de los telescopios dos factores fundamentales para la observación son mejorados: uno es el incremento de la capacidad colectora (mejora la magnitud límite), el otro es el aumento de la resolución espacial, es decir la mayor capacidad para detectar detalles espaciales de las fuentes. Para alcanzar estas prestaciones, el sistema óptico global debe estar en lo posible libre de aberraciones, aun así, con técnicas habituales de observación, la información espacial de las medidas queda afectada y limitada por la turbulencia atmosférica. Salvo otras técnicas basadas en post-procesado, las técnicas que pretenden soslayar esta limitación en tiempo real, proporcionando un haz óptico corregido de fluctuaciones, se denominan de óptica adaptativa. La primera generación de estos sistemas logran corregir, con suficiente calidad, un campo (ángulo isoplanático) muy pequeño. Como la capacidad resolutoria de los telescopios aumenta inversamente con el diámetro, los grandes y extremadamente grandes, además de una corrección

formado por Estados Unidos, Japón, España y otros países europeos. Su objetivo es medir la polarización lineal de la línea Ly- $\alpha$  del Hidrógeno, producida por la absorción y dispersión de radiación anisótropa en la región de transición entre la cromosfera y corona del Sol. Mediante la interpretación y modelización teórica de tal observable se intentará inferir a través del efecto Hanle la intensidad y orientación del campo magnético del plasma de la enigmática región de transición (donde en apenas 100 km la temperatura cambia de diez mil a un millón de grados y el plasma pasa de estar parcialmente a prácticamente totalmente ionizado). Este novedoso experimento exploratorio, con un tiempo de observación de tan solo 5 minutos, se intentará realizar en diciembre de 2014 desde un cohete sonda de la NASA equipado con un telescopio ultravioleta, un espectrógrafo y un polarímetro. El grupo de magnetismo y polarización en astrofísica participa en este proyecto internacional proporcionando la base teórica y las técnicas de diagnóstico y análisis de plasmas necesarias para predecir e interpretar la polarización de la línea Ly- $\alpha$  del Hidrógeno.

suficientemente buena de las fluctuaciones por la turbulencia, requieren un área de calidad mayor que la proporcionada por los sistemas simples de óptica adaptativa. Esta mejora se puede lograr con la Óptica Adaptativa Multiconjugada (MCAO).

Estos sistemas se basan en la evidencia experimental de que la turbulencia vertical está estructurada en capas, muchas veces pocas y suficientemente estrechas. Se reproducen entonces ciertos planos conjugados correspondientes a alturas determinadas donde se detecta el frente de onda (hay varias estrategias de dónde y cómo se corrigen las fluctuaciones). Aunque para distribuciones de turbulencia determinadas, establecer algunos pocos planos fijos pudiera proporcionar un grado de corrección aceptable, en condiciones de compromiso, sin embargo la eficiencia óptima se logra cuando se cuenta con información de la intensidad y altura de las capas, lo que permite entonces gestionar la posición de los planos conjugados de observación o cambiar las prioridades en el telescopio.

Por otra parte, otros parámetros relacionados con la estructura vertical tienen una importancia relevante en las especificaciones y gestión operativa de los sistemas de MCAO, tales como el ángulo isoplanático, el perfil vertical promedio y el perfil vertical de vientos. El primero se obtiene a partir de los perfiles verticales de turbulencia y coteja la proporción de intensidad de turbulencia concentrada en las capas altas respecto a las bajas. Si el balance es a favor de las bajas, este parámetro aumenta, relajando entonces los requerimientos. Aunque es muy habitual su uso, no da idea detallada de la estructura de la turbulencia y hace muy difícil armonizar los estadísticos de esta variable con la estadística elaborada a través de los perfiles de turbulencia. También la componente horizontal de la velocidad del viento en cada capa de turbulencia es una información esencial para la operación óptima de los sistemas de MCAO. Los movimientos de las capas establecen los ritmos de lectura de los sensores de frente

de onda y, por ende, el ancho de banda del servo-control global del sistema. La técnica más habitual, en la actualidad, para obtener los perfiles verticales de  $C_n^2$ , se denomina SCIDAR (SCIntillation Detection And Ranging) (Rocca, Roddier y Vernin, 1974; Fuchs, Tallon, y Vernin, 1998), aunque utilizando globos sonda pueden lograrse perfiles con más resolución en altura, no facilita el seguimiento durante la noche, es una vía cara, y práctica para usarla puntualmente. La técnica SCIDAR se basa en la correlación del centelleo producido por las componentes de estrellas binarias separadas, que permite obtener, además del perfil de turbulencia, la velocidad horizontal de las capas.

Otro aspecto determinante, relacionado con los grandes telescopios, es la necesidad de disponer de estrellas de referencia por láser (LGS, Laser Guide Star) para incrementar la cobertura del cielo útil para los sistemas de Óptica Adaptativa. Los sistemas de LGS no permiten corregir los modos de tilt global de modo que deberían ser corregidos con estrellas naturales, a falta de otra alternativa, como podrían ser las LGS policromáticas o alguna otra estrategia (Ragazzoni, 1996; Esposito, Riccardi y Ragazzoni, 1998) cuya viabilidad ha de ser demostrada. Es decir, los errores de anisoplanatismo de tilt entre la dirección del objeto astronómico y la estrella natural de referencia pueden obligar a un aumento del ancho de banda del servo global. Si los cambios bruscos se ignoran, la eficacia de los sistemas de óptica adaptativa cae dramáticamente. Los sistemas de LGS nacen por la necesidad, para los sistemas de óptica adaptativa, de disponer de una fuente de referencia dentro del ángulo isoplanático del objeto astronómico de interés. Consisten en generar una fuente artificial en la atmósfera, lanzando un haz láser desde la superficie de la Tierra (Foy & Labeyrie, 1985). Pueden ser de Rayleigh, cuando se genera la "estrella" en cotas bajas, típicamente 5 km, y de sodio cuando se produce en la mesopausa, 90 km, aprovechando la abundancia de este elemento en esta capa de la atmósfera. La altura donde se producen es fundamental,

especialmente para telescopios grandes, ya que, al crearse a una altura finita respecto a la distancia del objeto astronómico, se origina un error (denominado efecto cono o anisoplanatismo focal) que es la diferencia entre la propagación en forma de cono de la LGS y la forma cilíndrica del objeto. Se hace evidente, entonces, que este error será menor con alturas de LGS mayores, pero su efecto será más importante para telescopios de diámetro mayor (Tallon & Foy, 1990). Por otra parte, la capa de sodio en la mesopausa no es constante, mostrando variaciones de abundancia, altura y la existencia de capas esporádicas.

Al igual que en el caso de los sistemas MCAO, todos los proyectos de telescopios de clase 8 y 10 m actuales, y, por supuesto, los que se empiezan a tratar para la próxima generación, prevén la disponibilidad de sistemas LGS. Prueba de la trascendencia de estos temas es que la Unión Europea ha estado subvencionando varios proyectos TMR en los últimos años. A uno de ellos, Laser Guide Star for 8 m-class telescopes, finalizado en el 2001, ha formado parte el equipo que presenta esta solicitud.

Actualmente, disponemos de una infraestructura, procedimientos y técnicas de medida capaces de caracterizar la capa de sodio en la mesopausa, es decir, abundancia, distribución y altura. Sin embargo, por no disponer del láser de bombeo idóneo, no se ha llegado a generar un haz de láser sintonizado en sodio con suficiente intensidad. En breve, estará a disposición un nuevo láser, proporcionado por la ESA, con el que, no sólo se podrá continuar con las campañas de caracterización del sodio de la mesopausa, sino que estaremos en condiciones de generar una LGS detectable con un sensor de frente de onda. Esto será una fase importante ya que se podrán acometer los objetivos de sensado de frente de onda con LGS en eje óptico y fuera de eje. Téngase en cuenta que las LGS's en el caso de ELT's serán detectadas con una elongación, problemas todavía sin resolver en el sensado de frente de onda.

Las tareas de sensado y corrección de frente de onda estarán englobadas en un sistema de AO que suministrará un haz corregido a un espectrógrafo de campo integral ecualizado (EIFS). Ambas partes serán diseñadas como un instrumento completo, si bien con las características de prototipo. Es decir, proponemos acometer un sistema que proporcione resultados astrofísicos pero que sirva de plataforma de ensayo para futuros instrumentos competitivos en grandes telescopios. El sistema de AO será adecuado en cada momento a las características detectadas de turbulencia y capa de sodio. El instrumento se usará en el telescopio TCS y en OGS, disponiendo de una matriz de elementos de 8x8. Parte del grupo, está probando el desarrollo de un sistema basado en el uso de FPGA's (Rodríguez-Ramos et al 2005). La implementación y versatilidad de estos dispositivos los hacen muy adecuada para sistemas de AO. Permiten una adaptación rápida y fácil del lazo de control del sistema de AO. Actualmente, podemos corregir el frente de onda antes de que el sensor complete la lectura de la imagen, proporcionando un ancho de banda del lazo de control mayor que 1 kHz, prestaciones no logradas, por el momento, por ningún sistema.

Hace algunos años, desarrollamos una nueva técnica de espectroscopía 2-D para objetos de gran rango dinámico (Arribas, Mediavilla, Fuensalida 1998). La alternativa sería el uso de un coronógrafo en serie con un espectrógrafo de campo integral corriente. Aunque la aplicación, en su momento fue exitosa, su potencial mayor es el caso de estar limitado por difracción, es decir, combinado con un sistema AO. El campo que cubrirá el mazo de fibras no será mayor que 2 seg. de arco y con un rango espectral 0.7 - 1 micras.

## Hitos

A causa de la dificultad para lograr que el espejo deformable CILAS funcione correctamente, se optó por reactivar el objetivo de usar alternativamente el espejo de ALPAO (en su momento se

adquirieron estos dos espejos). Por otra parte, demostrada la dificultad del diseño óptico, previamente elaborado para CILAS, se rediseñó esta parte. De modo que, el resultado ha sido un nuevo sistema óptico que permite intercambiar, a voluntad, la ruta para usar uno u otro espejo deformable. La ejecución de esta solución no ha sido trivial debido a la enorme diferencia entre los tamaños del haz que debe alimentar ambos espejos. Esta versatilidad, lógicamente, será un logro importante para el desarrollo inmediato del Proyecto.

Aunque persiste el problema del refrigerador (compresor) del detector del espectrógrafo y del fallo de pegado entre las microlentes y las fibras de la IFU (en los próximos días se ensayará un nuevo procedimiento elaborado por el equipo de este proyecto para el pegado de estos elementos asegurando su alineamiento mutuo), se ha conseguido calibrar el espectrógrafo alimentado por un mazo de fibras.

### **Evolución del Proyecto**

Desafortunadamente, dos complicaciones importantes que aquejaban a este Proyecto durante el año, esto es, la deficiente respuesta de algunos actuadores del espejo CILAS y la refrigeración del detector del espectrógrafo, se mantienen en la actualidad. Aunque ha habido avances para su resolución (o “sobreseimiento”), todavía el desarrollo del Proyecto sigue encorsetado por la falta de una solución definitiva: en cuanto al espejo se está a la espera de que CILAS nos lo envíe de nuevo con los últimos arreglos y respecto a la refrigeración del detector, el departamento de Mantenimiento Instrumental del IAC se encargará de repararlo y ponerlo en funcionamiento. Aun así, se logró calibrar el conjunto espectrógrafo+fibras gracias al préstamo del compresor del Proyecto HORUS (R. García López & C. Allende). Las sinergias generadas entre varios proyectos del IAC en relación al funcionamiento, limitaciones y prestaciones de los detectores del tipo que se utilizan en el espectrógrafo, han sido mucho más enriquecedoras. El IAC

dispone de tres cámaras similares aunque de distintas características: IAC-80, HORUS y EDiFiSE (estas dos últimas más parejas). Ante varios intentos fracasados para usar en el Observatorio del Teide estas cámaras con la refrigeración intercambiada, E. Joven llevó a cabo un estudio de las mismas. Los resultados muestran las limitaciones de uso en condiciones de temperatura ambiental, hasta el punto de hacer inoperantes a estas cámaras a temperaturas de observatorio. Consecuencia de ello ha sido la evidente necesidad de construir un habitáculo para aislar térmicamente del exterior el sistema de refrigeración de los Proyectos HORUS y EDiFiSE.

Otro fracaso enriquecedor (según dicen..., “el carácter se forja en la tempestad”) ha sido el pegado del array de microlentillas a la entrada del mazo de fibras. Esto es una interfase fundamental que exige altos requerimientos de alineamiento entre ambos elementos. A raíz de este intento fallido, se han identificado las líneas de actuación relevantes para llevarlo a cabo con éxito, lo que nos ha permitido definir un nuevo procedimiento. Se ha procedido a despegarlos, tarea delicada que ha llevado varios meses, y en pocos días intentaremos un nuevo pegado en base al nuevo procedimiento ideado.

Como ya se ha mencionado, para soslayar el continuado bloqueo del desarrollo normal del Proyecto realizado por las deficiencias del espejo CILAS, se ha optado por reactivar la alternativa del espejo ALPAO (en su momento adquirimos ambos espejos para experimentar la optimización de resultados). Por otra parte, demostrada la dificultad del diseño óptico asumido hasta ese momento, previamente elaborado para CILAS, se ha rediseñado. De modo que, el resultado ha sido un nuevo sistema óptico que permite intercambiar, a voluntad, la ruta para usar uno u otro espejo deformable. La ejecución de esta solución no ha sido trivial debido a la enorme diferencia entre los diámetros de los haces que deben alimentar ambos espejos. Esta versatilidad, lógicamente, será un logro importante para el desarrollo inmediato del Proyecto.



Paralelamente, se han estudiado varias opciones de corrección de las aberraciones estáticas del sistema y avanzado en los procedimientos de corrección, todo ello a la espera de implementar una vez se disponga de los espejos deformables en condiciones de corrección de frentes de onda simulados.

Por otra parte, se ha continuado con la publicación de resultados de la distribución vertical de la turbulencia óptica atmosférica.

## **OSIRIS (OPTICAL SYSTEM FOR IMAGING LOW RESOLUTION INTEGRATED SPECTROSCOPY)**

**J. Cepa Nogué.**

**V.G. Escalera, R. Barreto, E. Hernández, E. Joven, J.C. López, J.L. Rasilla y A. Bongiovanni. Gabinete de Delineación Técnica, Taller de Electrónica, Taller de Mecánica y Administración de Servicios Generales.**

### **Introducción**

OSIRIS es el instrumento de rango visible de Día Uno para el Telescopio de 10,4 m., Gran Telescopio CANARIAS (GTC), en el Observatorio del Roque de los Muchachos (ORM) en la Isla de La Palma.

Se diseñó para funcionar en múltiples modos de observación, de los cuales podemos destacar: el modo imagen, modos espectroscópicos en baja e intermedia resolución y multiobjeto, así como modos rápidos de fotometría y espectroscopía. Su característica sin duda más destacable es el uso de filtros "sintonizables" o etalones, un tipo de filtros interferenciales que permiten seleccionar la longitud de onda modificando la anchura de la cavidad interferencial. OSIRIS es uno de los primeros instrumentos con esta capacidad instalado en un telescopio de clase 8 -10 m.

Con objeto de cumplir los diversos programas científicos planteados, OSIRIS adquiere imágenes en cualquier longitud de onda entre 365 y 1.000 nm dentro de un campo de 8.5'x 8.5'. Con sus prestaciones tendrá

una potente capacidad para estudiar en detalle las zonas de formación estelar desde galaxias cercanas hasta las más lejanas observables. Los campos de investigación serán tan variados como para englobar la formación estelar en galaxias cercanas, activas, distantes y cuásares. Añadiendo a esto los modos rápidos y la espectroscopia en diferentes resoluciones.

OSIRIS se instaló en el telescopio GTC durante la primera semana de diciembre de 2008 con las funcionalidades consideradas fundamentales: imagen con filtros de banda ancha y filtros sintonizables de banda estrecha en el rojo, espectroscopia con un conjunto de 12 rendijas de diferentes anchos y elementos dispersivos de baja resolución. Desde marzo de 2009 OSIRIS se ha utilizado ininterrumpidamente en el GTC para explotar científicamente el telescopio, y como único instrumento del mismo. Desde entonces se han ido incorporando año a año nuevas prestaciones. Durante el 2012 se ha estado trabajando en funcionalidades muy complementarias.

### **Hitos**

Correcciones y mejoras para el funcionamiento óptimo del filtro sintonizable azul.

Contratación de filtros cortaórdenes para ampliar la banda de longitudes de onda trabajo del filtro sintonizable azul a 370 – 450 nm.

Comisionado parcial del diseñador de máscaras multiobjeto.

Fabricación de una Máquina para el mecanizado de máscaras multiobjeto en el telescopio.

**MEMORIA  
IAC 2012**

**169**

Comisionado de GRANTECAN S.A. de los denominados Modos de Operación Rápidos de OSIRIS (fotometría rápida, espectroscopia rápida, etc.) y filtro sintonizable azul.

Calculador de tiempos de exposición del instrumento. Mejoras y actualización para incorporar las nuevas funcionalidades del instrumento (ej. el filtro sintonizable azul).

Pipeline para el proceso de los datos tomados por el instrumento. Mejoras y nuevas funcionalidades.

Apoyo a GRANTECAN en la resolución de problemas puntuales en la operación del instrumento, o en la mejora o caracterización del comportamiento del mismo. También, actualizaciones para facilitar su mantenimiento.

Preparación de diversa documentación y planos para el mantenimiento del instrumento.

### **Evolución del Proyecto**

Durante este año se ha seguido desarrollando funcionalidades complementarias del instrumento OSIRIS, mientras que este ha continuado funcionando sin haberse producido incidencias que obligasen a una parada del telescopio.

En 2012 la carga de trabajo de OSIRIS en el IAC ha sido bastante limitada, adaptándose al comisionado que GRANTECAN va llevando a cabo de las nuevas funcionalidades, de acuerdo a sus prioridades y disponibilidad.

Con respecto al filtro sintonizable azul, GRANTECAN ha estado comisionándolo durante este año en la banda 450 – 670 nm. Se han corregido algunos errores detectados en el conjunto filtro sintonizable, filtros cortaórdenes, y se espera que a mediados de 2013 se ofrezca a la comunidad. Por otra parte, durante este año se ha iniciado el proceso de contratación de unos filtros cortaórdenes para ampliar la banda de funcionamiento del filtro sintonizable, cubriendo las longitudes de onda entre 370 y 450 nm. Se espera que esta banda esté disponible a finales de 2013.

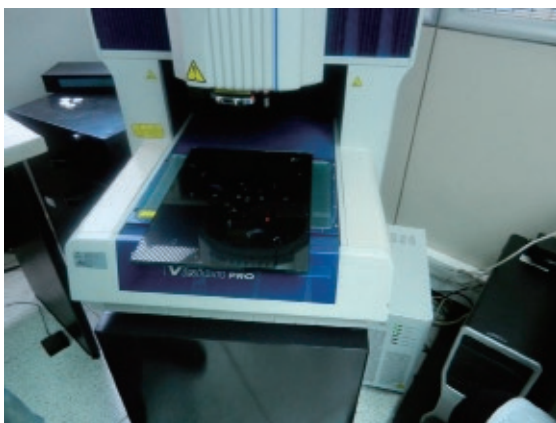
Durante el 2011 se finalizó una nueva versión mucho más completa del paquete de software para el diseño de Máscaras Multiobjeto, que denominamos MaskDesigner. Por limitaciones en la disponibilidad del telescopio para pruebas, se ha dilatado en el tiempo la verificación y ajuste de los diversos

parámetros de este paquete. Durante el año se han estado haciendo pruebas parciales, y se espera que durante los primeros meses del 2013 finalicen todas las pruebas y ajustes necesarios, de modo que entre marzo y abril esté finalizado el comisionado del modo multiobjeto.

El fichero de geometrías de rendijas generado por el MaskDesigner alimenta a la denominada Máquina de Corte de Máscaras. Este equipo es una máquina herramienta tipo fresadora, pero adaptada a las necesidades de OSIRIS. Es capaz de leer el fichero de rendijas y convertirlo en instrucciones máquina, de modo que la intervención del operario sea mínima. Se ha requerido todo el año 2012 para ajustar y mejorar esta Máquina hasta conseguir que se cumplan todos los requisitos, tanto de precisiones como de robustez y sencillez en su manejo. Su operación se ha simplificado al máximo, de modo que cualquier usuario puede aprender a utilizarla en menos de 1 hora. Además dispone de varios elementos para asegurar la calidad de fabricación, como por ejemplo, laser para la medida del desgaste de la fresa, detección de rotura o desgaste de las herramientas, marcado de las láminas según referencia incluida en fichero de rendijas, mesa de vacío de aluminio poroso para asegurar la posición de la lámina a mecanizar, sistema de anclajes específico para las láminas de OSIRIS, etc. Se tiene planificada su instalación en el telescopio GTC en febrero de 2013.



*Máquina de Corte de Máscaras.*



*Comprobación metrológica de la lámina fabricada con una Mitutoyo de visión.*

Durante el 2012 GRANTECAN ha comisionado los Modos Rápidos de OSIRIS, que se espera que sean ofrecidos a la comunidad en 2013.

El Calculador de Tiempos de Exposición ha sido actualizado para el nuevo filtro sintonizable azul y mejorado su funcionamiento en base a una simplificación del modelo utilizado. También se ha simplificado la parte correspondiente al filtro sintonizable rojo.

Durante este año se ha estado llevando a cabo una revisión y mejora de la Pipeline-offline para tratar los datos generados por OSIRIS.

También durante este año se han realizado algunas mejoras pendientes desde el punto de vista de mantenimiento, que no habían sido acometidas por cuestiones de seguridad. Por ejemplo, en junio de 2012 se actualizó el firmware del controlador del TF rojo, de modo que sea completamente compatible con el azul, y de este modo ambos controladores sean intercambiables en caso de fallo de uno de ellos.

Como resumen final decir que el instrumento OSIRIS se puede considerar terminado desde un punto de vista de ingeniería, quedando pendiente sólo algunos aspectos puntuales que no se han podido acometer antes, fundamentalmente por condicionantes impuestos por la planificación de GRANTECAN.

## **EDiFiSE - ESPECTRÓGRAFO DE CAMPO INTEGRAL ECUALIZADO LIMITADO POR DIFRACCIÓN**

**J. Jiménez Fuensalida,  
B. García-Lorenzo, A. Alonso, H. Chulani, F. Gracia, M.A.C. Rodríguez-Hernández, L.F. Rodríguez y T. Viera.**

### **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 el Proyecto AYA2009-12903, 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.

## Hitos

*Enero:* Solicitud al Plan Nacional de financiación de la tercera fase del proyecto.

*Marzo - julio:* Con objeto de reparar la microfuga del Cryotiger se desmontan y limpian los acoplamientos del compresor. Se adquiere un detector de hidrocarburos para detectar las posibles fugas y se localizan. Al recargar el sistema se observa que no enfría de forma adecuada. Se diagnostica la contaminación del filtro del compresor.

*Abril:* Integración del mazo de fibras con la matriz de microlentes.

*Abril - septiembre:* Lanzamiento contrato sistema de control HOMU.

*Mayo:* Campaña de Pruebas de sistema tip-tilt con cámara Andor, IFU+espectrógrafo. Las pruebas con el espectrógrafo no se pudieron realizar por problemas en el alineamiento de la máscara de las microlentes.

*Mayo - agosto:* Pruebas con el simulador de turbulencia, IACAT que permitirá probar el sistema EDiFiSE simulando en sala limpia tanto la OGS como el telescopio WHT y diferentes grados de turbulencia.

*Septiembre - diciembre:* Caracterización del espectrógrafo con el detector de EDiFiSE.

*Octubre - diciembre:* Publicación de resultados si procede y cierre de la segunda fase del Proyecto.

## Evolución del Proyecto

AYA2012-39136, Corrección Atmosférica en Espectroscopía 3D: EDiFiSE.

### *Rama de Óptica Adaptativa*

Se han implementado los desarrollos necesarios para incorporar la cámara Andor tanto en el sistema de adquisición de tip-tilt como en el sensor de frente de onda. Los desarrollos realizados se han probado en telescopio en particular los servos sintonizados para las diferentes frecuencias de trabajo según la intensidad de la turbulencia se ha validado de forma satisfactoria.

CILAS ha proporcionado un nuevo driver que permitirá las pruebas de verificación del espejo y un funcionamiento básico a alta frecuencia. Mientras tanto CILAS trabajará en un nuevo driver.

Se ha explorado el mercado para subcontratar el desarrollo de los módulos de control integrados en la FPGA del sistema de alto orden. Estaba previsto lanzar el contrato en abril de 2012, pero problemas administrativos hacen que esta licitación se retrase hasta 2013.

- Unidad de bajo Orden (LOMU): En mayo se llevan a cabo pruebas en el telescopio de la OGS para probar el concepto definitivo del sistema de tip-tilt con los nuevos servos. Los resultados son satisfactorios.

- Unidad de Alto Orden (HOMU): Se reciben los drivers comerciales ED64A de National Instruments, proporcionados por CILAS para poder trabajar de forma provisional con el espejo. Las pruebas para la caracterización con el interferómetro comienzan sin problemas y permiten determinar que la superficie del espejo se ha abombado y hay un actuador inactivo. Después del primer día de trabajo se producen fallos electrónicos que llevan a la decisión de enviar el espejo junto con los cables a CILAS para que procedan a reparar el driver provisional y revisen el espejo. Tras las negociaciones con CILAS se detecta la necesidad de volver a pulir el espejo y recubrirlo para eliminar el problema

MEMORIA  
2012 IAC

172

A partir de los resultados obtenidos con el simulador de turbulencia en el laboratorio, y las campañas realizadas en el telescopio, se continúa el diseño y adquisición o fabricación de los elementos opto-mecánicos de EDiFiSE.

La solicitud al Plan Nacional para financiar la tercera fase del Proyecto ha sido considerada positivamente y dotada de financiación a través del Proyecto del Plan Nacional

del abombamiento que ha sido causado por el proceso de fabricación. Se prevé disponer del espejo con los drivers provisionales en enero de 2013.

Paralelamente, en abril se prepara el documento de requerimientos técnicos para la licitación de los módulos de la FPGA del control del espejo. Se inicia el procedimiento para lanzar la licitación y queda pendiente para 2013 por problemas administrativos derivados de la implantación del SAP.

Se estima disponer del sistema para pruebas en telescopio en agosto de 2013.

#### *Rama de instrumentación astronómica*

- IFU: En mayo se llevó a cabo el pegado de la máscara de fibras con la matriz de microlentes, con lo cual el mazo EB#2 quedó integrado. Coincidiendo con las pruebas programadas en mayo en la OGS, se decidió subirlo junto con el espectrógrafo para su verificación en telescopio. Los resultados demostraron que la interfaz entre la máscara y la matriz de microlentes ha sufrido algún problema en el proceso de pegado. Los orificios de la máscara de la matriz de microlentes, no están alineados adecuadamente, aunque la verificación metrológica de la máscara demuestra que ésta está dentro de los requerimientos.

Se decide despegar la máscara en una disolución de alcohol isopropílico, menos agresiva que la de acetona, para preservar la matriz de microlentes. El proceso de disolución del pegamento ha llevado seis meses. Se desarrolla un procedimiento

metrológico para poder monitorizar el proceso de pegado adecuadamente y se retrasa el pegado hasta febrero de 2013.

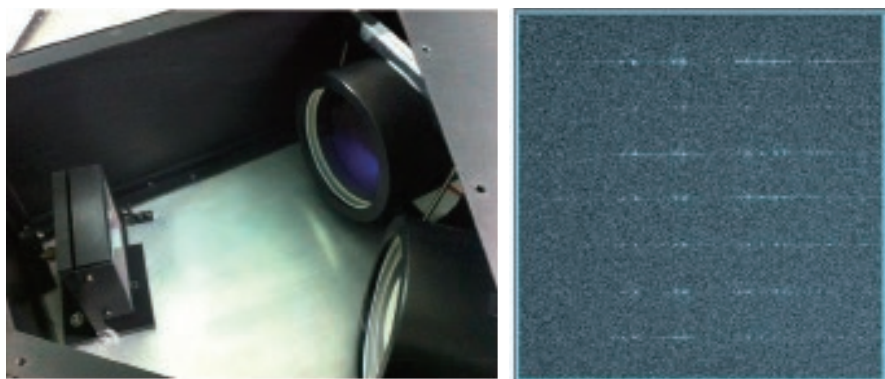
- Espectrógrafo: Tras los trabajos para localizar las fugas en el sistema del compresor, se detecta que el filtro del compresor del sistema de refrigeración del criostato del detector está contaminado. Se contacta con el proveedor (Ferrotec GmbH) para solicitar procedimiento de limpieza. Es necesario comprar piezas, nuevo filtro y suministro de gas PT30. Por restricciones presupuestarias se retrasa la compra a 2013.

Para poder trabajar con el espectrógrafo se llega a un acuerdo con HORUS para usar su compresor con el detector de EDiFiSE. De este modo, las pruebas de caracterización del espectrógrafo concluyeron satisfactoriamente en diciembre de 2012.

Adicionalmente se ha detectado que en condiciones de baja temperatura y presión atmosférica, el compresor no tiene suficiente potencia para trabajar en el Observatorio, por lo que será necesario diseñar un gabinete térmico que permita enfriar el detector adecuadamente.

Se estima disponer del sistema para junio de 2013.

- Pre-ópticas: Las pre-ópticas siguen evolucionado en sus diseños según las pruebas de laboratorio y telescopio. Se ultiman compras de monturas y elementos comerciales, y fabricación en taller de elementos no comerciales necesarios para la integración del sistema óptico.



*Espectrógrafo de EDiFiSE donde se aprecia la cámara, el colimador y la red de difracción. (izquierda). Imagen obtenida con el detector durante las pruebas de caracterización realizadas por Adur Pastor Yabar (derecha).*

## ESPRESSO (ECHELLE SPECTROGRAPH FOR ROCKY EXOPLANETS AND STABLE SPECTROSCOPIC OBSERVATIONS)

**R. Rebolo.**

**M. Amate, F. Tenegui, S. Santana, J.L. Rasilla, A.B. Fragoso y J. González.**

Consortio: Centro de Astrofísica de la 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. de Physics, Univ. de Bern (Suiza), IAC, ESO (Europa).

### Introducción

ESPRESSO (Echelle Spectrograph for Rocky Exoplanets and Stable Spectroscopic Observations) es un Espectrógrafo Ultra Estable de Alta Resolución. Este espectrógrafo se entiende como un instrumento adicional de segunda generación para el telescopio VLT, tal y como se recomendó por la ESO STC durante su 67ª reunión, en octubre de 2007 y el concilio de la ESO en su 11ª reunión en diciembre de 2007.

El principal objetivo del Proyecto en esta fase (2012) fue continuar con las modificaciones recomendadas en la PDR y llevar a cabo el diseño final.

### Hitos

Se cerró la colaboración con NTE-SENER en el marco de CDTi.

Se congeló el diseño de la óptica.

Se finalizó el diseño conceptual del "Fibre Link".

Se finalizó el diseño conceptual de las monturas ópticas.

El IAC colaboró elaborando una animación que se presentó en el SPIE.

Se celebró en Lanzarote un "Progress Meeting" a cargo del IAC, con la asistencia del cliente (ESO).

### Evolución del Proyecto

Se trabajó en el diseño detallado del Banco Óptico.

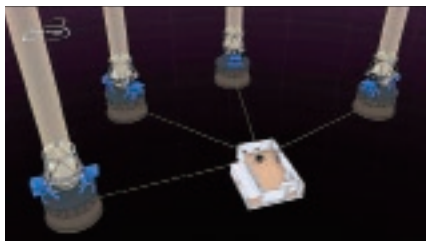
Se finalizó el diseño óptico del "Fibre Link".

Se subcontrató el diseño opto-mecánico del "Fibre Link".

Se trabajó en el diseño detallado de las monturas ópticas.

Se desarrollaron las especificaciones para la compra de la óptica.

Se realizaron cuatro "Progress Meetings": Anzere, Como, Porto y Lanzarote y una visita especial de trabajo al IAC (Gestor del Proyecto e Ingeniero de Sistemas).



## **MONITOR DE SEEING AUTOMÁTICO “DIMMA”**

**C. Muñoz-Tuñón.**

**A.M. Varela, J.M. Delgado Hernández  
y L.F. Rodríguez Ramos.**

### **Introducción**

Con el objetivo general de lograr una evaluación permanente de las condiciones astro-meteorológicas de los Observatorios de Canarias (ORM y OT), y basándose en el monitor de seeing desarrollado en el IAC que funciona regularmente desde 1995, se han instalado sendos sistemas DIMMA (Monitor de seeing automático) en dichos Observatorios, incorporando una serie de prestaciones que suponen un salto cualitativo importante en su utilidad científica. El sistema ubicado en el OT ha sido operado habitualmente durante todo el año al igual que había sucedido en el año anterior por técnicos en operaciones telescópicas, estando disponibles en tiempo real los datos obtenidos en el sitio web del IAC.

Durante el año 2012 se instaló una copia del sistema de alta disponibilidad para el control de la cúpula, desarrollado y probado inicialmente en el OT, en el DIMMA ubicado en el ORM, quedando ambos sistemas controlados de forma idéntica y remotamente desde el OT.

### **Evolución del Proyecto**

Durante el año 2012 completó con éxito la instalación de un sistema de alta disponibilidad para el control de la cúpula en el DIMMA ubicado en el ORM. Este sistema es una copia idéntica del que se instalara en 2011 en el OT y que lleva funcionando desde entonces. Se trata de un sistema diseñado para “garantizar” el funcionamiento de la cúpula en prácticamente la totalidad del tiempo, salvaguardando el sistema frente a eventos meteorológicos en caso de fallos de comunicaciones o de alimentación, cuestión que fue identificada como imprescindible debido a la sistemática utilización remota del equipo.

Como paso previo a la instalación de los sensores meteorológicos en la torreta erigida al efecto en el OT, se generó por el Departamento de Prevención de Riesgos Laborales el procedimiento de actuación sobre la misma con arreglo a las normas de Seguridad y Salud, con la participación de la empresa instaladora y de la Mutua que asesora al IAC en esta materia. Este procedimiento especifica las precauciones a tomar para proceder al escalado de la misma.

## **HORUS (HIGH OPTICAL RESOLUTION ULTRA-STABLE SPECTROGRAPH)**

**R.J. García López.**

**C. Allende Prieto, J. Calvo Tovar, F.  
Gracia Témich, J.L. Rasilla Piñeiro, V.  
Sánchez y S. Santana.**

En 2012 se convocó a un grupo de ingenieros ópticos y mecánicos del IAC para realizar una revisión del diseño de HORUS. La evaluación fue positiva en general, pero se criticaron varios aspectos del diseño preliminar de la cámara de vacío, y se aconsejó revisar dicho diseño de modo que se pudiera dar servicio al detector sin que sea necesario abrir la cámara de vacío del espectrógrafo. Por este motivo se ha decidido dividir el Proyecto en dos fases, e intentar llevar el instrumento al telescopio GTC sin la cámara de vacío mientras que la misma se rediseña y construye. Se han iniciado discusiones con GRANTECAN S.A. para aclarar los aspectos prácticos que implica la operación de HORUS en el telescopio GTC.

Después de una batería de pruebas, se descubrió que el detector de HORUS, una CCD Fairchild 4096x4096, no funcionaba adecuadamente. Este se envió al fabricante, Spectral Instruments Inc., que localizó el problema en la electrónica de control y lo reparó. HORUS, sin cámara de vacío, está montado en la sala AIV del IAC, y a lo largo de 2012 se han ido realizando medidas que ponen a prueba sus prestaciones, incluyendo su estabilidad.

**MEMORIA  
IAC 2012**

**175**

## HARMONI

**E. Mediavilla.**

**J.M. Herreros, A.B. Fragoso, B. García, E. Hernández, L.F. Rodríguez y J. Sánchez-Capuchino.**

### Introducción

Cinco instituciones europeas (Universidad de Oxford, Universidad de Lyon, IAC, CAB-CSIC y UK-ATC), lideradas por la Universidad de Oxford, forman el Consorcio que diseñará y construirá, bajo contrato con la ESO, el instrumento de Primera Luz para el E-ELT HARMONI. La participación en HARMONI garantiza tiempo de observación en el E-ELT, siendo una oportunidad científica única para los investigadores del IAC. La participación del IAC en HARMONI incluye tres grandes bloques: 1) el desarrollo (diseño, fabricación y verificación) del subsistema que constituye la pre-óptica del instrumento, 2) la coordinación en la arquitectura y desarrollo de la electrónica de control de todo el instrumento y 3) la 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 espectroscopia 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. De esta forma tiene una gran versatilidad para optimizar diferentes tipos de observaciones (por resolución angular, por sensibilidad de fuentes puntuales, por campo de visión, etc.) en función de 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

En 2012 se concluyó un diseño alternativo a la pre-óptica de HARMONI desarrollada en la Fase A del Proyecto, intercambiando el colimador y la cámara y consiguiéndose que el sistema tenga sólo una pupila para las cuatro escalas espaciales especificadas en los requerimientos del instrumento.

### Evolución del Proyecto

Durante el año 2012 se han realizado varias reuniones y videoconferencias dedicadas principalmente a planificar las tareas asignadas al IAC dentro de la Fase Delta-A del Proyecto, fase cuya intención es el refinamiento de ciertos subsistemas del instrumento.

El retraso de la puesta en marcha de esta Fase Delta-A, debidas a las negociaciones con ESO, no ha impedido que el IAC haya realizado ya la mayor parte de las tareas inicialmente identificadas en la Fase Delta-A relacionadas principalmente con el diseño óptico de la pre-óptica. En concreto, se ha rediseñado la pre-óptica del instrumento consiguiéndose un diseño con una sola pupila para las cuatro escalas espaciales especificadas en los requerimientos de HARMONI.

En el mes de noviembre, la mayor parte del equipo del IAC implicado en el Proyecto HARMONI asistió a la reunión de "Revisión del diseño de HARMONI", celebrada en Oxford (Reino Unido), con el resto de miembros del Consorcio, y de la que surgieron nuevas ideas para un rediseño más compacto del subsistema pre-óptica en las que se están trabajando actualmente.

Se ha iniciado el proceso de contratación de un ingeniero óptico que realizará, entre otras tareas, distintas variaciones del diseño óptico actual de la pre-óptica analizando sus prestaciones a nivel de calidad de imagen.

Durante el año 2013 se ejecutarán las actividades técnicas encaminadas a refinar el diseño del instrumento y del Proyecto, de acuerdo al plan de trabajo detallado que se



defina a principios de año con el Consorcio HARMONI para la ejecución de las mismas.

Así pues, en los dos primeros trimestres del año se desarrollarán las tareas técnicas encaminadas a mejorar la definición conceptual del instrumento. Tras concluir este periodo, se llevarán a cabo actividades dirigidas a mejorar la especificación y delimitación del proyecto para abordar las siguientes etapas. En concreto, se realizará un análisis detallado de costes, programación y alcance del trabajo.

A finales del segundo trimestre del año se espera que los miembros del Consorcio estén listos para firmar el MoU -Memorandum of Understanding-. Simultáneamente con la elaboración del MoU, se procederá con la redacción y negociación del contrato con ESO para el diseño y construcción del instrumento. A finales del cuarto trimestre de 2013 se prevé que el Consejo de ESO apruebe y autorice el arranque del Proyecto. El inicio del instrumento -Kick-off de la Fase B- está previsto para el primer semestre de 2014.

## MERLIN

**A. Oscoz.**

**R. López, A. Díaz, J. Calvo, F. LLarena y Servicio de Mantenimiento Instrumental.**

### Evolución del Proyecto

Sigue en marcha el Proyecto de nuevo espectrógrafo de baja resolución, MERLIN, para el telescopio IAC-80. MERLIN consta de un sistema de Óptica Adaptativa (AO-L), un espectrógrafo con guiado (SGS) y una cámara (ST-10).

En 2012 se finalizaron todas las piezas de MERLIN y se montó todo el sistema en su estructura de acople al telescopio IAC-80. Sin embargo, antes de su instalación en telescopio se probó con ESTRANGIS, un proyecto de observación del tránsito de Venus desde Australia. Se verificó la funcionalidad completa del sistema, al llevar incorporada la

cámara ST10, cubriendo un rango espectral entre aproximadamente 400 y 900 nm con la red de baja resolución. MERLIN funcionó perfectamente. En el último trimestre de 2012 se instaló en el telescopio IAC-80, pero no se consiguió que funcionara correctamente debido a problemas de control remoto desde un ordenador en red.

En este momento se halla montado el sistema completo con su estructura y en proceso de instalación del software necesario para su control remoto desde un ordenador en red.



*ESTRANGIS con MERLIN  
preparados para viajar a Australia.*

## LGS (LASER GUIDE STAR – ESTRELLA GUÍA LÁSER) CON OGS (OPTICAL GROUND STATION – ESTACIÓN ÓPTICA TERRESTRE)

**J. Jiménez Fuensalida.**

**A. Alonso y J. Castro Almazán.**

### Introducción

La turbulencia asociada a los gradientes locales térmicos y de presión en la atmósfera constituye una de las limitaciones básicas en el rendimiento de los (grandes) telescopios empleados para la investigación astronómica desde la superficie terrestre. La falta de homogeneidad del índice de refracción de la atmósfera provocada por la turbulencia causa distorsiones en los haces de rayos luminosos que se propagan a su través, resultando en un ensanchamiento por encima del límite de difracción del telescopio, un baile aleatorio de la posición

MEMORIA  
IAC 2012

177

centroide de intensidad, y fluctuaciones de la irradiancia.

Con objeto de obtener de los (grandes) telescopios su resolución teórica, es necesario utilizar técnicas que permitan compensar el efecto de la turbulencia atmosférica. Estas técnicas, denominadas de Óptica Adaptativa (OA), consisten en medir el efecto de la turbulencia sobre el campo de observación, y corregirlo en tiempo real mediante dispositivos óptico-mecánicos. La medida de la turbulencia exige una estrella brillante cercana o en el propio campo (estrella guía) que permita medir la turbulencia.

El número de estrellas naturales aptas para su empleo como estrellas guía es muy limitado, por lo tanto el empleo de sistemas de OA requiere la generación de los que se conoce como Estrellas de Guía Láser. Los recientes desarrollos tecnológicos en láseres de alta potencia permiten generar estrellas artificiales enfocando un haz láser en la mesosfera terrestre (80 - 110 km) que provoca la retro-dispersión resonante por átomos de sodio o de potasio. Las estrellas así generadas se pueden emplear para corregir la turbulencia atmosférica en cualquier campo de observación.

## Hitos

*Abril:* Se pospone la visita técnica del representante de Láser de colorante para optimización del sistema y entrenamiento del personal.

*Mayo - diciembre:* Observaciones científicas sistemáticas en la rama de sodio. Análisis de los datos y preparación de publicaciones. Potencia baja 0.5 W con etalon.

## Evolución del Proyecto

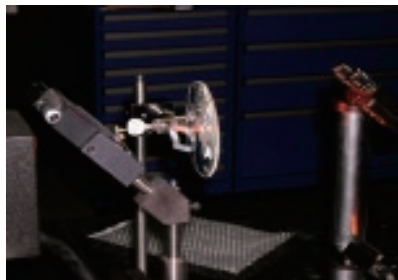
Las actividades del Proyecto siguen ralentizadas por falta de recursos humanos y el problema del circuito de lanzamiento del chorro de colorante. Se está a la espera de una visita técnica.

## WEAVE (WHT ENHANCED AREA VELOCITY EXPLORER)

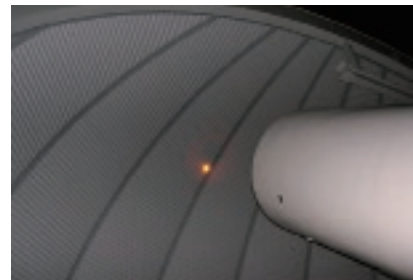
**J.A. López Aguerri.  
L.F. Rodríguez Ramos y J.M. Delgado Hernández.**

## Introducción

WEAVE (WHT Enhanced Area Velocity Explorer) es un nuevo espectrógrafo multiobjeto que se ubicará en el telescopio



*Detalle de las pruebas con lente plano-convexa para el sistema de expansor fuera de eje.*



WHT, en la Isla de La Palma. 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 espectroscopia de campo integral de galaxias. El instrumento ofrecerá resolución de  $R=5.000$  entre 370 y 950 nm de longitud de onda, y una alta resolución

de  $R=20.000$  en dos rangos situados entre 410 - 460 nm y 600 - 678 nm.

Este instrumento va a ser crucial en el futuro del telescopio WHT porque no sólo renovará la instrumentación existente sino que lo situará en lo más alto del conjunto de telescopio de la clase de 4 m de diámetro que llevan a cabo inventarios de espectroscopia multiobjeto. Está previsto que los espectrógrafos se sitúen en el foco Nasmyth (Laboratorio GRHIL), mientras que las fibras ópticas se ubicarán en el foco primario del telescopio.

Este instrumento está siendo desarrollado por un Consorcio en el que participan instituciones de Gran Bretaña, Países Bajos, Francia y España. La participación del Área de Instrumentación del IAC en el Proyecto WEAVE se circunscribe en esta fase de Diseño Preliminar al control del instrumento desde el punto de vista hardware, incidiendo específicamente en el diseño preliminar de actuadores, sensores y cableados de conexión.

## **Evolución del Proyecto**

Durante el año 2012 se avanzó en el diseño del hardware de control del instrumento, tanto en lo que se refiere al espectrógrafo como al corrector de foco primario, habiéndose preparado el grueso de la información de diseño necesaria para acometer con éxito una revisión de diseño preliminar. También se ha incidido en la puesta en marcha del Consorcio, repartiendo los paquetes de trabajo acordes con la disponibilidad y experiencia de los diferentes grupos involucrados, para lo cual se han mantenido a lo largo del año multiplicidad de reuniones tanto personales como por audio y videoconferencia.

## **AOLI (ADAPTIVE OPTICS LUCKY IMAGER)**

**R. Rebolo.**

**V. G. Escalera, L.F. Rodríguez, A. Oscoz, B. Femenía y R. López.**

Inst. de Astronomy, Univ. de Cambridge, Univ. Politécnica de Cartagena; I. Physikalisches Inst., Univ. de Koln.

## **Introducción**

AOLI es un prototipo de instrumento para trabajar en el rango visible con el fin de llegar a obtener las resoluciones angulares conseguidas solamente por telescopios espaciales, como por ejemplo el Hubble. Para ello utiliza las técnicas de Óptica Adaptativa basadas en sensores de curvatura y la técnica denominada Lucky Imaging para la adquisición de imágenes científicas. AOI se está diseñando para probarlo inicialmente en el telescopio WHT y posteriormente en el telescopio GTC, ambos situados en el Observatorio del Roque de los Muchachos, en La Palma.

La adquisición de imágenes científicas basada en Lucky Imaging consiste en almacenar las imágenes tomadas por el detector a gran velocidad, obteniendo de este modo imágenes individuales que están poco afectadas por las turbulencias atmosféricas. Utilizando una estrella brillante próxima se puede obtener la calidad y el desplazamiento de cada una de las imágenes individuales. Aplicando el correspondiente desplazamiento a las mejores imágenes y sumándolas es posible mejorar sustancialmente la calidad de las imágenes científicas, pudiendo llegar a resoluciones angulares muy próximas al límite de difracción. Esta técnica ha llegado a ser factible gracias al desarrollo de CCDs que incorporan amplificadores de alta ganancia y elevadas frecuencias de toma de imágenes.

Con el objeto de mejorar aún más los resultados obtenidos por la técnica Lucky Imaging, está previsto que el instrumento incluya una Óptica Adaptativa basada en un sensor de curvatura no lineal en el plano de pupila, que deberá reducir el efecto de las turbulencias sobre las imágenes que llegan a los detectores científicos en un área de cielo considerable, mejorando de esta manera la calidad y cantidad de imágenes seleccionadas por el Lucky Imaging.

## Hitos

Diseño óptico preliminar del instrumento.

Definición preliminar de los componentes del sistema.

Identificación, adaptación y adquisición de parte de los elementos del sistema.

Definición preliminar de interfaces del instrumento.

## Evolución del Proyecto

AOLI es un Proyecto que se está desarrollando con una limitación importante de recursos humanos y económicos, tanto en el IAC como en el resto de las entidades colaboradoras por lo que los avances son muy limitados.

Durante este año la mayoría de los esfuerzos han estado concentrados en el afinamiento del diseño óptico del sistema y en la definición y preparación del montaje de laboratorio para el desarrollo y pruebas del sistema de Óptica Adaptativa.

También se ha avanzado en la adquisición de componentes que eran claramente necesarios (ej. una mesa óptica), así como en la adaptación de otros elementos precursores de este instrumento y que eran casi directamente utilizables.

Por último, se han dado algunos pasos en la definición más precisa del sistema, de sus componentes y de las interfaces entre los mismos.

## SO/PHI (SOLAR ORBITER POLARIMETRIC AND HELIOSEISMIC IMAGER)

V. Martínez Pillet.

J.A. Bonet, B. Ruíz, C. Kuckein, C. Quintero, E. Ballesteros y M. Reyes.

INTA, IAA, Univ. de Valencia, Univ. de Barcelona, MPS, KIS, IDA.

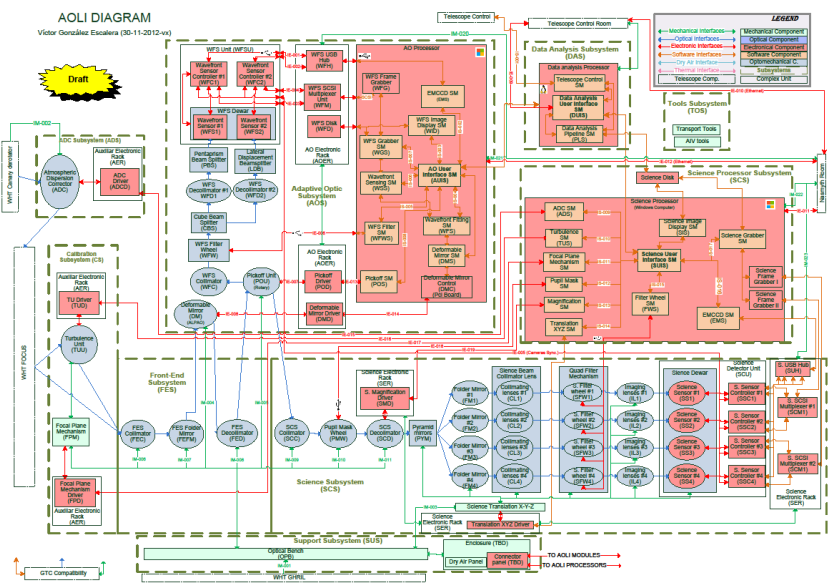
## Introducción

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 voló con éxito en 2009 a bordo de un globo.

MEMORIA  
2012 IAC

180

*Estado actual de diseño.  
La ilustración muestra  
el diagrama de bloques  
del sistema.*



El Consorcio español de SO/PHI incluye al Coinvestigador Principal del instrumento entre sus miembros, V. Martínez Pillet del IAC, lo cual garantiza una alta visibilidad para la contribución española. El nivel de participación es ligeramente superior al 40% y cuenta con responsabilidades a nivel de sistema. El instrumento cuenta con dos telescopios de los cuáles el de disco entero (FDT) es responsabilidad española, al igual que la electrónica del instrumento.

## Hitos

Febrero: Revisión de Diseño Preliminar (PDR) del instrumento, liderada por la ESA.

## Evolución del Proyecto

### *Revisión de Diseño Preliminar (PDR) del instrumento SO/PHI*

Durante el año 2012 la actividad más importante fue pasar el PDR del instrumento. Esta actividad se realizó durante el segundo cuatrimestre del año y las acciones que surgieron a raíz de la misma se extendieron prácticamente durante el resto del año. El instrumento pasó la revisión sin cambios significativos y continuó su fase de definición encaminándose hacia la construcción del mismo. En esta actividad, el IP del Proyecto participó en varias de las reuniones preparatorias y de la revisión propiamente dicha. Los ingenieros M. Reyes y E. Ballesteros asesoraron en los temas de documentación del Proyecto, en particular en lo referente a la electrónica del sistema de estabilización de imágenes, responsabilidad de la Universidad de Barcelona. En el caso de M. Reyes, se realizaron reuniones técnicas con el equipo alemán que coordina este subsistema (KIS, Friburgo). El investigador J.A. Bonet y el IP de la propuesta participaron en varias reuniones del Consorcio (en España y Alemania) para la definición de subsistemas (Full Disk Telescope, Moduladores de Polarización) y las operaciones del instrumento.

### *Participación en el Science Working Team de la misión*

El IP de este subproyecto es además co-IP del instrumento y, como tal, miembro del Science Working Team de la misión que reúne a todos los IPs y co-IPs de toda la carga útil. Además es chairman del Remote Sensing Working Group (RSWG) que coordina las operaciones de estos instrumentos. Por ello el IP tuvo que participar en varias reuniones donde se celebraron actividades del SWT o del RSWG. Estas tuvieron lugar en ESTEC, UCL (Londres) y Brujas (5 Workshop). La actividad fundamental realizada por el IP como líder del RSWG fue coordinar la producción de los documentos de comisionado y operación de los telescopios a bordo. En la actualidad ambos documentos están siendo estudiados por ESA y ASTRUM para evaluar las implicaciones de las actividades propuestas.

### *Puesta a punto de IMAx*

Con vistas al vuelo de SUNRISE previsto para el año de 2013 los investigadores J.A. Bonet y el IP participaron en varias reuniones de coordinación para la puesta a punto del instrumento IMAx (en INTA Madrid) así como de definición científica del segundo vuelo (en Lindau Alemania, donde se contó además con la participación del recién incorporado FPI del Proyecto, C. Quintero). Se realizó el pago de la contribución española para este segundo vuelo (un 20% del coste total, como en 2009), cantidad que ascendió esta vez a 220,000 Euros. El proceso de puesta a punto de IMAx se ha encontrado con problemas durante el alineamiento óptico y se ha negociado con la institución IP (MPS, Lindau Alemania) una entrega retrasada del mismo.

Es de destacar también que se ha intentado ampliar la involucración estadounidense en el Proyecto. El éxito del primer vuelo motivó a nuestros colegas americanos a proponer para esta segunda ocasión un espectropolarímetro desarrollado por varias

instituciones americanas y liderado por el HAO (Boulder, Colorado, EEUU) centrado en el infrarrojo cercano y complementario con IMAx. Para ello se realizaron dos reuniones de co-ls de SUNRISE a fin de definir el caso científico, las estrategias de observación así como la planificación global del Proyecto en Alemania (Lindau) y en Estados Unidos. Esta última tuvo lugar en el Institute for Astronomy (IfA) en Hawai por conveniencia de los diferentes miembros del Consorcio que continuaban a la Asamblea General de la IAU en Pekín. El IP del Proyecto que aquí se justifica dio una charla científica en el IfA de presentación del Proyecto SUNRISE.

*Participación en reuniones científicas*

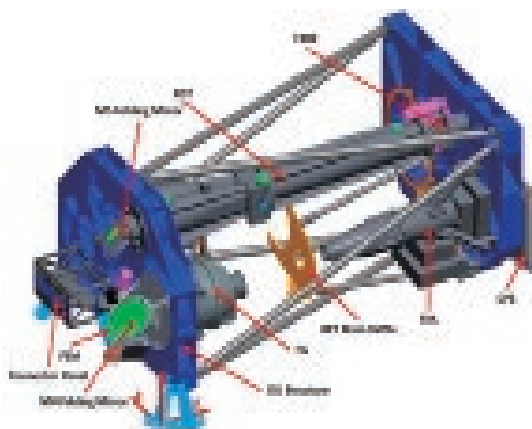
El equipo ha participado en diversos congresos internacionales donde se han presentado los avances logrados en las diferentes investigaciones que se realizan en el seno del mismo. El IP del Proyecto dio 6 charlas invitadas en foros internacionales de diferente alcance. C. Kuckein presentó los resultados de su tesis doctoral en un congreso de la serie “Living with a Star” en Estados Unidos. También debemos mencionar la participación en la Asamblea General de la IAU celebrada en Pekín (China) donde el IP dio varias charlas relacionadas con los proyectos Solar Orbiter y SUNRISE, pero además participó en diferentes reuniones

del ejecutivo de la IAU como presidente de la División II de la misma.

*Ingeniería*

El IAC a lo largo de 2012 ha llevado a cabo labores de consultoría en el diseño y especificación del sistema de estabilización de imagen (Image Stabilization System – ISS), un Correlador Solar, liderado por el KIS. El consorcio español, en concreto la Universidad de Barcelona, es responsable de la cámara del correlador, la electrónica de control del espejo de tip-tilt, y del firmware de calibración, correlación y control en tiempo real de la cámara y el espejo de tip-tilt. El IAC participó en la definición de los requerimientos del sistema, analizó el sincronismo de la cámara, revisó el diseño hardware de la misma y contribuyó al estudio del estándar Socwire para la comunicación de la FPGA encargada de la correlación con el resto de la electrónica de SO/PHI.

En diciembre de 2012 se entregó por parte de MPS la documentación de diseño del software del instrumento, para llevar a cabo su revisión de diseño preliminar a comienzos de 2013. El IAC participará como uno de los revisores.



3D del instrumento SO/PHI completo, con sus dos telescopios (HRT y FDT).

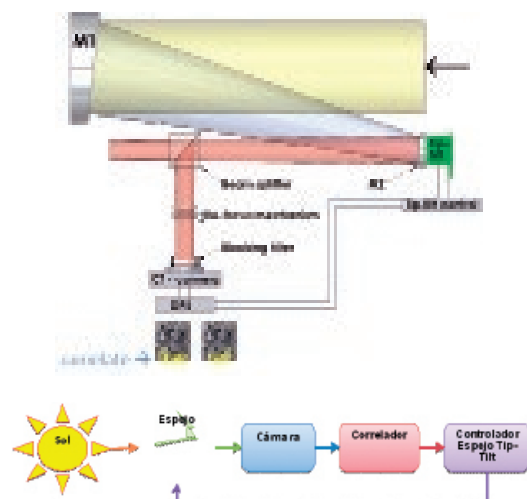


Diagrama de bloques conceptual del ISS.

# INSTRUMENTACIÓN INFRARROJA

## EMIR: ESPECTRÓGRAFO MULTIOBJETO INFRARROJO PARA EL TELESCOPIO GTC

F. Garzón.

**A.B. Fragoso, Á. Mato, E. Hernández,  
H. Moreno, J. Pérez, J. Patrón, J.J.  
Díaz, J.L. Rasilla, J. Rosich, L. López,  
M. Insausti, M. Barreto, N. Castro,  
P. López, P. Redondo, R. López, S.  
Santana y P. Compere.**

R. Guzmán (Univ. de 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 (Univ. de Alicante).

### 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 multirendija 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  $\mu\text{m}$  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  $\mu\text{m}$ . 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 2048x2048 píxeles, 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  $\mu\text{m}$
- 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: 6.64x6.64 arcmin imagen  
6.64x4 arcmin espectroscopia
- 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 corrimiento 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,

MEMORIA  
IAC 2012

183

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 conjunto de propuestas cubre la práctica totalidad de los temas de la moderna astrofísica observaciones, y puede resumirse en la siguiente lista:

- Seguimiento espectroscópico en el infrarrojo cercano 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
- Espectroscopia 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.

## Hitos

Se han alcanzado dentro del Consorcio y del grupo EAST acuerdos sobre la distribución del tiempo garantizado y los derechos de firma de las publicaciones derivadas.

El grupo Cogollo ha completado la preparación detalla de las etapas de verificación, de acuerdo con el documento maestro. No se esperan modificaciones sustanciales una vez que se inicie dicha verificación. El plan de aceptación y los planes de comisionado básico se encuentran en estado muy avanzado de desarrollo, a la espera de ver el comportamiento del sistema en el laboratorio.

Se ha completado la fabricación e integración de la CSU. Tras esto, se han llevado a cabo las pruebas previas a la Aceptación en Fábrica.

Se completó la fabricación, se recibió, probó y aceptó la Cámara de Vacío de EMIR.

Se ha completado la fabricación e integración de prácticamente todos los componentes y subsistemas de EMIR.

Se ha completado la integración de la óptica en caliente en el Banco Óptico.

Se ha completado la fabricación de los cables y elementos de ruteado de los mismos y de las y líneas de Helio, agua glicolada y aire seco.

Finalmente, se ha realizado la integración del Banco Óptico en el criostato de EMIR, junto con el periscopio, dummies de los distintos subsistemas, y casi la totalidad del ruteado de cableado frío de control y



medidas de temperaturas. Con ello, se ha completado, con éxito, el primer proceso de vacío del instrumento con casi toda la masa fría prevista y control de temperaturas del mismo (enfriado y calentamiento).

Se desarrollaron los componentes de las ruedas de filtros y grismas, el mecanismo de cierre de la ventana y sensores/control de temperatura. Se comenzó el desarrollo de la capa "instrument". Se avanzó, junto con GRANTECAN, en la definición de la DRP.

## Evolución del Proyecto

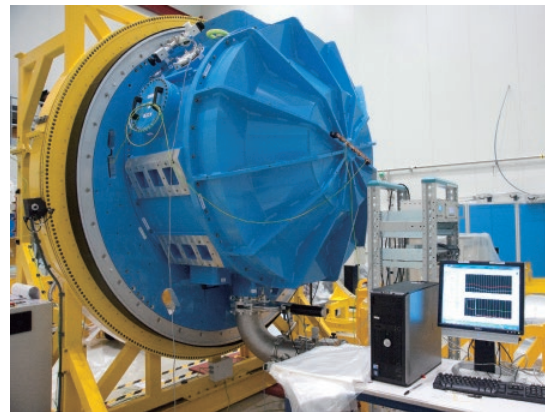
Durante 2012, el grupo científico de EMIR en el IAC (Cogollo) ha cerrado prácticamente los planes detallados de las diferentes etapas que constará la verificación en laboratorio del instrumento completo. Se incluyen en dicha planificación no sólo las pruebas a realizar, detalladas paso a paso, sino también los elementos auxiliares, la configuración experimental y los filtros de reducción necesarios para el tratamiento (casi) en tiempo real de los datos obtenidos. Asimismo, se especifica con claridad qué parámetros deben medirse, cuáles obtenerse a partir de aquellos y cómo se relacionan estos resultados con los requerimientos del instrumento que se pretende comprobar, dando los valores que deben alcanzarse para superar con éxito la verificación.

Por otro lado, y en vista de que EMIR está entrando realmente en la fase final, se han retomado los aspectos relacionados con la explotación científica, celebrando una reunión de Consorcio y otra de EAST. En dichas reuniones, entre otros aspectos, se han revisado los programas científicos; se han decidido acciones para su puesta a punto; y se han alcanzado acuerdos sobre los repartos de tiempo garantizado y derechos de firma de las publicaciones que se deriven de su uso, siguiendo las pautas dadas en los acuerdos firmados tras la creación del Consorcio.

Se han cerrado los diseños detallados

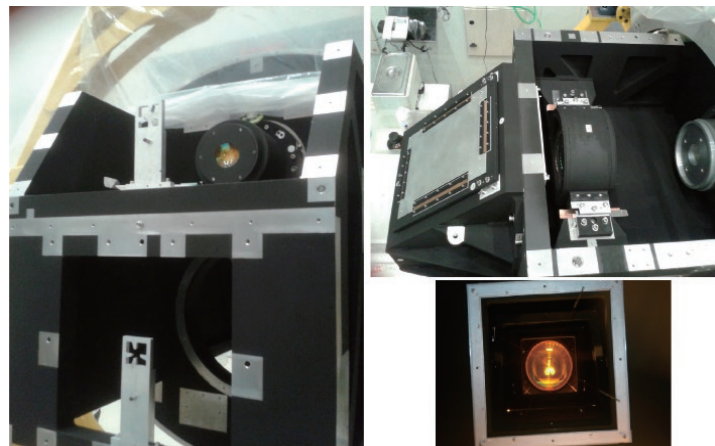
de todos los sistemas restantes y se ha completado la fabricación y suministro de los mismos. Se ha completado la integración a nivel de subsistema de dichos componentes.

Se cerró el contrato de la cámara de vacío con la empresa TRINOS-Vacuum Projects, habiéndose recibido, probado y aceptado con éxito todo el sistema. Este contrato incluía no sólo la cámara de vacío, sino además el útil de integración y transporte del instrumento (EIT) y el útil de tracción para las actividades de AIV.



*Cámara de vacío integrada en el EIT durante las primeras pruebas de aceptación de vacío en el IAC.*

En cuanto a la óptica de EMIR, se ha completado la integración del periscopio y barriles de la óptica en caliente en el Banco Óptico, previos a la verificación final en frío.



*Alineado de la óptica en caliente en el Banco Óptico.*

La empresa JPE (Janssen Precision Engineering, Países Bajos) ha completado la fabricación e integración del mecanismo reconfigurable de rendijas (CSU). Este se ha trasladado a la empresa NTE-SENER

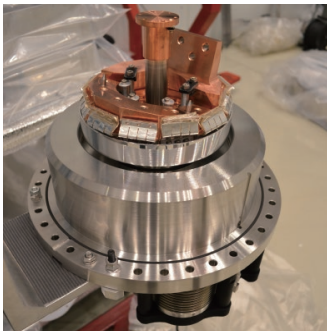
(Barcelona), donde ha tenido lugar la integración con el sistema de control y se realizará la aceptación final en fábrica. Se han realizado pruebas preliminares preparatorias de dicha aceptación, de las cuales se ha derivado actuaciones para mejorar algunas dificultades encontradas. El sistema está listo para la aceptación en fábrica.



*CSU integrada durante las pruebas previas a la aceptación.*

Se han llevado a cabo las modificaciones/correcciones identificadas en las ruedas de grismas y filtros, y se han completado de manera satisfactoria la verificación final de las mismas, a temperatura ambiente y en criogenia. Ambos subsistemas están listos para su integración final en EMIR.

Se completó la fabricación e integración de las 4 cabezas frías de EMIR, junto con los componentes de los enlaces térmicos. Dichas cabezas están listas para su integración final en el criostato.

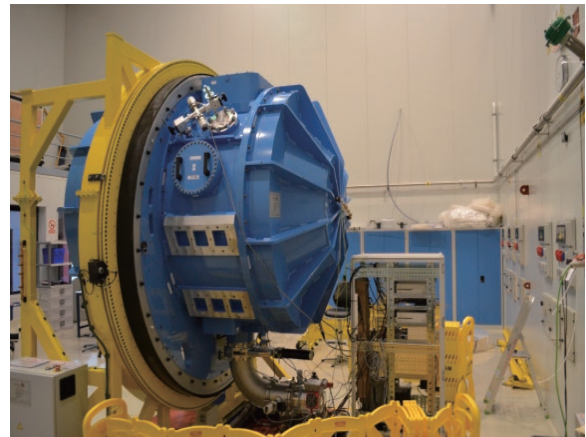


*Cabeza fría integrada con monturas antivibratorias y enlaces térmicos.*

Se finalizó la fabricación e integración de los soportes radiales y axiales del Banco Óptico (Support Trusses), habiéndose integrado de forma definitiva. Además, se completó la fabricación, integración y pruebas de los sistemas de anclado del instrumento al

telescopio, tanto al rotador del telescopio (NRA) como al segundo apoyo en la plataforma Nasmyth (NPA).

Se ha completado la integración final del Banco Óptico, con el periscopio integrado, a través de los Support Trusses en la cámara de vacío. A continuación se han integrado dummies de los principales subsistemas en frío (barriles ópticos, DTU, CSU, etc.) y los tanques de Nitrógeno líquido. Por último se ha completado la instalación y ruteado del cableado frío de monitorización y control de temperaturas, incluido el sistema de resistencias calefactoras. Tras todo esto, se ha procedido al cierre del criostato y se llevaron a cabo, de manera satisfactoria, las primeras pruebas de vacío del instrumento integrado, para realizar un desgasificado completo de los componentes principales, junto con pruebas de control de temperaturas y calentamiento.



*Criostato de EMIR durante las pruebas de vacío del instrumento.*

Se han desarrollado y optimizado los componentes de software de las ruedas de filtros y grismas, el mecanismo de cierre de la ventana de entrada y del sistema de sensores y control de temperaturas (enfriado y calentamiento). Se comenzó el desarrollo de la capa instrument. Se avanzó, junto con GRANTECAN en la definición de la DRP.

Se ha completado la fabricación del cableado caliente y frío del instrumento, habiéndose integrado ya la mayor parte (a excepción del cableado de la DTU y CSU que no se incluyen en el primer ciclado de EMIR).

En cuanto al hardware electrónico se ha fabricado y probado el módulo de calentamiento y se han fabricado aunque no probado los módulos de control de arranque y uno de los módulos de control de temperatura de los armarios.

En el sistema de control del detector se han implementado modos de alto rango dinámico para disponer de lecturas con tiempo de exposición muy cortos, que pueden usarse para calibrar usando objetos muy brillantes que con otros modos saturarían el detector.

Se han puesto los requerimientos para la automatización del sistema de vacío.

## **FRIDA Y DESPUÉS: CIENCIA CON ALTA RESOLUCIÓN ESPACIAL EN LA ÉPOCA DE LOS TELESCOPIOS GIGANTES (3I2105)**

**A. Prieto.**

**J. Acosta, C. Martínez, J. Patrón, J.J. Díaz, P. López, H. Moreno, M. Núñez y J. Rosich.**

**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  $\mu\text{m}$ .

El Proyecto de ciencia con FRIDA se enfoca en la identificación y preparación de programas de observación competitivos para FRIDA. FRIDA se prevé que 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 de este 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. Andrómeda es 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  $\mu\text{m}$ .

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 esta involucrado tecnológicamente 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

Durante todo 2012 se han ido resolviendo algunos puntos pendientes del cierre de la Revisión Crítica de Diseño de FRIDA. Como resultado de ello ha sido necesario realizar nuevas tareas de actualización de parte de la documentación generada en el IAC.

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 realizado un análisis exhaustivo de datos de pruebas del sistema de control del detector para confirmar los resultados obtenidos en la caracterización del detector y presentados durante la Revisión Crítica de Diseño.

## Evolución del Proyecto

### *Estado del proyecto FRIDA*

CORNIG inicia la construcción de la IFU. Todos los prototipos de FRIDA están testados en criogenia con resultado positivo. Queda por verificar el mecanismo de la rueda de *gratings* en *close loop* en criogenia.

Se acelera la fabricación de las lentes ópticas en la UNAM (México) que ha comprado dos máquinas más para este cometido.

### *Gestión*

El desarrollo del Exposure Time Calculator (ETC) y el simulador de Óptica Adaptiva (AO) de FRIDA siguen pendientes de realizar.

A. Prieto ha identificado dos expertos en el campo de simulaciones de AO que estarían dispuestos a realizar estas tareas en consultoría. Se ha solicitado fondos para esta consultoría al programa Severo Ochoa IAC pero han sido denegados.

### *Ciencia IAC*

Se continua con periodicidad 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 continua actualización de los documentos de ciencia: "FRIDA Commissioning Plan" y "FRIDA Calibration plan", "FRIDA Observing Modes" y "FRIDA Data Reducction".

Se continúa sin asignación de recursos para desarrollar dos herramientas prioritarias: Exposure Time Calculator (ETC) y Simulador de AO+FRIDA. GTC requiere una versión preliminar del ETC antes de cerrar la CDR. El equipo requiere de un científico con experiencia probada en óptica adaptativa para realizar estas tareas. A. Prieto ha mantenido contactos con expertos internacionales que pudieran hacer estas tareas en consultoría. Se continúa sin fondos para cubrir esta consultoría.

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*

Para asegurar la compatibilidad del controlador de detector con el utilizado en EMIR, haciendo así re-provechable por

completo el trabajo realizado para éste, se ha procedido a la compra de componentes y repuestos para montar dos controladores completamente iguales. El trabajo de ensamblaje y puesta a punto se realizará de manera coordinada entre ambos proyectos.

Las siguientes tareas se han llevado a cabo con el sistema de control y detectores de EMIR, pero sus resultados son directamente aplicables al sistema de control y detectores de FRIDA:

- Conclusión y verificación de los modos de lectura: modo ventana y modo sencillo con tiempo de exposición muy corto.
- Redacción del documento de los modos de lectura para AIV.
- Pruebas de caracterización térmica del controlador de San Diego para concluir el diseño de su refrigeración.
- Modificación del PCB flexible interno del controlador de San Diego para hacerlo compatible con las nuevas tarjetas de video.

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 han completado las versiones finales de la documentación de la CDR tras los comentarios recibidos por los revisores.

## **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), actualmente en operación en el telescopio VTT del OT, y que será trasladado a GREGOR una vez este telescopio entre en operación, 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 primera luz con el espectrógrafo se realizó de manera satisfactoria en Octubre de 2011.

### **Evolución del Proyecto**

Durante el año 2012, se realizaron las siguientes tareas:

- Diseño y fabricación de la unidad de calibración polarimétrica secundaria
- Diseño y fabricación de la unidad de Hartmann
- Reforma de la cubierta del espectrógrafo
- Reforma del soporte del criostato
- Reforma del sistema de soporte de la red de difracción
- Fijación definitiva de algunos elementos mecánicos
- Primeras observaciones en diferentes longitudes de onda, en modo espectroscópico, y calibración polarimétrica del telescopio

La Figura 1 muestra los espectros medidos en las regiones espectrales de 1.08, 1.56 y 2.23 micras en una mancha solar, en los que se puede apreciar claramente el efecto Zeeman en estas dos últimas regiones espectrales y la línea espectral cromosférica del He I en 1083 nm en la primera. Estos datos permiten ser muy optimista respecto a la calidad de los espectros que se puedan tomar en el futuro una vez el telescopio esté en pleno funcionamiento. En colaboración con el KIS, se está diseñando el sistema de barrido

**MEMORIA  
IAC 2012**

**189**

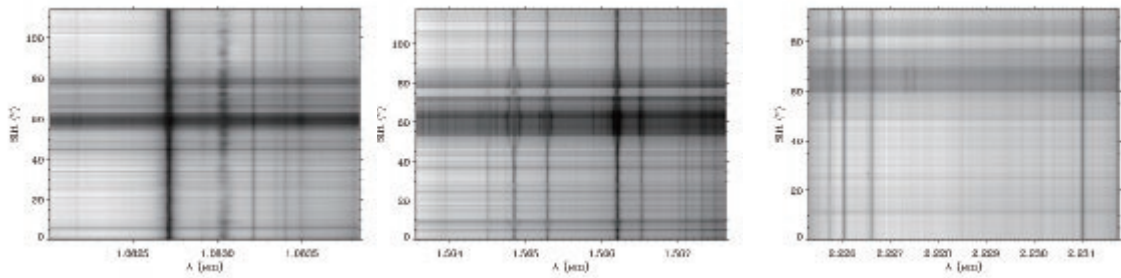


Figura 1. Ejemplos de espectros tomados sobre una mancha solar y sus alrededores en las regiones espectrales de 1.08, 1.56 y 2.23 micras.

para poder medir en posiciones adyacentes y obtener mapas espectroscópicos de una superficie dimensional sobre el Sol.

También se realizó la calibración polarimétrica del telescopio usando la unidad de calibración instalada en el foco secundario del telescopio y se comparó con el modelo numérico. La Figura 2 muestra la matriz de Müeller del telescopio a lo largo de un día y el modelo numérico. Se puede apreciar la gran concordancia entre el modelo y los datos experimentales.

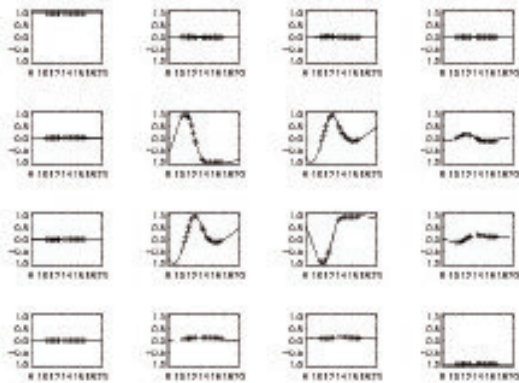


Figura 2: Matriz de Mueller del telescopio y su variación a lo largo de un día (el eje horizontal indica la hora). Las cruces son las medidas experimentales y la línea continua el modelo numérico. Es importante resaltar que no se ha realizado ningún ajuste de los datos al modelo, sino que han sido calculados independientemente y están representados tal y como salen de los cálculos, obteniéndose un acuerdo excelente entre ambos conjuntos de datos.

## MIRADAS (MID-RESOLUTION INFRARED ASTRONOMICAL SPECTROGRAPH)

F. Garzón.  
J. Rosich.

Consortio: 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.

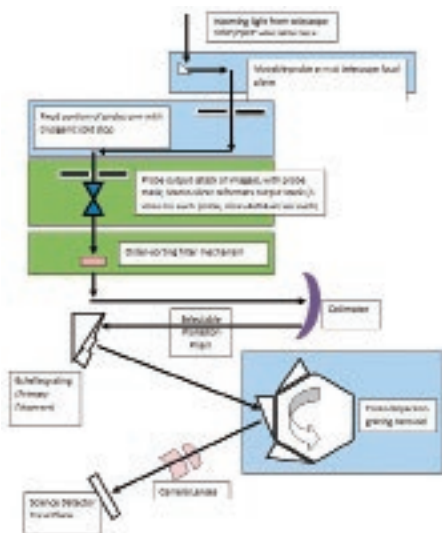
En el año 2010 fue seleccionado para ser el espectrógrafo infrarrojo de la nueva generación de instrumentos para el Gran Telescopio CANARIAS (GTC) y actualmente se encuentra en pleno desarrollo por parte de un consorcio internacional.

MIRADAS es un espectrógrafo multi-objeto con la 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 del telescopio GTC.

Sus principales características pueden verse en la siguiente tabla:

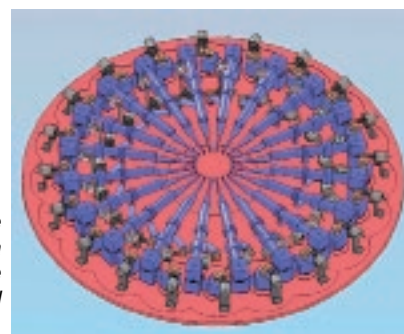
Parámetro	Valor	Comentario
Campo de observación	5 minutos de arco de diámetro	20 brazos. Cada brazo barre un sector del campo
Campo de visión de cada brazo	3.7 x 1.2 segundos de arco	
Geometría de cada rendija	3 cortes de 3.7x0.4 segundos de arco	
Detector	4096 x 2048 píxeles	Mosaico de dos detectores 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	$5 \times 10^{-18}$ ergs/cm <sup>2</sup> /s (puntual) $8 \times 10^{-18}$ 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 las figuras siguientes se muestra un esquema del trazado de la luz dentro del instrumento pasando por los diferentes subsistemas que lo componen y un detalle de la distribución de los brazos que seleccionan los objetos en el plano focal.



Esquema del concepto del instrumento MIRADAS para el telescopio GTC.

A lo largo de 2012 se ha llevado a cabo el grueso del diseño preliminar de MIRADAS por parte de los diferentes institutos del Consorcio, incidiendo también en la preparación del programa científico director



Concepto de los brazos para la selección de objetos en el plano focal.

del instrumento. Además, se han construido dos prototipos de los brazos articulados sobre los que se montará la óptica de selección, pues se identificaron desde el inicio como los componentes más arriesgados de la propuesta técnica. Dichos prototipos se han probado satisfactoriamente a temperatura ambiente, primero, y en criogenia después, lo que ha permitido validar diversas opciones de diseño y ensamblado, así como depurar los algoritmos de control de movimiento.

MEMORIA IAC 2012

191

El equipo científico de MIRADAS, en el que el IAC aporta la mayoría de miembros, se reunió dos veces en 2012: en marzo en el IAC, y en junio, con ocasión de la Reunión Científica de la SEA en Valencia.

Además de en los aspectos científicos, la contribución del IAC se centra en el desarrollo

del sistema de control del instrumento, donde también participan otras instituciones.

MIRADAS sigue los estándares de GTC de forma que se garantiza una total integración con el telescopio. El sistema de control se basa en una arquitectura distribuida, de acuerdo con el modelo de componentes de GTC, desarrollada en C++ y que se ejecuta en diferentes ordenadores usando el middleware CORBA.

El sistema de control consta de 6 componentes:

- Sistema de control de mecanismos (Mechanisms Control System)
- Sistema de adquisición de datos (Data Acquisition System)
- Control general de alto nivel (Instrument Layer)
- Sistema de reducción de datos (Data Reduction Pipeline)
- Calculador del tiempo de exposición (Exposure Time Calculator)
- Agente de preprocesado (Data Factory Agent)

### Hitos

En noviembre de 2012 se realizó la revisión preliminar de diseño (PDR) del instrumento.

MEMORIA  
2012 IAC

192

Se está a la espera del informe final de la revisión y la consiguiente decisión por parte de GRANTECAN S.A. para el arranque oficial de la siguiente fase del Proyecto.

### Evolución del Proyecto

Mientras se espera la decisión de GRANTECAN S.A., en el Consorcio se sigue activamente con el desarrollo del instrumento y, en nuestro caso, con su sistema de control, donde se intenta aprovechar la experiencia

previa en el desarrollo de sistemas de control de otros instrumentos para el telescopio GTC como OSIRIS, EMIR y FRIDA.

Una vez que se declare oficialmente aprobada la PDR, quedan aún flecos menores por resolver, el equipo del Proyecto espera conseguir la autorización para pasar a la siguiente fase de diseño detallado y fabricación, como recomienda el informe del panel de revisores de la PDR. Para eso, deberán completarse aún algunos pasos de carácter administrativo que se espera solventar en la primera mitad de 2013. No obstante, el Consorcio MIRADAS, y el equipo MIRADAS del IAC con él, va a continuar trabajando en el desarrollo instrumental de acuerdo al plan previsto para no retrasar el curso del Proyecto.

## EUCLID

Ó. Tubío y J.J. Díaz.

### 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 desplazamiento 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 2012 se ha trabajado en la definición de los paquetes de trabajo bajo responsabilidad el IAC, así como en el desarrollo inicial de los conceptos a elaborar



## DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE TELESCOPIOS

hasta la fase de PDR (Preliminary Design Review) que tendrá lugar a principios de 2014.

### Evolución del Proyecto

El Proyecto ha sido aprobado por la ESA y se ha realizado la distribución de paquetes de trabajo entre los diferentes miembros del Consorcio EUCLID. El IAC forma parte del Consorcio pero su responsabilidad directa se centra en el ámbito científico. No obstante, se ha formado un grupo de ingeniería que colabora con la Universidad Politécnica de Cartagena para asumir parte de sus compromisos técnicos frente al Consorcio.

En esta primera etapa el IAC se ha comprometido a aportar parte de los desarrollos requeridos para la conclusión de la PDR del instrumento NISP de EUCLID. En concreto en lo referente a la definición y diseño preliminar de las unidades de la ICU (Instrument Control Unit) previstas para:

- Control de Mecanismos: Rueda de filtros y grismas.
- Control de lámparas de calibración.
- Monitorización y control de temperatura.
- Proporcionar los EGSE (Electronic Ground Support Equipment) necesarios.

También se contribuido en la definición de interfaces eléctricas y mecánicas, y se seguirá trabajando en esta línea junto con la definición de las pruebas de aceptación.

### EST (TELESCOPIO SOLAR EUROPEO DE GRAN APERTURA - LARGE APERTURE EUROPEAN SOLAR TELESCOPE)

**M. Collados.**

**A. Calcines, R. López, I. Montilla, J. Sánchez-Capuchino y M. Reyes.**

### Introducción

El objetivo del Proyecto EST es la elaboración de un estudio de diseño que demuestre la viabilidad científica, técnica y presupuestaria, de un telescopio solar europeo de gran apertura, que será instalado en los Observatorios de Canarias. Este Proyecto mantendrá a Europa en la vanguardia de la investigación en Física Solar y los Observatorios canarios serán su plataforma de lanzamiento.

El estudio de diseño se realiza 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, entre instituciones científicas y empresas de campos tecnológicos afines, de 14 países europeos.

El estudio consiste en un diseño conceptual de un telescopio solar de clase 4 m y su instrumentación, optimizados para el estudio del acoplamiento magnético entre la Fotosfera y la Cromosfera solar. Una de las características más atractivas del telescopio es su instrumentación, el elevado número de canales en visible e infrarrojo deberán posibilitar la observación simultánea, maximizando la eficiencia en el flujo de fotones y con capacidad de diagnóstico relativas a otros telescopios solares, existentes o futuros, terrestres y espaciales. Los instrumentos del telescopio EST tendrán que estar dotados de una alta resolución espacial y temporal, de

manera que puedan generar espectros bidimensionales. La instrumentación deberá por tanto tener capacidad de imagen en varias longitudes de onda, espectroscopia y espectropolarimetría.

## Hitos

### *Julio:*

Participación en el Congreso “SPIE Telescopes and Astronomical Instrumentation” (Amsterdam, Países Bajos).

Participación en el Workshop “Adaptive Optics Tomography” (Leiden, Países Bajos).

*Noviembre:* Estancia de I. Montilla en la Universidad de Lyon (Francia), para desarrollar simulaciones de la Óptica Adaptativa multiconjugada del telescopio EST.

## Evolución del Proyecto

La financiación para los estudios de diseño del telescopio EST terminó en el año 2011. Mientras se aprueba la siguiente fase del Proyecto a nivel europeo, el IAC ha continuado en 2012 financiando actividades para avanzar en aspectos claves de cara al diseño final del telescopio. En concreto se llevaron a cabo actividades de diseño del espectrógrafo y del modelado del sistema de Óptica Adaptativa multiconjugada.

Respecto al espectrógrafo, para la unidad de campo integral durante 2012 se optimizó el diseño de un nuevo concepto de image slicer, llamado MuSICa (Multi-Slit Image slicer based on collimator- Camera), específicamente diseñado para este Proyecto y que presenta algunas ventajas respecto a los actuales image slicer. MuSICa minimiza el número de elementos ópticos necesarios para satisfacer la capacidad multi-rendija del instrumento. Su simetría facilita su alineado y el proceso de fabricación, reduciendo asimismo los costes. En la posición de imagen de pupila se usa

una máscara para evitar la contribución de luz difusa. El sistema ha sido diseñado de modo que la máscara presenta una única apertura circular en la cual las pupilas correspondientes a los haces generados tras descomponer el campo bidimensional de entrada, se superponen. Esto facilita la fabricación de la máscara. La calidad óptica de este diseño está limitada por difracción.

Se ha calculado y diseñado un prototipo de image slicer para el telescopio solar GREGOR, basado en el concepto de MuSICa. Este prototipo, que será integrado en el espectrógrafo GRIS (GRating Infrared Spectrograph) servirá como demostrador de la viabilidad del image slicer del telescopio EST.

Durante el 2012 se realizó también un cálculo del presupuesto de “throughput” del instrumento, considerando sus diferentes subsistemas (sistema de barrido bidimensional, unidad de campo integral, predispersor, espectrógrafo y sistema de reimaginación).

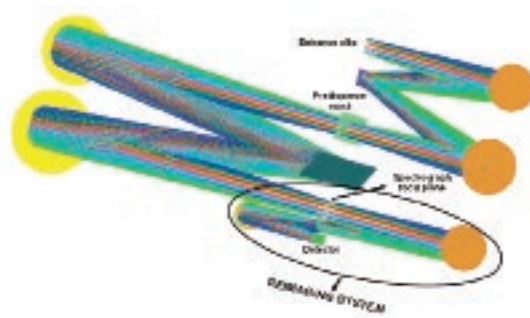
Asimismo se diseñaron propuestas para el sistema de reimaginación, tanto para el visible como para el infrarrojo. La propuesta actual, que será optimizada, consiste en utilizar dos espejos con potencia para las longitudes de onda infrarrojas, transformando la relación focal F/40 del espectrógrafo en F/20.6 y cuatro espejos con potencia para las longitudes de onda visibles. En este caso, la relación focal final es F/10.3 y la mejor solución obtenida hasta la fecha en términos de calidad óptica es realizar la reducción focal en dos etapas, aplicando un sistema como el diseñado para infrarrojo, dos veces. Se han estudiado numerosas alternativas en ZEMAX, con un proceso de optimización condicionado por el resultado de calidad óptica.

La actividad en Óptica Adaptativa multiconjugada se centró en desarrollar una simulación del sistema suficientemente

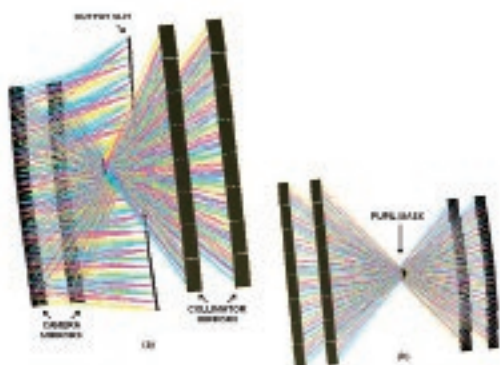
realista para la validación del sistema y el diseño final del telescopio. En el congreso SPIE se presentó el resultado de las simulaciones desarrolladas con OCTOPUS, el simulador end-to-end de la ESO, usando como reconstructor el Fractal Iterative Method, un algoritmo de reconstrucción rápida desarrollado por el Observatorio de Lyon. Los resultados fueron prometedores pero se obtuvieron usando como fuentes objetos puntuales, en lugar de un objeto extenso, y con 19 sensores de alto orden y campo reducido, en lugar de un sensor de bajo orden y campo ancho con 18 subcampos y 1 sensor de alto orden y campo reducido.

En el mes de noviembre uno de nuestros ingenieros realizó una estancia de un mes en el Observatorio de Lyon (Francia) para trabajar con sus expertos en Óptica Adaptativa. El primer paso fue determinar los problemas más importantes a desarrollar de cara a obtener unas simulaciones que repliquen adecuadamente la realidad de la Óptica Adaptativa Solar: describir el budget de error analítico en función del astigmatismo, la altura y número de los espejos y la elevación del telescopio; desarrollar simulaciones que incluyan un objeto extenso y un sensor de frente de onda de campo ancho; incluir

datos de la atmósfera diurna; y decidir si el sensor de alto orden debe ir delante o detrás de los espejos de alta cota. Los puntos primero y segundo pudieron desarrollarse a lo largo de ese mes. Con el análisis de errores se intentará optimizar la posición de los espejos, y respecto al segundo punto se observó el efecto de anisoplanatismo intrínseco que acarrea el uso de un sensor de campo ancho. El punto tercero se analizó y se observó el enorme impacto que tiene el perfil de la turbulencia y la necesidad existente de tener perfiles diurnos fiables. El cuarto punto aún está abierto, y es el que está previsto trabajar a lo largo del año 2013, junto con posibles soluciones al problema del anisoplanatismo del sensor de campo ancho.



*Diseño óptico del acoplamiento entre predispersor, espectrógrafo y sistema de reimaginación evaluado para la longitud de onda 8662 Å.*



*Diseño óptico ZEMAX del image slicer desarrollado para el espectrógrafo de EST (MuSICa). El detalle de la superposición de las imágenes de pupila se muestra a la derecha.*

# 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, J.A. Morrison y M. Reyes.

### Introducción

Actualmente las comunicaciones con satélites se basan fundamentalmente en el empleo de microondas ( $\nu \sim 10^9$  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 circumterrestres, 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 ( $\nu \sim 10^{15}$  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. Es 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.

### Algunos resultados relevantes

*Enero-marzo:* Soporte a la operación de aluminizado del espejo primario.

*Enero-diciembre:* Mantenimiento, calibración y supervisión de los sistemas de la estación, y análisis detallado de los resultados de las campañas de enlace óptico.

*Febrero-diciembre:* Publicación de resultados si procede.

*Abril:* Preparación de campaña de enlaces ópticos con el nuevo expansor.

*Mayo-diciembre:* Apoyo al proyecto AOFPGA/EDiFiSE.

Junio: Publicación resultados OGS-OICETS.

Septiembre: Enlaces con ARTEMIS para probar el nuevo expansor de haz con haces incoherentes.

Septiembre-diciembre: Negociación y firma del nuevo contrato de operaciones y mantenimiento.

## Evolución del Proyecto

Se ha asistido al personal de la ESA y de Jena4H en la reinstalación del espejo primario de la OGS y de los secundarios y terciario tras su aluminización.

En mayo-junio se llevaron a cabo:

- La campaña anual de comunicaciones cuánticas del Institute for Quantum Optics and Quantum Information de Viena se desarrolló de forma satisfactoria.

- El sistema de Óptica Adaptativa desarrollado por Synopta bajo contra de la ESA, para comunicaciones homodinas se envió a Synopta tras las pruebas.

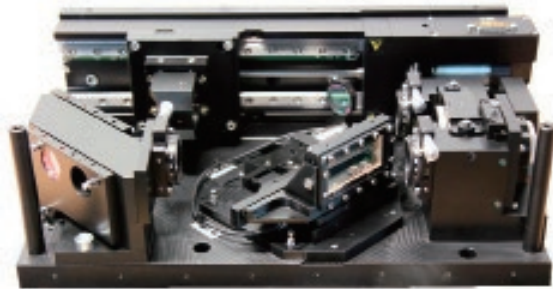
En el mes de octubre se realizó la campaña para probar el nuevo expansor-divisor de haz del banco de ARTEMIS. Los resultados fueron insuficientes y se plantea una nueva campaña de verificación en abril de 2013.

En diciembre se concluyeron las para la renovación del contrato de operaciones ESA-IAC, que supone una nueva forma de financiación por parte de la Agencia. El contrato ha sido firmado con efectos retroactivos desde 2012.

Durante 2012 se ha continuado la colaboración con el proyecto EDiFiSE. En particular se ha avanzado de forma definitiva en la caracterización del sistema de tip-tilt en telescopio.

El láser de colorante del programa LGS con OGS ha ido perdiendo potencia

paulatinamente, se está a la espera de una optimización del sistema por parte del representante técnico de Coherent Inc. en España. En 2012 se descartó por falta de financiación.



Nuevo expansor-divisor de haz fabricado por Zeiss instalado en el banco óptico de ARTEMIS.

## CONTRATO DE MANTENIMIENTO DE OGS

E. Cadavid, J. Morrison, J.J. González, J.E. García y P. Ayala.

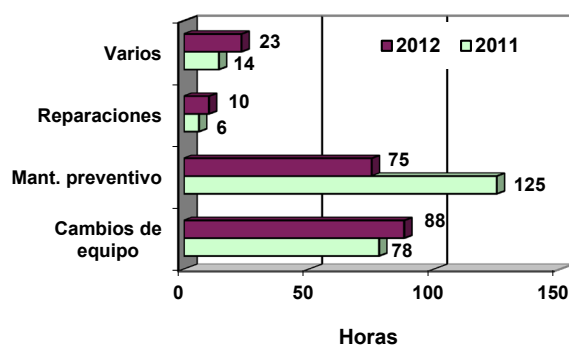
### Introducción

En el año 2012 se realizaron las tareas rutinarias de mantenimiento previstas en el contrato con la ESA.

### Evolución del Proyecto

A las tareas relacionadas con el Contrato de Mantenimiento de OGS dedicamos un total de 197 horas distribuidas conforme se ve en el Gráfico.

Distribución de trabajos en OGS 2011-2012



MEMORIA IAC 2012

197

Como se puede ver no hay grandes variaciones a no ser en los mantenimientos preventivos cuya reducción fue generada por la planificación del Servicio de Mantenimiento Instrumental al utilizar un único técnico en muchas ocasiones al poder aprovechar al otro, que se necesita en las maniobras de posicionar el telescopio en otras actividades.

## **JEM-EUSO (THE JAPANESE EXPERIMENT MODULE -JEM-EXTREME UNIVERSE SPACE OBSERVATORY -EUSO-)**

**J. Licandro, E. Joven y M. Reyes.**

Univ. de Alcalá de Henares (UAH); Univ. Carlos III (UC3M - Madrid); SENER, INTA, LIDAX.

### **Introducción**

El observatorio espacial del Universo extremo en el módulo japonés (JEM-EUSO) 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. El espectro de objetivos científicos de la misión espacial JEM-EUSO incluye 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, durante toda la vida de la misión, JEM-EUSO hará sistemáticamente 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). España ha consolidado su posición con financiación del PNAYA que ha permitido cubrir el estudio de viabilidad en 2009, la Fase A de diseño en 2010, y la Fase B1 en 2011 con el hito de pasar la Revisión de Requerimientos del Sistema (SRR).

A lo largo de 2012 se ha llevado a cabo el Diseño Preliminar de la IRCAM, en la que el IAC es responsable del detector y de la electrónica de control del detector (Front End Electronics - FEE).

### **Hitos**

*Enero:* Kick Off Meeting (KOM) de la fase de Diseño Preliminar. SENER, Madrid.

*Marzo:* Mid Term Review 1 del Diseño Preliminar, Universidad de Alcalá de Henares, Madrid.

*Diciembre:* Mid Term Review 2 del Diseño Preliminar. SENER, Madrid.

### **Evolución del Proyecto**

A principios de 2012 arrancó la fase de Diseño Preliminar, con el IAC como responsable del detector, un microbolómetro no refrigerado sensible en el rango de 8 a 14 micras, y de la Electrónica de Control y Lectura del Detector, denominada Front End Electronics (FEE). Los Paquetes de Trabajo (WP) del IAC aprobados en el PNAYA son la fabricación de un Prototipo de Cámara de laboratorio con el microbolómetro, la caracterización del microbolómetro usando el prototipo para demostrar si cumple con los requerimientos de la misión, y la contratación del Diseño Preliminar Espacial de FEE. El IAC adelantó trabajo en 2011 haciendo una inversión de más de 50.000 € para la compra de la primera cámara comercial que integraba el microbolómetro, una óptica de germanio para el rango de 8 a 14 micras y un cuerpo negro en el rango de

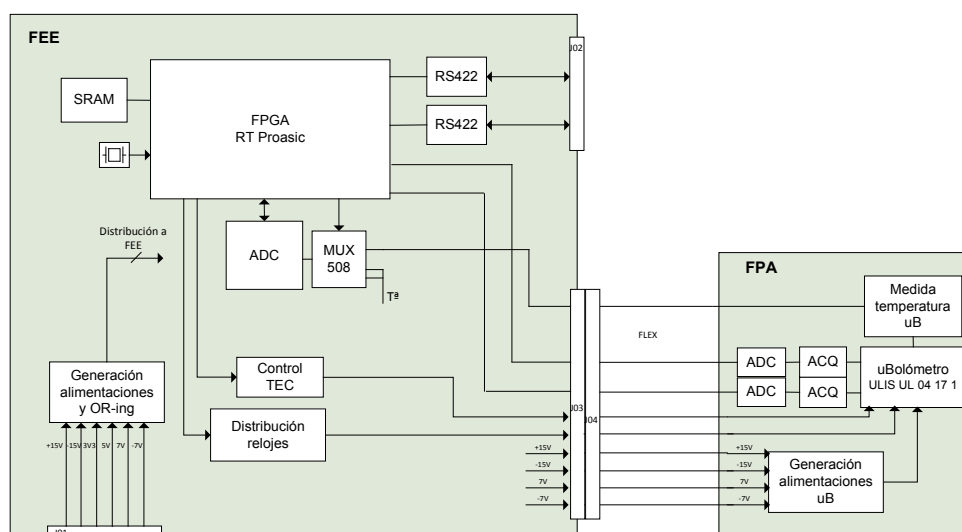
temperaturas especificados para la misión (200 °K a 320 °K). Esto permitió llevar a cabo la caracterización del microbolómetro la primera mitad de 2012, demostrando el cumplimiento de requerimientos de la misión, en concreto niveles de NETD del orden de 50 mK para el microbolómetro; y redefinir el alcance del Proyecto del PNEYA para, con el mismo presupuesto aprobado, cubrir en el Diseño Preliminar Espacial de FEE el firmware y la mecánica (no sólo la electrónica) y posteriormente la fabricación de un breadboard de FEE espacial con componentes comerciales equivalentes a los de vuelo.

El segundo trimestre de 2012 El IAC elaboró los Requerimientos y el Alcance del Trabajo (Statement of Work – SoW) para la contratación del Diseño Preliminar Espacial de FEE a una empresa española especializada en espacio. La publicación de la licitación y el proceso de la mesa de contratación se alargaron más de medio año por cuestiones administrativas, que llevaron a que no se cerrara el contrato con la empresa adjudicataria, NTE-SENER hasta el mes de diciembre, suponiendo un

retraso en el Proyecto de tres meses. El Diseño Preliminar Espacial comenzó en 2012, iterando con el resto de empresas del Consorcio (SENER y LIDAX) para la definición de las interfaces termo-mecánicas y eléctricas del FEE. Está previsto completar el diseño preliminar y celebrar la revisión de diseño preliminar (PDR) en marzo de 2013.



Montaje de caracterización del microbolómetro en la cámara climática del IAC.



Diseño Preliminar: Diagrama de bloques de la electrónica espacial de control del microbolómetro (Front End Electronics – FEE).

## OTROS

### ARQUEOASTRONOMÍA (P/309307)

**J.A. Belmonte Avilés.  
C. Esteban López y M. Vázquez Abeledo.**

**Colaborador del IAC: A. Aparicio Juan.**

M. García Quintela (Univ. de Santiago); Y. Abd el Hadi, M. Shaltout (Helwan Obs., Egipto); L. Costa Ferrer (Independiente, Santiago); J.L. Escacena (Univ. de Sevilla); M. Fekri (Univ. Minufiya, Egipto); M.C. Gallegos, J.M. Vaquero (Univ. de Extremadura); C. González García (INCIPIT, Santiago); M. Hoskin (Univ. de Cambridge, Reino Unido); D. Kolev (Inst. de Astronomía, Bulgaria); M.A. Molinero, A. Tejera (ULL); M.A. Perera (Cabildo de Lanzarote); A. Polcaro (Univ. La Sapienza, Italia); R. Schlueter (UNED Las Palmas); M. Zedda (Soc. Archeofila Sarda, Italia).

#### Introducción

Este 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 Mediterráneo 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.

las fuentes jeroglíficas, como los papiros astronómicos, los relojes estelares o los diagramas celestes, junto a una infinidad de yacimientos arqueológicos en un esfuerzo por obtener tanta información como sea posible sobre las prácticas astronómicas de los antiguos egipcios, y sus implicaciones arqueológicas, que pudiera ayudar a comprender mejor su brillante civilización. A lo largo del volumen se trata de responder a toda una serie de preguntas abiertas sobre el tema como, por ejemplo: ¿cuántos calendarios había en uso en el Egipto antiguo y cuál es su origen? ¿Se pueden identificar las constelaciones egipcias y para qué se usaban? ¿Se alineaban astronómicamente los templos y pirámides de Egipto? ¿Jugaba el cielo un papel relevante en el paisaje del Doble País? ¿Se puede fijar la cronología egipcia a partir de los datos astronómicos? Se demuestra que la mayoría de ellas se pueden contestar de una manera simple y razonable en el contexto de la propia cultura faraónica. Este es el primer volumen en lengua castellana que afronta todos estos enigmas en su conjunto.

El capítulo 1, "En el origen", estudia los inicios de la astronomía en Egipto y su entorno sahariano. Se muestra como las primeras observaciones y la iconografía más antigua se enraízan en el origen de la civilización egipcia, con especial énfasis en la formación del culto solar. El capítulo también incluye una discusión sobre los precursores de los estudios arqueoastronómicos en Egipto, como E. Krupp, Director del Observatorio Griffith de Los Ángeles (California, EEUU), con una especial reivindicación de la figura de Sir Norman Lockyer. El capítulo 2, "Un don del Nilo: el calendario" se centra en la génesis y la evolución de uno de los descubrimientos más inteligentes de los antiguos egipcios: su calendario civil de 365 días. Se analizan y se discuten diferentes hipótesis sobre su origen y, tal como sugiere el nombre del capítulo, en esto el Nilo tuvo un papel determinante según la propuesta personal del autor. También se argumenta sobre el número de calendarios

#### Hitos

Este año se ha publicado el libro "Pirámides, templos y estrellas: astronomía y arqueología en el Egipto antiguo", cuyo autor es J.A. Belmonte (Crítica, Barcelona, 2012). Como se indica en la Introducción del mismo, esta obra refleja el trabajo de más de una década en el Valle del Nilo. Se han examinado



independientes que hubo en funcionamiento en Egipto en la antigüedad, hecho sobre el cual se defiende la idea de que el calendario civil reinó de manera individual y suprema en el Egipto antiguo como la forma estándar de cómputo de tiempo para la casi totalidad de las actividades públicas y privadas. Sin embargo, se mantuvo de manera relictiva un cómputo guiado por las fases de la luna para la realización de algunos festivales. “Contando las horas” es el nombre del capítulo 3 donde se presentan los resultados obtenidos, en colaboración con el egiptólogo J. Lull, tras el análisis del techo astronómico de Senenmut en su tumba de Deir el Bahari (la representación simbólica completa más antigua del cielo egipcio que se conoce) y del famoso Zodiaco de Dandara.

La presentación de los resultados más espectaculares de la Misión Hispanoegipcia de Arqueoastronomía del Egipto antiguo constituye el núcleo del capítulo 4: “Luz en los templos”. El autor ha sido el representante español en la misión, liderada por el Profesor M. Shaltout, lo que le ha permitido realizar trabajo de campo en Egipto durante una década, visitando un centenar de yacimientos arqueológicos, y de este modo medir la orientación de varios cientos de edificios sagrados como pirámides, templos, pequeños santuarios, capillas y tumbas. El objetivo de la misión era responder a la pregunta: ¿fueron los templos del Egipto antiguo orientados astronómicamente? Este capítulo ofrece pues una respuesta unificada, claramente en sentido afirmativo, incluyendo algunos estudios particulares de especial relevancia y utilidad. El análisis incluye también un enfoque novedoso, creo que interesante, y con propuestas arriesgadas, sobre la ceremonia del “tensado de la cuerda”. Siguiendo un argumento similar, el capítulo 5, “Estrellas y pirámides”, es un esfuerzo por clarificar la importancia de las estrellas para los arquitectos del antiguo Egipto, particularmente en el diseño, la alineación y la construcción de las pirámides. Los nombres, la orientación, y el

diseño general de las pirámides, junto a los famosos textos escritos en el interior de los monumentos del Reino Antiguo tardío, se analizan en un marco astronómico adecuado tratando de separar las hipótesis razonables de las especulaciones sin sentido en un tema que ha quedado sumergido muchas veces por el ruido generado por supuestos investigadores de lo que los británicos llaman el “lunatic fringe”. En este aspecto, se afronta la crítica razonada sobre la popular teoría de la correlación de Orión (OCT), ampliamente divulgada en los medios gráficos y la televisión a pesar de su falta de fundamento adecuado. “Astronomía y paisaje” es el nombre del capítulo 6. Aquí se intenta desvelar la geografía sagrada del antiguo Egipto a través de una serie de hipótesis donde se demuestra cómo el paisaje celeste, o sea, el firmamento, y la topografía local, dominada por el Nilo, se combinaron para crear algunos de los entornos sagrados más conocidos de la tierra, como la meseta de Guiza o la región de Luxor, en torno a Karnak, en el Alto Egipto, por mencionar solo los dos ejemplos más significativos.

El capítulo 7, “Paralelismo en el norte, reflejo en el sur” es un doble ejercicio. Por un lado, analiza la presencia de tradiciones astronómicas egipcias y su simbolismo en áreas vecinas como el Reino de Kush, mostrando que éste puede considerarse una especie de apéndice del Egipto faraónico. Por otro, el autor hace un viaje al “extranjero” para estudiar los aspectos astronómicos de las sociedades contemporáneas donde la influencia egipcia podría ser importante pero no determinante, como por ejemplo el mundo hitita. “Lidiando con la Cronología” es el sugerente nombre de capítulo 8 donde se comparan las diferentes cronologías defendidas para Egipto en las últimas dos décadas, analizando las ventajas, desventajas y particularidades de cada una de ellas, incluyendo también aquellas propuestas más recientes, polémicas y eventualmente revolucionarias. También se

lleva a cabo un análisis sobre las dataciones de carácter astronómico, como las fechas lunares y las fechas sotíacas, o algunas de carácter arqueoastronómico, comparándolas con los enfoques más actuales y novedosos de otras técnicas, como la del Carbono 14. Finalmente, una verdadera novedad del libro es el Epílogo. Bajo el sugerente título de “ADN, vino y eclipses: el enigma Dahamunzu”, este extenso ensayo se ocupa de la personalidad y la época (el período de Amarna) de un personaje femenino envuelto en la polémica, Dahamunzu (transcripción cuneiforme para Ta Hemet Nesu): la viuda de un rey -llamado Nibkhururiya en las textos cuneiformes-, que escribió el poderoso rey de los hititas Shupiluliuma pidiéndole un marido para convertirlo en rey de Egipto. ¿Fue Ankhesenamon a la muerte de Tutankhamon? O, por el contrario, sería Nefertiti a la muerte de Akhenaton, entre otras posibilidades. El relato es un verdadero thriller en que es fascinante percatarse de cómo la Astronomía se combina con la Epigrafía, la Arqueología y la Biología molecular para ofrecer una respuesta plausible al enigma y, además, para promover un nuevo árbol genealógico y una cronología actualizada para este interesante periodo de la historia egipcia.

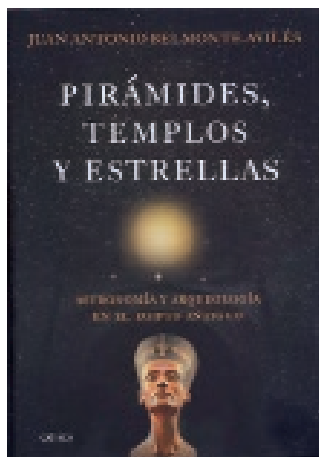
Ha seguido en marcha la línea de trabajo para el estudio de las tradiciones astronómicas de la civilización faraónica en Egipto y más allá. Este año el grupo se ha concentrado en el trabajo de edición del libro “Pirámides. templos y estrellas: astronomía y arqueología en el Egipto antiguo”, para la Editorial Crítica, volumen que contiene los resultados más novedosos de las campañas de años anteriores y de los estudios de las fuentes escritas. También se ha procedido a la profundización en la investigación desarrollada inicialmente para el último capítulo de este libro, donde se combina Astronomía, Cronología, Genética y Epigrafía entre otras disciplinas para tratar de entender el controvertido final del periodo de Amarna.

Nuestro trabajo sobre el fenómeno megalítico ha seguido constituyendo un pilar singular del Proyecto. El estudio del fenómeno megalítico durante las últimas décadas ha mostrado que las orientaciones de los monumentos no son aleatorias sino que aparecen patrones regulares de orientación entre los monumentos construidos en un mismo foco. A fin de establecer de forma lo más objetiva posible, las relaciones entre las orientaciones de grupos independientes de monumentos, se ha aplicado una serie de algoritmos de análisis grupales a las muestra de megalitos medidas en la Península Ibérica y áreas adyacentes. El trabajo sigue en marcha y este año se han analizado los datos obtenidos en los veranos de 2010 y 2011, datos que vienen a llenar una laguna en nuestra muestra que nos ha permitido llevar a cabo un test de prueba de los análisis llevados a cabo con anterioridad que ha resultado positivo.

Tras la exitosa campaña de prospección arqueoastronómica llevada a cabo en Jordania en diciembre de 2011, el objetivo este año ha sido comenzar a reducir, analizar e interpretar la gran cantidad de datos recogidos sobre dólmenes de la Edad del Bronce, templos nabateos (incluida la ciudad de Petra), ciudades romanas e iglesias bizantinas, entre otros, y se ha iniciado el estudio bibliográfico y de las fuentes correspondientes para las diversas

MEMORIA  
2012 IAC

202



Portada del libro “Pirámides, templos y estrellas”.

## Evolución del Proyecto

Durante el año 2012 se ha continuado la labor desarrollada en muchas de las líneas de investigación abiertas en los años anteriores y se han abierto otras líneas nuevas. Particularizando, podemos destacar las siguientes.

culturas y los diferentes periodos históricos. En primer lugar, se ha analizado en detalle los datos de Petra y de otros templos nabateos con resultados muy prometedores que están en vías de publicación. En este sentido, este año se ha proseguido con el análisis estadístico y de grupos de las orientaciones de los templos antiguos de la cuenca mediterránea comenzado en 2010 y continuado en 2011 y 2012 con la adición de nuevos grupos de muestreo obtenidos en este último año (ej. los templos propios nabateos).

Este año se ha proseguido con el trabajo en una de las líneas marco del Proyecto OAS II, ahora incluida en el OAS III, que es el estudio arqueoastronómico del Prerrománico Ibérico. Para ello, se ha llevado casi a término el proceso de reducción, análisis e interpretación global de los datos obtenidos hasta la fecha (la muestra está casi completa a pesar de la enorme dispersión geográfica). Se espera que el análisis permita escribir y, eventualmente, publicar, en 2013 un artículo de referencia sobre esta línea de investigación tan sugerente.

Como novedad en 2012, se ha llevado a cabo una campaña de trabajo de campo y prospecciones arqueoastronómicas en las tierras del antiguo País de Magan (c. 3000 a.C.), en el noreste de la Península Arábiga en lo que hoy son los estados de Omán y Emiratos Árabes Unidos. En la campaña, de casi tres semanas, se ha trabajado en los yacimientos arqueológicos más importantes, especialmente las necrópolis como las de Bat o El Aïn, se han visitado museos o bibliotecas en busca de fuentes documentales, y se ha comenzado a un estudio detallado de las fuentes bibliográficas que estudian este periodo tan desconocido como sugerente. Este proceso continúa y se espera comenzar la reducción y análisis de los datos a la mayor brevedad, proceso que puede llevar más de un año.

Se quiere destacar que en este ejercicio el grupo se ha involucrado en un proyecto de gran envergadura como es la publicación de un "Handbook of Archaeoastronomy" (Manual de Arqueoastronomía) por parte de

la Editorial Springer. Esta será una magna obra en que se presentará el "state of the art" de la disciplina, con más de un centenar de contribuciones de más de cincuenta investigadores especialistas en sus respectivos campos. Miembros del Proyecto son autores o coautores de más de una docena de contribuciones especializadas y el IP del Proyecto es uno de los siete editores adjuntos de la obra. En 2012 se ha completado la escritura de la mayoría de las contribuciones correspondientes y a lo largo de 2013 se llevará a cabo el trabajo de edición que debe culminar con la publicación del manual en 2013 o 2014.

Se han llevado a cabo trabajos de campo varios santuarios ibéricos del Levante Peninsular. En el yacimiento costero de La Malladeta (Villajoyosa, Alicante) se ha descubierto un llamativo marcador equinoccial a partir de observaciones dirigidas por nosotros y realizadas por arqueólogos del Museo de Villajoyosa y un grupo de fotógrafos aficionados y profesionales. También se constató la presencia de un espectacular fenómeno de iluminación en el interior de la cueva-santuario de La Nariz (Moratalla, Murcia) estudiada en colaboración con arqueólogos. Hay evidencias que este yacimiento, aunque utilizado en época ibérica tuviera un origen anterior, en la Edad del Bronce y quizás relacionado con la Cultura del Argar. Este hecho está pendiente de confirmación en las excavaciones arqueológicas que se pretenden realizar en el yacimiento. Durante 2012 se aceptó un artículo sobre los resultados de un trabajo de campo realizado en yacimientos tartésicos del sur peninsular, aparecerá publicado en el primer semestre de 2013. Se está ultimando la preparación de un artículo sobre el marcador equinoccial encontrado en la cueva-santuario ibérica de Castellar (Jaén).

Uno de los objetivos del Proyecto es la reconstrucción de la actividad solar en el pasado utilizando referencias documentales de diferente tipo. Las auroras boreales son uno de los fenómenos relacionados con el magnetismo solar más sencillos de observar y su descripción no se limita a publicaciones

de carácter científico. Tres fases confluyen en la aparición de una aurora boreal: a) la intensidad del proceso en la atmósfera solar, b) la propagación de la nube de partículas por el medio interplanetario y c) la interacción de dicha nube con la magnetosfera terrestre.

Con este objetivo M. Vázquez, en colaboración con J.M. Vaquero y M.C. Gallego (Universidad de Extremadura), han concluido la elaboración de un catálogo de la distribución espacio-temporal de las auroras boreales en el período 1705 - 1905. Se han incluido más de 80.000 observaciones correspondientes a unas 27.000 auroras. La posición de las observaciones se ha determinado tanto en latitudes geográficas como geomagnéticas, en este último caso partiendo de un modelo de la variación temporal de la posición del polo magnético terrestre. Para su análisis se ha elaborado un nuevo método para discriminar el origen de la perturbación solar, que puede ser bien una emisión coronal de masa o bien un agujero coronal. Dichas fuentes tienen una distinta correlación con el grado de actividad solar. A lo largo de 2013 se publicarán los primeros resultados del análisis de dichos datos.

Dentro de las actividades de divulgación del Proyecto, se ha de destacar que la implicación en actividades destinadas a desmentir y desmitificar la serie de supercherías (la mayoría astronómicas) asociadas a la supuesta predicción por parte de los mayas del fin del mundo en el solsticio de verano de 2012, hecho que, como se puede comprobar, no se ha producido, aunque el brazo de las pseudociencias sigue siendo poderoso. También se ha participado en la Primera Escuela Interamericana de Astronomía Cultural en la Universidad de La Plata (Argentina), con cerca de un centenar de alumnos, donde se ha interactuado con colegas latinoamericanos que trabajan en el campo, potenciando futuras colaboraciones.

A lo largo de 2012 los miembros del equipo han asistido, y presentado varias comunicaciones a varios congresos internacionales relacionados con la materia. Uno de ellos ha sido el XX Congreso Anual

de la SEAC en Liubliana (Eslovenia) con el título "Ancient cosmologies and modern prophets" (el IP del Proyecto es Vice-Presidente sénior de la SEAC y ha sido miembro del SOC), donde se presentaron varias conferencias. También se asistió al VIII Congreso Internacional de Patrimonio Histórico, en junio en Arrecife (Lanzarote) donde se presentó una ponencia marco sobre las relaciones entre Astronomía y Arquitectura en el norte de África.

## **ASTROFÍSICA DE PARTÍCULAS (P/300328)**

**R.J. García López.**

**E. Colombo, M. Garczarczyk, K. Berger,  
R. Clavero Jiménez, D. Tesaro e I.  
Puerto Giménez.**

**Colaboradores del IAC: A. Herrero  
Davó y J.M. Rodríguez Espinosa.**

C. Delgado Méndez (CIEMAT, Madrid); M. Gaug (Univ. Autónoma de Barcelona); J. Becerra (DESY, Hamburgo, Alemania).

## **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 Internacional. 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.

El diseño y construcción de AMS es responsabilidad de una colaboración

internacional, liderada por el Premio Nobel de Física Samuel C.C. Ting (Massachusetts Institute of Technology, EEUU), en la que intervienen institutos de investigación de Alemania, China, Corea del Sur, Dinamarca, España, Estados Unidos, Finlandia, Francia, Holanda, Italia, México, Portugal, Reino Unido, Rumanía, Rusia, Suiza y Taiwán.

Dentro del experimento AMS, se colabora con el CIEMAT (Madrid) en la caracterización del Detector de Radiación Cherenkov (RICH) en lo concerniente a sus capacidades para la identificación química e isotópica de elementos ligeros en los rayos cósmicos, y se ha llevado a cabo también la fabricación de armarios de electrónica para el mismo.

Por otra parte, el IAC participa en la producción de datos Monte Carlo para la colaboración AMS, así como en el desarrollo de las herramientas necesarias de calibración y monitorización del detector. De igual modo el grupo trabaja en el análisis de datos Monte Carlo destinados a establecer el análisis estándar para la identificación de elementos ligeros.



*El experimento AMS a bordo de la Estación Espacial Internacional.*

El Proyecto forma parte también de la Colaboración MAGIC. Se trata de una colaboración 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 Observatorio del Roque de los Muchachos, diseñados para medir la radiación Cherenkov asociada a cascadas atmosféricas producidas por rayos gamma de muy alta energía.

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, siendo el Observatorio del Teide, en Tenerife, uno de los candidatos a albergar el observatorio Norte.

## Hitos

Puesta en funcionamiento del telescopio MAGIC I tras el exhaustivo proceso de mejora llevado a cabo en el mismo.

Envío al Consorcio Internacional CTA de la propuesta de CTA-España para albergar en Tenerife el observatorio Norte.

## Evolución del Proyecto

A lo largo del año 2012 el grupo ha continuado con la participación en la puesta a punto y el análisis de los datos proporcionados por el experimento AMS-02. En este sentido, R. Clavero participó en varios turnos de observación en el centro de datos situado en el CERN, y disfrutó de dos estancias de trabajo con nuestros colaboradores del CIEMAT en Madrid. Estas últimas estancias fueron sufragadas con cargo a la beca FPI de la que disfruta.

Como fruto de este esfuerzo, el IAC participa de forma activa en uno de los dos grupos independientes de análisis de datos que existen en la colaboración. Una parte del análisis fue utilizada por R. Clavero para llevar a cabo su trabajo de investigación de máster titulado "Introducción a la medida del flujo de rayos cósmicos con el detector AMS-02", focalizado en la detección de núcleos de carbono. Está previsto que R. Clavero disfrute también de dos estancias de trabajo en el CERN y el CIEMAT en 2013 (vinculadas a su beca FPI), así como que siga participando en la toma y análisis de datos.

A finales de 2013 se incorporó un nuevo doctor al grupo, D. Tescaro vinculado al Proyecto Severo Ochoa. D. Tescaro participó

en diciembre en sendas visitas al CIEMAT y al CERN para comenzar a familiarizarse con el trabajo.

En 2012 se obtuvo financiación externa del PNAyA para la continuación con la investigación relacionada con este Proyecto entre 2013 y 2015 y, dentro de dicha financiación, está prevista la contratación de un nuevo investigador postdoctoral en 2013.

Nuestra participación en MAGIC se ha centrado fundamentalmente en el análisis de datos dentro de los grupos de física extragaláctica y de GRBs. También se participó de forma activa en la toma de datos y en la resolución de problemas técnicos en ambos telescopios.

En noviembre de 2012 tuvo lugar la puesta en funcionamiento nuevamente del telescopio MAGIC I, tras un proceso de renovación de su cámara y de la electrónica de control y toma de datos. Acompañando ese evento, se llevó a cabo la reunión semestral de la colaboración en el Teatro Circo de Marte de Santa Cruz de La Palma.

En diciembre de 2012 abandonó el IAC K. Berger, que había sido investigador postdoctoral del grupo desde hacía casi tres años, para incorporarse a una nueva plaza en EEUU. Se espera cubrir su puesto durante el año 2013 con un nuevo postdoc vinculado al acuerdo entre el IAC y la Colaboración MAGIC.

En lo que se refiere a la Colaboración CTA, en febrero de 2012 se entregó al Consorcio Internacional el documento con la candidatura de Tenerife. Durante 2012 se ha seguido trabajando en impulsar la candidatura del Observatorio del Teide para albergar CTA-Norte. Ello implica la toma de datos y el mantenimiento de la estación astroclimática instalada en el lugar propuesto, la participación en el grupo de trabajo de "site" dentro de la colaboración y la colaboración dentro del Consorcio CTA-España en todas las actividades.

En octubre de 2012 se incorporó I. Puerto al Proyecto como investigadora postdoctoral

encargada de dar soporte a todas las labores relacionadas con la promoción del Observatorio en este Proyecto.

El grupo ha participado en todas las reuniones del parque de "site" llevadas a cabo en 2012, así como en las reuniones generales de la Colaboración. También, R.J. García López ha sido nombrado por el MINECO representante científico español, junto con otra persona del Ministerio, en el "Resource Board" de CTA, que es foro donde se toman todas las decisiones finales de la Colaboración.

Está previsto que la decisión de los lugares que alberguen a ambos observatorios se tome entre septiembre y noviembre de 2013.

## **OPERACIÓN DE LAS INSTALACIONES TELESCÓPICAS DEL IAC (E/300111)**

**A. Ocoz Abad.**

**R. Giméno Llobet, D. Jiménez Méjias, R. Barrena Delgado, J. García Rojas, P. Montañés Rodríguez, Cristina Zurita Espinosa, S. López González-Coviella, A. Pimienta de la Rosa, L. Toribio San Cipriano, L. Monteagudo Narvión y P.A. González Morales.**

**Colaborador del IAC: J.M. González Pérez.**

## **Introducción**

Los investigadores, tanto los del Instituto de Astrofísica de Canarias como los de la comunidad astrofísica internacional, tienen acceso privilegiado a multitud de instalaciones científicas en los dos Observatorios de las Islas Canarias. La calidad y cercanía de dichas instalaciones, así como la bondad del cielo, les permite realizar contribuciones de primer nivel a la investigación científica.

El objetivo fundamental de este Proyecto es la correcta gestión de aquellas instalaciones pertenecientes al IAC, así como de la

instrumentación propia del centro y de la parte del tiempo de observación CAT que 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 o LIRIS en WHT, TIP o TIP-II en VTT y GREGOR, CAIN-3 y FastCam en TCS, CAMELOT y TCP en 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 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, etc.).

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

- 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.

ITE o Instrumento	Observatorio	Operación	Operación
TCS	Integral	2007	2012
	FastCam	2007	2012
Telescopios	CAMELOT	2008	2012
	TIP	2008	2012
Experimentos	CAIN-3	2008	2012
	FastCam	2008	2012
Instrumentos	TIP	2008	2012
	TIP-II	2008	2012
Experimentos	TIP-II	2008	2012
	CAIN-3	2008	2012
Instrumentos	CAIN-3	2008	2012
	CAIN-3	2008	2012

Listado de todos los ITE y tiempo que ha estado funcionando cada uno de ellos.

## Hitos

Se han publicado 20 artículos en revistas con árbitro a partir de datos del telescopio IAC-80 y 7 a partir de datos del telescopio TCS.

Observaciones de servicio: recibidas 14 solicitudes de ToO y 92 de observaciones de tiempo de servicio/rutinario, de los que se llevan a cabo 72.5 noches de servicio en el telescopio NOT, 9 en telescopio INT, 41 en el telescopio TCS y 34 en el telescopio IAC-80.

El Proyecto comienza a encargarse de GHaFaS, instrumento visitante en el telescopio WHT.

Inicio de las operaciones remotas del DIMMA@ORM. Manejo cada noche de los DIMMAs de ambos Observatorios.

Se colabora en la puesta a punto e inicio de operaciones de SONG, QUIJOTE, XO y SHABAR.

Instalación e inicio de observaciones de dos SQM automáticos, uno en cada Observatorio.

Se redactan 6 nuevos manuales de distintas instalaciones.

Cada noche se ofrecen los datos de CAMELOT reducidos y con su astrometría.

Los astrónomos de soporte imparten charlas a la comunidad sobre todos los instrumentos de los telescopios nocturnos de ambos Observatorios.

Primeras observaciones remotas con el telescopio TCS.

Mejoras en la pipeline de reducción de datos de CAIN.

## Evolución del Proyecto

Los principales puntos de actividad del Proyecto durante 2012 se resumen a continuación (<http://www.iac.es/telescopes/>).

### *Nueva forma de operar las instalaciones*

El Coordinador de Investigación creó un grupo de trabajo para definir las líneas que se ha de seguir para el futuro de las instalaciones a las que tiene acceso el IAC y para el personal a su cargo. Tras varios meses de trabajo, este grupo creó un documento en donde se analizaba el posible futuro de los telescopios IAC-80 y TCS, los bajos factores de petición de tiempo en telescopios de ORM y ESO, la situación de los telescopios solares, etc. A partir de este documento, el Coordinador y el JOT trabajaron en un documento ejecutivo sobre el futuro de las instalaciones del IAC que fue presentado y aprobado por el Comité de Dirección y, posteriormente, presentado a los investigadores del centro. Las principales sugerencias que se presentaban eran: sacar los telescopios TCS e IAC-80 del CAT, dejándolos disponibles para proyectos de investigación del IAC; hacer que las reformas en los telescopios vengan financiadas por proyectos; eliminar el apoyo a los astrónomos visitantes; suprimir paulatinamente los TOT; aumentar el número de astrónomos de soporte hasta seis para dar más soporte especializado; cerrar el telescopio Mons; derriuir el telescopio VNT y automatizar gran parte de las instalaciones.

### *Astrónomos de Soporte (AS), Operadores de Telescopio (Oper) y Técnicos de Operaciones Telescópicas (TOT)*

Los Astrónomos de Soporte, que dedican más del 70% de su tiempo a tareas de soporte, tienen a su cargo la instrumentación española de ambos Observatorios y las noches de servicio CAT en telescopios del ORM, así como otros programas como la medición del fondo del cielo. Siempre que resulte posible habrá un AS la primera noche de observación de los nuevos astrónomos de los telescopios TCS e IAC-80, así como el tiempo que sea necesario para instalar y comprobar que INTEGRAL o GHaFaS en el telescopio WHT funcionan correctamente y los usuarios dominan su uso y durante las instalaciones de TIP y TIP-II. Adicionalmente, ofrecen una ayuda y un asesoramiento a los

astrónomos en la reducción de las imágenes: CAMELOT, CAIN-3, FastCam, INTEGRAL, GHaFaS, etc.

Siguiendo la tendencia de los últimos años, el número de solicitudes de observaciones de tiempo rutinario y de servicio en telescopios de ambos Observatorios ha sido muy alto. Si el año anterior ya se subieron de 2 a 3 el número de noches que se dedican a servicio en los telescopios TCS e IAC-80 cada mes, a finales de 2012 se ha solicitado al CAT un aumento de las noches de servicio en los telescopios del ORM, así como la ampliación del número de telescopios que ofrecerían servicio CAT. Estos cambios se verán reflejados en 2013. Mientras tanto, este año los AS han atendido a un total de 89 noches de servicio: 41 en el telescopio TCS, 34 en el telescopio IAC-80, 9 en el telescopio INT y 5 en el telescopio NOT. Las solicitudes de observación se han distribuido de la siguiente manera: 14 ToO para los telescopios TCS y/o IAC-80, 15 programas de servicio CAT y 30 no-CAT para los telescopios IAC-80 y/o TCS, 31 propuestas para el telescopio INT (15 realizadas) y 16 para el telescopio NOT (10 hechas). Todo ello aparte de las observaciones rutinarias cada noche en los telescopios TCS e IAC-80, dirigidas por los AS y llevadas a cabo por los TOT. Finalmente, se han ofrecido otros 36 días de soporte en los telescopios TCS e IAC-80 y 6 para GHaFaS en el telescopio WHT.

En lo que respecta a nueva documentación, en la línea marcada desde hace tiempo, se siguen creando nuevas guías de utilidad para los astrónomos y actualizando y mejorando las ya existentes: manual de instalación de GHaFaS, procedimiento sobre reseteo de CAIN-3, manual de la nueva caja de A&G del telescopio IAC-80, recomendaciones a los astrónomos para las propuestas de servicio, manual del TCP en modo full-frame o manual para el mantenimiento de las instalaciones, entre otros.

Los AS, a petición propia, han comenzado a impartir una charla cada semestre, antes de que acabe el plazo para presentar propuestas a CAT, emitida por streaming en



la que ofrecen información útil sobre todos los instrumentos y telescopios nocturnos de los Observatorios de Canarias. En estas charlas se dan consejos sobre el tipo de instrumentación adecuada para cada tipo de objeto a observar, factores de sobreexposición, etc.

En cuanto a la formación y la seguridad, el personal del Proyecto ha tenido acceso a numerosos cursos: prevención de riesgos laborales, primeros auxilios, riesgo y medidas preventivas en trabajos eléctricos, teórico-práctico de prevención y extinción de incendios, teórico práctico de conducción en condiciones externas o primera intervención en emergencias.

### *Nuevas instalaciones/instrumentos*

A partir de 2012 el Proyecto se hace cargo del instrumento GHaFaS, visitante en el telescopio WHT. Los AS ya han participado en su instalación y completado su aprendizaje, elaborando incluso un manual del mismo. Nuestra tarea, a partir de ahora, es similar a lo que se hace con INTEGRAL: instalación y puesta a punto, soporte a los usuarios y desmontaje.

El personal del Departamento de Electrónica terminó de poner a punto la operación remota del DIMMA instalado en el ORM, con lo que los TOT comenzaron a operarlo remotamente desde el telescopio IAC-80. Con esto, cada noche se maneja de forma remota los DIMMA situados en el OT y en el ORM.

Este año ha visto la entrada en funcionamiento de tres nuevas instalaciones en el OT -SONG, QUIJOTE y XO- y en todas ellas el personal del Proyecto (Oper y TOT) ha colaborado en su puesta a punto. En lo que respecta a SONG, además de en su instalación, se ha ayudado a la reparación de la CCD, la limpieza de su espejo, las observaciones con el pirheliómetro, enfoques de cámaras, así como distintas pruebas. Una de las componentes del Proyecto ha actuado como interfaz en el IAC para la instalación e inicio de operaciones de los telescopios XO.

Finalmente, los Oper y TOT han colaborado con el personal de QUIJOTE.



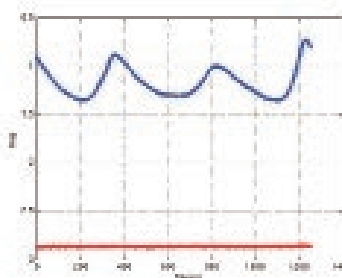
*SONG instalado en el OT.*

Por otro lado, los Oper y TOT también han ayudado a poner a punto el instrumento SHABAR, de medición del seeing diurno, instalado en el OT. La nueva ubicación es sobre una torre de 10 m de altura, con lo que ha habido que efectuar un gran trabajo para conseguir que vuelva a funcionar correctamente.

### *Telescopios IAC-80 y TCS*

Uno de los asuntos más relevantes durante este año probablemente haya sido que CAMELOT, instrumento del telescopio IAC-80, no haya estado operativo durante seis meses debido a que tuvo que ser enviado a reparar. En su lugar se instaló TCP, el otro instrumento de uso común. Por ello, durante todo este tiempo se ha trabajado para mejorar sus prestaciones y minimizar la ausencia de CAMELOT.

*Curva de luz (azul) de un objeto pulsante obtenida con TCP. La estrella de comparación aparece en rojo.*



**MEMORIA IAC 2012**

En lo que respecta a CAMELOT, que volvió en diciembre aunque algo más ruidosa, ha habido numerosas mejoras a lo largo del año. Se ha continuado con la mejora de la interfaz de usuario, puliendo algunos fallos y añadiendo nuevas facilidades. Se ha conseguido aplicar la astrometría de manera más ágil y la reducción de los datos automática todas las noches de observación, con los beneficios que esto supone para los

astrónomos. Con esto ya estamos listos para enviar los datos al Observatorio Virtual.

Sigue en marcha el proyecto de nuevo espectrógrafo de baja resolución, MERLIN, para el telescopio IAC-80. MERLIN consta de un sistema de Óptica Adaptativa (AO-L), un espectrógrafo con guiado (SGS) y una cámara (ST-10). En 2012 se finalizaron todas las piezas de MERLIN y se montó todo el sistema en su estructura de acople al telescopio IAC-80. Sin embargo, antes de su instalación en telescopio se probó con ESTRANGIS, un proyecto de observación del tránsito de Venus desde Australia. Se verificó la funcionalidad completa del sistema, al llevar incorporada la cámara ST10, cubriendo un rango espectral entre aproximadamente 400 y 900 nm con la red de baja resolución. MERLIN funcionó perfectamente. En el último trimestre de 2012 se instaló en el el telescopio IAC-80, pero no se consiguió que funcionara correctamente debido a problemas de control remoto desde un ordenador en red. En este momento está montado el sistema completo con su estructura y en proceso de instalación del software necesario para su control remoto desde un ordenador en red.

Se ha continuado con el proceso de mejora general de las instalaciones:

- Se ha comenzado un proceso para la renovación de todo el cableado de ambos telescopios, ya obsoleto.
- Se han llevado a cabo con éxito las primeras pruebas con los nuevos buscadores -más potentes, modernos y con CCD incorporada.

- Se ha conseguido duplicar el PC de FOVIA del telescopio TCS (bajo Windows 3.11), con lo que ya hay repuesto en caso de fallo.
- CIR cuenta con doble pantalla para poder visualizar y reducir los datos obtenidos con CAIN.
- Se ha instalado una nueva versión del software de control de la caja de A&G del telescopio IAC-80 con las mejoras sugeridas por el primer año de uso.
- Se ha avanzado en el simulador de tiempos de exposición del telescopio TCS.
- Ya se dispone de los nuevos soportes para los filtros del telescopio IAC-80.
- Se han hecho pruebas para que FOVIA del telescopio IAC-80 funcione con un Windows superior.
- Un alumno de la ULL efectúa sus prácticas de empresa en el grupo. Gracias a ello se mejora la pipeline de reducción de datos de CAIN-3.

Otro de los puntos importantes del año ha sido las posibles remotizaciones/robotizaciones de ambos telescopios. Se han mantenido contactos con dos grupos externos interesados en dicha robotización a cambio de tiempo de observación, aunque todavía no se ha avanzado en ello. Lo que sí se ha conseguido es realizar las primeras observaciones remotas con el telescopio TCS desde el IAC, aunque de forma algo rudimentaria. Las versiones tan antiguas del software de los PCs de control, usuario y FOVIA del Telescopio no permiten su acceso mediante escritorio remoto u otros métodos, por lo que se tuvo que emplear una webcam para controlar dichos ordenadores.

MEMORIA  
2012 IAC

210



*Interfaz de CAIN e imagen de la webcam apuntando al PC de usuario del telescopio TCS durante unas observaciones remotas desde el IAC.*

A lo largo del año se han realizado varias pruebas para instalar los detectores de HORUS y EDiFiSE en los telescopios IAC-80 y TCS. Aunque teóricamente es factible su uso, diversos problemas con el enfriamiento de los chips impidieron ir más allá.



Detector de HORUS instalado en el telescopio TCS.

El año finaliza con gran número de publicaciones en revistas con árbitro a partir de datos de los telescopios TCS (7) e IAC-80 (20).

### Calidad del cielo y meteorología

El Proyecto sigue colaborando con el grupo de Calidad del Cielo en muy diversos aspectos. A lo largo de 2012 se han realizado numerosos avances en este sentido, destacando el trabajo realizado junto a un becario de verano en el que se analizó el brillo de fondo de cielo en ambos Observatorios usando distintos dispositivos (fotómetros y cámaras CCD), se comparó la respuesta de cada uno de ellos, realizando una calibración cruzada y estudiando la dependencia de este parámetro con ciertas variables físicas (presencia de Vía Láctea o nubes).

Brillo del cielo en el zenit el OT (mag/arcsec <sup>2</sup> )	
AstMon-OT (desde 2012)	21,41 ± 0,15
IAC80 (desde 2006)	21,24 ± 0,34
SQM (desde 2006)	21,25 ± 0,23

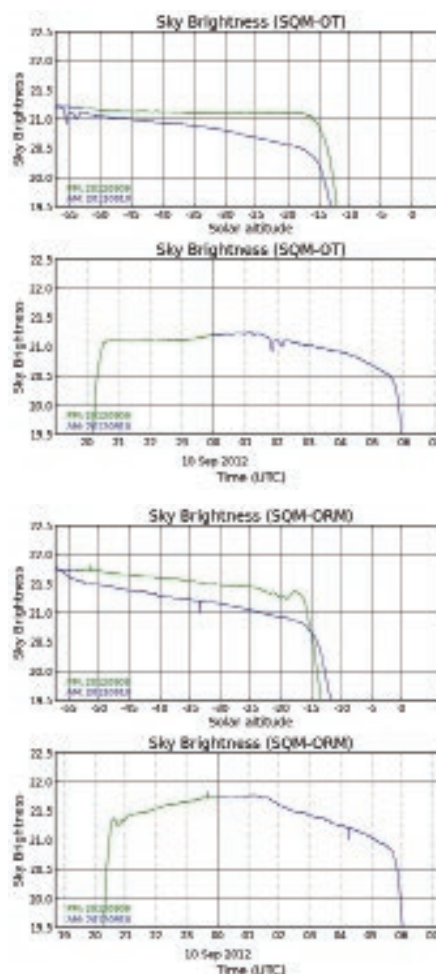
Brillo del cielo en el zenit el ORM (mag/arcsec <sup>2</sup> )	
Telescopio (banda V)	21,98 ± 0,23
SQM	21,89 ± 0,16
SQM-LE	21,60 ± 0,36

Asimismo, se han instalado dos fotómetros SQM-LE, uno en cada Observatorio, siendo el del ORM el único instrumento dedicado a la monitorización de fondo de cielo allí. Estos dispositivos se han configurado de manera que tengan un funcionamiento completamente automático y continuo, con lectura y análisis diario de sus medidas.



Arriba: Los SQM-LE instalados en el OT (izquierda) y en el ORM (derecha).

Abajo: Medidas de uno de los primeros días de observación simultánea de ambos fotómetros, en las que se aprecia la contribución de la Vía Láctea hasta las 00:00 UTC, la aparición de nubes altas en torno a las 02:00 UTC en el OT y la influencia de la Luna a partir de esa hora.



En lo que respecta a la extinción, se vuelven a ofrecer los datos diurnos de la misma a partir de las observaciones del instrumento Mark-I, en el Laboratorio Solar del OT: <http://www.iac.es/telescopes/tiempo/extincion/index.html>. Asimismo, se ha mejorado ampliamente la información ofrecida en la Web de la estación meteorológica.

## Astrofotografía y divulgación

Además de numerosas charlas impartidas por el personal del Proyecto, tanto en el OT como fuera, y de la colaboración en las Jornadas de Puertas Abiertas del OT (las más numerosas de la historia), hay otras actividades, relacionadas fundamentalmente con el grupo de astrofotografía: se han vuelto a publicar 12 Imágenes Astronómicas del Mes (IAM, <http://www.iac.es/telescopes/IAM/>), con lo que el Proyecto completa su octavo año, con más de 90 IAM en total; se ha publicado, de nuevo, un calendario anual con las mejores imágenes del año anterior; han solicitado incluir algunas de nuestras IAM en varios libros.

### Otros asuntos

Realizado el mantenimiento anual de LIRIS, así como el cambio de máscaras para las propuestas MOS que lo solicitaron.

Se han adquirido nuevos filtros.

Se movió el aluminizado de los espejos de la Pirámide.

Nuevo ordenador BISON en Mark-I.

Nuevas secciones en nuestra web, en los formularios de tiempo de servicio, en el informe nocturno, en la Web de LIRIS, etc.

Se asistió a numerosas reuniones científicas, técnicas o institucionales.

A continuación se resume el resultado de las encuestas realizadas a los astrónomos tras sus observaciones en los telescopios TCS y/o IAC-80.

temática	Excelente	Buena	Mal	Pésima
2006-11-180 y 11 observatorio	17	22		
2006-11-180 y 11 observatorio OT	18	17		
Climatología	18	15	2	
Atmósfera	17	18		
Peticiones de tiempo	13	28		
Alidades	16	18		
Telescopios	14	21		
Instrumentación	13	28	1	
Coordinación	28	14	1	
JOT	28	7		
Heliofotografía de soporte	28	8		
Operadores de telescopio	27	11		
Interfaz de usuario	14	23	2	
Interfaz telescopio	14	25	1	
Equipamiento	16	23		
Software	12	28		

Según los resultados de la encuesta, está claro que se ha de mejorar en ciertos aspectos si queremos mantener un alto nivel. Aunque a primera vista parecen excelentes resultados, se observa un ligero empeoramiento con respecto a años anteriores.

En cuanto a los comentarios, quejas o sugerencias de las encuestas, se pueden dividir en varios frentes:

#### 1.- Problemas instrumentales

Solucionados: problemas con el autoguiado.

No solucionados: fallos habituales en la rueda de filtros de FastCam (se está a la espera de recibir una nueva), búsqueda automática de estrellas guía, fallos habituales en la cúpula del telescopio TCS (en 2013 vendrán de la casa fabricante a reparar totalmente la cúpula).

#### 2.- Informáticos/software/manuales

Solucionados: dos terminales conectadas al PC de cir, información en la Web sobre los filtros instalados en FastCam, información en manuales sobre cómo abrir los pétalos.

No solucionados: lentitud en el PC que controla TCP (se ha intentado pero no se ha conseguido hasta la fecha).

#### 3.- Sobre el personal y las instalaciones (reproducidos literalmente)

*“Todo estupendo, excelente trato y ayuda tanto del soporte como de la operadora”*

*“Los datos que se han obtenido en las noches del XX de abril son posiblemente los mejores de los más de diez años de prácticas en el telescopio IAC-80”*

*“Como siempre, ha sido un placer observar en el OT. Muchas gracias por todo el apoyo presado”*

*“No hubiera podido llevarse a cabo la campaña si no hubiera sido por la involucración y ayuda (mucho más allá de lo que era su*

trabajo) de los Operadores y A.S. No tengo experiencia con este tipo de instrumentación y de estrategia de observación. Agradecer especialmente al TOT XX su gran ayuda así como la paciencia de XX (AS) e interés de XX (AS) y la sutil mano del XX”

“Agradecer a los operadores todos los esfuerzos para conseguir que todo fuese bien”

4.- Sobre este formulario

Solucionado: mal enlace al formulario.

No solucionado: los niveles en algunas preguntas son insuficientes porque faltaría NS/NA y “normal” (el NS/NA ya aparece en forma de respuesta en blanco, y el “normal” no se pone para evitar que todo el mundo responda así).

5.- Sobre el Observatorio o similares (responsabilidad de la AOT, reproducidos literalmente)

“The meal reservation facility is extremely complicated (more than the telescope!)”

“The room reservation facility is also a bit random - no confirmation of rooms allocated”

## **CARACTERIZACIÓN DE LOS OBSERVATORIOS DE CANARIAS (P/700123)**

**C. Muñoz-Tuñón.**

**A.M. Varela Pérez y J.A. Castro Almazán.**

**Colaboradores del IAC: J.J. Fuensalida, J.M. Delgado, L.F. Rodríguez, A. Oscoz, J. Calvo, E. Cadavid, J. Gmelch y TOTs.**

J. Vernin (Univ. de Niza, Francia); A. García Gil (AEMET); H. Vázquez Ramio (Centro Estudios Física del Cosmos); G. Pérez Jordán (Univ. de Barcelona); Z. Benkhaldoun (Univ. Cadi Ayyad, Marruecos) y M. Sarazin (ESO, Alemania).

## **Hitos**

Se publica el segundo artículo de la serie del E-ELT. Los parámetros de turbulencia atmosférica proporcionados por el MASS-DIMM colocan al ORM en primera posición respecto a los otros enclaves competidores a albergar el E-ELT en los que respecta a seeing integrado, seeing de la atmósfera libre, ángulo isoplanático, y al parámetro  $G0 = r0^2 \tau0 \theta02$ , (relacionado con el espacio en el cual un fotón permanece coherente), siendo  $r0$  el parámetro de Fried,  $\tau0$  el tiempo de coherencia y  $\theta0$  el ángulo isoplanático.

Se publica un capítulo de un libro sobre el uso de datos de satélites para la caracterización astronómica, incluyendo aerosoles, nubes, vapor de agua y vientos troposféricos bajo el título “On the use of Remotely Sensed data for Astronomical Site Characterization”, Varela et al., *Nova Science Publishers*, Eds. Alekseyev y Plisetskaya, capítulo 8.

Se compila la validación y se ponen on-line las medidas de seeing en el OT proporcionadas por el DIMMA-OT.

Se instala y pone en funcionamiento remoto un DIMMA en el ORM. Lo operan los TOTs.

Se validan las medidas de seeing del DIMMA-ORM y se prepara una interfaz para su puesta on-line.

El monitor de vapor de agua precipitable (PWV) ha superado el período de garantía y pruebas con éxito. Se migran los datos al servidor del IAC, implementado algoritmo de cálculo de errores y barras de error en las gráficas de la interfaz Web.

Se crea una página Web con el compendio que proporciona la información en tiempo real de las medidas de todos los equipos del Grupo de Calidad del Cielo en ambos Observatorios (<http://rialto.ll.iac.es:84/proyecto/site-testing/index.php>).

Se crea una página Web donde se compila la estadística de los parámetros relevantes de parámetros del cielo y se enlaza en la

MEMORIA  
IAC 2012

213

página del CAT con el propósito de facilitar la preparación de propuestas de observación para el telescopio GTC (<http://www.iac.es/cat/pages/cat-nocturno/en/observing-tools/weather-information.php>).

Se realiza un estudio de viabilidad y optimización del funcionamiento, control y gestión de datos del contador de polvo local.

Se ha analizado la serie meteorológica diezminutal del observatorio atmosférico de Izaña como apoyo a la candidatura del OT para el CTA. La serie cubre los 10 últimos años y los parámetros estudiados son viento, temperatura, precipitación y humedad relativa. En el caso del viento, se ha comparado, además, con otros datos de más corto periodo: GONG, dentro del OT y datos preliminares de ATMOSCOPE.

Participación en el comité de Site Selection para el CTA. Se han revisado y evaluado documentos importantes para las candidaturas.

Se celebra la primera reunión de convenio con la AEMET y se establecen los responsables institucionales: E. Cuevas Agulló (Director del Centro de Investigación Atmosférica de Izaña, AEMET), O. García Colombo (Delegado Territorial de la AEMET en Canarias), C. Martínez Roger (Subdirector del IAC) y C. Muñoz-Tuñón (Responsable Grupo Calidad del Cielo del IAC).

Participación como profesores del primer curso para formar Auditores Starlight.

Se elaboran los informes y manuales de los parámetros relevantes para la Auditoría Astronómica de la Certificación Starlight.

MEMORIA  
2012 IAC

214 Más información en: <http://www.iac.es/site-testing/>

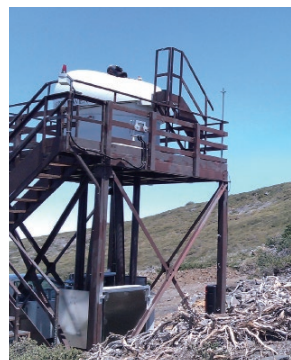
## Evolución del Proyecto

Se prosiguen las campañas de prospección astronómica en lo Observatorios de Canarias y la divulgación de resultados, siguiendo

con la publicación de la serie de artículos de resultados obtenidos para la campaña de selección de sitio para el E-ELT.

### *Campaña de medidas de seeing en el ORM*

En abril 2012 se reinician las medidas rutinarias de seeing en el ORM utilizando un DIMM Automático (DIMMA-ORM) localizado en Las Moradas (300 m al Oeste del telescopio GTC), sobre una torre de 5 m (Figura 1). Los datos se gestionan a través de un programa que almacena las medidas de parámetros ópticos y atmosféricos proporcionadas por todos los instrumentos operados por el Grupo de Calidad del Cielo. Se han validado los datos de seeing y se ha creado una interfaz Web para la puesta on-line de estas medidas una vez validadas.



*Figura 1: Imagen del DIMMA-ORM en Las Moradas obtenida desde la webcam instalada en el mástil de la estación meteorológica anexa.*

La validación se realizó con medias obtenidas entre los meses de abril y octubre de 2012. Una primera evaluación se obtiene calculando el porcentaje de datos útiles frente a los medidos tras imponer las condiciones de calidad óptica. El valor límite es 80% (como en Vernin & Muñoz-Tuñón, 1995; Muñoz-Tuñón et al., 1997; Vernin et al., 2011; Vázquez-Ramió et al, 2012). Los valores mensuales obtenidos están siempre por encima de este umbral, y el porcentaje total de medidas aceptadas es del 86%.

En la Tabla 1 se muestra la estadística mensual y total del seeing, siendo 0.85" y 0.96" los valores de la mediana y media del seeing respectivamente para el período completo.

Una segunda validación se obtiene a través de la comparación con medidas simultáneas

Ndata	Mean (")	std (")	Median (")	25%	75%	95%	Min (")
183	0.80	0.11	0.78	0.72	0.80	0.90	0.55
4637	0.98	0.35	0.90	0.35	1.10	1.70	0.35
9993	1.14	0.55	0.98	0.72	1.45	2.0	0.33
17267	0.95	0.37	0.87	0.72	1.10	1.70	0.32
11738	0.82	0.24	0.79	0.65	0.95	1.20	0.30
12215	0.90	0.28	0.84	0.70	1.05	1.40	0.37
8886	0.99	0.48	0.88	0.65	1.20	2.0	0.24
64919	0.95	0.40	0.86	0.70	1.10	1.80	0.24

Tabla 1. Estadística mensual y total del seeing obtenido con el DIMMA-ORM entre los meses de abril y octubre 2012.

de seeing obtenidas en el ORM, para ello utilizamos los valores obtenidos por el RoboDIMM, que es la única base de datos de seeing pública. En la Figura 2 se muestra el número de datos (arriba), la media (centro) y la mediana (abajo) de los valores de seeing proporcionados por el DIMMA-ORM (azul) y el RoboDIMM (rojo) para este período (abril-octubre 2012). Las barras de error indican la desviación estándar de la media. Los resultados obtenidos por ambos instrumentos están en buen acuerdo.

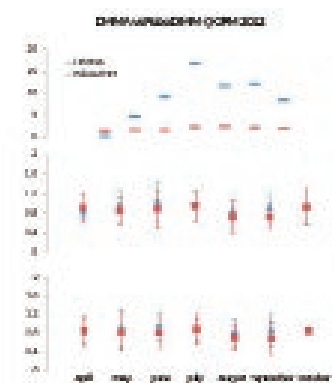


Figura 2: Número de datos (arriba), media (centro) y mediana (abajo) del seeing medido por el DIMMA-ORM (azul) frente al del RoboDIMM (rojo) para el período abril-octubre 2012.

Concluimos que los datos proporcionados por el DIMMA-ORM satisfacen las condiciones requeridas de robustez y fiabilidad. Y aunque la base de datos del RoboDIMM es menos robusta (menos datos) y el porcentaje de datos rechazados es superior (29%) las medidas simultáneas de ambos instrumentos son consistentes dentro de los errores estadísticos. Ver informe en <http://>

[www.iac.es/proyecto/site-testing/images/stories/pdf/report\\_validation\\_dimmaorm.pdf](http://www.iac.es/proyecto/site-testing/images/stories/pdf/report_validation_dimmaorm.pdf)

El DIMMA-ORM es operado remotamente por los operadores de telescopios del OT (TOTs).

Posibles problemas técnicos y/o de mantenimiento de los equipos DIMMAs son evaluados y diagnosticados en colaboración con el Departamento de Electrónica del IAC (J.M. Delgado y L.F. Rodríguez) y transferidos al Servicio de Mantenimiento Instrumental del IAC para su resolución.

Las medidas de seeing proporcionadas por el DIMMA-ORM estarán visibles en tiempo real a través de la web del Grupo de Calidad del Cielo ([http://www.iac.es/site-testing/DIMMA\\_ORM](http://www.iac.es/site-testing/DIMMA_ORM)).

#### Campaña de seeing en el OT

Este año continúa la operación de un DIMMA sobre una torre de 5 m en el OT, entre la OGS y el centro de visitantes. Los datos ya validados, se han puesto on-line a través de una interfaz pública ([http://www.iac.es/proyecto/site-testing/DIMMA\\_OT](http://www.iac.es/proyecto/site-testing/DIMMA_OT)).

En esta página Web se muestran los valores del seeing frente a UT a lo largo de la noche (Figura 4) y la frecuencia acumulada (Figura 5) del mismo. Además se proporciona la estadística diezminutal y total del seeing en cada noche de observación.

El DIMM es operado remotamente por los TOT's (técnicos de operación del OT).

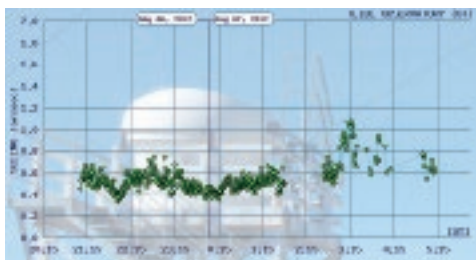


Figura 3: Gráfico ejemplo del seeing medido por el DIMM-OT y disponible cada noche en tiempo real a través de la página Web del Proyecto.

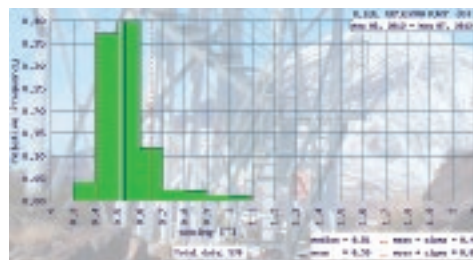


Figura 4: Frecuencia acumulada del seeing medido por el DIMM-OT y disponible en tiempo real en la página Web del Proyecto.

## Meteorología

Se prosigue la monitorización de la meteorología en Las Moradas (ORM). Los datos son accesibles en tiempo real a través de la Web del Proyecto ([http://www.iac.es/proyecto/site-testing/index.php?option=com\\_heliasdocuments&Itemid=102](http://www.iac.es/proyecto/site-testing/index.php?option=com_heliasdocuments&Itemid=102)) y de la miniview del ORM.

## Resultados de la campaña de prospección del E-ELT

Se ha publicado el segundo artículo de la serie de la campaña del E-ELT donde se presentan los resultados del estudio de los parámetros de óptica atmosférica obtenidos durante esta campaña. European Extremely Large Telescope Site Characterization II: High Angular Resolution Parameters, *Publication of the Astron. Soc. of the Pacific*, Vol.124, 868, 2012, Vázquez-Ramió et al. ([http://www.iac.es/proyecto/site-testing/images/documents/pasp\\_har.pdf](http://www.iac.es/proyecto/site-testing/images/documents/pasp_har.pdf))

## Polvo local

Tras la calibración del contador de partículas que se llevó a cabo en colaboración de la AEMET (artículo en preparación), el instrumento se instalará en el telescopio GTC en febrero 2012, hasta octubre, fecha en la que se desmontó por problemas técnicos.

Se ha realizado un estudio de viabilidad (problemas técnicos y/o de software, salvaguarda, volcado de datos, etc.) y optimización del equipo. Se ha definido un protocolo de operación, control, almacenamiento y puesta on-line de datos, una vez vuelva a estar instalado.

## Vapor de agua precipitable (PWV)

El monitor de vapor de agua precipitable (PWV) ha superado el período de garantía y pruebas con éxito. El monitor funciona de forma autónoma, on-line y en tiempo real ([http://www.iac.es/proyecto/sitetesting/index.php?option=com\\_wrapper&Itemid=122](http://www.iac.es/proyecto/sitetesting/index.php?option=com_wrapper&Itemid=122)). Ver Figura 5.

Las acciones llevadas a cabo para su puesta en operación definitiva han sido: migración desde los servidores de la empresa desarrolladora a máquinas locales en el IAC, determinación e implementación de un algoritmo de errores, actualización e implementación automática de gráficos históricos además de la corrección de otros fallos menores.



Figura 5: Captura de pantalla del monitor en su configuración definitiva ([http://www.iac.es/proyecto/sitetesting/index.php?option=com\\_wrapper&Itemid=122](http://www.iac.es/proyecto/sitetesting/index.php?option=com_wrapper&Itemid=122)).





Calidad del Cielo del IAC ha colaborado y participado de manera muy activa (elaborando documentos y proporcionando datos) con el equipo de site testing de este Proyecto (más información del CTA en <http://www.observatorio-cta.es/>) y en comités de selección de sitio.

Participación en los comités del CCI (SUCOSIP y OSC), <http://www.iac.es/eno.php?op1=5&op2=134&lang=en>

Se participa en la reunión de Consolidar-GTC presentando la página web de Sky Parameters for Observing Proposals.

#### *Actividades de formación 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 del Gabinete de Dirección del IAC y de la prensa.

Se ha impartido un curso de 20 horas de Iniciación a la Astronomía en el programa Universidad para Mayores del Vicerrectorado de Extensión Universitaria de la Universidad de La Laguna.

Se ha impartido un curso de 30 horas a la segunda promoción de Guías Starlight.

Se ha impartido el primer curso para formar Auditores Starlight.

Colaboración con la Fundación Starlight en conferencias científicas y de divulgación: Third International Starlight Conference, Nueva Zelanda, junio 2012, bajo el título "Ensuring the excellence of Starlight Destinations: astronomical requirements for astro-touristic activities".

Se llevaron a cabo las siguientes auditorías astronómicas de Destinos Turísticos Starlight: Granadilla (Tenerife) y el Montsec (Lérida). Se audita La Palma como Reserva Starlight.

Se han impartido varias conferencias de divulgación en otros centros educativos de la isla relacionadas con el Cielo de Canarias y con el Universo desde Canarias. Se impartieron varias conferencias dentro de la Semana de la Ciencia en centros de Mayores de las islas de La Palma y Tenerife.

Se imparten charlas en los Institutos Cervantes de Estocolmo y de Bremen sobre la Certificación Starlight: requerimientos astronómicos.

Miembros del jurado internacional de expertos en la evaluación de dos tesis doctorales de la Universidad de Marrakech.

Miembros del comité de evaluación del PDR del INO (Iranian National Observatory).

Participación como profesores del primer curso de Auditores Starlight.

Asistencia al curso ERDAS de tratamiento de imágenes de satélites organizado por el PET (Proyecto Estructurante de Telecomunicación del Gobierno de Canarias).

Web del Proyecto: <http://www.iac.es/site-testing/>

# ÁREA DE INSTRUMENTACIÓN

Corresponde al Área de Instrumentación el soporte tecnológico, la elaboración y ejecución de proyectos de investigación y desarrollo tecnológico, para el cumplimiento de los fines del Instituto.

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.

## INFRAESTRUCTURA

El Área de Instrumentación, dispone de unos medios humanos y materiales estructurados en tres grupos: Proyectos, Ingeniería, Producción y una Secretaría y un Coordinador.

El primer grupo lo componen los gestores de **Proyectos**, actualmente 8 titulados superiores. La **Ingeniería** está estructurada en 4 Departamentos: Electrónica, Mecánica, Software y Óptica; la componen 35 titulados superiores de las diferentes especialidades de Ingeniería (Industrial, Telecomunicaciones, Informática, Aeronáutica) y de Ciencias (Físicas y Matemáticas). **Producción**, con 2 titulados superiores, 1 titulado medio y 21 técnicos, se estructura en: Taller de Mecánica, Taller de Electrónica, Gabinete de Delineación Técnica y Servicio de Mantenimiento Instrumental. **Secretaría**, compuesta por 1 persona.

## INGENIERIA

La presente Memoria resume los datos más significativos que se refieren a la Ingeniería del Área de Instrumentación, durante el año 2012. Además de una breve reseña de las actividades de cada uno de los cinco Departamentos (Electrónica, Mecánica, Proyectos, Óptica, Software), se relacionan las acciones de formación, así como las incidencias y estadísticas del personal.

### 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.** Durante 2012 el Departamento de Electrónica ha concentrado una cantidad de esfuerzo significativo en el Proyecto QUIJOTE, que ha conseguido instalar con éxito en el Observatorio del Teide un telescopio y un instrumento detector para la medida

de polarización del Fondo Cósmico de Microondas. Un esfuerzo significativo ha sido dedicado a los instrumentos en desarrollo para el telescopio GTC, especialmente EMIR, que se encuentra en las fases finales de integración.

También se ha dedicado un porcentaje significativo de actividad al Proyecto EDiFISE, que desarrolla de un instrumento demostrador de la observación en Alta Resolución Espacial mediante fibras ópticas ecualizadas, incorporando los resultados de proyectos anteriores como AOconFPGA encaminados hacia la realización del control en tiempo real usando dispositivos

MEMORIA  
IAC 2012

219

FPGA. Se ha verificado completamente el funcionamiento en laboratorio y telescopio del sistema de control de Bajo Orden (LOMU).

En 2012 el Departamento de ha aumentado su involucración en proyectos espaciales, participando activamente en SOPHI, JEM-EUSO y en EUCLID, donde se desarrollan actividades relacionadas con detectores, procesamiento de imagen y con el control de mecanismos.

También a lo largo del año se ha continuado avanzando en la implantación de las normativas de seguridad europeas en el diseño de instrumentos científicos, especialmente en lo que se refiere a seguridad de máquinas y protección frente a choques eléctricos. A tal efecto, se ha incorporado a la dotación de equipos existente en el Laboratorio de Electrónica el instrumento PST500, del fabricante francés SEFELEC, que simplifica la realización de verificaciones de rigidez dieléctrica, aislamiento, continuidad de tierras, corriente de fugas, etc.

Las actividades durante 2012 en el Laboratorio de Imagen y Sensores para Astronomía (LISA) han continuado ininterrumpidamente con la caracterización de distintos tipos de cámaras y sensores, tanto dentro como fuera del marco de proyectos de instrumentación ya en marcha. El avance más notable ha sido la automatización de un sistema de adquisición de imágenes sincronizado para la utilización conjunta de una cámara microbolómetro (8-14  $\mu\text{m}$ ) -que utilizan el actual Proyecto JEM-EUSO y el futuro instrumento a bordo de Themap\_Marco Polo-R, si éste último se consolida- y el cuerpo negro de baja temperatura que emite en este rango de longitudes de onda. Distintos elementos hardware y software ("shutter", "delays", acumulaciones, almacenamiento de datos, etc.) dependen de un único programa general desarrollado bajo NI-Labview con el apoyo de J.A. Morales de los Ríos, estudiante de la Univ. de Alcalá de Henares. Se ha

continuado con las pruebas en cámaras específicas para bajos niveles de iluminación (modelos Andor-Ixon de diferentes tamaños y proyectos o CMOS-NEO bajo petición de Iberlaser, Madrid), así como con pruebas de funcionamiento en cámaras averiadas antes y después de su reparación. En concreto, con CCDs de 2Kx2K y 4Kx4K píxeles integradas en los proyectos CAMELOT (telescopio IAC-80), EDiFiSE y HORUS. Además, dado el peculiar funcionamiento de los sistemas de refrigeración de ciclo cerrado de las grandes cámaras CCD adquiridas a Spectral Instruments, se han caracterizado sus prestaciones de cara a garantizar su correcto funcionamiento en entornos de baja temperatura, como son los Observatorios. También se han reanudado las pruebas por parte de personal de GRANTECAN S.A. con OCAM2 para uso en Óptica Adaptativa.

**Departamento de Mecánica.** La actividad del Departamento se ha centrado este año en tres proyectos principalmente, EMIR (51%), ESPRESSO (22%) y QUIJOTE (21%). La dedicación a OSIRIS y GREGOR ha representado un 3% en cada uno, y la dedicación a HARMONI y HORUS durante este año ha sido prácticamente testimonial.

En EMIR, tras la aceptación de la cámara de vacío y útil de integración, se ha comenzado la fase de AIV del sistema; se ha validado la funcionalidad del sistema de vacío, se han integrado el banco óptico y los support-trusses, así como el sistema de calentamiento forzado, el de preenfriamiento y parte de los enlaces térmicos del sistema de enfriamiento, quedando pendiente la recepción de la unidad de rendijas configurable (CSU). En ESPRESSO se están finalizando los diseños detallados del banco óptico y de las monturas optomecánicas bajo responsabilidad del IAC, para poder generar la documentación de CDR a principios de 2013. En QUIJOTE se han instalado en el Observatorio del Teide el primer telescopio (en mayo) y el instrumento multifrecuencia (MFI, 10-14GHz y 16-20GHz) (en septiembre), estando en curso el commissioning de ambos. La dedicación al

Proyecto OSIRIS ha disminuido mucho este año, estando prácticamente terminado desde el punto de vista mecánico, al quedar resuelto el problema del cargador de máscaras; se ha participado en las pruebas de aceptación preliminar en fábrica (HERLUSE) de la máquina de corte de máscaras multiobjeto. Este año se ha mantenido la involucración en GREGOR, realizando el diseño detallado de la Unidad de Calibración Polarimétrica (UCP).

En cuanto a equipamiento, el Laboratorio de Integración Mecánica ha mejorado su infraestructura adquiriendo 2 caudalímetros para comprobación de caudal en circuitos de refrigeración con agua glicolada y 2 higrómetros digitales para comprobación y registro de condiciones ambientales en laboratorios, así como hardware de criogenia y vacío. También se ha puesto en marcha el horno de vacío para la realización de bakeouts.

**Departamento de Óptica.** Durante el año 2012 los proyectos instrumentales que demandaron mayor participación del personal del Departamento fueron HARMONI, EMIR, ESPRESSO y EST.

Después de la elección del Proyecto HARMONI como instrumento de Primera Luz de E-ELT, las acciones llevadas a cabo durante este año fueron encaminadas a optimizar el diseño óptico con el fin de simplificar la optomecánica de la pre-óptica del instrumento y tener un mejor control de la imagen de la pupila. Asimismo se inició un estudio para integrar el sistema de anamorfismo dentro del diseño de la pre-óptica.

En el Proyecto EMIR, la etapa de integración de la óptica en caliente ha comenzado este último año. Una vez verificados los distintos subsistemas ópticos, se comenzó la integración de cada uno de ellos en el banco óptico de EMIR verificando la posición y orientación del eje óptico del sistema y corrigiendo cuando era necesario la posición de dichos subsistemas. Finalizada esta tarea el instrumento está dispuesto a su validación en frío. Asimismo, en este Proyecto se han

continuado el diseño de las pruebas ópticas para la validación del instrumento en base de los requerimientos de alto nivel.

Después de la PDR del Proyecto ESPRESSO, el trabajo en 2012 consistió avanzar en el diseño detallado del subsistema "Fiber Link" que permitirá alimentar al espectrógrafo de alta resolución con la luz procedente del telescopio. Tanto el diseño óptico como el optomecánico del subsistema fueron actualizados y modificados. Además comenzaron las tareas de interacción con los diseñadores del espectrógrafo y los fabricantes de óptica con el fin de preparar la fase de fabricación, integración y verificación de la óptica del espectrógrafo cuya responsabilidad recae en el IAC.

Dentro del Proyecto EST, aunque bajó la actividad en el diseño del telescopio, se mantuvo el análisis y mejoras al diseño del espectrógrafo en particular en el desarrollo de las IFUs, también se continuaron los estudios de algoritmos óptimos de reconstrucción del frente de onda para dar soporte al paquete de óptica adaptativa multiconjugada del telescopio solar.

Asimismo, durante este año, se han intensificado las labores de pruebas en el espectrógrafo HORUS a fin de caracterizar su comportamiento en laboratorio. Con ese objetivo, se realizó una integración preliminar del espectrógrafo en la Sala Limpia de AIV y usando elementos auxiliares del Laboratorio de Óptica obteniéndose resultados que avalan las capacidades teóricas del instrumento y que permiten avanzar en las modificaciones que deben diseñarse para su integración en el telescopio. Con estas medidas se comprobó la resolución alcanzable con el espectrógrafo, el rango espectral cubierto y la calidad de imagen que presenta su óptica.

Las actividades en el Proyecto FASTCAM que incluyen las actividades dentro de White FASCAM y el soporte técnico a AOLI han sido tareas que han exigido una importante dedicación por parte del personal. También,

el Departamento ha soportado de forma significativa el desarrollo y la implementación del Proyecto ESTRANGIS en el cual fue construido y probado un espectrógrafo con una rama visible y otra infrarroja para la observación del tránsito de Venus ocurrida en junio de 2012.

Por otra parte, se ha continuado con las labores de la operación de la estación OGS situada en el Observatorio del Teide. Además, se ha participado de forma intensa en la aplicación del concepto de cámara plenóptica en la Óptica Adaptativa.

Durante 2012 no hubo inversión en el Laboratorio de Óptica.

Un año más, el Laboratorio de Óptica y su equipamiento también fue requerido por parte de distintos proyectos internos del IAC como 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 los equipamientos más utilizados.

El Laboratorio de Fibras ha tenido una gran actividad proporcionando prototipos y fibras de pruebas para el Proyecto ESPRESSO.

**Departamento de Software.** La actividad del Departamento de Software este año se ha centrado en dos proyectos principalmente, QUIJOTE (33,5 %) y EMIR (33,8 %). Por otro lado, con la entrega de la aplicación del diseñador de máscaras de OSIRIS cesó en gran medida la dedicación a este Proyecto que este año ha quedado en un 6,4%. No obstante, queda probar algún modo de operación y aún será necesario trabajar en este Proyecto un poco durante 2013.

Este año ha aumentado la participación en MIRADAS, instrumento para el telescopio GTC, que pasó la revisión de diseño preliminar en noviembre de 2011 y donde el Departamento tiene encomendado el diseño del software de alto nivel del instrumento.

La participación en FRIDA, también para el telescopio GTC, consiste igualmente en el desarrollo de software de alto nivel y aunque este año ha tenido pocas horas imputadas directamente, todo o gran parte del software que se está desarrollando para EMIR, va a ser reutilizado y adaptado para FRIDA.

La dedicación a GREGOR del Departamento de Software en 2012 ha aumentado casi 10 puntos, estando en el 13,8%. Este año se han hecho pruebas con el telescopio y el espectrógrafo y se ha integrado TIP II (Tenerife Infrared Polarimeter II) con el espectrógrafo.

QUIJOTE ha experimentado grandes avances este año y después de la integración del primer telescopio y el instrumento multifrecuencia MFI, se pudieron tomar los primeros datos en el cielo a finales de 2012. Todavía se encuentra en fase de integración y pruebas, pero ha supuesto un éxito para el grupo. Se ha usado por primera vez de forma intensa el entorno de desarrollo de NI Labview y el software TwinCAT de Beckhoff sobre EtherCAT en el Departamento. El primero para el desarrollo de la interfaz de usuario y el control de la adquisición de datos del instrumento y el segundo para el control en tiempo real de todos los mecanismos.

Al igual que el año pasado este año también se ha contado con un becario de verano, A. Polidura, que ha continuado en la línea de generar simuladores de software para mecanismos. Estos simuladores permiten que se pueda avanzar en el desarrollo de software a pesar de no tener físicamente los controladores de los mecanismos, ya que su funcionalidad dentro del conjunto de la aplicación de control queda simulada con bastante realismo.

Cabe destacar la participación de M.F. Gómez, ingeniera senior del Departamento, en la revisión preliminar de diseño del software de a bordo del instrumento SOPHI del futuro satélite SOLAR ORBITER, que tuvo lugar en diciembre de 2012.

## Departamento de Gestión de Proyectos.

El Departamento de Proyectos concentra su actividad en la gestión e ingeniería de sistemas de los proyectos instrumentales del IAC. El porcentaje de tiempo dedicado a proyectos de telescopios ha disminuido drásticamente pasando de casi un 25% en 2011 a sólo un 8% en 2012, fundamentalmente dedicado a OGS. Esto se debe a la finalización de las actividades de diseño del EST y del E-ELT en las que participaba el Área de Instrumentación.

Hay un proyecto que destaca por tener una dedicación mucho más elevada que el resto, EMIR, que ocupa prácticamente el 30% del tiempo dedicado a proyectos del Departamento. Esto es debido sobre todo a ser actualmente el único proyecto que tiene asignados a tiempo completos un gestor y un ingeniero de sistemas. A continuación con una dedicación entre el 12% y el 16% del tiempo del departamento dedicado a proyectos están aquellos que han contado todo el año con un gestor del asignado a ellos a tiempo completo, como es el caso de OSIRIS, QUIJOTE y ESPRESSO.

La gestión de los instrumentos del telescopio GTC, en concreto OSIRIS y EMIR (tiempo marginal para FRIDA) ha ocupado el 41% del tiempo dedicado a proyectos. El porcentaje dedicado a instrumentos para otros telescopios (ESPRESSO, EDiFiSE, GREGOR, HARMONI, AOLI) ha aumentado hasta un 28%. Si bien ha disminuido la actividad en el E-ELT, la dedicación a instrumentación de la ESO ha aumentado hasta más del 18% (ESPRESSO y HARMONI). En el campo de instrumentación de microondas, al Proyecto QUIJOTE y su programa de telescopios e instrumentos se le ha dedicado el 16% del tiempo.

En el Departamento se dedica tiempo de gestión e ingeniería a otras actividades no instrumentales, en concreto a la Gestión Integral del IAC (implantación del ERP SAP). Se ha participado en el arranque del sistema para todo el IAC y en actividades de consultoría para los usuarios.

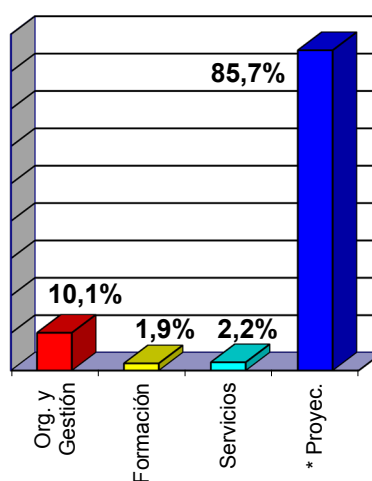
## ACTIVIDAD

Este apartado describe el desglose de las actividades de Ingeniería durante 2012.

El siguiente gráfico (Gráfico I) muestra la distribución del empleo del tiempo de Ingeniería según el tipo de actividad, esto es, dedicación a Proyectos, Formación, Servicios, y Organización y Gestión Interna.

Gráfico I

Distribución por actividad



### \* Ver Gráfico II

Como muestra el gráfico (Gráfico I), el 85,7% del tiempo de la Ingeniería se ha empleado al trabajo directo en los Proyectos. Del 14,3% restante, se ha usado un 10,1% en Organización y Gestión, apartado que incluye: la gestión 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 y/o Laboratorios, la dedicación al Comité de Empresa, la atención a visitas, etc.

La Formación ha supuesto un 1,9% del tiempo dedicado por Ingeniería. Este porcentaje incluye actividades formativas formales de carácter general, como cursos, congresos, ferias, pero no incluye la formación específica que se adquiere durante el desarrollo de un proyecto instrumental.

Finalmente el 2,2% se ha empleado a Servicios, este porcentaje incluye principalmente el tiempo dedicado a la resolución de consultas técnicas, normalmente internas, y la asistencia a Mantenimiento Instrumental.

Cabe destacar, respecto a los datos del año pasado, que la dedicación a los Proyectos ha aumentado 5,2 puntos recuperándose unos valores típicos de años anteriores. La dedicación a Organización y Gestión ha aumentado ligeramente (0,7 puntos) y el tiempo dedicado a consultas técnicas ha disminuido un poco (2,7 puntos). La disminución más significativa quizás ha sido la del tiempo dedicado a Formación, que ha pasado de un 4,8% en 2011 a un 1,9%, es decir, prácticamente 3 puntos menos. Esta disminución es debida en gran medida a los recortes presupuestarios que han frenado la realización de cursos, tanto en el IAC como fuera.

En el Gráfico II, se puede ver el reparto de tiempos entre los diferentes proyectos, de un total acumulado de cincuenta y tres mil horas de Ingeniería.

Se muestran de forma específica los Proyectos que ocupan más del 2,5% del tiempo total de Ingeniería, englobando los

restantes en un único sector. Estos proyectos pequeños, 17 en total, alcanzan un total del 16,3% de la ocupación.

Casi la mitad de la capacidad de Ingeniería, el 46,6%, se ha dedicado a dos proyectos, EMIR y QUIJOTE. Un 37,1% se ha repartido entre un grupo de proyectos de tamaño intermedio, encabezados por ESPRESSO, y, como se ha dicho antes, el 16,3% restante se ha dedicado a 17 pequeños proyectos.

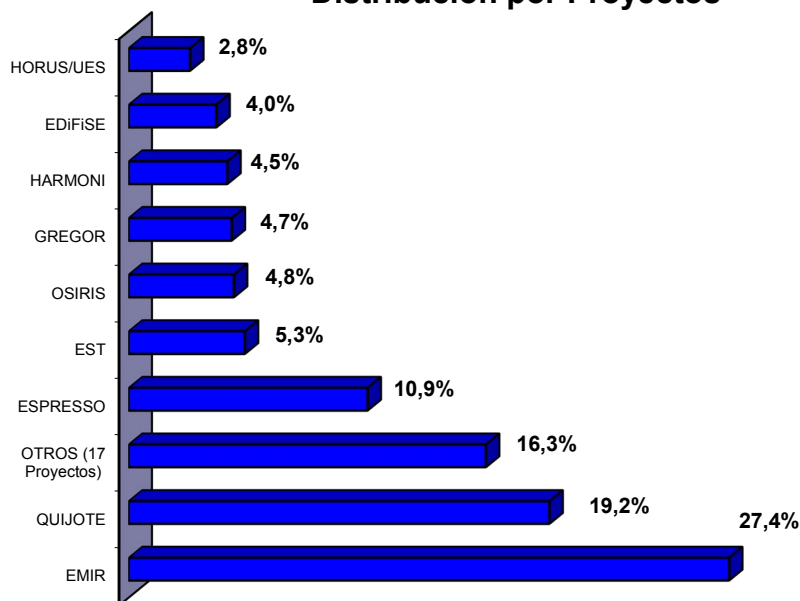
Comparando con los datos del año 2011, hay que destacar el aumento de las horas dedicadas a EMIR y QUIJOTE, la fuerte disminución de OSIRIS y EST, y el mayor impulso a proyectos como ESPRESSO, HARMONI y GREGOR.

De lo anterior vemos que los principales proyectos, EMIR, QUIJOTE, ESPRESSO, EST, OSIRIS, GREGOR, HARMONI y EDIFISE suponen el 80,9% del total del esfuerzo de Ingeniería.

De los 17 pequeños proyectos agrupados en el Gráfico III, hay algunos que se encuentran en sus inicios y previsiblemente presenten un crecimiento en el futuro. Entre estos se puede resaltar a WEAVE, un instrumento para el telescopio WHT, MIRADAS y FRIDA para el telescopio GTC y NISP, JEM-EUSO y SOPHI en el entorno espacial.

Gráfico II

### Distribución por Proyectos





El empleo del tiempo en Ingeniería puede verse también desde una perspectiva plurianual. El Gráfico III muestra la evolución de la dedicación a los diversos proyectos desde el año 2005.

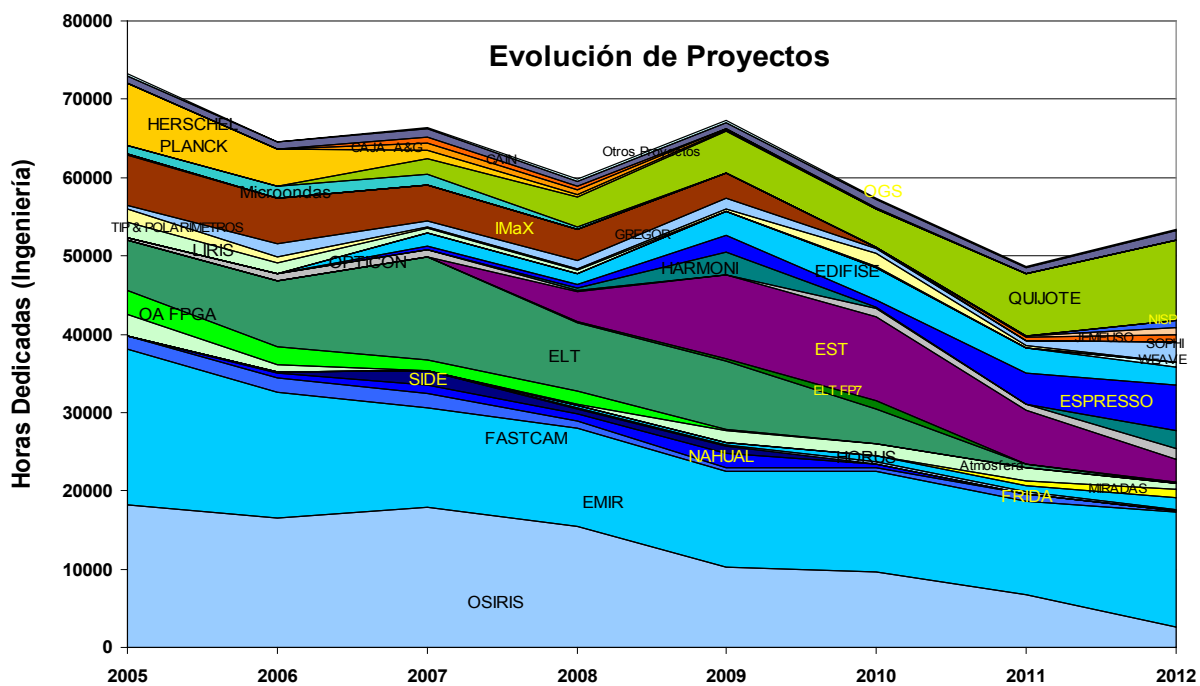
El aumento o disminución total de horas se debe en gran medida a las diferencias entre incorporaciones y bajas de personal de Ingeniería.

En el Gráfico III también podemos ver claramente que la dedicación a OSIRIS y EST casi ha desaparecido, el mantenimiento

de EMIR, QUIJOTE y ESPRESSO y el arranque de varios proyectos.

El gráfico de la página siguiente (Gráfico IV) muestra, esquemáticamente, la dedicación de los ingenieros a los Proyectos durante 2012. 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.

Gráfico III



## FORMACIÓN

En aspectos **generales, multidisciplinarios** a los cuales ha asistido numeroso personal de varios Departamentos, la formación ha consistido en:

- Curso: Calidad en proyectos espaciales (INTA, Madrid).
- Congreso: SPIE Astronomical Telescopes and Instrumentation (Países Bajos).

En aspectos **mecánicos** o para el personal del Departamento de Mecánica, la formación ha consistido en:

- Curso: Actualización a Creo Parametric 2.0 desde Creo Elements/Pro 5.0 (IAC).
- Seminario: Actualización a Windchill PDMLink 10.1 desde Windchill PDMLink 9.0/9.1 (IAC).

MEMORIA  
IAC 2012

En aspectos **ópticos** o para el personal del Departamento de Óptica, la formación ha consistido en:

225

- Congresos: WEASS 2012. The Sun: new tools and ideas in Observational solar Astrophysics (Roma, Italia); X Reunión Científica de la Sociedad Española de Astronomía (Valencia) y AO Tomography Workshop, 2012 (Leiden, Países Bajos).

Gráfico IV

	Participación de Ingeniería en los proyectos (Año 2.012)																								
	CAIN Upgrades	DIMMA	EDIFISE (Incl. OA FPGA)	ELT FP7	EMIR	ESPRESSO	EST	FASTCAM-AOLI	FRIDA	GREGOR	HARMONI	HORUS	IMaX (SUNRISE 2 <sup>nd</sup> Flight)	JEMEUSO	LIRIS (Oper. & Mant.)	MIRADAS	New Detector Controller	NISP (EUCLID)	OGS (Oper. & Mant.)	OPTICON FP7 JRA's	OSIRIS	QUIJOTE	SOPHI	TIP Upgrades	WEAVE
Dep. Proyectos	A. Alonso		G																G						
	A. Pérez																					G			
	J. M. Herreros									G												G			
	J. Patrón					G			G																
	M. Amate						G																		
	M. Barreto																								
	M. Reyes										G		G	G										G	
Dep. Electrónica	V. González								G												G			G	
	E. Ballesteros																								
	E. Joven																								
	H. M. Chulani																								
	J. J. Díaz																								
	J. M. Delgado																								
	L. F. Rodríguez		G																						
	M. A. Núñez																								
	O. Tubío																								
	R. Hoyland																								
Dep. Mecánica	T. A. Viera																								
	A. Mato																								
	A. Vega																								
	E. Hernández																								
	F. Tenegi																								
	P. Fernández																								
	P. Redondo																								
	S. Santana																								
Dep. Óptica	V. Sánchez																								
	A. B. Fragoso																								
	A. Bueno																								
	A. Calcines																								
	F. Gracia																								
	I. Montilla																								
	J. L. Rasilla																								
	J. Sánchez-Capuchino																								
Dep. Software	M. Insausti																								
	R. López																								
	C. Martín																								
	E. Páez																								
	H. Moreno																								
	J. C. López																								
	J. Rosich																								
	M. Aguiar																								
	M <sup>a</sup> F. Gómez																								
	P. López																								

MEMORIA 2012 IAC

226

Adicionalmente, diverso personal de Ingeniería ha asistido a varios cursos y charlas organizadas por Recursos Humanos sobre aspectos relativos a la seguridad y salud en el trabajo. Estas han sido: “Uso, manejo seguro y mantenimiento de un puente grúa”, impartido por ATISAE.

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 cuanto a los aspectos económicos, la inversión en formación de este año ha sido inferior a la de años anteriores debido a los recortes presupuestarios y ha sido sufragada por el presupuesto del Área, la convocatoria de “Formación Continua” del propio IAC, la convocatoria de “Formación Continua” del Ministerio de Administraciones Públicas y por los propios proyectos instrumentales.

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	3,6
Duración	3,5
Profesor	4,5
Aplicabilidad de los conocimientos	4,6
Valoración global	3,8
*1=Deficiente; 5=Excelente	

La comparación con los valores obtenidos en 2011 muestra unos resultados mejores.

Cabe destacar la disminución de cursos específicos para los Departamentos, debido principalmente a los recortes presupuestarios pero, sin embargo, sí hubo una gran asistencia al Congreso SPIE de Telescopios e Instrumentación, que es el principal evento bienal dentro de nuestra especialidad.

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.* Han sido las siguientes:

- Departamento de Electrónica. En junio se incorporó J.J. Díaz García, ingeniero senior del Departamento, se reincorporó a su puesto de trabajo tras una estancia de un año de duración en la Univ. de

Florida (EEUU), en cuyo Departamento de Astrofísica colaboró de cara al desarrollo de los nuevos instrumentos científicos para el telescopio GTC, así como en otras actividades relacionadas con la Astrofísica desde el espacio.

En septiembre, O. Tubío Araujo, Ingeniero de Telecomunicación por la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, se incorporó como miembro del Departamento del Departamento para trabajar en el proyecto que desarrolla el satélite EUCLID, en el que participa el IAC en colaboración con la Universidad Politécnica de Cartagena y otras instituciones españolas y extranjeras.

- Departamento de Óptica. En febrero se incorporó I. Montilla García contratada como ingeniero para el diseño conceptual del sistema de Óptica Adaptativa multiconjugada del telescopio EST y para realizar las tareas de gestión y operación de la estación OGS.

- Departamento de Gestión de Proyector. En junio se incorporó A. Pérez de Taoro, contratada para la gestión del Programa QUIJOTE, gracias a la financiación recibida por el Proyecto dentro del programa CONSOLIDER.

*Bajas.* Han sido las siguientes:

- Departamento de Mecánica. Ha habido tres bajas definitivas en 2012, J. Pérez Espinós en el mes de mayo, y S. Barrera Ordóñez y F.J. Fuentes Gandía que no se reincorporaron tras la finalización de sus excedencias, en mayo y octubre respectivamente. Asimismo se registró la baja de A. Vega Moreno, al terminar su contrato a final de año en el contexto del Proyecto QUIJOTE.

MEMORIA  
IAC 2012

227

### *Evolución de los contratos*

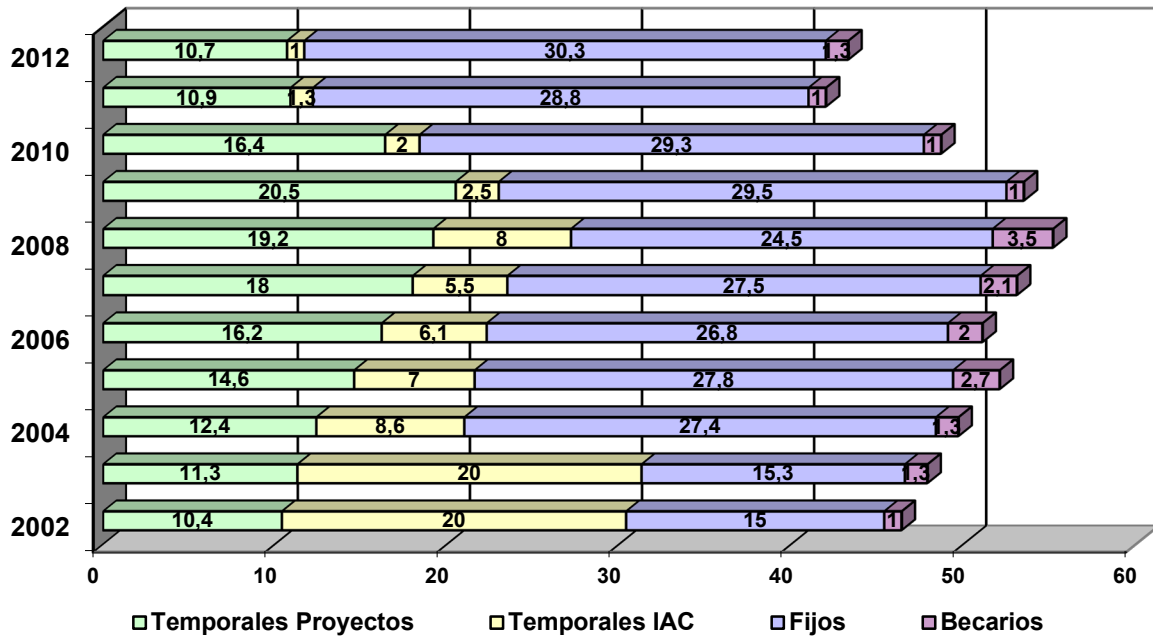
En el gráfico siguiente (Gráfico V) se muestra la evolución de los contratos de Ingeniería y los becarios de proyectos desde el año 2002. Es de destacar el incremento continuado hasta 2008 de los contratos en proyectos a cargo de financiación externa, y el resultado del proceso de consolidación

que terminó en 2004, gracias al cual, muchos contratados temporales pasaron a ser fijos. En los últimos años ha disminuido el número de contratados temporales, en parte porque han conseguido contratos fijos y en parte porque también hay una oferta menor de contratos temporales.

Dentro del programa de becas de verano, hemos recibido a cinco estudiantes o recién titulados de diversas especialidades técnicas, y también hubo cuatro estudiantes que realizaron su proyecto Fin de Carrera. Más adelante se menciona con detalle el trabajo de cada uno de ellos.

Gráfico V

### Evolución del personal de Ingeniería



### 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.

aplicación software programada en Labview, que corre bajo Windows y que responde a la recepción de un paquete Ethernet activando una señal digital de salida, frente a los que introduce un sistema determinista basado en FPGA. El instrumento utilizado para la medición de estos parámetros fue un sistema basado en rack PXI y programado en Labview RT. El resultado indica que es posible garantizar una frecuencia de trabajo de entre 3 y 4 khz cuando el sistema operativo Windows se reduce a su mínima expresión en una máquina moderna basada en Windows 7 e Intel Core i5, se asignan a los procesos asociados a la aplicación crítica prioridades elevadas frente al resto y se distribuyen equilibradamente los núcleos del multiprocesador, y se escoge utilizar los drivers software más simples. El trabajo fue dirigido y tutorizado por H. Chulani, ingeniero del Departamento de Electrónica, y englobado en los proyectos AOLI y

**MEMORIA  
2012 IAC**

*Becas de verano*

- 228 - D. Rizzato (Ingeniero de Telecomunicación de la Universidad de Padova (Italia) y de la Universidad Politécnica de Cataluña). Disfruto una beca de verano en el IAC durante los meses de julio a septiembre. El objetivo de su beca fue la evaluación de las prestaciones del sistema operativo Windows en aplicaciones en las que se exige tiempo real. El método empleado fue la comparación de la latencia y el jitter introducidos por una

EDiFiSE, pues ambos se enfrentan a la tarea de comandar en tiempo real un espejo deformable de la casa ALPAO por medio de una placa PCI de I/O digital.

Tutor: *H. Chulani*, del Departamento de Electrónica.

- A.J. Palomares García (Estudiante de Ingeniería Industrial por la Universidad de Extremadura)

Dentro del Proyecto EMIR, en el Departamento de Mecánica, ha participado en tareas de 2Montaje, integración y verificación del criostato y de la masa fría del instrumento EMIR. Las tareas que realizó durante su estancia consistieron en la integración y pruebas de subsistemas de EMIR, así como de diseño y análisis de componentes y redacción de documentación para el Proyecto. En cuanto a pruebas, se ha encargado de los test de las resistencias calefactoras, de dar apoyo en el desmontaje del criostato principal, de la integración de la rueda de grismas y de la caja del detector. Ha diseñado los soportes de la controladora del detector, y los soportes auxiliares para integración de la rueda de grismas. También ha realizado los cálculos de validación de la montura del colimador 1, ha redactado informes de las pruebas de las resistencias y del montaje del detector y ha participado en la redacción de los manuales de desmontaje de las secciones del criostato principal.

Tutor: *P. Redondo*, del Departamento de Mecánica.

- F.J. Álvarez García (Estudiante de Ingeniería Industrial por la Universidad de Oviedo).

Dentro del Proyecto EMIR, en el Departamento de Mecánica, ha participado en tareas de diseño mecánico del carenado térmico del mecanismo criogénico de rendijas reconfigurables del instrumento EMIR y apoyo a las pruebas de aceptación de dicho mecanismo instrumento. Las tareas que realizó durante su estancia consistieron en: el diseño y documentación del dummy de la CSU; el diseño conceptual y documentación del carenado térmico de la CSU; el diseño y documentación de parte de las modificaciones necesarias en el EMCTS

para la realización de la aceptación de la CSU (adaptación de las tapas laterales para las dimensiones de las nuevas ventanas, diseño de la interfaz entre la CSU y el banco frío del EMCTS y el procedimiento de integración de la CSU -sin cables- en el EMCTS).

Tutor: *Á. Mato*, del Departamento de Mecánica.

- R. Rentería Fernández (Ingeniera Industrial por la Universidad de La Coruña).

Dentro del Proyecto QUIJOTE, en el Departamento de Mecánica, ha participado en tareas de montaje, integración y verificación del prototipo de desarrollo del instrumento de 30 GHz en condiciones ambientales y criogénicas. Las tareas que realizó durante su estancia consistieron en la toma de contacto con la herramienta de diseño 3D Creo Elements/Pro 5.0 y con el programa de gestión Windchill, así como conocimiento genérico del proyecto. Participó en el diseño conceptual y generación del modelo 3D del prototipo del instrumento de 30 GHz, concretamente, en diseño conceptual del criostato de dicho prototipo, y elaboró el árbol de producto del prototipo del instrumento de 30 GHz. También participó en el desmontaje y limpieza de los criostatos de prueba para el prototipo del instrumento de 30 GHz, pertenecientes al experimento COSMOSOMAS.

Tutor: *A. Vega*, del Departamento de Mecánica.

- A. Polidura Pérez (Estudiante de Ingeniería Informática por la Universidad de Cantabria).

Ha participado dentro del Departamento de Software en el desarrollo software de simuladores de controladores de subsistemas mecánicos. Las tareas consistieron en familiarizarse con el dominio (mecanismo de control de ruedas y su controladora) y el entorno de desarrollo (Eclipse y Python), en construir el modelo del simulador y desarrollar pruebas unitarias con pyUnit, en adaptar el modelo del controlador a la arquitectura del framework de simulación del Departamento, realizando las pruebas necesarias, en adaptar el desarrollo a Solaris, conectar el simulador al componente existente para el

control de las ruedas del Proyecto EMIR para el telescopio GTC y finalmente, en realizar la inyección de errores a través de un fichero de configuración y elaborar toda la documentación necesaria.

Tutores: *H. Moreno, J.C. López y P. López*, del Departamento de Software.

#### *Proyectos Fin de Carrera*

- M. Tobías Padrón Arteaga (Estudiante de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Civil e Industrial, Sección Mecánica, de la Universidad de La Laguna).

En el IAC desde noviembre 2012, realizando su proyecto fin de carrera en el contexto del Proyecto ESPRESSO.

Supervisor: *S. Santana*, Departamento de Mecánica.

- S. de Armas Salvador (Estudiante de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Civil e Industrial, Sección Mecánica, de la Universidad de La Laguna).

En el IAC desde noviembre 2012, realizando su proyecto fin de carrera en el contexto del Proyecto ESPRESSO.

Supervisor: *S. Santana*, Departamento de Mecánica.

- M. Mesa Díaz (Estudiante de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Civil e Industrial, Sección Mecánica, de la Universidad de La Laguna).

En el IAC desde noviembre 2012, realizando su proyecto fin de carrera en el contexto del Proyecto EMIR.

Supervisor: *P. Redondo*, del Departamento de Mecánica.

- T. González Ledesma (Estudiante de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Civil e Industrial, Sección Mecánica, de la Universidad de La Laguna).

En el IAC desde noviembre 2012, realizando su proyecto fin de carrera en el contexto del Proyecto EMIR.

Supervisor: *P. Redondo*, del Departamento de Mecánica.

#### *Estancias en prácticas*

- A.M. del Olmo García (Estudiante de último año del Grado de Físicas de la Universidad de La Laguna).

Realizó la asignatura "Prácticas Externas II" dentro del Departamento de Electrónica. Su actividad a tiempo completo durante cuatro semanas estuvo dirigida como tutor interno por E. Joven, ingeniero senior de dicho Departamento y corresponsable de la instalación LISA (Laboratorio de Imagen y Sensores para Astronomía). El trabajo llevado a cabo durante sus prácticas se enmarcó en las actividades de "Caracterización de detectores". La alumna realizó una comparación lo más completa posible de dos cámaras (del tipo EMCCD y CMOS, respectivamente, ambas del fabricante Andor) con aplicaciones de adquisición rápida de imágenes con muy bajos niveles de iluminación. Este tipo de cámaras tiene una aplicación directa en astronomía en cuestiones tales como óptica adaptativa o "lucky Imaging". La comparación de prestaciones en la relación de señal frente a ruido de ambos dispositivos permitió determinar ventajas e inconvenientes de ambas arquitecturas.

Supervisor: *E. Joven*, del Departamento de Electrónica.

- R. Alonso (Estudiante de último año del Grado de Físicas de la Universidad de La Laguna).

Realizó la asignatura de prácticas durante un mes en el Departamento de Electrónica. Participó en la caracterización térmica del controlador del detector del Proyecto EMIR y en el diseño de su refrigeración para lo cual tuvo que usar entre otras instalaciones, la cámara climática ubicada en el Taller de Electrónica.

Supervisor: *M. Núñez Cagigal*, del Departamento de Electrónica.

# PRODUCCIÓN

**Componentes Producción** el Taller de Mecánica, Taller de Electrónica, Gabinete de Delineación Técnica, Servicio de Mantenimiento Instrumental y el SIE de Instrumentación.

El número de solicitudes de trabajo que tramitaron los distintos proyectos a lo largo del año fue de 866. El número de solicitudes cerradas fue de 836 de las cuales 53 fueron canceladas a posteriori por los peticionarios y 12 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.

La distribución de estas solicitudes fue la siguiente (por el tipo de trabajo que realiza el SIE, en un principio, no entra en este sistema de solicitudes de trabajo).

A continuación podemos ver con más detalle la dedicación de cada uno de los componentes de Producción.

	Solicitadas	Cerradas	Finalizadas	Canceladas	Rechazadas
Taller Mecánica	365	357	332	23	2
Taller Electrónica	105	90	82	6	2
Gabinete de Delin. Técnica	187	184	179	4	1
Servicio de Mant. Instrumental	209	205	178	20	7
<b>TOTALES</b>	<b>866</b>	<b>836</b>	<b>771</b>	<b>53</b>	<b>12</b>

## TALLER DE MECÁNICA

### Mejoras en infraestructura

Durante 2012 no se han adquirido nuevos equipos. Las actividades relacionadas con el equipamiento han estado enfocadas al mantenimiento y puesta a punto de lo ya existente. Se han revisado y ajustado las máquinas de control numérico y del Laboratorio de Metrología Dimensional. No obstante una de las máquinas más antiguas de control numérico sufrió una grave avería antes del verano y aunque se hicieron algunas reparaciones a finales de año continuaba sin estar operativa.

### Formación

La formación recibida por el personal del Taller de Mecánica fue la siguiente:

- Riesgos y medidas preventivas en la utilización de plataformas elevadoras.
- Curso de Análisis, Evaluación y Diseño de Medios de Protección para la Seguridad de las Máquinas.
- Curso de CAM Mecanizado.

## Actividad

La actividad desarrollada por el Taller de Mecánica durante el año 2012 ha estado relacionada con trabajos solicitados por Proyectos, Departamentos y Servicios del IAC.

La mayor parte del tiempo ha sido dedicado al Proyecto EMIR con un porcentaje del 55,42% del total de horas trabajadas en este Taller. En segundo lugar está el Proyecto QUIJOTE con una dedicación del 18,71%. Dedicación de horas entre el 1 y el 3% se dedicaron a los proyectos Operación de las Instalaciones Telescópicas, Espectropolarimetría Solar, Espectrógrafo de Alta Resolución, OSIRIS, Caracterización de los Observatorios de Canarias, Magnetismo Solar y Espectropolarimetría en Astrofísica.

El resto de proyectos que solicitaron trabajos a este Taller no llegó al 1% de dedicación.

El tiempo dedicado por el Taller a su mantenimiento fue del 3,23% del tiempo total.

## TALLER DE ELECTRÓNICA

### Actividad

La actividad durante 2012 en el Taller de Electrónica ha estado relacionada principalmente con el Proyecto EMIR con una dedicación del 81,97% del total facturado. Estos trabajos han estado relacionados con:

- Fabricación de los módulos MAD y CPMB.
- Documentación y fabricación del subrack TPPM.
- Documentación y fabricación del subrack del detector.
- Documentación y fabricación del módulo de calentamiento del criostato.
- Soldadura criogénica de microswitches.
- Revisión y reparación del sensor temperatura de la Cabeza Fría.
- Participación en el diseño del pcb de las interfases (en criogenia) de los conectores del sistema de Monitorización de Temperatura del XTO.
- Desarrollo y finalización de diversos planos de cableado de EMIR relacionados con el cableado del interior y exterior de los armarios y generación de la documentación suficiente para su fabricación.
- Modificaciones para la futura realización del nuevo cable flexible en el interior del Controlador de San Diego.
- Diseño, fabricación y pruebas en el taller del Rack de Calentamiento de EMIR y su sistema auxiliar de alimentación de la etapa de potencia.
- Realización y verificación del Sistema de Tierra de EMIR con la ejecución de documentación y planos.
- Inicio en la valoración para el futuro diseño del hardware y software para el Sistema de Vacío de EMIR y el estudio de las herramientas de software para su implementación.
- Montar subrack, hacer cables, crear planos, modificar planos, revisar planos, integración en sala AIV, etc.

Al Proyecto OSIRIS se le dedicó un 2,26% del tiempo en trabajos relacionados con solución de incidencias relacionadas con

la instalación del cableado tanto en el exterior como en el interior del criostato y en asesoramiento sobre la colocación de conectores.

También cabe hacer mención a que se generó la documentación y requerimientos necesarios para la contratación o ejecución por otro departamento de un Sistema de Control y seguridad para las Bombas de Vacío solicitado por el Departamento de Mecánica.

Al resto de proyectos que solicitaron los servicios a este taller no fue necesario dedicarles más de un 1%.

Algunos de estos trabajos estuvieron relacionados con pruebas de ensayo en la cámara climática para los proyectos HORUS, GTC y JEMEUSO.

El tiempo dedicado por el Taller a su propio mantenimiento fue del 3,05% del tiempo total facturado.

## GABINETE DE DELINEACIÓN TÉCNICA

### Mejoras en infraestructura

El Gabinete de Delineación Técnica adquirió una impresora en línea HP Designjet T790. Su principal característica es que obtiene unas líneas bien detalladas con un ancho de línea mínimo de 0.02 mm con dibujos muy precisos.

A los puestos de trabajo se les añadió otro monitor con la finalidad de agilizar la realización de los trabajos

Respecto al software, el dominio adquirido con Creo Elements/Pro 5.0 y Windchill PDMLink 10.1 es excelente.

### Formación

El personal del Gabinete de Delineación Técnica recibió formación relacionada con la actualización a Creo Parametric 2.0 desde Creo Elements/Pro 5.0



## Actividad

Durante 2012 la actividad ha estado principalmente centrada en los proyectos EMIR con una dedicación del 37,61% del total facturado. Al Proyecto QUIJOTE se le dedicó el 16,18%, a Magnetismo Solar y Espectropolarimetría en Astrofísica el 6,96%. Rozando el 6% están los proyectos Espectrógrafo de Alta Resolución y Espectropolarimetría Solar. ARMONI, EDIFISE y ESPRESSO no llegan al 3,5% y trabajos realizados a otros proyectos no llegan al 3%.

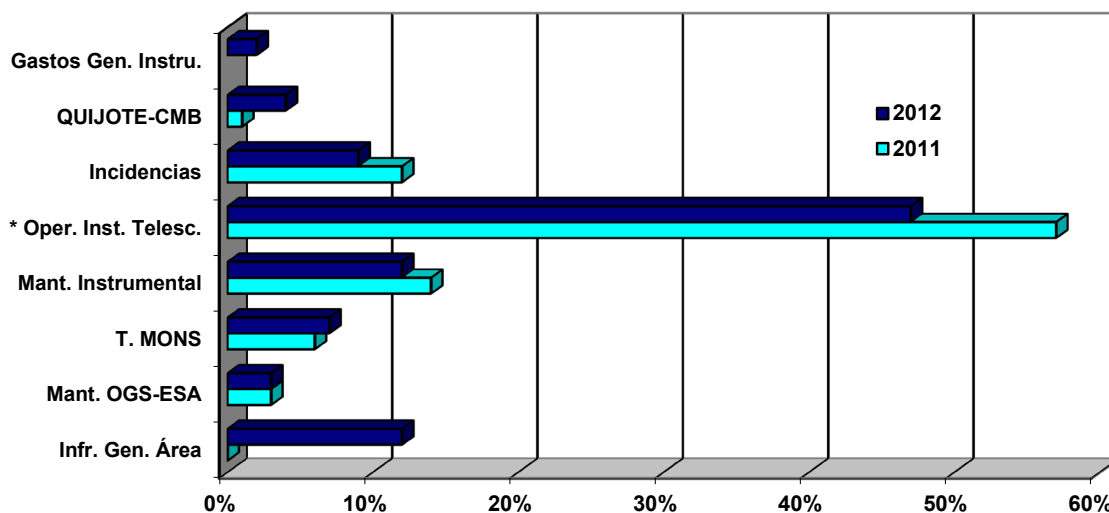
Los trabajos han estado relacionados con:

- Realización de planos de fabricación.
- Generación de 3D.
- Diseño de la caja soporte de los prismas de corrección de haz del espectro polarímetro para el telescopio GREGOR.
- Diseño de una estructura sencilla para tapar la mesa óptica para realización de prueba en HORUS.
- Diseño de montura con regulación y posicionado, diseño de una pieza protectora para las micro lentes del mazo de fibras EB2 de EDIFISE.

El tiempo dedicado por delineación técnica para su propio mantenimiento ha sido del 2,45% y que en su mayoría ha sido para autoformación y organización de la documentación.

Gráfico VI

**Dedicación de Mantenimiento Instrumental a los diversos proyectos en 2011 y 2012**



## SERVICIO DE MANTENIMIENTO INSTRUMENTAL

### Actividad

Al igual que otros años la principal actividad del Servicio de Mantenimiento Instrumental está relacionada con el Proyecto Operación de las Instalaciones Telescópicas. La dedicación a lo largo de 2012 fue del 47% del total de horas facturadas, lo que supone un 10% menos que en 2011 debido a la disminución de cambios de equipo, la finalización de los trabajos con la caja de A&G del telescopio IAC-80 (el nuevo software fue instalado en mayo) y la disminución en las horas empleadas en reparaciones en dicho telescopio. Cabe destacar que se iniciaron trabajos para cambiar el control de las cúpulas ya que por su antigüedad cada vez se generaban más incidencias por mal funcionamiento. Por iguales razones se realizó un estudio para el cambio completo del cableado del telescopio IAC-80, aunque se suspendió a raíz de la decisión de retirar este telescopio de CAT y reducir así los gastos de mantenimiento del mismo. En el ORM durante 2012 sólo se realizaron trabajos de mantenimiento rutinario de LIRIS y el cambio de rendijas.

De forma general en el siguiente gráfico se ve la distribución de las horas facturadas por proyectos en comparación con 2011.

La mayor variación con relación al año anterior se debe a un aumento de horas en el proyecto “Infraestructura General del Área” relacionada principalmente con el tiempo empleado en resolver el problema de la interfaz de control del rotador de la Sala de AIV. Este trabajo requirió el desarrollo de un software de control en LabWiew al no poder utilizar la interfaz original por incompatibilidad de la misma con los controladores de los motores.

El Servicio de Mantenimiento Instrumental dedicó un 12% para el mantenimiento de su propio equipamiento, lo que supone una caída del 2% respecto a 2011. La mayor parte de esta disminución se debe la finalización de los trabajos en la Planta de Aluminizado.

Con lo que se refiere a los demás proyectos debemos subrayar los trabajos realizados por el personal de Mantenimiento en la instalación del telescopio QUIJOTE en el OT.

También fueron importantes los trabajos desarrollados en la prospección de sitio para el CTA (Cherenkov Telescope Array). Mantenimiento participó directamente en las mejoras de la instrumentación y la adquisición e instalación los nuevos equipos.

## **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.

### **Formación**

La persona que lleva este Servicio asistió al curso MAC OX X Lion Support Essentials impartido por UNIVERSO MAC.

## **Actividad**

Las principales actividades realizadas durante 2012, 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:

- Planificación y puesta en marcha de la migración a Windchill 10.1 y Creo 2.0 con su formación correspondiente.
- Organización de recursos para la asistencia a varios webcast para personal del Área.
- Actualizado a Windows 7 un equipo de la Sala de CAD para comprobar su rendimiento con los programas allí usados.
- Virtualización del servidor de Windchill, Barlech.
- Generación de una macro para Delineación, para la conversión de formato de las máscaras de OSIRIS para ser tratadas desde el Creo.
- Asesoría a Mantenimiento Instrumental para la compra de un equipo KVM para poder manejar remotamente el equipo de apuntado del telescopio TCS.
- Configuración correcta de la llave de hardware del SEE Electrical para uso del Taller de Electrónica.
- Reconfiguración del servidor de la llave del Software Sprit para mecanizado en el Taller de Mecánica.
- Virtualización de XP sobre Linux, y de Red Hat sobre XP para el Departamento de Software.

## **IAC-GESTIÓN**

Al igual que en 2011, el Jefe de Producción del Área de Instrumentación ha estado participando activamente en este proyecto como miembro de la Oficina Técnica hasta mediados del mes de septiembre.

## OTROS



### ESCUELA INTERNACIONAL DE INSTRUMENTACIÓN AVANZADA - ISCAI 2012

Quinta edición de la Escuela Internacional de Instrumentación Avanzada. La ISCAI forma a astrónomos, físicos e ingenieros en el diseño y construcción de instrumentación científica de última tecnología. Consiste en un periodo de cursos teóricos, seguido de un periodo de prácticas en laboratorios o empresas de alta tecnología.

Auspiciada por el programa “CONSOLIDER–INGENIO 2010, Primera Ciencia con el Gran Telescopio CANARIAS (GTC)”, la ISCAI (siglas en inglés de Escuela Internacional de Instrumentación Avanzada, *International School for Advanced Instrumentation*), es una iniciativa de colaboración internacional cuyo objetivo es ofrecer una formación superior especializada en todas las áreas relacionadas con la instrumentación científica de última tecnología, haciendo especial hincapié en la formación de los futuros responsables de construir instrumentación científica de vanguardia.

*¿Por qué una escuela de instrumentación avanzada?*

Con esta iniciativa se pretende que los asistentes a este curso puedan asumir, entre otras funciones, el liderazgo de los equipos que diseñarán y construirán la próxima generación de instrumentos para observatorios espaciales y terrestres; trabajar como ingenieros senior en el diseño y construcción de elementos de software, electrónica y opto-mecánica; gestionar la colaboración de grandes equipos internacionales, y preparar a los astrónomos e ingenieros que serán responsables de estos instrumentos con el fin de facilitar una explotación óptima de sus capacidades durante su vida útil en los diferentes telescopios.

La previsible, a la vez que imperativa, expansión de la investigación científica y técnica española en los próximos años, exige un aumento correlativo en el número de nuevos expertos, así como un aprovechamiento intensivo de la experiencia de los maestros de investigación y tecnología, entre otros, los conocimientos adquiridos hasta el momento gracias al Gran Telescopio CANARIAS (GTC), primer proyecto de Gran Ciencia llevado a cabo por España.

Al consiguiente esfuerzo formativo que de ello se desprende contribuye la ISCAI, que atiende a las exigencias generales de la investigación científica y el desarrollo tecnológico y, en particular, a aquellas áreas científicas y técnicas en las que es mayor la necesidad de personal especializado: la instrumentación científica avanzada.

El futuro, con telescopios gigantes como el E-ELT (el Telescopio Europeo Extremadamente Grande de ESO) u observatorios espaciales como el JWST (el James Webb Space Telescope de la NASA), necesita de profesionales que puedan, no sólo asumir el liderazgo de los equipos que diseñarán y construirán la próxima generación de instrumentos para observatorios espaciales y terrestres, sino que sepan gestionar la colaboración de grandes equipos internacionales formados por profesionales con perfiles muy diferentes y necesidades muy dispares.

#### *Profesores y alumnos*

Para las cinco asignaturas de esta etapa el programa cuenta con cinco profesores de reconocida experiencia en su campo: en óptica, S. Eikenberry (Univ. de Florida, EEUU); en mecánica, M. Madonado (FRACTAL S.L.N.E.); en software, N. Cardiel (Univ. Complutense de Madrid); en electrónica, E. Joven (IAC); y en gestión, M. García Vargas (FRACTAL S.L.N.E.).

MEMORIA  
IAC 2012

235

Quince alumnos de diversos países asisten durante cinco semanas a las clases teóricas, impartidas en el Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC). A ellos se suman oyentes y alumnos virtuales que siguen las clases remotamente.

Como ejercicio final, deberán diseñar un sencillo instrumento. Si superan esta prueba pasarán a hacer las prácticas en instituciones y empresas vinculadas a la Escuela que trabajan en el desarrollo de instrumentación científica puntera.

#### *Prácticas e instituciones implicadas*

Las prácticas se prolongan durante dos meses y medio y tendrán lugar tanto en laboratorios de instituciones académicas que cuentan con programas de instrumentación de calidad mundialmente reconocida como en empresas de alta tecnología, avaladas por su amplia experiencia en el diseño y construcción de instrumentación científica. Este periodo formativo proporcionará a los estudiantes de la IScAI, no solo un contacto directo con el trabajo de campo, sino que les dará a conocer los últimos avances y cuáles pueden ser las futuras salidas profesionales.

Las instituciones fundadoras de la IScAI son el Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC), la Universidad Complutense de Madrid (UCM), la Universidad de Florida (EEUU), el Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica de México (INAOE), y la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM); a ellas se han unido como participantes el Centro de Astrobiología (CAB-CSIC/INTA), el Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA) y el Isaac Newton Group of Telescopes (ING). Además, participan las empresas EADS Astrium Crisa, Fractal SLNE, GMV, IDOM, LIDAX, y NTE-Sener.



#### *CONSOLIDER-INGENIO 2010, Primera Ciencia con el Gran Telescopio CANARIAS (GTC)*

Consolider-Ingenio 2010 es un Proyecto basado en el Gran Telescopio CANARIAS (GTC) que pretende impulsar la astronomía española. La meta final es el desarrollo de programas científicos avanzados que resulten en saltos cualitativos para la ciencia y para la astronomía en particular. Otro de los objetivos del programa es vincular a expertos en tecnología e instrumentación astronómica con los investigadores de diversas disciplinas de la Astrofísica de vanguardia.

El programa, además, participa activamente en la formación de futuras generaciones de investigadores, y desarrolla un programa de información acerca de los logros científicos conseguidos en el Proyecto, ayudando a mejorar el entendimiento y el conocimiento que la sociedad tiene de la ciencia, a través de un atractivo sistema de divulgación.

Más información en las páginas: <http://isca.iac.es/> y <http://www.iac.es/consolider-ingenio-gtc/>.

# OFICINA DE PROYECTOS INSTITUCIONALES Y TRANSFERENCIA DE RESULTADOS DE INVESTIGACIÓN (OTRI)

**OFICINA DE PROYECTOS INSTITUCIONALES Y TRANSFERENCIA DE RESULTADOS DE INVESTIGACIÓN (OTRI)  
(E/701036, P/701190, P/701144)**

**J. Burgos Martín, A. Martín Gálvez, J. Pan Fernández, A. Sosa Méndez.**

## Introducción

Las Oficinas de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI), repartidas por todo el territorio nacional, son unidades adscritas a Universidades, Centros Públicos de Investigación, Fundaciones, así como Asociaciones Empresariales y similares. Estas oficinas fueron creadas con objeto de lograr una mayor integración de los elementos del Sistema Español de Ciencia, Tecnología e Industria, y un mejor aprovechamiento de los recursos a disposición de la I+D+i.

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.

## Hitos y actividades

Durante el año 2012, en el marco de estos servicios, la OTRI ha llevado a cabo actividades de muy diversa índole que se resumen y agrupan en los siguientes grandes bloques:

### 1.- Proyectos de I+D de financiación externa. Información, asesoramiento y gestión

Como viene ya siendo habitual, esta Oficina ofrece información y asesoramiento sobre las convocatorias regionales, nacionales e internacionales de apoyo a la I+D+i de mayor interés para el centro, y participa muy activamente en la elaboración de propuestas, y en el ulterior seguimiento y justificación de los proyectos aprobados, en estrecha colaboración con todas las Áreas del IAC.

En el marco de esa colaboración con las distintas Áreas del IAC para la elaboración y presentación de proyectos, se apoyaron y gestionaron durante el 2012 un total de 51 nuevas propuestas, por una cuantía de unos 24 millones de euros, de las cuales 16 fueron concedidas, por un total de aproximadamente 2 millones de euros, 21 han sido denegadas, y fue renunciada y 13 se encuentran aún en evaluación al cierre de esta Memoria.

Programa de financiación al que se solicita la ayuda	Solicitudes presentadas	Solicitudes aprobadas	Solicitudes denegadas o renunciadas*	Solicitudes en evaluación*	Financiación aprobada hasta la fecha (€)
Proyectos I+D+i. MIMECO	14	13	1	0	1.719.999
Recursos Humanos. MIMECO y MECD	4	0	1	3	
Divulgación de la Ciencia. FECYT	8	1	7	0	18.000
EC – FP7. Acciones Marie Curie	15	2	8	5	339.707
EC – FP7. Programa IDEAS	7	0	4	3	
EC – FP7. SPACE	2	0	0	2	
ESA. Fellowship	1	0	1	0	
<b>TOTAL</b>	<b>51</b>	<b>16</b>	<b>22</b>	<b>13</b>	<b>2.077.607</b>

**MEMORIA IAC 2012**

237

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 para el próximo periodo de financiación, así como iniciativas como la RIS3. También, se ha llevado a cabo la negociación y firma de diversos proyectos de financiación comunitaria que inician su actividad en 2012-2013: Spaceln, OPTICON, Gloria, Solarnet y dos Marie Curie individuales.

## **2.- Actividades de I+D+i y sus capacidades tecnológicas**

En relación con la difusión de las capacidades científicas y tecnológicas del IAC, cabe destacar durante el 2012 nuestra participación en un evento organizado por Parque Científico y Tecnológico de Tenerife, con la colaboración de personal de la Agencia Europea del Espacio, sobre posible estrategia para las empresas canarias en el sector espacial. Se participó también en un encuentro sobre la relevancia socio-económica de las infraestructuras de investigación, organizado en Hamburgo por la Asociación Europea de Instalaciones Científicas Nacionales (European Association of National Research Facilities), y en unas Jornadas FP7-Space en Bruselas.

A nivel regional, cabría destacar también una serie de reuniones mantenidas con el Clúster Insignia Empresarial, y otras empresas como TOHQI y HELIOCOM.

Durante el 2012 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**

Dado el carácter institucional y estratégico del Proyecto, la OTRI tiene asignada la gestión técnica y económica del mismo, así como la prestación de asistencia al Director Científico, al Comité de Coordinación (CCSO) y al Comité Externo. El Proyecto, de cuatro años de duración, persigue impulsar un ambicioso programa de investigación y formación de investigadores en cinco grandes líneas, para lo que se dispone de una financiación total de 4 millones de euros. Aun cuando el Proyecto comenzó formalmente en enero, el IAC no ha podido acceder durante este año a la financiación concedida, por diversos motivos, hecho que ha supuesto una importante ralentización sobre las actividades previstas, y que se espera poder resolver durante el 2013.

En base a las disponibilidades presupuestarias del IAC, y con el ánimo de poder arrancar este Proyecto, se ha formalizó durante el 2012 la contratación de cuatro investigadores postdoctorales y se ha concluido el proceso de selección de otros diez doctores cuya incorporación está prevista para mediados de 2013, una vez se solventen las dificultades de incorporación de la subvención concedida. Por otra parte, se ha producido la incorporación de becarios FPIs a las líneas de Física Estelar y Astronomía Galáctica y Extragaláctica. Asimismo se han financiado un total de tres estancias y se ha cofinanciado la organización de tres escuelas internacionales: la XXIV Canary Islands Winter School of Astrophysics, la GAIA International School on the Art of Observational Campaigns, y la International School on AstroParticle Physics (ISAPP 2012). Para ésta última se

MEMORIA  
2012 IAC

238

Por otra parte, se han preparado más de una docena 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**

obtuvo una aportación de mecenazgo de la Fundación alemana Helmholtz Alliance for Astroparticle Physics. En lo referente a desarrollos instrumentales, se han valorado un total de 13 propuestas, seleccionando finalmente las actuaciones conducentes al diseño/fabricación de los instrumentos AOLI, HORUS y Euclid, así como el soporte al diseño preliminar del Telescopio Solar Europeo (EST) liderado por el IAC.

Asimismo, dada la importancia del sector espacial desde el punto de vista tecnológico e industrial, se ha planteado en el marco del Severo Ochoa el análisis de las capacidades tecnológicas del IAC que sean competitivas para este sector estratégico, identificando oportunidades de participación en proyectos actuales y futuros, con participación científica del IAC.

La principal actividad de divulgación realizada por el IAC bajo este Proyecto fue su participación en el encuentro Tenerife Lan Party 2012, con un stand promocional de las capacidades tecnológicas del IAC y la organización de un concurso en el que el ganador fue obsequiado con una visita al ORM y con acceso a tiempo de cálculo en el Superordenador de La Palma durante una semana.

### *3.b. Telescopio Solar Europeo (EST) y SOLARNET*

La OTRI del IAC sigue prestando su apoyo y asesoramiento a este Proyecto de infraestructura científica, que busca su espacio financiero en el ámbito internacional, de manera que sea factible poner en marcha las siguientes fases del mismo tras la finalización de su Diseño Conceptual.

En este sentido, durante el 2012 se ha avanzado en la constitución del Consorcio SOLARNET, que será financiado por la Comisión Europea para el periodo 2013-2016, con un total de seis millones de

euros. El Proyecto comenzará en abril de 2013, implica a un total de 32 socios, y supone el marco de colaboración necesario entorno a la Física Solar europea, bajo el que lograr la viabilidad política y financiera del telescopio EST. El IAC actúa como coordinador del Proyecto, y la OTRI prestará los correspondientes servicios de gestión en apoyo al mismo.

Durante el 2012 también se llevó a cabo la edición en versión inglesa del informe sobre “Aspectos técnicos, financieros y socio-económicos del EST”.

### *3.c. Estrategia de Especialización Inteligente para Canarias. RIS3*

La OTRI del IAC ha representado a este centro en las reuniones de trabajo y jornadas organizadas por la Agencia Canaria de Investigación, Innovación y Sociedad de la Información (ACIISI) para definir la Estrategia de Especialización Inteligente (RIS3) en relación con los fondos comunitarios para el periodo 2014-2020. La Comisión Europea quiere que las regiones hagan un esfuerzo por identificar aquellas áreas de especialización sobre las que concentrar los recursos financieros. La Astrofísica es considerada por esta estrategia para Canarias como una de las más importantes áreas de especialización en el ámbito científico y tecnológico.

Dada la importancia de este asunto, personal de la OTRI estuvo durante tres semanas en la Delegación del Gobierno de Canarias en Bruselas, con el propósito de concertar reuniones con representantes nacionales y de la propia Comisión Europea, y poder así proponer actuaciones claves para el IAC dentro de esta estrategia. En este sentido, el IAC considera relevante impulsar actuaciones bajo la RIS3 en los tres –ambitos siguientes: 1) Grandes infraestructuras científicas y equipamientos avanzados para la astrofísica; 2) IACTech; y 3) formación avanzada de científicos e ingenieros.

El Telescopio Solar Europeo (EST) es uno de los proyectos claramente identificados en esta iniciativa. El Cherenkov Telescope Array (CTA) y la apuesta por la Universidad de Liverpool para construir un segundo telescopio robótico en la isla de La Palma, han sido también dos proyectos en consideración bajo la RIS3, y la OTRI del IAC ha prestado su asesoramiento en este sentido a los promotores de estas infraestructuras.

### 3.d. Detailed Anatomy of Galaxies. DAGAL

DAGAL es una red de formación de investigadores coordinada por el IAC y financiada por la Comisión Europea, que ha iniciado su actividad durante el 2012. La OTRI se responsabiliza de la gestión técnica del Proyecto y de prestar el apoyo necesario al Investigador Principal y a los seis socios europeos. El Proyecto supone la contratación de 8 doctorandos y 2 postdocs, así como financiación para el funcionamiento en red de los socios implicados, conferencias, etc.

### 3.e. Equipamiento científico y tecnológico cofinanciado con fondos FEDER. 2007-2013

A finales de 2011, el IAC y el Ministerio de Ciencia e Innovación firmaron un convenio para cofinanciar con fondos FEDER la adquisición de equipamiento científico y tecnológico de uso compartido en el IAC durante el periodo 2007-2013. El convenio se materializa en base a dos proyectos, uno relacionado con equipamiento tecnológico altamente especializado, y el otro en relación con equipamiento informático; todos ellos destinados a la actividad investigadora del centro. En el momento de elaboración de esta Memoria ambos proyectos han sido ya ejecutados completamente.

### 3.f. Otras actuaciones

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, ASK y SDSS-III.

## 4. Transferencia de Tecnología

La OTRI del IAC sigue colaborando con la Dirección del centro para lograr la puesta en marcha del Centro Tecnológico IACTech. Con este centro 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. Siendo también una prioridad identificada por nuestra entidad bajo la estrategia de especialización inteligente RIS3, se está colaborando con la Universidad de La Laguna y con la Sociedad Parque Científico y Tecnológico de Tenerife para que esta iniciativa pueda salir adelante, especialmente en un situación económica complicada como la actual.

Cabe destacar también durante el 2012 la firma de un convenio con la Fundación Empresa Universidad de La Laguna, para participar en el Taller de Valorización y Dinamización de la Tecnología. En este sentido, se tutorizó el trabajo realizado por S. García van Nood durante un periodo de tres meses. El trabajo se centró en la exploración y el análisis de oportunidades de transferencia tecnológica asociadas al instrumento FastCam, concebido para la

Proyecto. Referencia y título.	Presupuesto elegible (€)	Cofinanciación FEDER (€)
IACA12-3E-001: "Equipamiento científico altamente especializado de uso compartido para el desarrollo y explotación de instrumentación astrofísica avanzada"	721.000	504.700
IACA12-3E-002: "Equipamiento informático destinado a tareas de investigación para el desarrollo y explotación de instrumentación astrofísica avanzada"	779.000	545.300
<b>TOTAL</b>	<b>1.500.000</b>	<b>1.050.000</b>



obtención de imágenes de muy alta resolución espacial, con una alta rapidez en su lectura, evaluación y selección. El objetivo de la colaboración fue ampliamente sobrepasado ya que, no sólo se identificaron aplicaciones tecnológicas y empresas interesadas en esta tecnología, sino que además ha permitido a la OTRI conocer de primera mano el know-how metodológico planteado por el Gestor de Valorización para la identificación de oportunidades de transferencia de tecnología, y comprobar la validez del mismo mediante un detallado informe que perfila el estado del arte de FASTCAM y sus posibles aplicaciones innovadoras en otros mercados (comunicaciones, salud, medio ambiente y seguridad, entre otros).

Durante el 2012 la OTRI ha mantenido reuniones con diversas empresas sobre posibles proyectos de colaboración tecnológica.

## 5.- Otras actividades

La OTRI sigue actuando como unidad de apoyo para la implantación del modelo de gestión por proyectos dentro del centro, muy especialmente en relación con las actividades del Grupo de Proyectos, y el uso y familiarización de la nueva herramienta SAP entre los investigadores.

Personal de la OTRI ha impartido también durante el primer cuatrimestre del curso 2012-2013 la asignatura "Prácticas Externas II: Gestión de Proyectos de Innovación" en cuarto grado de Física en la ULL. 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.

Un año más, se presta especial atención a evaluar y mejorar nuestro servicio para adaptarlo a las necesidades y actividades que se encomiendan a esta Oficina. Básicamente se da seguimiento a dos parámetros: número y tipo de actividad; y cantidad de recursos destinados a las mismas.

Durante el 2012 se ha emigrado el sistema informático de gestión de expedientes a una nueva plataforma. Un total de 157 expedientes fueron resueltos a través de este sistema de atención al usuario en este año. El 8,9% de las solicitudes han sido relativas a información o asesoramiento (con resolución a muy corto plazo), mientras que más del 91% han sido actividades de gestión y coordinación, más complejas y de mayor duración. Destaca el alto porcentaje (casi el 50%) de expedientes de gestión de muy diversa índole, no asociados directamente con la preparación y justificación de proyectos. El 2012 ha sido de nuevo un año especialmente activo en actividades de prospección de nuevas fuentes de financiación, de participación en foros nacionales e internacionales, grupos de trabajo, etc.

En cuanto a los recursos humanos destinados por la OTRI a la resolución de esas solicitudes y a la gestión de los proyectos encomendados, los siguientes dos gráficos dan una idea de la carga de trabajo durante el 2012. En este año la OTRI dispuso del equivalente a 2,7 personas a tiempo completo para cumplir con sus cometidos; cantidad que representó casi 4.200 horas de trabajo efectivo (excluyendo vacaciones, una licencia compartida de paternidad por dos meses, asuntos propios y enfermedad).

Como puede verse en el gráfico de dedicación del personal de la OTRI (Gráfico VII), las actuaciones a las que se han asignado más recursos han sido las relativas a la búsqueda y asesoramiento sobre financiación para I+D+i, gestión del Severo Ochoa, actuaciones de información y promoción de la actividad del IAC, y gestión de la red europea DAGAL.

En lo que respecta a la evolución temporal de dedicación de personal, se observan picos dentro de una misma tipología de actividad (muy relacionados con fechas clave, como plazos de convocatorias y justificaciones, etc.), así como picos globales (relacionados



# AREA DE ENSEÑANZA

Corresponde al Área de Enseñanza 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 (Residentes, Becas en el Extranjero), la “Canary Islands Winter School of Astrophysics” - este año se organizó la XXIV 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 RocPACS en 2011) y (red DAGAL en 2012).

El IAC también participa en los estudios de posgrado (Master 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 2012 se impartieron los cursos que se relacionan a continuación:

## CURSOS DE DOCTORADO

### CURSOS IMPARTIDOS DENTRO DEL MASTER DE ASTROFÍSICA

**Segundo cuatrimestre del curso académico 2011-12 (febrero a mayo de 2012)**

#### **I Curso:**

“Atmósferas Estelares”  
Prof. A. Herrero Davó (IAC-ULL)

“Instrumentación Astrofísica”  
Dr. R.J. García López (IAC-ULL)

“Cosmología”  
Dr. J. Betancort Rijo (IAC-ULL)

“Mecánica de Fluidos”  
Dr. B. Ruiz Cobo (IAC-ULL)

“Física de Galaxias”  
Dr. A. Aparicio Juan (IAC-ULL)

“Física Extragaláctica”  
Dr. F. Garzón López (IAC-ULL)

“Astrofísica de Altas Energías”  
Dr. I. Pérez Fournon (IAC-ULL)

“Astrofísica Computacional”  
Prof. E. Mediavilla Gradolph (IAC-ULL)

#### **II Curso:**

“Nucleosíntesis y Evolución Química”  
Dr. C. Esteban López (IAC-ULL)

“Física Solar”  
Dr. M. Collados Vera (IAC-ULL)

“Astronomía Clásica e Historia de la Astronomía”  
Dra. M.J. Arevalo Morales (IAC-ULL)

“Técnicas Astrofísicas de Nebulosas y Galaxias”  
Dr. I. Pérez Fournon (IAC-ULL)

“Introducción a la Investigación Astrofísica”  
(Trabajo de fin de Máster)

**MEMORIA  
IAC 2012**

**243**

**Primer cuatrimestre del curso académico 2012-13 (septiembre-diciembre de 2012)**

**I Curso:**

“Espectroscopía Atómica y Molecular”

Dres. C.M. Gutiérrez de la Cruz y L. Crivellari (IAC)

“Comunicación de resultados científicos y dinámica de la Ciencia”

Dras. C. del Puerto Varela y V. Luridiana (IAC); Prof. J.E. Beckman (IAC)

“Relatividad General”

Dr. J. Cepa Nogué (IAC-ULL)

“Estructura y Evolución Estelar”

Dr. B. Ruiz Cobo (IAC-ULL)

“Métodos de cálculo en Astrofísica”

Dres. F. Pérez Hernández y C. Regulo Rodríguez (IAC-ULL)

“Técnicas de Fotometría Estelar”

Prof. E. Mediavilla Gradolph (IAC-ULL), Dras. M. Mézcua y M. Seidel (IAC)

**II Curso:**

“Poblaciones Estelares”

Dr. A. Aparicio Juan (IAC-ULL)

“Nebulosas Ionizadas”

Dr. C. Esteban López (IAC-ULL)

“Física del Plasma”

Prof. F. Moreno-Insertis (IAC-ULL)

“Radioastronomía”

Dres. R.T. Génova Santos y J.A. Rubiño Martín (IAC)

“Instrumentación Astrofísica Avanzada”

Dres. F. Garzón López (IAC-ULL) y P.L. Hammersley (ESO)

“Nuevas Fronteras y Cosmología”

Dr. J. Betancort Rijo (IAC-ULL)

“Física Estelar Avanzada”

Prof. A. Herrero Davó (IAC-ULL)

“Magnetismo y Polarización en Astrofísica”

Dres. R. Manso Sainz (IAC) y Prof. J. Trujillo Bueno (IAC)

“Procesos de Acreción”

Dr. I. González Martínez-Pais (IAC-ULL)

“Exoplanetas y Exobiología”

Prof. T. Roca Cortés (IAC-ULL), Dres. M. Vázquez Abeledo y P. Montañes Rodríguez (IAC)

“Técnicas de simulación numérica”

Prof. F. Moreno-Insertis (IAC-ULL); Prof. J.M. Ibáñez Cabanell y Dr. M.A. Aloy Torás (UV)

“Técnicas de Espectroscopía Estelar”

Dres. M.J. Arevalo Morales y M. Collados Vera (IAC-ULL); A.M. Pérez García, A.B. Griñón Marín y M.J. Martínez González (IAC)

“Sistema Solar”

Dres. J. Licandro Goldaracena y J. de León Cruz (IAC)

**CURSOS IMPARTIDOS EN LA LICENCIATURA DE FÍSICA**

**Segundo cuatrimestre del curso académico 2011-12 (febrero a mayo de 2012)**

**GRADO EN FÍSICA:**

**I Curso:**

“Física Básica II”

Dra. M. Prieto Muñoz (IAC-ULL)

MEMORIA  
2012 IAC  
244

“Actividades Complementarias de Investigación”  
Dres. J. Cepa Nogué y M.J. Arévalo Morales (IAC-ULL) y L. Domínguez (ING)

“Diseño y calibración de instrumentación astrofísica”

Dres. R.J. García López (IAC-ULL) y B. García Lorenzo (IAC)

“Técnicas avanzadas de programación”

Dr. S. Hidalgo Ramírez (IAC)

## II Curso:

“MM4: Ecuaciones diferenciales y variables complejas”

Dr. I. González Martínez-Pais (IAC-ULL)

## III Curso:

“Astrofísica y Cosmología”

Dr. C. Lázaro Hernando (ULL)

**Primer cuatrimestre del curso académico 2012-13 (septiembre a diciembre de 2012)**

## I Curso:

“Computación científica”

Prof. T. Roca Cortés (IAC-ULL); Dres. J.A. Pérez Prieto, J.R. Sánchez Gallego y D. P.A. González Morales (IAC)

## II Curso:

“MM4: Ecuaciones diferenciales y variables complejas”

Dr. I. González Martínez-Pais (IAC-ULL)

## III Curso:

“Astrofísica y Cosmología”

Dr. C. Lázaro Hernando (IAC-ULL)

## IV Curso:

“Prácticas Externas I: Gestión Proyectos de Innovación”

D. J. Burgos (IAC)

“Relatividad General”

Dr. F. Pérez Hernández (IAC-ULL)

## CURSOS IMPARTIDOS EN LA LICENCIATURA DE MATEMÁTICAS

**Segundo cuatrimestre del curso académico 2011-12 (febrero a mayo de 2012)**

“Mecánica celeste”

Dr. C. Lázaro Hernando (IAC-ULL)

“Técnicas de análisis de datos Astronómicos”

Dr. P. Rodríguez Gil (IAC-ULL)

“Campos y Ondas”

Dra. M. Prieto Muñoz (IAC-ULL)

**Primer cuatrimestre del curso académico 2012-13 (septiembre a diciembre de 2012)**

“Medios continuos”

Dra. E. Khomenko (IAC)

“Astronomía y Geodesia”

Dra. M.J. Arévalo Morales (IAC-ULL)

## GRADO EN MATEMÁTICAS:

**Primer cuatrimestre del curso académico 2012-13 (septiembre a diciembre de 2012)**

“Fundamentos de Física”

Dra. C. Régulo Rodríguez (IAC-ULL)

## SEMINARIOS CIENTIFICOS

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 2012 han tenido lugar los siguientes seminarios:

“Reconstructing the photometric light curves of Earth as a planet along its history”

Dña. Esther Sanromá Ramos (IAC)

10 de enero

“Unveiling the inner Milky Way globular cluster system”

Dr. Javier Alonso-García (Univ. de Chile)

12 de enero

“The Stellar and Substellar Mass Function in Open Clusters & The energetics of jets in X-ray binaries”

Dres. Steve Boudreault y David Russell (IAC)

17 de enero

MEMORIA  
IAC 2012

245

“Magnetar candidates: new discoveries open new questions”

Dra. Nanda Rea (Inst. de Ciencias del Espacio, Barcelona)

24 de enero

“The Star Formation and Chemical Evolution timescales of two nearby dwarf spheroidal galaxies”

D. Thomas de Boer (Kapteyn Astronomical Inst., Países Bajos)

26 de enero

“Blue Straggler stars and star formation in nearby galaxies: the case of the dSphs Cetus and Tucana”

Dr. Matteo Monelli (IAC)

31 de enero

“SDSS-III: Developments and Participation at the IAC”

Dres. Carlos Allende e Ismael Pérez-Fournon (IAC)

7 de febrero

“The role of  $z \sim 2$  unstable disks, cold flows and clumpy star formation in massive galaxy evolution with CANDELS”

Dr. Aday Robaina (Inst. Ciencias del Cosmos, Univ. de Barcelona)

8 de febrero

“The Planck mission: Early Results”

Dr. José Alberto Rubiño (IAC)

9 de febrero

“The integrated galactic IMF - from star clusters to galaxies”

Dr. Carsten Weidner (IAC)

14 de febrero

“A large, multi-epoch H-alpha survey at  $z=2.23, 1.47, 0.84$  &  $0.40$ : the 11Gyr evolution of star-forming galaxies from HiZELS”

Dr. David Sobral (Univ. de Leiden, Países Bajos)

24 de febrero

“AGN activity in Local Luminous Infrared Galaxies”

Dra. Almudena Alonso Herrero (IFCA)

28 de febrero

“The Evolution of Massive Stars towards their Death: Rotation, Binarity and Mergers”

Dra. Selma de Mink (STSCI)

1 de marzo

“Constraining strong lensing models with dynamics”

Dr. Tomás Verdugo (CIDA, Venezuela)

8 de marzo

“Acceso a servicios de supercomputación en el BSC, la RES y PRACE”

Dr. Sergi Girona (Barcelona Supercomputing Center - Centro Nacional de Supercomputación)

9 de marzo

“A cross-match of 2MASS and SDSS: Peculiar L dwarfs and unresolved binaries”

Dra. Kerstin Geissler (Stony Brook Univ., Nueva York, EEUU)

13 de marzo

“Can solar activity and cosmic rays save us from global warming?”

Mr. Jasa Calogovic (Hvar Obs., Zagreb, Croacia)

15 de marzo

“Are luminous quasars triggered in galaxy mergers?”

Ms. Patricia S. Bessiere (Univ. de Sheffield, Reino Unido)

20 de marzo

“The loopy Sun: resolving the small-scale solar magnetism”

Dra. M. Jesús Martínez González (IAC)

22 de marzo

“Solar atmospheric seismology”

Dr. Íñigo Arregui (IAC)

21 de marzo

“The Earth as a benchmark: spectro-polarimetry unveils strong bio-signatures”

Dr. Enric Pallé Bago (IAC)

27 de marzo

“The Future of High Performance Computing for Astrophysicists”

Dr. Lars Koesterke (Univ. de Texas, EEUU)

29 de marzo

MEMORIA  
2012 IAC

246

“The fast spiral-in of a star to a black hole as seen by GTC”

Dr. Jonay González (IAC)

10 de abril

“Kinematics and stellar populations in the outer halos of early type galaxies”

Dr. Lodovico Coccato (ESO, Garching, Alemania)

12 de abril

“The Milky Way as you never saw it before: The inner Galaxy as seen by the Vista Variable Survey”

Dr. Carlos González Fernández (Univ. de Alicante)

19 de abril

“Spectroscopic Madness - The ProAm WR 140 campaign in 2009/10”

Dr. Thomas Eversber (Deutsches Zentrum für Luft und Raumfahrt, Bonn, Alemania)

24 de abril

“The ESA/NASA mission Solar Orbiter”

Dr. Valentín Martínez Pillet (IAC)

3 de mayo

“Exploring the effects of high-velocity flows in abundance determinations in H II regions”

D. Manuel Núñez Díaz (IAC)

8 de mayo

“The nuclear infrared emission of low-luminosity active galactic nuclei”

Dr. Rachel Mason (Gemini Obs., Hawai, EEUU)

10 de mayo

“Evidence for secular evolution of disc structural parameters in barred galaxies”

Dr. Rubén Sánchez-Janssen (ESO)

15 de mayo

“Thermonuclear explosions on neutron stars”

Dr. Yuri Cavecchi (Univ. de Amsterdam, Países Bajos)

17 de mayo

“Distances to galaxies from the brightest stars in the Universe”

Dr. Miguel Urbaneja (Univ. de Hawai, EEUU)

24 de mayo

“Masgomas-1: Discovery of a young, obscured and massive stellar cluster”

Sr. Sebastián Ramírez-Alegría (IAC)

29 de mayo

“The optical variability of the magic blazar PKS 1222+216”

Dr. Emanuele Farina (Univ. dell’Insubria - INFN Milano Bicocca, Italia)

5 de junio

“Living on the Edge: Superthin Galaxies and the Cosmic UV Background”

Dr. Juan M. Usón (Obs. de Paris, Francia)

7 de junio

“Satellite galaxies: the infalling pieces of the puzzle of massive galaxies (1); The intriguing properties of local compact massive galaxies: what are they? (2)”

Dra. Esther Mármol-Queraltó (1) y Dña. Anna Ferré-Mateu (2) (IAC)

12 de junio

“Astronomy and ancient Greek cult: new perspectives to Greek religious architecture and cult practices”

Dra. Efrosyni Boutsikas (Univ. de Kent, Reino Unido)

14 de junio

“Born to die: SHARDS view on the origins of high-z quiescent massive galaxies”

Dr. Pablo Pérez González (IAC)

13 de junio

“The evolution of the human vision and the impact on astronomy”

Dr. Héctor Castañeda – (Esc. Sup. de Física y Matemáticas, México)

3 de julio

“The dark and bright sides of massive early-type galaxies”

Dr. Ignacio Ferreras (Univ. College, Londres, Reino Unido)

5 de julio

“A deeper look on thick discs using data from the Spitzer Survey of Stellar Structure in Galaxies (S4G)”

Dr. Sebastien Comeron (Korea Astronomy & Space Science Inst.)

12 de julio

**MEMORIA  
IAC 2012**

**247**

“WEAVE: The next generation wide-field spectroscopy facility for the WHT”  
Dr. Gavin Dalton (Univ. de Oxford, Reino Unido)  
20 de septiembre

“Status update and instrumentation prospects for ORM/OT telescopes for the coming semesters”  
Grupo Astrónomos de Soporte IAC  
25 de septiembre

“The Sigma Orionis cluster: from 20 Msun to free-floating planets”  
Dña. Karla Peña Ramírez (IAC)  
2 de octubre

“Searching for SNIa Companions in Galactic SNe: the case of SN 1006”  
Dr. Jonay I. González Hernández (IAC)  
5 de octubre

“CARMENES: towards the detection of exoearths”  
Dr. Jose A. Caballero (CAB)  
16 de octubre

“Thinking about stellar populations modeling”  
Dr. Miguel Cervino (IAA)  
18 de octubre

“Inside Volcanoes through cosmic-ray muon tomography”  
D. Seigo Miyamoto (Univ. de Tokyo, Japón) y D. Valeri Tioukov (ERI, & INFN, Napoles, Italia)  
22 de octubre

“ESO Wide Field Spectrometers, Present and Future”  
Dr. Peter Hammersley (ESO)  
23 de octubre

**MEMORIA  
2012 IAC**

248 “The SUMO project: a survey of multiple populations in globular clusters”  
Drs. Matteo Monelli, Antonio Milone (IAC)  
6 de noviembre

“Truncations in stellar disks and warps in HI-layers in spiral galaxies”  
Prof. Piet van der Kruit (Univ. de Groningen, Alemania)  
8 de noviembre

“Gamma-ray bursts as a tool to unveil obscured star-forming galaxies”  
Dr. Andrea Rossi (Inst. Thuringer Landessternwarte, Tautenburg, Alemania)  
13 de noviembre

“Los últimos días de Nefertiti: Astronomía, Arqueología y Genética en el Egipto Antiguo”  
Dr. Juan Antonio Belmonte (IAC)  
15 de noviembre

“Buried in the noise”  
Dr. Andrés Asensio Ramos (IAC)  
22 de noviembre

## 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 2012 tuvieron lugar los siguientes coloquios:

“The Many Facets of Massive Star Mass Loss”  
Prof. Stan Owocki (Univ. de Delaware, EEUU)  
19 de enero

“Dark Energy and Cosmic Sound”  
Prof. Daniel Eisenstein (SLOAN - CfA Harvard, EEUU)  
16 de febrero

“The Coevolution of Black Holes and Galaxies: A 10-Year Progress Report”  
Prof. Luis C. Ho (Carnegie Institution for Science, EEUU)  
26 de abril

“Molecular gas in galaxies, and evolution with redshift”  
Prof. Françoise Combes (Obs. de Paris, Francia)  
21 de junio



“Astronomy by microscope”  
Prof. Monica M. Grady – (CBE - Open Univ.,  
Milton Keynes, Reino Unido)  
25 de octubre

## BECAS

### ESTUDIANTES DE DOCTORADO

#### Nuevos Astrofísicos Residentes

Dentro del programa de Astrofísicos Residentes para realizar la tesis doctoral en el IAC, se han concedido nuevas becas a los siguientes estudiantes:

- Irene Agulli (Univ. de Torino, Italia)  
Proyecto: “Evolution of galaxies in high-density environments at different redshift”  
Director: Dr. José Alfonso López Aguerra

- Artemi Camps Fariña (Univ. de Barcelona)  
Proyecto: “Kinematics, morphology and star formation in evolving galaxies”  
Director: Prof. John E. Beckman

- Clara Eugenia Martínez Vázquez (Univ. de Extremadura)  
Proyecto: “Lo que nos dicen las estrellas de las galaxias: estudiando evolución galáctica en el Grupo Local”  
Directora: Dra. Carme Gallart Gallart

- Adur Pastor Yabar (Univ. de La Laguna)  
Proyecto: “Propiedades de los campos magnéticos del Sol en calma con alta resolución espacial”  
Director: Dr. Manuel Collados Vera

- Lucía Suárez Andrés (Univ. de La Laguna)  
Proyecto: “Abundances of chemical elements in Cataclismic Variables”  
Directores: Dres. Garik Israelian y Jonay I. González Hernández

- Riccardo Vignaga (Univ. de Padova, Italia)  
Proyecto: “Polarization studies of the Cosmic Microwave Background with the QUIJOTE telescopes”  
Directores: Prof. Rafael Rebolo López y Dr. Ricardo Génova Santos

#### Estudiantes de doctorado (Becas) con otras fuentes de financiación

Dentro del programa de becas FPI financiadas por el Ministerio de Ciencia e Innovación (MICINN), ahora Ministerio de Economía y Competitividad (MIMECO), han iniciado la tesis en el IAC los estudiantes:

- Alejandro Suárez Mascareño (Univ. de Oviedo)  
Proyecto: “La búsqueda y caracterización de exo-tierras: Participación en el desarrollo del espectrógrafo ESPRESSO para los VLT”  
Director: Prof. Rafael Rebolo López.

- Marina Ramón Pérez (Univ. Autónoma de Madrid)  
Proyecto: “Emission line galaxies of OTELO survey”  
Director: Dr. Jordi Cepa Nogué

#### Becas de iniciación a la investigación en Astrofísica

El Programa de verano 2011 (1 de julio - 15 de septiembre) ha ofrecido 8 becas a estudiantes de los últimos cursos universitarios, para integrarse en grupos de investigación del IAC como iniciación a la investigación en Astrofísica. La convocatoria tiene carácter internacional.

En el 2012 se concedieron becas de verano a los siguientes estudiantes

- David Gordo Gómez (Univ. de Salamanca)  
Proyecto: “The internal kinematics of M100:ALMA versus GHaFaS”  
Directores: Prof. John E. Beckman, Dres. Joan Font y Mauricio Cisternas

- M<sup>a</sup> Jesús Jiménez Donaire (Univ. de Extremadura)  
Proyecto: “Unveiling the relationship between the total cluster mass and the maximum Stellar mass”  
Directores: Dres. Valentina Luridiana, Miguel Cerviño, Carlos Román-Zuñiga y Amelia Bayo

MEMORIA  
IAC 2012

249

- Clara Eugenia Martínez Vázquez (Univ. de Extremadura)  
Proyecto: "Composición Química de Cúmulos Abiertos: Variaciones en la intensidad de las bandas moleculares de CN y XH"  
Director: Dr. Ricardo Carrera Jiménez

- Daniel Mata Sánchez (Univ. de Salamanca)  
Proyecto: "Chemical abundances of stars with brown-dwarf companions"  
Director: Dr. Jonay I. González Hernández

- Julián Muñoz Bermejo (Univ. de Complutense de Madrid)  
Proyecto: "A Spectroscopic PCA-based Approach to Stellar Effective Temperatures"  
Directores: Dres. Carlos Allende y Andrés Asensio

- Miguel Nievas Rosillo (Univ. Complutense de Madrid)  
Proyecto: "Estudio del brillo de fondo de cielo en los observatorios del OT y ORM"  
Director: Dr. Rafael Barrena Delgado

- Adur Pastor Yabar (Univ. de La Laguna)  
Proyecto: "Caracterización polarimétrica de instrumentación astronómica: espejos segmentados y espectrógrafos"  
Directores: Dres. Manuel Collados, Andrés Asensio y Rafael Manso

- Ana Isabel Salvador Junco (Univ. Autónoma de Madrid)  
Proyecto: "Photometric member candidates in the metal-poor cluster King 5"  
Directores: Dres. Steve Boudreault y Nicolas Lodieu

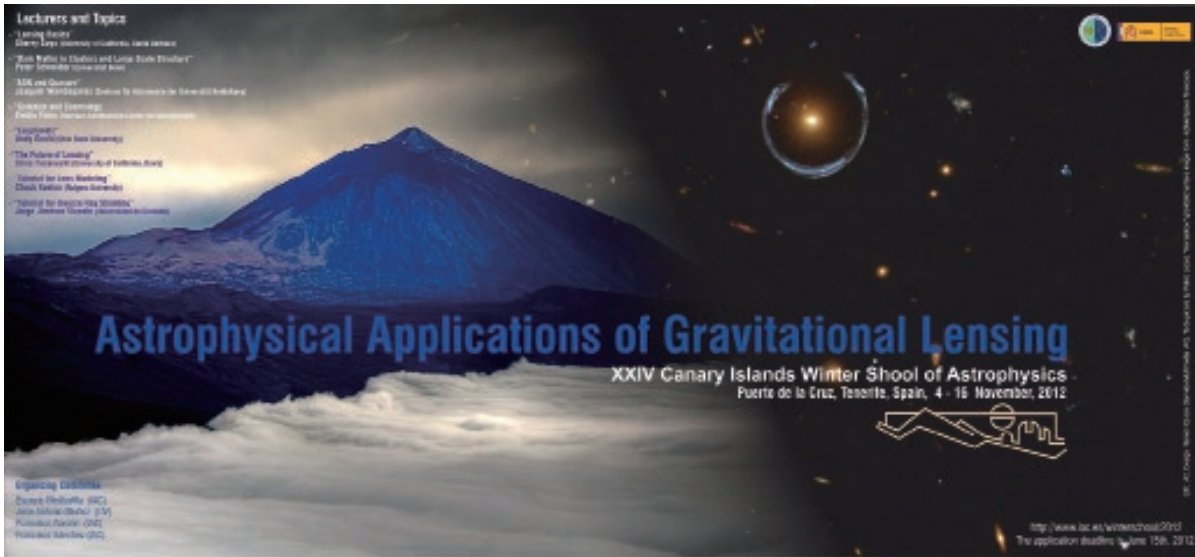
## TESIS DOCTORALES

En el 2012 se leyeron 11 tesis doctorales.  
(Ver PRODUCCION CIENTIFICA)

## XXIV ESCUELA DE INVIERNO

### "Aplicaciones astrofísicas de las lentes gravitatorias"

Este año tuvo lugar la vigésimo cuarta edición de la Escuela de Invierno de Astrofísica de las Islas Canarias, cuyo título fue "Astrophysical Applications of Gravitational Lensing". Se celebró del 5 al 16 de noviembre, en el Hotel Beatriz Atlantis & Spa en el Puerto de la Cruz. En esta edición, los cursos fueron impartidos por ocho profesores expertos en distintos aspectos relacionados con las aplicaciones astrofísicas de lentes gravitatorias. Se impartieron un total de 40 horas de clase y asistieron 46 alumnos de 16 países que actualmente preparan su tesis doctoral, o la han terminado recientemente, sobre un tema relacionado con el de la escuela. Se concedieron 23 becas. 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. Evencio Mediavilla Gradolph, José A. Muñoz Lozano, Francisco Garzón López y Francisco Sánchez Martínez. 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:

**LENSING BASICS**

Sherry Suyu, Univ. de California, EEUU

**GALAXIES**

Verónica Motta, Univ. de Valparaiso, Chile

**LENS MODELING TUTORIAL**

Chuck Keeton, Univ. de Nueva Jersey, EEUU

**AGN AND QUASARS**

Joaquim Wambsganss, Univ. de Heidelberg, Alemania

**EXOPLANETS**

Andy Gould, Univ. de Ohio, EEUU

**DARK MATTER IN CLUSTERS AND LARGE SCALE STRUCTURE**

Peter Schneider, Univ. de Bonn, Alemania

**INVERSE RAY SHOOTING TUTORIAL**

Jorge Jiménez-Vicente, Univ. de Granada

**THE FUTURE OF LENSING**

Chris Fassnacht, Univ. de California, EEUU



# ADMINISTRACIÓN DE SERVICIOS GENERALES

La Administración de Servicios Generales tiene a su cargo las funciones administrativas y operacionales para dar soporte a la actividad del Instituto y sus Observatorios. Depende de la Administración de Servicios Generales el Registro General del IAC.

## INSTITUTO DE ASTROFÍSICA

### GERENCIA ADMINISTRATIVA

La Gerencia Administrativa es responsable de la gestión financiera, económica, administrativa y presupuestaria del área a la vez que da soporte a la actividad general del IAC. Para llevar a cabo sus fines la Gerencia Administrativa se estructura en las unidades de contabilidad, presupuesto e inventario, tesorería, fondos externos, administración de personal, compras, contratación administrativa y logística y dietas y viajes.

Entre las actividades que son propias de la Gerencia Administrativa se han realizado las de impulsar y participar en la elaboración de los presupuestos anuales, asesorar al resto de las Áreas del Instituto en los procesos de gestión y control de los fondos internos y externos, mantener actualizada la información contable y presupuestaria. Actúa de enlace con la IGAE preparando los informes, documentos y datos que ésta demande.

Como en años anteriores se han elaborado las encuestas recibidas del INE relativas a comercio internacional de servicios, costes de personal, Innovación tecnológica, actividades de I+D y estadística de créditos públicos de I+D, entre otras.

El 14 de marzo de 2012 arranca el sistema de gestión integral en SAP entrando en productivo los módulos de gestión de recursos humanos, finanzas y presupuestaria, compras, licitaciones públicas y subvenciones, que dan soporte a la gestión de proyectos de investigación y

desarrollo tecnológico. Durante este año se ha estabilizado el sistema y se ha realizado las actividades de aprendizaje coordinando los procedimientos anteriores con los actuales. Poco a poco va disminuyendo el uso de papel y va emergiendo la gestión digital. El mejor ejemplo de ello es la puesta en funcionamiento de un registro de facturas, que incluye la conformidad y pago de las mismas en soporte digital. El sistema dispone de un conjunto de manuales que unifican la información necesaria para manejar la herramienta. Todos los usuarios disponen de un sistema de comunicación de incidencias gestionado por usuarios claves y técnicos. Durante 2012 también los usuarios clave han llevado a cabo una intensa labor de formación al resto de usuarios del sistema.

### GERENCIA OPERACIONAL

La Gerencia Operacional está estructurada como un departamento cuyas principales actividades son: el seguimiento y control de las empresas externas que prestan servicios para el funcionamiento de la Sede Central del IAC; la realización de obras nuevas e instalaciones; el mantenimiento general del edificio, sus instalaciones y equipos; el mantenimiento de los vehículos asignados a la sede central y al Observatorio del Teide; la gestión medioambiental; la adquisición de mobiliario y equipamiento general del centro; las relaciones y gestiones con las empresas de suministro eléctrico, de agua y de telefonía, y con las Administraciones Locales: Ayuntamientos y Cabildo.

La Gerencia Operacional coordina los servicios que realizan empresas externas, vigila que todas las actividades se realicen conforme a las disposiciones legales vigentes, en particular en lo relativo a la prevención de riesgos laborales.

Dentro del plan de obras de mejora y mantenimiento preventivo, en 2012 se realizaron numerosos trabajos en el interior y exterior del edificio:

- Se llevaron a cabo obras en la zona de AIV, consiguiendo convertir la sala de rotadores en sala limpia clase 100.000 e instalando un nuevo puentegrúa de 10 toneladas.



*Nueva sala limpia.*

- Se obtuvo la certificación por organismo de control autorizado por la Consejería de Industria de la instalación de baja tensión (b.t.). Las mejoras en la instalación de b.t. continúan.

- En cuanto a mejoras en infraestructuras e instalaciones, entre otras: se realizó una mejora en la vía de acceso de ambulancia a través de los jardines, se instaló un nuevo depósito aéreo de 3.000 lts de gasoil para alimentación del Grupo Electrónico y se continuó con la impermeabilización de azoteas y con la realización de mejoras del sistema de protección contra incendios.



*De arriba a abajo: Acceso ambulancia – depósito aéreo de gasoil – impermeabilización de azoteas.*

Además, a lo largo de 2012 se realizaron diferentes acciones encaminadas al ahorro energético en la Sede Central. Con el esfuerzo del personal de mantenimiento y la colaboración de todo el IAC se ha llegado a obtener una disminución en la factura mensual del 25%!

## OBSERVATORIO DEL TEIDE (IZAÑA – TENERIFE)

El Observatorio del Teide recibió durante 2012 un total de 5.359 visitantes (4.391 en 2011). Las Jornadas de Puertas Abiertas de este año se realizaron los días 22 y 23 de junio con una afluencia total de 1.700 personas, viernes 22 de junio = 600 y sábado 23 de junio = 1.100. Los recursos humanos implicados fueron:

- Administración del OT (6 personas).
- Contratas externas:  
SUAD24 emergencias médicas (ambulancia medicalizada con 2 personas).  
Contrata cantina (8 personas).  
Empresa Cienciamanía (15 personas, actividades y azafatas).
- Grupo de Astrónomos aficionados SECAT y la empresa Alpha Cygni, con telescopios para la observación solar junto al MONS.
- Voluntarios en las instalaciones:
  - Telescopio Themis (5 personas)
  - Laboratorio Solar (4 personas)
  - Telescopios nocturnos IAC-80, TCS y OGS (9 personas)
  - Telescopio VTT (3 personas)
  - Telescopio Bradford (4 personas)

Las Jornadas transcurrieron sin ningún tipo de incidencia.

### Residencia del Observatorio

La media de ocupación de la Residencia durante el año 2012 ha sido inferior a la del año pasado, un 56% (62% en 2011).

### Instalaciones

Finalizan los trabajos de instalación de la torre de site-testing diurna (SHABAR) situada al lado del GONG (IP M. Collados).

Durante el mes de junio finalizan los trabajos para la puesta a punto de la instalación robótica XO (Space Telescope Science Institute) que tiene como principal objetivo el descubrimiento de exoplanetas por el método de los tránsitos (IP P. Montañés).

El lunes 21 de mayo se inauguró oficialmente el telescopio GREGOR (KIS, Alemania).

En la segunda mitad del año 2012 empiezan los trabajos de instalación y puesta en marcha del primero de los telescopios de QUIJOTE.



OCUPACION RESIDENCIA (2001-2012)	
AÑO	OCUPACION
2001	67%
2002	68%
2003	68%
2004	75%
2005	73%
2006	70%
2007	66%
2008	64%
2009	56%
2010	62%
2011	62%
<b>2012</b>	<b>56%</b>

## OBSERVATORIO DEL ROQUE DE LOS MUCHACHOS (GARAFÍA – LA PALMA)

El número de visitantes que accedieron a las instalaciones del Observatorio durante el año 2012 fue de 7.669 personas. De ellas, 4.845 lo hicieron en alguno de los 146 días del año en que se organizaron Visitas Concertadas. GTC y MAGIC fueron los telescopios más visitados al recibir más de 5.500 personas cada uno, suponiendo más del 70% del total de visitas recibidas, seguidos del telescopio WHT con casi un 19% del total. Es de destacar asimismo la visita de 1.418 alumnos, manteniéndose 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 641 alumnos de 14 Colegios y otro curso más, ha sido un ejemplo de colaboración de astrónomos de las diferentes Instituciones Usuarias del Observatorio que dieron las charlas en los colegios y efectuaron talleres y visitas guiadas en el propio Observatorio. Detalles y contenidos de este programa de divulgación se pueden consultar en <http://www.lpiya.org/nuestrosalumnos/>

Es de destacar las visitas de medios de prensa locales, nacionales e internacionales que grabaron en algunos casos, amplios reportajes o documentales sobre el Observatorio y sus instalaciones.

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

- Nuevo acuerdo con el telescopio DOT (Dutch Open Telescope) para ampliar su operación cinco años más.
- Negociaciones para la firma de un nuevo acuerdo para ampliar la operación de los telescopios NOT y SST (Torre Solar Sueca) por un periodo de cinco años más.
- Con motivo de la puesta en marcha del instrumento HARPS-N en el telescopio TNG, se celebró el 23 de abril una ceremonia de inauguración en el propio telescopio.

- Terminaron los trabajos de obra civil, inaugurándose el 3 de mayo, el edificio anexo al telescopio LT.

- Entró en funcionamiento el nuevo nodo de RedIris Nova permitiendo comunicaciones de 10 Gb entre el Observatorio, el CALP y la Sede Central (La Laguna, Tenerife).

- Se ejecutaron los trabajos para la renovación de las habitaciones de la planta alta de la Residencia (209 a 218). La reforma ha incluido, la instalación de nuevas persianas eléctricas, carpintería metálica y de madera en ventanas y puertas, con la incorporación de cerraduras electrónicas para acceder a las habitaciones. También se hicieron reformas en los baños y se cambió la moqueta y el mobiliario de las mismas. Con dicha reforma, culmina la renovación de todas las habitaciones de la Residencia.

- Se sustituyó la contrata anterior en la Residencia siendo adjudicataria la empresa CLECE.

- En comparación con el año 2011, se registró un aumento del 12% en el alojamiento de la Residencia y Anexos, siendo la media diaria de ocupación de 29,5 personas. El número total de estancias ascendió a 9.764, tramitándose un total de 3.214 reservas.

- Se ha continuado con el programa de formación a personal del IAC y de diversas Instituciones Usuarias del Observatorio, en materia de Primeros Auxilios, Urgencias y Emergencias. Además de en la Residencia, se instalaron desfibriladores en cuatro telescopios.

- Durante el año 2012 y dependiendo de los Servicios Comunes del Observatorio se gestionaron 17 contratos de servicios con empresas externas. Por otra parte, la Administración del ORM emitió 989 facturas y 169 certificados de importación (incluidos los que se remiten a la Sede Central para su firma). Todo el trabajo administrativo se

realizó a través de la herramienta SAP, que fue implantada en marzo de 2012.

- Se ha habilitado en la Web un procedimiento de traslados del personal al ORM en caso de activación del Plan de Emergencias Insular, así como un sistema diario de información con actualización permanente, para informar a visitantes y usuarios del Observatorio, de los últimos datos acerca de la meteorología local, estado de la carretera y cualquier otra información útil en materia de alertas y riesgos en la zona.



## CENTRO DE ASTROFÍSICA DE LA PALMA (BREÑA BAJA – LA PALMA)

En la actualidad las Instituciones que utilizan las instalaciones del CALP de forma permanente son las siguientes: IAC, GTC, 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 llevó a cabo la instalación del tendido y conexión mediante cable de fibra óptica, entre el CALP y las oficinas de la Fundación Galileo Galilei, sitas en Breña Baja.

Se realizaron trabajos de vallado perimetral en la cubierta del CALP para mejorar aspectos de seguridad del trabajo en la zona.

Se obtuvieron los permisos para la puesta en marcha del depósito de gasoil que suministra al grupo electrógeno del CALP.

Se colaboró de forma activa, en diversas tareas relacionadas con Divulgación, cursos y congresos, celebrados en La Palma entre los que podemos destacar: el Concurso Internacional de Astrofotografía 2012, organizado por el Cabildo Insular de La Palma; el Magic Collaboration Meeting celebrado en noviembre, y el programa de divulgación destinado a todos los alumnos de 4º de la ESO de la Isla de La Palma. En ese sentido, se ha fomentado la visita al Nodo de Supercomputación La Palma ubicado en el CALP, a los dos centros escolares de la Isla que imparten ciclos formativos de informática.

En la actualidad, se gestionan en el CALP doce contratos de servicios con empresas externas, adjudicándose durante el año los de Recepción y apoyo administrativo.

Se han realizado en las instalaciones del CALP diferentes cursos de capacitación en emergencias (extinción de incendios) y de primera intervención en emergencias sanitarias, dirigidos al personal del IAC y de las Instituciones Usuarias del Observatorio.

### MEMORIA 2012 IAC

256

Entró en funcionamiento el nuevo equipamiento de la Red Iris Nova ampliando el enlace a 10 Gb entre el CALP y el nodo ubicado en la Sede Central del IAC, en La Laguna, Tenerife.





# 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. Respecto al 2011, este año se han realizado 158 inspecciones (4,8% menos) y se han formulado 33 denuncias (178% menos) y se han resuelto 61 denuncias (ninguna desde el 2008). El aumento de la resolución se debe a la activa colaboración de la Consejería de Industria al amparo del Reglamento RD.1890/2008. Como viene siendo habitual desde el 2008, se continúa reduciendo el número de informes técnicos (115) este año un 25% respecto al anterior. Los registros de salida se han reducido un 15% (252) y los de entrada un 19% (132), el número de correos electrónicos para consultas fue de 950 mensajes, 17% más que el 2011 (691 en consultas a instalaciones y 259 de luminarias).

Las instalaciones que quedaron pendientes de adaptar durante el 2011 en la tercera fase de adaptación del 100% del alumbrado público con fondos del Ministerio de Ciencia e Innovación en el municipio de Mazo, quedaron finalmente adaptadas a finales del 2012. No obstante, se mantiene una denuncia de una instalación pública del Ayuntamiento de Mazo al ejecutarse durante el periodo de dichas adaptaciones incumpliendo la Normativa.

Se ha continuado con las mediciones periódicas del fondo del cielo con el fotodiodo (SQM) (filtro V). Con la colaboración del Grupo de Astrónomos de Soporte se han instalado desde verano un SQM en cada observatorio con medida continua, lo que nos ha permitido obtener muchos más datos. En el OT, continúa funcionando el ASTMON de forma adecuada dando datos específicos sobre de las noches fotométricas. Con los datos reducidos del ASTMON tenemos valores de magnitud astronómica medios en U-B-V-R de 22,09-22,25-21,34-20,51 y máximos de 23,29-22,75-21,67-20,81.

Se han realizado mediciones de campo eléctrico este año en ambos Observatorios por parte de la Jefatura Provincial de Telecomunicaciones, notándose la reducción de campo eléctrico por el apagado analógico en TV.

No ha habido denuncias por invasión del espacio aéreo protegido en ambos observatorios ni por sobrepasar los niveles de campo eléctrico.

## Labores realizadas por la OTPC durante 2012

### Divulgación

- Charla en el Colegio Pureza de María de Santa Cruz de Tenerife sobre contaminación lumínica, marzo.
- Participación en el XXXVIII Simposium Nacional de Alumbrado del CEI en Toledo, mayo.
- Ponencia en la 1ª Jornada sobre Territorios Insulares Inteligentes organizado por Proyecto Antares, Cabildo de La Palma y Gobierno de Canarias, en La Palma, junio.
- Charla sobre Contaminación Lumínica en Colegio Echeyde, noviembre.
- Docentes en el Primer Curso Auditores Starlight, realizado en la sede del IAC, diciembre.
- Charla sobre Contaminación Lumínica en la Fundación Canaria Observatorio de Temisas, Agüimes, diciembre.
- Artículo en la *Revista de Ingeniería del Mantenimiento en Canarias* con motivo del XX aniversario de la OTPC.

### 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.

Se mantiene colaboración con varios fabricantes de luminarias LEDs para poder disponer de fuentes de luz compatibles con la Normativa de Protección (LEDs de luz ámbar).

*Medidas, Control y Calidad*

Medidas del fondo del cielo: Se continúa con las medidas usando el fotodiodo en el OT y el ORM y el "All Sky ASTMON en el OT. Se prevé disponer de otro ASTMON en el ORM dada su elevada autonomía por control remoto y la calidad de sus datos.

*Nuevas adaptaciones de alumbrado en la Avenida marítima de Breña Alta.*



**INSTALACIONES DE ALUMBRADO EXTERIOR**



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

# EJECUCIÓN DEL PRESUPUESTO 2012

## GASTOS

DESTINO FONDOS	(Miles de €)	
- Personal	11.718,30	
- Funcionamiento (suministros y m. fungible)	2.279,63	
- Financieros	6,91	
- Transferencias corrientes	236,71	
- Inversiones reales	5.684,72	
- Activos financieros	70,70	
- Pasivos financieros	19,96	
- Compras	2.887,09	
<b>TOTAL GASTOS</b>		<b>23.354,02</b>
<b>VARIACION FONDO MANIOBRA</b>		<b>- 4.002,38</b>

## FINANCIACIÓN

ORIGEN FONDOS	(Miles de €)	
<b>PRESUPUESTARIOS</b>		<b>11.011,26</b>
- Administración del Estado	8.098,58	
- Comunidad Autónoma	2.912,68	
<b>OTROS</b>		<b>8.340,38</b>
- Contratos, acuerdos, etc. con financiación externa	6.273,17	
- Venta de servicios y otros	2.067,21	
<b>TOTAL FINANCIACION</b>		<b>19.351,64</b>

# GABINETE DE DIRECCIÓN

Es un órgano de apoyo al Director para la consecución de los fines, objetivos y metas del IAC. Sus competencias son:

Asesora al Director en todos los temas que se le planteen, elaborando o encargando los correspondientes informes que le soliciten.

Realiza estudios-diagnósticos sobre temas de política científica e innovación tecnológica, así como de estructura y organización del IAC.

Es el Secretario del Comité de Dirección y responsable de la estrategia informativa, creando los medios idóneos para dar información del IAC, así como de crear y difundir la imagen corporativa del Instituto interna y externamente.

De él dependen las ediciones no científicas, las tareas comunicación y divulgación científica, además de las relaciones con los medios de comunicación, supervisando la información, atención y relación con estos.

Establece y ejecuta la estrategia y acciones de extensión cultural del IAC.

## EDICIONES

### MEMORIA 2011

El IAC ha editado en CD, la Memoria correspondiente al año 2010, donde se recoge la actividad anual del Consorcio Público IAC en todas sus áreas (Investigación, Enseñanza, Instrumentación y Administración de los Servicios Generales), así como la labor realizada en el campo de la divulgación.

Existen las Memorias del IAC desde 1999 en versión digital en la dirección Web <http://www.iac.es/divulgación/ediciones>

### REVISTA DIGITAL “caosyciencia”

“caosyciencia”, una publicación de divulgación científica del Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC), Desde que nació en agosto de 2002, la revista digital “caosyciencia”, está abierta a todos aquellos que quieran decir, explicar, comentar, criticar, expresar, inquietar, sorprender, recordar... una revista interdisciplinar, que se apoya en material divulgativo como vídeos, animaciones, imágenes, etc., para explicar diferentes temas relacionados con la Astronomía y la ciencia en general.

#### *La luz danzarina*



*Primer ejemplar de la revista  
“La luz danzarina” (6 de agosto de 2002).*

Entre las revistas enviadas este año se pueden citar como ejemplo “Islas de estrellas”; El calendario maya y el 2012: it’s the end of the World as we know it?; “Grandes figuras de la ciencia: Isaac Newton”; “La Ciencia a fuego lento”;

MEMORIA  
2012 IAC

260



“Galaxias: puzzles con algo más que estrellas y gas”; “La historia más grande jamás contada”, etc. Desde 2010, año en el que se inició la sección “especial astrofísicos” hemos sabido porqué distintos investigadores del IAC son astrofísicos al responder a la pregunta ¿Por qué alguien se hace astrofísico? En 2011 comenzó la nueva serie de entrevistas a jóvenes investigadores “El futuro de la Astrofísica”.

La última revista de este año, “Adios a caosyciencia” se publicó el 6 de agosto. En su primer ejemplar, el 6 de agosto de 2002 estas fueron las primeras líneas “Se abre la cúpula del telescopio. Entonces, la luz, mensajera del Universo, desciende del cielo, sube y vuelve a bajar, o, en vez de esto, se dirige hacia uno u otro lado. Parece un juego de espejos y, de hecho, lo es”. Diez años después, la publicación cesa de renovarse aunque continuará disponible en la Web todo el material realizado en este tiempo, casi dos mil piezas entre artículos y multimedia para descubrir o redescubrir cuando lo deseen.

### Adios a caosyciencia



Último ejemplar de la revista “Adios a caosyciencia” (6 de agosto de 2012).



Viñeta del profesor Torcuato, dibujada por Luis García Leiva, con motivo del décimo aniversario y despedida de la publicación. Imagen aparecida en el artículo “Adiós a caosyciencia”.

caosyciencia soñó con establecer un canal de comunicación entre la investigación puntera y la sociedad, y contó con la impagable colaboración de aquellos que más saben de ciencia: los propios

investigadores. Trabajó para que el conocimiento científico resultara atractivo, sabiendo pertinentemente que siempre exigiría más esfuerzo para su disfrute que el último cotilleo. Luchó por ser clara e inteligible en sus explicaciones, y porque el multimedia fuera no sólo un complemento de las palabras sino un actor con voz propia. Intentó convencer de que la ciencia de aquí al lado puede entusiasmar tanto como la de las estrellas, y se deleitó explicando que en todas partes rigen las mismas leyes físicas.

Le fueron de gran ayuda en su empresa las bellísimas imágenes del Cosmos, ¿hay alguien que pueda resistirse a su atracción? Y, asimismo, debatir sobre cuestiones que nos interpelan a todos y cada uno de nosotros, hasta tal punto que a veces evitamos pensar en ellas para ahorrarnos la sensación de vértigo consiguiente: cuál fue el origen el Universo, cómo ha llegado a ser un lugar con un sistema estelar (entre muchos otros) con un planeta llamado Tierra (uno de tantos) donde habita el ser humano (¿única vida inteligente?). Y de qué modo continuará esta historia.

Si esta publicación logró o no sus objetivos, no es ella quien debe decidirlo.

“Por nuestra parte, ha llegado la hora de cerrar la cúpula y dar por finalizadas las observaciones ...”

No queremos decir adiós sin que consten los siguientes agradecimientos:

MEMORIA  
IAC 2012

- Al Instituto de Astrofísica de Canarias 261 (IAC) por haber apostado por la publicación caosyciencia como vehículo de divulgación científica hasta que el estrangulamiento económico ha hecho imposible su continuidad.

- A todas las personas que han colaborado a lo largo de estos años para llenarla de contenido y revisar la ciencia que contaba.

- A los lectores, pues sin ellos ¿qué hubiera sido de nosotros?

- Al extraordinario equipo.

Ha sido un placer. (Annia Domènech, periodista científico responsable de la publicación)

La dirección es <http://www.caosyciencia.com/>

## CARTELES

El IAC ha editado a lo largo del año 2012 los siguientes carteles:

- Cartel de formación de personal investigador. Un nuevo cartel con la convocatoria anual para cubrir las plazas de astrofísicos residentes, dentro del Programa de Formación de Personal Investigador del Área de Enseñanza. El objetivo de este Programa es preparar a jóvenes licenciados para investigar en Astrofísica y en técnicas relacionadas con dicha ciencia.

- XXIV Canary Islands Winter School of Astrophysics "Astrophysical Applications of Gravitational Lensing" (Aplicaciones astrofísicas de las lentes gravitatorias) Organizada por el IAC, se celebró en el Hotel Beatriz Atlantis & Spa en el Puerto de la Cruz (Tenerife), del 5 al 16 de noviembre.

## FOLLETO

Folleto informativo sobre el IAC elaborado para ser utilizado en el "XXVIII IAU Assembly", a la que asistieron investigadores del IAC, que tuvo lugar en Pekín (China) del 20 al 31 de agosto.



## CCI ANUAL REPORT

La Secretaría del Comité Científico Internacional (CCI) de los Observatorios de Canarias, radicada en el IAC, ha publicado el informe anual correspondiente a 2011 sobre las actividades desarrolladas en estos Observatorios, cumpliendo así una de las funciones establecidas 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/ci>



# COMUNICACIÓN Y DIVULGACIÓN

La responsabilidad de la difusión cultural en el IAC, así como la comunicación institucional se canaliza a través de su Gabinete de Dirección. Se señalan a continuación las actividades a resaltar en 2012.

## BALANCE DE LA COMUNICACIÓN INSTITUCIONAL

### *Noticias emitidas*

A través de la Web del IAC, y envíos por correo electrónico, se difundieron a lo largo de 2012 un total de 56 notas de prensa. Estas notas se distribuyeron a su vez a través de las plataformas informativas SINC (que publica la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología), la plataforma Alpha Galileo (que distribuye a los medios europeos) y Eureka Alert (que distribuye en medios americanos y asiáticos).

### *Peticiones de los medios de comunicación*

Es destacable la cantidad de medios de comunicación que recurren a nuestros servicios para asesorarse científicamente sobre nuestro quehacer científico y tecnológico, nuestra política científica (sobre temas de Astrofísica general), solicitar entrevistas, tomar imágenes en nuestras sedes y Observatorios, como para requerir nuestros recursos de imágenes y vídeos.

Por teléfono: Se recibieron más de **360 consultas** de medios de comunicación.

Por correo electrónico: se atendieron, aproximadamente, unas **250 solicitudes** de medios de comunicación vía e-mail.

### *Peticiones de material audiovisual*

En el año se atendieron, aproximadamente, unas **60 solicitudes** de material audiovisual.

### *Visitas para hacer reportajes*

Los Observatorios recibieron un total de **72 visitas** de medios de comunicación a lo largo del año, lo que significa alrededor de 6 visitas de productoras al mes.

## ASESORÍA CIENTÍFICA

El Gabinete de Dirección cuenta con el Dr. Alfred Rosenberg, astrofísico cuyo trabajo es supervisar, desde el punto de vista científico, los contenidos de publicaciones divulgativas que desarrolla el Gabinete, así como atender las consultas de medios de comunicación, instituciones, aficionados de Astronomía y particulares relacionadas con dudas sobre Astrofísica y áreas afines, asume la responsabilidad del Servicio Informático Específico (SIE) del Gabinete y coordina el proyecto divulgativo "TeleAstronomía", entre otras actividades.

## CONTRATOS Y CONVENIOS ENTRE EL IAC Y OTROS ORGANISMOS EN MATERIA DE DIVULGACIÓN DE LA CIENCIA

Se ha suscrito el siguiente convenio:

- Convenio de colaboración entre la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología y el Instituto de Astrofísica de Canarias para la financiación del proyecto "Astrofísica en 3D" dirigido a los cines de España, bajo el patrocinio de la Caixa.

## EXPOSICIONES Y FERIAS

En el año 2012, hemos estado presentes en eventos enmarcados en el fomento de la cultura científica y tecnológica, así como en la promoción del cielo de Canarias. El ámbito de estos eventos fue tanto regional como nacional. Miles de personas participaron en las múltiples actividades organizadas como son: talleres didácticos, charlas, emisión de documentales, conexiones en directo con nuestros Observatorios, exposiciones, etc. A continuación hacemos una breve descripción de cada evento, por orden cronológico.

MEMORIA  
IAC 2012

263

## FORO INNOVACIÓN

Abril, Centro Internacional de Ferias y Congresos de S/C de Tenerife

Tras el éxito de las dos ediciones anteriores, se organizó el “III Foro InnovAcción, si cre@s puedes”, que se celebró en el mes de abril de 2012, en el Centro Internacional de Ferias y Congresos de Tenerife.

Este foro tenía como objetivo principal desarrollar una cultura de la innovación en la isla de Tenerife como eje de la mejora de la competitividad fomentando la capacitación de agentes implicados en el sistema local de innovación, la difusión social y la creación de infraestructuras para la I+D+i. Durante la celebración del Foro, se dispuso de un amplio espacio general dedicado a la divulgación de la innovación en el sector empresarial y en el desarrollo local y a las infraestructuras de soporte para la I+D+i, donde el IAC presentó un stand.



Vista parcial del stand del IAC en el Foro InnovAcción

## FERIAS DE LA CIENCIA Y LA INNOVACIÓN

Todos los años el IAC organiza actividades dirigidas a: niños, adolescentes, tercera edad, público general, etc., que tienen como objetivo la mejora de la percepción de la Ciencia en la sociedad canaria.

El IAC lleva muchos años sumándose a la iniciativa “Semanas Europeas de la Ciencia” a través de diferentes programaciones anuales que perseguían que la sociedad identificase la cultura científica como parte de su propio patrimonio. Transmitir nuestro quehacer científico y nuestro potencial tecnológico, con especial énfasis en las futuras generaciones, son parte de la propia finalidad del IAC y del retorno cultural que debemos a nuestro entorno. De manera concreta, con la programación de las semanas de la ciencia de 2012 logramos:

- Divulgar las diferentes áreas que conforman la astrofísica, haciendo especial hincapié en la física solar, ya que nuestra estrella más próxima se encuentra en máxima actividad y es noticia en los medios. Para ello dispusimos la observación del espectro del Sol en directo.

- Dar las claves de los fundamentos físicos que ayudan a comprender la diferente instrumentación que se usa en nuestros observatorios. La piedra de Rosetta, sin lugar a dudas, es el espectro electromagnético, materia que abordamos con un taller especialmente didáctico. Gracias a un divulgador de nuestra entidad, usando lámparas espectrales y redes, se llegó a miles de estudiantes así como público general en las ferias de Tenerife, Gran Canaria y La Orotava. También se trató este tema en la obra infantil “¿Sueñan los títeres con el Cosmos?”.

- Generar un clima favorable al consumo de productos de divulgación científica, como son la astrofotografía, los documentales y material de innovación audiovisual relativo a la astrofísica, las secciones dedicadas a la ciencia en la prensa, etc. Un consumidor de cultura científica es un impulsor de la sociedad del conocimiento. Por medio de un audiovisual en 3D de impacto, el taller de astrofotografía consiguió que miles de estudiantes (desde primaria a universidad) así como público en general se entusiasmasen por nuestros productos.

- Acercar el científico y el tecnólogo a la sociedad, en especial a los chavales que están en edad de escoger una carrera profesional a través de las charlas programadas en las ferias (con una parrilla de alumnos asegurada desde la Dirección General de Innovación) así como en talleres para edades cercanas a la elección de una carrera profesional (bachillerato). Este objetivo se logró con éxito. Este año, finalmente, se consiguió tener una parrilla de alumnos programada en todas las ferias, siendo su organización impecable y alcanzando mayor número de alumnos. El taller sobre Ingeniería aplicada a la Astrofísica



se dedicó especialmente a alumnos de bachillerato con muy buenos resultados en interés y participación. Además, las charlas de nuestros investigadores lograron acercar la figura del “científico” a la sociedad canaria.

- Llegar a la población infantil, con recursos atractivos a los ojos de los más peques como son los títeres y los cuentacuentos. En este sentido, servimos de plataforma para que una compañía de títeres desplegara un espectáculo muy especial con la ayuda de la asesoría científica de gabinete y divulgadores del Museo de la Ciencia y el Cosmos. Las fotografías hablan por sí mismas... La empresa aportaba los muñecos y las actrices expertas en su manejo es la misma que realizó los famosos Trancas y Barrancas del programa el Hormiguero.

- Acercarnos a nuestros mayores la ciencia en el ambiente lúdico en el que se han

constituido los centros de mayores y de participación ciudadana que coordinan los ayuntamientos de San Cristóbal de La Laguna y S/C de La Palma. La astrofísica y divulgadora, Dra. Antonia M. Varela, así como la exposición itinerante de Tenerife lograron que las personas mayores se acercaran por unas semanas al área de la Astronomía.

- Potenciar la vertiente tecnológica que va aparejada a la Astrofísica a través de un taller dedicado a la Ingeniería que hace posible ver mejor las estrellas, incluso a través de una atmósfera que dificulta las observaciones astronómicas.

A continuación se presenta una tabla con un breve resumen de los proyectos donde se enmarcan las actividades desarrolladas en noviembre en las Semanas de la Ciencia canarias:

	Proyecto	Objetivo	Fechas	Lugar de celebración
1	<b>Ferías de la Ciencia y la Innovación canarias</b>		Noviembre	Canarias
1.1	<i>Feria de la Ciencia y la Innovación de Las Palmas de G/C</i>	Acercar a la sociedad a la astronomía. Fomentar las vocaciones científico-técnicas.	8, 9 y 10 de noviembre	Las Palmas de G/C
1.2	<i>Feria de la Ciencia y la Innovación de S/C de Tenerife</i>		22, 23 y 24 de noviembre	S/C de Tenerife
1.3	<i>Feria de la Ciencia de la Orotava (Tenerife)</i>		2 de diciembre (por motivos meteorológicos se canceló el 25/11 y se pospuso para el 2/12)	La Orotava, (Tenerife)
1.4	Espectáculo infantil ¿Sueñan los títeres con el cosmos?	Fomentar la cultura científica entre los más pequeños	23 de noviembre 24 de noviembre 25 de noviembre	- Museo de la Ciencia y el Cosmos (La Laguna, Tenerife) - Teatro Guimerá (S/C de Tenerife) - Teatro Teobaldo Power (La Orotava, Tenerife)

2	<b>Proyecto para nuestros mayores “Contamos Contigo”</b>	Impulsar la cultura científica como actividad ociosa entre la tercera edad mediante una exposición itinerante y una charla especialmente dirigida a personas mayores	9 de noviembre  20 de noviembre	- Espacio Multifuncional del Tranvía (La Cuesta, Tenerife) - Centro Ciudadano de San Jerónimo (Taco, Tenerife)
3	<b>Semana de la Ciencia en La Palma</b>	Acercar a la sociedad a la astronomía. Fomentar las vocaciones científico-técnicas.	Noviembre	Isla de La Palma
3.1	<b>“Contamos Contigo” en La Palma</b>	Impulsar la cultura científica como actividad ociosa entre la tercera edad mediante una exposición itinerante y una charla especialmente dirigida a personas mayores	16 de noviembre	Centro de Mayores de S/C de La Palma (La Palma)
3.2	<b>Taller “Cómo afecta la atmósfera a las observaciones astronómicas”</b>	Especialmente preparado para estudiantes de bachillerato. Damos a conocer qué es la óptica activa y adaptativa y que la astrofísica congrega a profesionales de diferentes ámbitos de las ingenierías. Fomentar las vocaciones científico-técnicas	26 de noviembre	Centro de Enseñanza de Profesores de S/C de La Palma (La Palma)
3.3	<b>Espectáculo infantil ¿Sueñan los títeres con el cosmos?</b>	Fomentar la cultura científica entre los más pequeños	27 de noviembre	Teatro Circo de Marte (La Palma)

**1.- Ferias de Las Palmas de G/C** - 8 al 10 de noviembre, Parque de Santa Catalina (Las Palmas de Gran Canaria); **S/C de Tenerife** - 22 al 24 de noviembre; Parque García Sanabria (S/C de Tenerife); **La Orotava** (Tenerife)- 2 de diciembre, Plaza de la Constitución.

Las actividades programadas por el Instituto de Astrofísica de Canarias tienen como objetivo acercar a la sociedad canaria la cultura científica, especialmente a los jóvenes. Asistieron estudiantes de todos los niveles y público en general.

<b>Talleres</b>	
<b>Título</b>	<b>Breve sinopsis</b>
<p><b>“Espectro del Sol en directo”</b> 8, 9 ,10, 22, 23 y 24 de noviembre y 2 de diciembre</p>	<p>Este taller sacó rentabilidad al hecho de que nuestra estrella madre está en todos los medios de comunicación, ya que se encuentra en un período de máxima actividad. A través de un pequeño banco óptico logramos proyectar el espectro del Sol, dando pie a introducir conceptos de óptica y química. Este taller es complementario a la actividad de los astrónomos aficionados que permitirá disfrutar de fenómenos solares observables en directo.</p>
<p><b>Telescopios para amigos de la astronomía</b> 8, 9 ,10, 22, 23 y 24 de noviembre y 2 de diciembre</p>	<p>Astrónomos aficionados mostraron cómo se usa un telescopio y ofrecieron observaciones en directo del Sol, que con su gran actividad permitió ver sus manchas y fulguraciones.</p>
<p><b>“Astrofísica en 3D”</b> 8, 9 ,10, 22, 23 y 24 de noviembre y 2 de diciembre</p>	<p>Los avances tecnológicos en cámaras digitales, presentación de imágenes estereoscópicas y su procesado por ordenador nos permiten realizar y utilizar tanto imágenes fijas como vídeos en 3D para mostrar imágenes de gran impacto y extrema belleza, que hacen al espectador sumergirse en el cielo que se disfruta y la tecnología científica dedicada a su estudio, en este caso, desde los observatorios astronómicos del Instituto de Astrofísica de Canarias.</p>
<p><b>“El espectro electromagnético”</b> 8, 9 ,10, 22, 23 y 24 de noviembre y 2 de diciembre</p>	<p>A través de varios elementos como lámparas, redes de difracción, cámara infrarroja, etc. se asoció la instrumentación utilizada en astrofísica, así como los objetos a observar (en función de su energía) con el rango espectral, lo que permitió hacer entender la presencia en los observatorios de telescopios que observan en diferentes rangos del espectro como el infrarrojo, visible, ultravioleta, microondas, e incluso rayos gamma.</p>
<p><b>“Astrofotografía”</b> 8 y 22 de noviembre</p>	<p>Impartido por un reconocido profesional de la fotografía astronómica y paisajística, Daniel López. Explicó la técnica timelapse consistente en la superposición de imágenes tomadas en un intervalo de tiempo determinado e integrada en secuencias temporales que pueden llegar a ser de noches y días completos. Así se pueden ver en segundos lo que ocurre en horas y se consiguen ver detalles en el cielo, que eran posibles anteriormente sólo en fotografías de muy larga exposición.</p>
<p><b>Proyección fulldome “Destinos Cósmicos”. Planetario portátil.</b> 22, 23 y 24 de noviembre y 2 de diciembre</p>	<p>Viaje virtual a las Lunas de Saturno. En el trayecto el espectador tuvo la ocasión de visitar los cráteres lunares, el Monte Olimpo en Marte, un Cometa, el Cinturón de Asteroides y llegar a las proximidades de Júpiter. Después se visitó las principales Lunas de Saturno atravesando su complejo sistema de anillos.</p>

<b>Charlas</b>		
<b>Título</b>	<b>Breve Sinopsis</b>	<b>Ponentes, conferenciantes</b>
<p><b>“Instrumentación astrofísica para la detección de fenómenos altamente energéticos”</b> 9 de noviembre a las 12:00</p>	<p>El espectro electromagnético se extiende desde las ondas de radio, pasando por el infrarrojo, la luz visible, el ultravioleta, los rayos X y los rayos gamma, hasta llegar a los “rayos gamma de muy alta energía”. Las observaciones en luz visible tienen una historia de siglos, mientras la astronomía de rayos gamma en satélites o desde Tierra son disciplinas jóvenes creadas en el siglo XX. Todo esto y más se pudo aprender en la charla.</p>	<p>Dra. Irene Puerto</p>
<p><b>“Exoplanetas”</b> 22 de noviembre a las 11:30</p>	<p>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 de batalla más activos dentro de la Astrofísica moderna.</p>	<p>Dr. Enric Pallé</p>
<p><b>“El Máximo Solar y las Auroras”</b> 23 de noviembre a las 13:00</p>	<p>Este verano, del 20 al 29 de agosto la expedición SheliOS 2012, coordinada por el investigador del Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC) Miquel Serra-Ricart, observó las auroras boreales desde el sur de Groenlandia, en concreto, desde los alrededores del glaciar de Qaleraliq. En su charla se pudo disfrutar del material audiovisual grabado en el mencionado glaciar.</p>	<p>Dr. Miquel Serra</p>
<p><b>“La Ingeniería en la Astrofísica”</b> 23 de noviembre a las 10:30</p>	<p>A través de la charla sobre la instrumentación que se está desarrollando en el Área de Instrumentación del IAC, se dio a conocer que la astrofísica congrega a profesionales de diferentes ámbitos de las ingenierías: mecánica, electrónica, software, etc.</p>	<p>Dña. Mainer Insauti</p>
<p><b>“Estudiando el origen del Universo: el experimento QUIJOTE”</b> 24 de noviembre a las 11:00</p>	<p>Las fluctuaciones primordiales en la densidad de materia que originaron las estructuras observadas hoy día en nuestro Universo. A partir del estudio de mapas de alta sensibilidad, se pretende restringir los valores de los parámetros cosmológicos más relevantes. El instrumento Quijote, situado en el Observatorio del Teide, tiene como desafío avanzar en la obtención de dichos parámetros.</p>	<p>Dr. José Alberto Rubiño</p>

*Espectáculo infantil. “¿Sueñan los títeres con el cosmos?”*

Este espectáculo fue diseñado especialmente para estudiantes de primaria, si bien es apto para todos los públicos por lo divertida que es su puesta en escena. Encontramos grandes profesionales especializados en llegar al público infantil, la compañía The Root Puppets, creadores de los muñecos Trancas y Barrancas del programa televisivo el Hormiguero. Sus muñecos junto con un investigador del IAC (Dr. Alfred Rosenberg) y divulgadores del Museo de la Ciencia y el Cosmos (Rubén Navas y Oswaldo González) pusieron en marcha experimentos de impacto y divulgaron la astronomía a los pequeños... y no tan pequeños.

Tenerife:

- 23 de noviembre 11:00; San Cristóbal de la Laguna (Museo de la Ciencia y el Cosmos).
- 24 de noviembre 11:30; Santa Cruz de Tenerife (Teatro Guimerá).
- 25 de noviembre 18:00; La Orotava (Teatro Teobaldo Power).



## 2.- “Contamos contigo”

Dirigido a personas mayores, este proyecto, contó con una exposición itinerante (sólo en Tenerife) y una charla de la investigadora del IAC Dra. Antonia M. Varela titulada “Expediciones astronómicas a Canarias, una ruta al Universo”. La Dra. Varela es una experta divulgadora de la astronomía. En su charla, se pudo descubrir la historia de los astrónomos que han hecho posible que Tenerife y La Palma sean hoy en día una de las ventanas para el estudio del universo. El recorrido comenzó en el siglo XIX con las primeras misiones de prospección de

la calidad del cielo a Tenerife y terminó en la actualidad, con los más sofisticados instrumentos de la ciencia astronómica. La charla se impartió en:

- 9 de noviembre a las 18:00 en el Espacio Multifuncional del Tranvía (La Cuesta)
- 20 de noviembre a las 18:30 en el Centro Ciudadano de San Jerónimo (Taco)

La exposición titulada “El IAC: desde su origen al Gran Telescopio CANARIAS”, fue expuesta durante unos días en los mismos lugares donde tuvo lugar la charla:

- 8- 18 de noviembre en el Espacio Multifuncional del Tranvía (La Cuesta)
- 19 - 23 de noviembre en el Centro Ciudadano de San Jerónimo (Taco)

## 3.- Semana de la Ciencia en La Palma

Nuestra Semanas de la Ciencia Canarias llegaron a la isla de La Palma. Esta isla alberga en sus cumbres el Observatorio del Roque de Los Muchachos. Las actividades que ofrecimos son las siguientes:

*Taller de Ingeniería aplicada a la Astrofísica “Cómo afecta la atmósfera a las observaciones astronómicas”.*

Dirigido a estudiantes de bachillerato fue impartido por D. Julio Castro, experto en caracterización de los observatorios. El lugar elegido fue el Centro de Enseñanza de Profesores de S/C de La Palma el 26 de noviembre. En este proyecto se pretendía dar a conocer qué es la óptica activa y la óptica adaptativa, así como que la astrofísica congrega a profesionales de diferentes ámbitos de las ingenierías, de tal forma, que los estudiantes de bachillerato puedan ver a nuestros observatorios y sedes como un nicho de oportunidad para futuras carreras de ingenierías.

*Espectáculo infantil. “¿Sueñan los títeres con el cosmos?”*

Este proyecto descrito anteriormente fue llevado a los más pequeños de la

Palma. Desde el Centro de Enseñanza de Profesores de S/C de La Palma dinamizaron a escolares de toda la isla en dos sesiones que tuvieron lugar el 27 de noviembre en el Teatro Circo de Marte.

### *Contamos contigo*

También descrito anteriormente, el proyecto para nuestros mayores se programó para la isla de La Palma el 16 de noviembre. en el Centro de Mayores de su capital. La Dra. Antonia M. Varela impartió la misma charla que en la isla de Tenerife. Por motivos presupuestarios, no obstante, no se llevó la exposición “El IAC: desde su origen al Gran Telescopio CANARIAS”.

Para la ejecución de las actividades contamos con la colaboración de:

- Agencia Canaria para la Investigación, Innovación y Sociedad de la Información (coordinación para las ferias, así como carpas y electricidad para el Stand del IAC, además de carpas comunes a todos los centros de investigación en las ferias de Tenerife y Gran Canaria).
- La Dirección General de Innovación Educativa de la Consejería de Educación del Gobierno de Canarias (coordinación de la asistencia de centros educativos).
- El Centro de Enseñanza de Profesores de S/C de La Palma (coordinación para la asistencia de centros educativos a nuestras actividades en La Palma y espacio para

la impartición del taller “¿Cómo afecta la atmósfera a las observaciones?”.

- Museo de la Ciencia y el Cosmos de Tenerife (asesoría para el espectáculo infantil “¿Sueñan los títeres con el Cosmos?” y uso del salón de actos para la celebración de dicho espectáculo).

Ayuntamiento de la Orotava (espacio para la Feria de la Ciencia de la Orotava y el uso del teatro Teobaldo Power).

- Ayuntamiento de Santa Cruz (espacio para la Feria de la Ciencia y la Innovación de S/C de Tenerife y uso del teatro Guimerá).

- Ayuntamiento de Las Palmas de Gran Canaria (espacio para la Feria de la Ciencia y la Innovación de Gran Canaria).

- Ayuntamiento de S/C de La Palma (espacio en el Centro de Mayores de S/C de La Palma para impartir la charla “Contamos Contigo” y uso del teatro Circo de Marte para el espectáculo infantil “¿Sueñan los títeres con el Cosmos?”).

- Ayuntamiento de La Laguna (espacio en el Espacio Multifuncional de La Cuesta y en el Centro Ciudadano de San Jerónimo para la charla y la exposición del proyecto para mayores “Contamos Contigo”).

- Las agrupaciones y amigos de la astronomía integrados por varias generaciones de apasionados por el universo: GOAT (Tenerife) y AAGC (Gran Canaria).

MEMORIA  
2012 IAC

270

Proyecto	IMPACTO	Target	Asistencia de público
<b>Feria de la Ciencia y la Innovación de Las Palmas de Gran Canaria</b>	Estudiantes de todos los niveles. Público General		12.000
<b>Feria de la Ciencia y la Innovación de S/C de Tenerife</b>	Estudiantes de todos los niveles. Público General		15.000
<b>Feria de la Ciencia de la Orotava</b>	Estudiantes de todos los niveles. Público General		5.000
¿Sueñan los títeres con el cosmos?	Niños de primaria. También público en general.		1.650
<b>Contamos Contigo</b>	Personas de la tercera edad, centros de participación ciudadana		200 c/v
<b>Taller “Cómo afecta la atmósfera a las observaciones astronómicas”</b>	Estudiantes de bachillerato		70 c/v

## PROYECTOS DE COLABORACIÓN CON EL MUSEO DE LA CIENCIA Y EL COSMOS DEL CABILDO DE TENERIFE

### Conferencias y presentaciones de libros

Se impartieron las siguientes conferencias y presentaciones de libros:

- “El ocaso de la era científica”, a cargo de Martín López Corredoira (IAC).
- “Miss Leavitt. Midiendo el Universo”, a cargo de Antonia M. Varela (IAC).
- “A partir de aquí hay monstruos”, a cargo de Nolan R. Walborn (Space Telescope Science Institute, EEUU), invitado por el IAC.



- “El calendario maya y el 2012: ¿Apocalipsis “now”?” a cargo de Juan A. Belmonte (IAC).

-”Las raíces cósmicas de la vida” y presentación de libro, por Josep M. Trigo, científico titular del Instituto de Ciencias del Espacio (CSIC-IEEC).

- “El Oxígeno y la vida en el Universo”, a cargo de César Esteban (IAC).

- “El Legado de Prometeo. Extraer energía de un agujero negro... ¿posibilidad o locura?” y presentación de libro, por Miguel Santander (astrofísico y escritor).



- “El ojo humano: una ventana abierta al Universo”, a cargo de Héctor Castañeda (Escuela Superior de Física y Matemáticas de México).

- “Arte y Ciencia: ¿en los brazos de Venus?” y presentación de libro, por Carlos Chimal (escritor y divulgador científico).

-”Espejismos gravitatorios”, a cargo de Verónica Motta Cifuentes (Universidad de Valparaíso, Chile).



### Colaboración en nuevo módulo “El fantasma de la luz”

El nuevo módulo “El fantasma de la luz” fue inaugurado el 15 de marzo. El módulo explica el espectro electromagnético y, en especial, la radiación visible e infrarroja. Dos cámaras que operan en estos dos rangos respectivos comparan las visiones respectivas. Contiene imágenes de Daniel López y colaboró el Servicio Multimedia del IAC.



### Teatro de títeres

Función de títeres: “¿Sueñan los títeres con el Cosmos?”. El Museo de la Ciencia y el Cosmos en colaboración con el Instituto de Astrofísica de Canarias, estrenó la obra teatral con títeres “¿Sueñan los títeres con el Cosmos?”, un divertido espectáculo conducido por el investigador del IAC, Dr. Alfred Rosenberg, con guion de Rubén Naveros y la colaboración de Oswaldo

González, ambos personal del Museo. Les acompañaron los títeres de la compañía The Root Puppets creadores, entre otros, de las famosas hormigas Trancas y Barrancas. El montaje se inauguró el viernes 23 de noviembre a en el Museo y pudo verse posteriormente en Santa Cruz de Tenerife, el día 24; en La Orotava, el día 25; y en Santa Cruz de la Palma, el día 27, todo en el marco de las Semanas de la Ciencia y la Innovación en Canarias 2012.

Asistieron 1.650 personas, en su mayor parte escolares.



*El Dr. Rosenberg con Trancas y Barrancas.*

### **Proyecto COSMOSOMAS (H-ALPHA) CON TVE**

La Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología concedió una ayuda de 15.000 € para un proyecto de colaboración entre el Museo de la Ciencia y el Cosmos/OAMC, TVE y el IAC. Este Proyecto consiste en 13 episodios de divulgación de la Astronomía en los que se ha estado trabajando durante todo el año 2012.

#### *Otros*

**MEMORIA 2012 IAC** - Colaboración con el Máster Oficial en Astrofísica de la ULL/IAC para la realización de prácticas en el Museo.

272

- Asesoramiento científico y técnico del IAC para proyectos e instrumentos del Museo.

- Colaboración del Museo de la Ciencia y el Cosmos con el Planetario portátil en la participación del IAC en el Parque Infantil de Tenerife (PIT), durante las fechas navideñas.

## **PROYECTOS DE INNOVACIÓN DIVULGATIVA**

Nuestra experiencia nos dice que para atraer al público y llamar su atención hacia una rama de la ciencia es necesario utilizar herramientas visuales. La cultura del hombre de la calle es fundamentalmente visual y es a través de las imágenes como podemos impulsar hacia una mayor profundización de aquello que se nos muestra. La Astrofísica cuenta con la gran ventaja de que podemos jugar con la belleza del Universo, de los instrumentos que tenemos para observarlo y los lugares extraordinarios donde se asientan.

### **Astrofísica en 3D. Audiovisual “El Universo en tus manos”**

Los avances tecnológicos en cámaras digitales, presentación de imágenes estereoscópicas y su procesado por ordenador permiten realizar y utilizar tanto imágenes fijas como vídeos en 3D para mostrar imágenes de gran impacto y extrema belleza.

El audiovisual realizado permite al espectador sumergirse en el cielo que se disfruta en Canarias y tener otra perspectiva de la tecnología científica dedicada a su estudio.

El proyecto ha sido posible gracias a la colaboración de la Fundación Española de la Ciencia y la Tecnología (FECYT) a través de la Convocatoria de Fomento de la Cultura Científica y Tecnológica. Web del evento: <http://www.timelapses.es/blog/2012/07/timelapse-showfest-proyeccion-de-timelapses-en-cine/>

Su lanzamiento tuvo lugar en el Timelapse Showfest celebrado en Madrid el 28 de



*Imágenes que aparecen en el documental del Roque Cinchado y La Zapatilla de la Reina. Parque Nacional del Teide (Tenerife).*



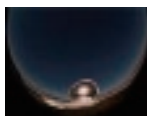
octubre, en los cines Kinopolis (Ciudad de la Imagen, Pozuelo de Alarcón, Madrid). A este evento asistirán especialistas de esta técnica de ámbito nacional e internacional. Además se ha proyectado en las Ferias de la Ciencia de Gran Canaria (8, 9 y 10 de noviembre) y de Tenerife (22, 23 y 24 de noviembre), así como en la Feria de la Orotava (2 de diciembre).

## Timelapses

Los audiovisuales denominados timelapses combinan las técnicas astronómicas de tratamiento y adquisición de imágenes con vídeo de alta definición, consiguiendo ver en segundos lo que ocurre en horas, con un detalle del cielo espectacular. En el marco de la promoción y divulgación de nuestro cielo destacamos: <http://vimeo.com/23205323>

## Fulldome

Material gráfico, en varias duraciones y formatos para que puedan ser usados en los programas divulgativos que se exponen para el Gran Público en las proyecciones Fulldome (360 grados/semiesféricos) de planetarios y Museos de España. Hemos querido potenciar la difusión de la calidad del cielo canario añadiendo incluso imágenes con la flora típica de alta montaña (los tajinastes) y el contraste del paisaje espectacular del que disfrutaban astrónomos profesionales y amateur en una noche de trabajo. Imágenes en: <http://www.iac.es/fulldome>



## Telescopio Liverpool - Proyecto Educativo con telescopios robóticos

Este proyecto aprovecha el tiempo de observación dedicado a la divulgación en el telescopio robótico Liverpool situado en el Roque de Los Muchachos para dedicarlo a pequeños proyectos científicos que puedan ser desarrollados en las aulas, logrando dos objetivos: por un lado, transmitir al alumnado conceptos sobre Astronomía-Astrofísica y

ramas relacionadas y, por otro lado, permite a los profesores enseñar a sus alumnos el proceso científico, desde la selección de los objetos a estudiar y la solicitud del tiempo de observación, hasta el análisis de las imágenes, la realización de cálculos y la obtención de las conclusiones finales.

En el 2012 procedimos a la ejecución de la renovación y adecuación del proyecto (nacido en 2005) a las nuevas necesidades y expectativas de la comunidad educativa y público general, llevando a cabo las siguientes acciones:

- Revisión de la Web del NSO y de otros proyectos con telescopios robóticos para ver qué tipo de observaciones y proyectos educativos/divulgativos se podían ofertar.

- Desarrollo de un foro para el intercambio de ideas, sugerencias y gestión de consultas, el "Foro de PETeR" (<http://www.iac.es/peter/phpBB3/>), en el que se planteó una encuesta entre los representantes de centros educativos y asociaciones de astrónomos aficionados acerca de las opciones más interesantes que se podían llevar a cabo con el telescopio LT. Se realizó una intensa promoción del foro y participación en la encuesta entre los centros educativos españoles y asociaciones de astrónomos aficionados. Los resultados de la encuesta, en la que participaron 25 representantes de los centros educativos y asociaciones de astrónomos aficionados, fueron:

- Un 14% eligió observaciones fijas como las que ya se ofertaban.

- Un 24% prefiere el trabajo con unidades didácticas que hagan uso de observaciones de archivo (la mayor parte son representantes de los centros educativos).

- Un 29% opta por propuestas de observación propias (la mayoría de ellos son representantes de las asociaciones de aficionados).

- Un 33% escogió participar en proyectos científicos ("ciencia ciudadana") adaptados

a las herramientas de las que se dispone (contribución similar de escuelas y asociaciones).

A la vista de estos resultados, se ha trabajado en los siguientes aspectos:

- Unidades Didácticas (U.D.) sobre temas de Astronomía y áreas relacionadas que hacen uso de imágenes de archivo obtenidas con el telescopio LT. El desarrollo de estas U.D. sirve para enseñar conceptos astrofísicos (adaptables a varios niveles) y facilitar su comprensión, aprender a utilizar un software propio (en español) de visualización y análisis de imágenes, y servir de primer acercamiento de los usuarios al método científico.

- Actualización de la Web: se han hecho las actualizaciones de enlaces y textos en la Web dependiente del IAC y se han revisado y corregido los textos en español en la web del NSO. Estas revisiones se pasaron al coordinador del proyecto, Christopher Leigh, en junio de 2012 (se está a la espera de que se hagan los cambios oportunos en la web del NSO).

- Dar acceso y responder consultas de los usuarios: se han realizado 22 nuevos registros, que supone un 30% más que la media anual desde el comienzo del proyecto en 2006.

- Elaboración de una propuesta de renovación del proyecto, que incluía el desarrollo de una nueva web, dentro de la Convocatoria de ayudas para el Fomento de la Cultura Científica y de la Innovación de la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT). Finalmente, esta propuesta no recibió financiación.

- Búsqueda de proyectos atractivos de “e-ciencia” que puedan ser desarrollados a partir de observaciones con el telescopio LT.

- Promoción y difusión del proyecto: 2012 a través de nota de prensa en relación a la inauguración del edificio de apoyo del telescopio LT, en la que se promovía la

participación en los proyectos educativos-divulgativos con dicho telescopio. Mayo de 2012 y presentación oral en el XX Congreso Estatal de Astronomía en Gandía (Valencia): “Telescopios robóticos: una herramienta para acercar la Astronomía a la sociedad”, 6-9 de diciembre de 2012.

## TeleAstronomía

Este proyecto divulgativo del Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC) lleva en funcionamiento más de cinco años. Su objetivo es mostrar el trabajo de un astrónomo en el telescopio, cómo funciona, por qué los observatorios se encuentran en estos lugares tan altos y recónditos, qué tipos de telescopios existen, cómo se desarrolla la labor investigadora de un astrofísico, etc. El alcance del proyecto incluye a aficionados de la astronomía y a estudiantes, especialmente en el segundo ciclo de secundaria y bachillerato, a quienes muestra que la ciencia es atractiva y la astrofísica, como cualquier área de investigación, no es una rama de la ciencia para genios, sino para gente con ganas de trabajar y de resolver incógnitas.

Este año hemos llegado a **unas 2.500 personas**, además de haber realizado actualizaciones y mejoras en el software utilizado que han facilitado las comunicaciones.



## VOCES

El proyecto audiovisual “Voces” pone a disposición de los medios de comunicación e internautas una ventana a la ciencia de la mano de sus protagonistas, aprovechando el potencial de los científicos que pasan por los seminarios, congresos, reuniones y grupos de seguimiento del IAC.

Más información sobre las entrevistas recogidas en Voces en: <http://www.iac.es/divulgacion.php?op1=16&op2=403>

## CONCURSO

### Concurso de cortos en Jameson Notodofilmfest

El IAC ha participado activamente en la organización del concurso convocado en Jameson Notodofilmfest, que es un festival con vocación internacional en el que puede participar cualquier persona (“física o jurídica”), sea de la nacionalidad que sea, siempre que haya cumplido ya los 18 años. El IAC convocó en el marco de este festival, por tercer año consecutivo, el Premio Starlight. ¿Y en qué consistió este premio?

Se propuso a los concursantes de la décima edición realizar cortometrajes de ficción, documental o animación de no más de tres minutos y medio de duración que contribuyeran a defender el valor del cielo y las estrellas. El carácter abierto del tema propuesto invitó a desarrollar diferentes argumentos que promovieran la preservación del cielo nocturno como un recurso cultural, científico y artístico. El Premio Starlight estuvo dotado con 2.000 € y una ayuda para viajar a la Isla de La Palma, pasar una noche en la Residencia del Observatorio del Roque de los Muchachos, y una visita guiada a las instalaciones telescópicas del ORM y al Gran Telescopio CANARIAS (GTC).

Más información sobre el concurso en: <http://www.notodofilmfest.com>

### BIA (BANCO DE IMÁGENES ASTRONÓMICAS)

En 2012, gracias a la labor de tratamiento y documentación de Luis Chinarro se mantiene actualizado el proyecto Banco de Imágenes Astronómicas (BIA). En este proyecto se incluyen fotografías de los telescopios del IAC e ilustraciones, animaciones y vídeos relacionados con la Astronomía.

Esta herramienta comprende una amplia gama de imágenes del Universo lejano, de nuestro Sistema Solar y además, incluye fotografías de los telescopios del IAC y de eventos sociales e ilustraciones, animaciones

y vídeos. Tanto la comunidad educativa, como los aficionados a la astronomía, astrofísicos profesionales, medios de comunicación o cualquier internauta pueden usar las imágenes para muy diversos fines: unidades didácticas, charlas divulgativas, publicaciones en prensa, ocio, etc. Está en constante actualización gracias a la aportación de aficionados, astrónomos, etc.

Ver: <http://www.bia.iac.es/>

## COSMOEDUCA

Es un proyecto educativo del Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC) dirigido al profesorado de Secundaria y Bachillerato de toda España.

Su principal objetivo es facilitar la enseñanza de la Astronomía atendiendo las dudas del profesorado sobre cuestiones relacionadas con la Astronomía que aparezcan en sus currículos y elaborando materiales didácticos a petición del profesorado español.

Este portal pretende también ser una plataforma participativa que promueva las relaciones entre el profesorado y las agrupaciones de Astronomía y los Museos de toda España, quedando también abierta al resto de la comunidad hispanoparlante.

Durante el año 2012 la actividad se ha limitado a la atención del profesorado, agrupaciones de Astronomía y Museos a través de la lista iac-edu y al mantenimiento de la misma.

Más información: <http://www.iac.es/cosmoeduca>

## FUNDACIÓN STARLIGHT

Desde sus comienzos, el Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC) se ha empeñado en proteger los cielos de las cumbres de Canarias y en difundir la Astronomía en la cultura ciudadana. Además, siempre ha abierto a sus Observatorios, singularmente a los escolares, y ha insistido en su potencial para desarrollar “el turismo de las estrellas”. Ya en 1979, apenas se firmaron los Acuerdos

Internacionales de Cooperación en Astrofísica, propuso a las autoridades el aprovechar los grandes telescopios como reclamo para promover una oferta turística con una identidad propia y singular.

Starlight surge del Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC) tras impulsar, en la primavera del 2007, la "I Conferencia Internacional Starlight" (La Palma), con el fin de estudiar, desde diferentes perspectivas, la necesidad de proteger el cielo nocturno.

Fruto de esa Conferencia son los principios y recomendaciones contenidas en la llamada "Declaración de La Palma", en cuya redacción participaron también representantes de UNESCO, OMT, IAU, PNUMA-CMS, CE, SCDB, COE, Programa MaB y Convención Ramsar.

En diciembre de 2009 el Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC) crea la Fundación Canaria Starlight para la Difusión de la Astronomía que tiene, entre otros fines, el de gestionar, impulsar y extender la Iniciativa Starlight en todo el mundo.

## Actividades de 2012

### CURSOS DE CAPACITACIÓN

#### II Curso para la capacitación de Guías Starlight

Con el Patrocinio del Cabildo de Tenerife, la Fundación ha organizado el II Curso de Guías Starlight.

Los Guías Starlight son profesionales formados, capacitados y acreditados para conducir grupos en la noche y el día, ayudándoles a disfrutar de la contemplación del firmamento y la naturaleza que lo enmarca, e interpretando sus valores pedagógicamente desde el conocimiento del Universo concebido como un todo, del que los humanos formamos parte.

Los Cursos se han dirigido, preferentemente, a formar como Guías especializados a aquellas personas que ya estaban implicadas en actividades de turismo astronómico, y/o turismo de naturaleza.

Al Curso asistieron 30 alumnos todos ellos profesionales de los campos descritos.



*El acto informativo contó con la presencia del consejero insular de Turismo, Carlos Alonso; el director del Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC), Francisco Sánchez; y la coordinadora del curso, Marta Sánchez.*



*La entrega de las acreditaciones a los nuevos Guías Starlight tuvo lugar en el Salón Noble del Cabildo y fue presidida por el Consejero insular de Desarrollo Económico, Comercio y Empleo, Efraín Medina con asistencia del Rector de la Universidad de La Laguna, Eduardo Doménech, del Vicepresidente de la Fundación Starlight y Director del IAC, Francisco Sánchez, la Presidenta del Organismo Autónomo de Museos de Canarias Amaya Conde y la Directora del Curso, Marta Sánchez.*

#### I Curso de Auditores STARLIGHT

Durante los días 3 y 4 de diciembre pasado tuvo lugar el primer Curso de Auditores Starlight.

El objetivo de este curso es formar profesionales cualificados en el procedimiento y metodología de las Auditorías que se llevan a cabo en el procedimiento de las certificaciones como Reservas o Destinos Turísticos Starlight, según los lugares.

El Curso tuvo lugar en la Sede del Instituto de Astrofísica de Canarias (Patrono de la Fundación) y a la inauguración asistió el Presidente la Fundación, D. José Carlos Francisco, el Vicepresidente de la Fundación y Director del IAC Francisco Sánchez.

El alumnado fue seleccionado entre profesionales del mundo de la astronomía y del ámbito turístico, todos ellos con gran experiencia en su materia.

## TRABAJOS DE CONSULTORÍA

En el año 2012, la Fundación Starlight ha realizado trabajos de Consultoría para el Ayuntamiento de Granadilla de Abona y para la empresa "Turismo de Tenerife".

Ambos trabajos han tenido por objeto estudiar la manera de potenciar el turismo de las estrellas en el Municipio de Granadilla de Abona e introducir puntos de interés astronómico en el programa "Rutas Volcánicas" de la Isla de Tenerife.

Se expresa así la voluntad de la Fundación Starlight de colaborar estrechamente con las Administraciones públicas en el impulso del turismo astronómico.

## CERTIFICACIONES COMO DESTINOS TURÍSTICOS STARLIGHT

Durante el 2012 se han llevado a cabo las siguientes certificaciones:

### RESERVA DE LA BIOSFERA DE LA RIOJA (Valles del Leza, Jubera, Cidacos y Alhama)

Promovido por la Consejería de Turismo, Medio Ambiente, y Política Territorial del Gobierno de la Comunidad Autónoma de La Rioja y tras seguir el procedimiento y posterior auditoría, se ha procedido a la Certificación de la citada Reserva como Destino Turístico Starlight.



El consejero de Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente, Íñigo Nagore, recibió el reconocimiento de manos del director del Instituto Astronómico de Canarias y vicepresidente de la Fundación Starlight, Francisco Sánchez, durante una jornada celebrada en la Bodega Institucional de La Grajera, a la que han asistido también el director general de Calidad Ambiental, José María Infante, y el coordinador de la iniciativa Starlight y miembro del Comité Urban Futures Programme (Unesco-MaB), Cipriano Marín.

Los Destinos Starlight son lugares cuidadosamente seleccionados por sus excelentes condiciones que permiten contemplar las estrellas y practicar actividades de un turismo responsable basadas en este recurso natural.

## GRANADILLA DE ABONA

Promovido por el Ayuntamiento de Granadilla, se ha procedido a la Certificación como Destino Turístico Starlight de la zona alta del Municipio inscrita en el Parque Natural de la Corona Forestal de Tenerife.

El Ayuntamiento ha desarrollado con la ayuda de la Fundación un proyecto de dinamización del turismo de las estrellas basado en el potencial de ese territorio que incluye, entre otras muchas posibilidades, el que se puede denominar primer observatorio astronómico de alta montaña, el lugar de Montaña Guajara donde hizo observaciones Piazzi Smith.



A la entrega del Diploma certificativo en la pasada edición de FITUR asistieron: Paulino Ribero, Presidente de la Comunidad Autónoma de Canarias. Ricardo Melchior, Presidente del Cabildo de Tenerife. Ricardo Fernández del Puente Armas, Viceconsejero de Turismo del Gobierno de Canarias.



José Carlos Francisco, Presidente de la Fundación Starlight. Francisco Jaime González Cejas, Alcalde Granadilla de Abona. Nuria Delgado Hernández, Concejala Delegada de Turismo del Ayuntamiento de Granadilla de Abona.

## WEB

Desde el año 2010, la coordinación de la Web externa pasa a ser responsabilidad directa de Dirección, a través de Subdirección (el diseño sigue siendo responsabilidad del Gabinete de Dirección).

Uno de los objetivos esta nueva fase es hacer de la Web del IAC – **www.iac.es**, una plataforma común dentro y fuera del IAC.

### Composición de la Web externa del IAC

La web externa está compuesta de:

- Una web principal con un diseño, desarrollo y plataforma común a todas las Áreas y Departamentos
- De **webs propias** desarrolladas fuera de dicha plataforma

Las características de la parte “principal” de la Web del IAC - **www.iac.es**, permiten una mejor organización, coordinación y formación de los agentes implicados, así como un mejor cumplimiento y supervisión de los “criterios de accesibilidad” exigidos a las Administraciones Públicas.

La integración de las webs propias en la web principal es un paso previo para alcanzar el objetivo de una plataforma común.

### Una Web viva

La coordinación de los distintos responsables de contenido, edición y desarrollo Web permite una adecuada adaptación de los nuevos contenidos a la arquitectura Web, lo que facilita su uso, redundando en la mejora de su accesibilidad.

La página principal es un reflejo de la actividad de **www.iac.es**. En ella se muestran, de forma automatizada, gran parte de sus contenidos periódicos, que durante el año 2012 ascendieron a 20 resultados relevantes, 11 lecturas de tesis, 72 charlas (59

de ellas disponibles en formato multimedia, siendo 5 de ellas coloquios), 3 congresos, 62 preprints, 56 notas de prensa, 5 anuncios de licitaciones, 15 de adjudicaciones de licitaciones, 41 convocatorias de becas y empleos, entre otros.

Se mantiene el protagonismo a la Galería de Resultados de Investigación, en la página principal, duplicándose el número de resultados científicos de dicha galería que pasan de 11 en 2010 a 23 en 2011.

Si bien la actualización de los contenidos propios de cada Área en la web principal es cada vez más fluida, algunos de dichos contenidos precisan, por parte de todos los implicados, un mayor compromiso para ofrecer la información con mayor inmediatez.

En relación a la web principal, se continúa:

- Generando, junto con las Áreas y departamentos, nuevas funcionalidades o contenidos y adaptando la arquitectura de la información, cuando es preciso.
- Manteniendo y actualizando el Gestor de edición y el manual de instrucciones.
- Atendiendo a los editores y formando a los nuevos editores.

En relación a las webs propias se continúa manteniendo y actualizando la página interna. Permisos para editar para facilitar, a los responsables y editores, información sobre la normativa y procedimientos del IAC y de las Administraciones Públicas, en relación a la web.

### Versión inglesa

Desde mediados de noviembre se ha dado un nuevo impulso a la presencia de la versión inglesa de nuestra web en la comunidad científica internacional acompañando la iniciativa con la traducción sistemática de

los títulos, entradillas y pies de fotos de nuestras notas de prensa y, en la medida de lo posible, de la traducción completa de las notas de prensa.

## **Subdominios**

Se establece una política de subdominios con el objeto de facilitar la comprensión de nuestro sitio a los usuarios y favorecer nuestra presencia en Internet.

## **Estadísticas**

Desde agosto de 2011 el estudio estadístico de la Web se lleva a cabo con Advanced Web Statistics 6.5.

El número de visitas durante el año 2012 fue de 1.813.420 (se ha utilizado el parámetro “visit” que indica el número de visitas sin tener en cuenta si un mismo usuario nos visita varias veces).

El número de páginas visitadas llegó a 27.964.479.

El origen de las visitas fue tanto nacional como internacional. Cada mes nos visitan una media de 178 países distintos. Durante 2012, los países que más nos visitaron fueron en este orden: España, Estados Unidos, México, Alemania, Francia, China, Gran Bretaña, Colombia, Países Bajos, Argentina, Chile, Italia y Perú.

## **Accesibilidad**

Se continúa trabajando en la Accesibilidad de la Web principal del IAC que en el último estudio del Ministerio de Ciencia e Innovación (MICINN) fue calificada como la más accesible de todos sus organismos. La puntuación alcanzada fue de 9.23 sobre 10 y nivel de adecuación de prioridad 1 y 2.

Aunque el cumplimiento de la normativa de accesibilidad de los videos, no se

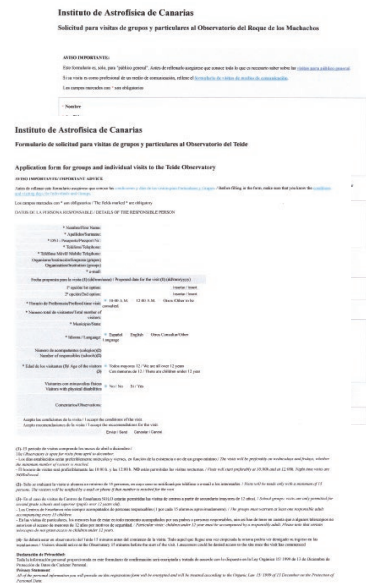
consideró para dicha calificación, se continúa promoviendo entre los distintos agentes, la importancia de que los nuevos vídeos ofrecidos en la Web principal sean accesibles. Un ejemplo de video accesible está disponible en: <http://www.iac.es/divulgacion.php?op1=16&op2=403&id=18&orden=&ind=0&up=>

# VISITAS A LAS INSTALACIONES DEL IAC



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 o 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 ha desarrollado e incorporado a la Web un formulario de solicitud y reserva de visita. También se incorporó un documento en el que se detallan una serie de normas y recomendaciones para los visitantes.



## OBSERVATORIO DEL TEIDE

El Observatorio del Teide recibió durante 2012 un total de 5.359 visitantes (4.391 en 2011).

Las Jornadas de Puertas Abiertas de este año se realizaron los días 22 y 23 de junio con una afluencia total de 1.700



personas, viernes 22 de junio = 600 y sábado 23 de junio = 1.100. Los visitantes

visitaron los telescopios THEMIS, TCS, IAC-80, Bradford, VTT, el Laboratorio Solar y la Estación Óptica Terrestre (OGS).

La compañía de transportes Titsa se sumó a esta iniciativa, facilitando la accesibilidad a través de las dos líneas que operan a diario entre Costa Adeje y Puerto de la Cruz con el Parque Nacional del Teide, prolongando sus recorridos hasta el Observatorio.

## OBSERVATORIO DEL ROQUE DE LOS MUCHACHOS

MEMORIA  
2012 IAC

El Observatorio del Roque de los Muchachos recibió durante 2012 un total de 7.669 visitantes.

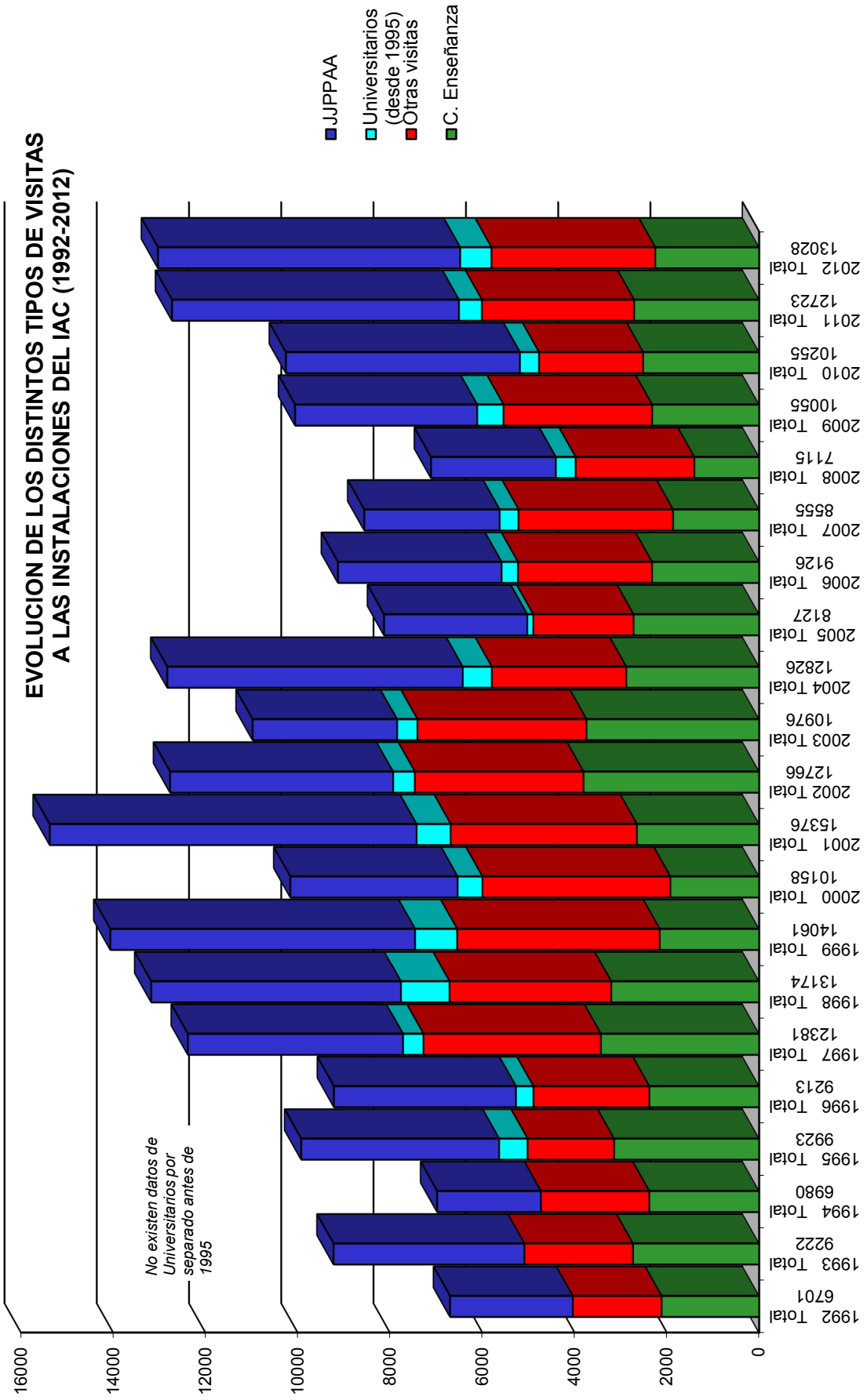
280

Un total de 146 días del año se organizaron Visitas Concertadas a las que acudieron un total de 4.845 personas. Los telescopios más visitados fueron GTC y MAGIC, seguidos del por el WHT.

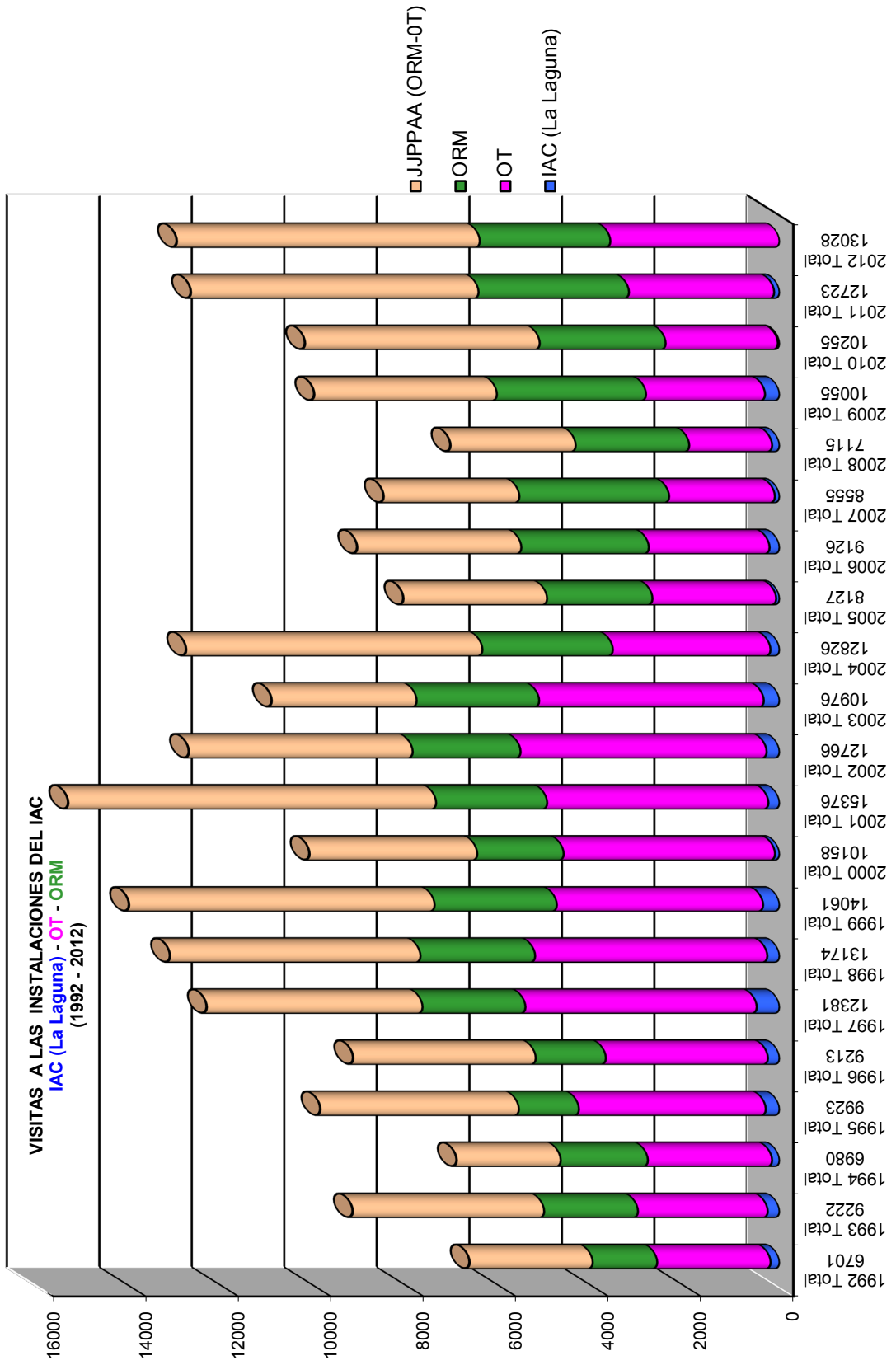
Es de destacar asimismo la visita de 1.418 alumnos. Se ha mantenido el Programa de divulgación llevado a cabo con alumnos de 4º de la ESO de todos los Centros Escolares de la Isla de La Palma. Participaron en este programa alumnos de 14 Colegios ha sido un ejemplo de colaboración de astrónomos de las diferentes Instituciones Usuarias del Observatorio que dieron las charlas en los colegios y efectuaron talleres y visitas guiadas en el propio Observatorio.



**EVOLUCION DE LOS DISTINTOS TIPOS DE VISITAS  
A LAS INSTALACIONES DEL IAC (1992-2012)**



No existen datos de Universitarios por separado antes de 1995



# SERVICIOS INFORMATICOS COMUNES (SIC)

El cometido principal del SIC es prestar al usuario del IAC todos los servicios necesarios para la realización de su trabajo dentro del Área donde se encuentre. Esta labor consume gran parte de los recursos del SIC. Al ser la informática una rama de la tecnología en constante evolución, el SIC emplea también sus recursos en la mejora, actualización y puesta al día de sus propios recursos en beneficio del usuario. Para aumentar la interacción entre los usuarios y el SIC, existe el Comité de los Servicios Informáticos (CSI) y la carta de servicios.

Durante 2012 dentro de los objetivos generales del SIC, este ha desarrollado a través de sus distintos grupos, las siguientes tareas y proyectos.

## **GRUPO DE SISTEMAS Y COMUNICACIONES (GSC)**

### *RedIRIS-NOVA*

Durante este año hemos continuado el proceso de implantación del Proyecto RedIRIS-NOVA. Hasta el verano se estuvieron configurando los equipos ópticos, completando el despliegue de la fibra en los CPDs, creando los canales ópticos y cambiando el encaminador que da conexión a Internet, de forma que en el mes de octubre se empezó a usar el primer canal entre los cuatro nodos que están en el IAC (La Laguna, OT, CALP y ORM). Con todos esos cambios, la conexión a Internet ha aumentado el ancho de banda de 622Mbs a 10Gbs.

Por otro lado, también retransmitimos y ayudamos en los preparativos de la inauguración de RedIRIS-NOVA desde el ORM el 26 de noviembre. Más información en RedIRIS-NOVA.

### *IPv6*

El protocolo de Red IPv6 es aquel que sustituirá en futuro al protocolo de Red IPv4 que es la base de la mayoría de las redes actuales y de Internet. Este nuevo protocolo incluye muchas mejoras sobre el actual, pero se vuelve imprescindible para resolver el problema de la explosión en número de dispositivos conectados a Internet en estos últimos años. Todo el equipamiento de red actual tiene soporte para ambos protocolos, sin embargo, la transición de uno a otro

no es sencilla, ya que durante varios años habrá que adaptar la infraestructura para compatibilizar ambos.

Se ha continuado con la tarea de implantación de IPv6, de forma que en 2012 ya se tenía una parte de la infraestructura de red configurada para encaminar el tráfico de IPv6. Además se ha detectado, que los cortafuegos tienen un fallo en relación a este protocolo.

### *Servicio Web*

Se continúa con el apoyo al servicio Web y el apoyo al Gabinete y al Área de Investigación en el soporte de todas las Web. Además de actualizar el servicio de FTP y otros servidores.

### *Sistema de almacenamiento*

Durante el primer semestre se implantó el nuevo sistema de almacenamiento, que tenía previsto sustituir al sistema anterior, pero como la demanda de espacio en disco había crecido tanto se ha optado por mantener los dos. De forma que se ha repartido la carga entre ambos, consiguiendo una capacidad total entre las cuatro cabinas (dos en La Laguna y dos en el CALP) de 700TB.

### *Virtualización*

En la línea ya empezada otros años del ahorro energético y reducción de coste en servidores, se han seguido virtualizando equipos con la plataforma VMWare, de forma que actualmente ya tenemos 89 servidores en esta plataforma.

## Software

Con respecto a los equipos de sobremesa se han actualizado a las últimas versiones disponibles en cada uno de los sistemas (Windows 7 y Fedora 17), con un cambio de política de dependencias y de actualización del sistema. Esta última es la más novedosa, porque se cambia para que sea el usuario quien autorice la actualización. Por otro lado, se aprovecharon estas actualizaciones para generar una maqueta que enviamos a Dell, de forma que a partir de ahora cuando se compre un ordenador se podrá elegir con qué sistema operativo venga instalado y además tenga la configuración propia del IAC.

## Superordenador

A final de 2012 se ha realizado la actualización del SuperOrdenador, en la que se duplican en número de procesadores y se triplica la capacidad de almacenamiento. Por otro lado, la RES ha aumentado el porcentaje de uso que el IAC puede asignar hasta el 50% del tiempo. Para anunciar y fomentar el uso de este recurso se realizó una jornada de supercomputación con los investigadores del IAC. Más detalles en SUPERORDENADOR.

## RedIRIS: lavadora, eduroam y monitorización

Durante el año se han implando varios servicios de RedIRIS: lavadora, eduroam y monitorización. La lavadora es un servicio que limpia el correo electrónico de virus, correo basura o fraudulento, de forma que todos los correos que salen o entran en el IAC pasan por ese servicio. El servicio de eduroam se terminó de estabilizar, de forma, que ya cualquier investigador de otra institución afiliada a eduroam puede conectarse a la WiFi del IAC. Y el servicio de monitorización se encarga de comprobar que los servicios que el IAC tiene en Internet están operativos, por ello, se han configurado algunas comprobaciones para detectar si algún servicio no responde, y en ese caso enviar una alarma a los administradores.

En formación general, se impartió un curso de administración del sistema operativo MAC OS X 10.7.

## GRUPO DE ANÁLISIS Y DESARROLLO (GAD)

### Aportación a IAC-Gestión

En el año 2012 se puso en producción el Sistema de Gestión Integral del IAC, conocido internamente como IAC-Gestión. Se termina la implantación de SAP para los módulos de Proyectos, Compras, Recursos Humanos, Finanzas y Presupuestaria, todos ellos combinados con Gestión de Expedientes.

Transferencia de conocimiento de los consultores de Seidor de la parametrización y de las tareas diarias de los módulos de Proyectos (PS), Compras (MM), Finanzas (FI/CO), Presupuestaria Desarrollo (EA-PS/GM) y Subvenciones (GM/Justificaciones). Mantenimiento y procesado de incidencias de SAP en productivo de todos los módulos.

Participación como analistas programadores en la fase de implantación de los módulos pendientes por implementar y desarrollos. Módulos: HCM (Contratación), FI/CO, EA-PS/GM, Expedientes (RPMS). Desarrollos: Caja, Firmas, Justificación Externa, Integración ACI, Interfaz SIC3, Listados OC e Impresión de Facturas, Correspondencia, Formulario RC, integración Red COA.

Colaboración con los SAP Basis (GSS) en las tareas de actualización de versiones.

Apoyo a los Usuarios Claves en la impartición de la formación de los procesos y del uso de SAP en los distintos módulos a los Usuarios Finales.

### Proceso del CAT

Para la base de datos del CAT Nocturno: inclusión de los códigos BIBliográficos (BIBCodes) y comentarios relativos a los tiempos concedidos pasados, e inclusión de los mismos en el PDF de la propuesta.

Cambio de los valores de los campos del telescopio GTC: Seeing, Vapor de Agua y Tipo de Noche por petición de GTC.

Modificación de la exportación a XML para el Presidente y Técnicos de Telescopios.

Añadir campo en el formulario de solicitud de tiempo, en el caso de si es continuación de propuesta anterior, posibilidad de elegir entre las propuestas propias como IP/Col y poder adjuntar un campo de texto (255 caracteres) por propuesta elegida.

Modificaciones para que los telescopios o bien admita noches enteras y medias, pero permita horas si se ha seleccionado disparos, o únicamente admita horas.

Inicio de migración del código (páginas jsp y generación de PDF) para su funcionamiento en el nuevo servidor (Weblogic).

CAT Solar: Funcionalidad de copiar propuestas de años anteriores al periodo actual. Posibilidad de replicar bloques de observaciones en una propuesta.

#### *Plan de Actuación*

Modificación de la aplicación para incluir los Elementos del Plan Estratégico del Proyecto (PEP) exportados desde SAP.

#### *Cursos*

SAP BC430 y BC410: ABAP Dictionary y Developing Screen-Based User Dialogs (5 personas del GAD, 2 del GSS).

#### *Colaboración en proyectos*

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

Solución transitoria para la justificación de la Financiación Externa por la Gestora de Investigación (continuará hasta realizarse en SAP).

Migración de las bases de datos de Windchill de Oracle a la nueva plataforma de SQL Server.

#### *Apoyo a las Áreas*

Proceso trianual del Comité de Asignación de Tiempos CAT nocturno del IAC (2 convocatorias de nocturno, 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 Oracle que dan soporte a los desarrollos que serán 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).

Preparación de las aplicaciones de Administración de los Servicios Generales para el ejercicio Contable 2012.

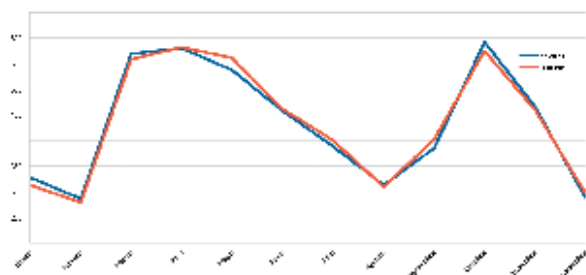
Atención al usuario, resolución de incidencias relativas a las más de 50 aplicaciones mantenidas directamente por el Departamento.

**MEMORIA  
IAC 2012**

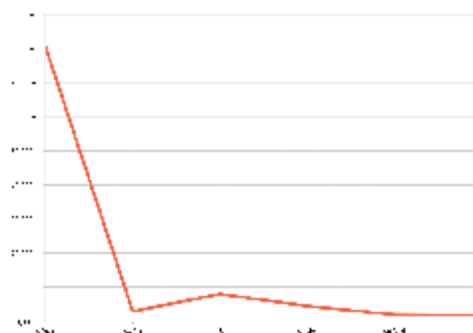
**285**

## CENTRO DE ATENCIÓN AL USUARIO Y OPERACIONES

Gestión de congresos, compra de material informático, gestión de portátiles de préstamo, mantenimiento de equipos informáticos, equipos audiovisuales en el Aula.



Creación y gestión de más de 5.100 casos, de los cuales más de 4.800 (95,46%) han sido resueltos directamente por el SIC.



Arriba: Tiempo de resolución de incidencias desde el CAU.

Izquierda: Número de incidencias abiertas y cerradas en el año 2012.

## RedIRIS-NOVA Y RED CANARIA DE I+D+i

El Observatorio del Roque de los Muchachos acogió, el 26 de noviembre, la inauguración de las nuevas infraestructuras de comunicaciones para centros científicos canarios.

Las nuevas infraestructuras facilitan el incremento de la calidad y la variedad de la oferta de servicios de comunicaciones en las islas y mejoran radicalmente la conectividad de los centros académicos y científicos canarios.

Por un lado, en 2012, se ha puesto en marcha el tramo de conexión de la Península con Canarias de **RedIRIS-NOVA**, la red troncal nacional de comunicaciones para centros académicos y científicos, y el tramo Tenerife-La Palma. Gracias al diálogo competitivo llevado a cabo por Red.es (organismo perteneciente al Ministerio de Industria, Energía y Turismo encargado de la gestión operativa de RedIRIS), se ha logrado una red mucho más potente por un coste inferior al que se venía pagando hasta la fecha.

Por otro lado, se ha desplegado también **la red canaria de I+D+i**, que dispone de conexiones de fibra óptica en varias islas que garantizan un acceso de la máxima calidad a la red troncal de RedIRIS-NOVA, lo que facilitará la cooperación telemática de centros canarios con instituciones académicas y de investigación de otras partes de España y del mundo.

MEMORIA  
2012 IAC

286

Al acto de presentación de la nueva red asistieron el director de la Agencia Canaria de Investigación, Innovación y Sociedad de la Información, Juan Ruiz Alzola; el director insular de la Administración General del Estado en La Palma, Miguel Ángel Morcuende Hurtado; el director general de Investigación y Gestión del Plan Nacional I+D+i, del Ministerio de Economía y Competitividad, Juan M<sup>a</sup> Vázquez Rojas; la presidenta del Cabildo de La Palma, Guadalupe González Taño y el director general de Red.es, Borja Adsuara Varela.

En palabras Borja Adsuara, "el Proyecto RedIRIS-Nova persigue el objetivo de cambiar el modelo tradicional de alquiler de capacidad de la red de comunicaciones por un modelo basado en fibra oscura, que permitirá disponer de más capacidad y flexibilidad para poder ofrecer nuevos servicios telemáticos por un largo periodo de tiempo". Del mismo modo

aseguró que “*el proyecto supone un incremento enorme de la capacidad de transmisión de que disponen los investigadores, lo que permitirá responder perfectamente a sus necesidades de conectividad para los próximos años, facilitando su participación en nuevos proyectos de investigación*”.

El encuentro finalizó con una visita al Gran Telescopio CANARIAS (GTC). Gracias a los despliegues de fibra óptica realizados, el GTC dispondrá ahora de canales de 10 Gbps propios para enviar a otros centros terabytes de datos con las imágenes captadas por su telescopio.

Las nuevas redes también facilitarán la participación de centros universitarios en proyectos avanzados de enseñanza a distancia, ayudando así a reducir la brecha digital.

### *Una mejora radical de la conectividad*

En Canarias se ubican varios observatorios astronómicos, así como Universidades y centros de I+D+i. Para la cooperación del personal de estos centros, ubicados en una región insular ultraperiférica, con otros expertos nacionales e internacionales de centros homólogos, la conectividad es fundamental.

Ahora, los despliegues llevados a cabo gracias a un notable esfuerzo inversor y a la colaboración entre las autoridades europeas, nacionales y canarias, mejorarán radicalmente la conectividad de los centros académicos y científicos canarios. El nuevo tramo de conexión de RedIRIS-NOVA posibilita que, en vez de disponer de enlaces de 622 Mbps, se cuente con fibra óptica submarina para los próximos 30 años, que permite establecer hasta 128 enlaces de 10 Gbps (10.000 Mbps) entre Canarias y la península.

## **SUPERORDENADOR**

### *Actualización*

Durante el mes de diciembre de 2012 se realizó la actualización del Superordenador LaPalma, en la que se llevó a cabo una renovación tecnológica de casi todo el sistema. Se duplicó el número de procesadores y se triplicó la capacidad de almacenamiento.



*En la imagen se pueden apreciar los nuevos subsistemas.*

En el proceso de renovación se han cambiado todos los blade (servidores) de procesamiento, pasando del modelo de IBM JS20 al JS21, de forma que se duplica el número de cores (núcleos) por procesador en cada máquina, y también se aumenta la cantidad de memoria en cada blade para que cada core pueda seguir teniendo la misma cantidad de memoria asignada.

**MEMORIA  
IAC 2012**

**287**

Por otro lado, la RES ha aumentado el porcentaje de horas de cómputo que el IAC puede asignar de forma que ahora hemos pasado a tener un 50% del tiempo. Y como el nuevo superordenador tiene más potencia también tiene más capacidad de horas, de forma que a partir de ahora el IAC tiene más de 1,15 millones de horas disponibles.

En la siguiente tabla se muestra un resumen de la actualización tecnológica del Superordenador:

	ANTES	AHORA
<b>Equipo</b>	JS20	<b>JS21</b>
<b>Número de equipos</b>	256	<b>256</b>
<b>Tipo procesador</b>	PPC970 FX	<b>PPC970 MP</b>
<b>Número total de cores</b>	512	<b>1024</b>
<b>Memoria por core</b>	2GB	<b>2GB</b>
<b>Espacio en disco real</b>	7 TB	<b>37 TB</b>
<b>Consumo eléctrico anual</b>	816 MW·h	<b>1024 MW·h</b>
<b>Horas IAC por cuatrimestre</b>	231.342 (20%)	<b>1.156.710 (50%)</b>

#### *Jornada de Supercomputación*

A final de año se realizó una Jornada de Supercomputación en el IAC donde se invitó a los investigadores, para anunciar la actualización del Superordenador y la disponibilidad de nuevos recursos.

Durante la jornada los diferentes ponentes hablaron sobre las características y de cómo se podía acceder a los diferentes recursos de supercomputación internacionales, nacionales y locales en el IAC.



# BIBLIOTECA

A lo largo del año 2012, el personal compuesto por un bibliotecario-gestor y una documentalista-encargada, ha seguido ofreciendo a los usuarios los diferentes servicios de la Biblioteca adquiriendo libros, revistas y otras publicaciones requeridas por los usuarios, prestando libros, ofreciendo acceso online a revistas, manteniendo la Web de la biblioteca, informando y atendiendo a los usuarios, etc.

Este año ha venido marcado con muchos cambios para la Biblioteca, cambios en su gestión y muy especialmente en su política de adquisición de publicaciones. Los recortes presupuestarios han obligado a disminuir los gastos en adquisición en casi un 40%. Esta disminución ha afectado la adquisición de libros y ha obligado a cancelar más de 70 suscripciones a revistas.

Entre junio y septiembre, el Comité de Biblioteca se hizo cargo de revisar una a una todas las revistas suscritas para intentar minimizar el impacto de las cancelaciones. Seleccionó las revistas a cancelar en función de varios parámetros, dando prioridad a las revistas de Astrofísica y teniendo en cuenta el uso, el precio/uso, relevancia para los distintos grupos del IAC, facilidad de conseguir artículos a través del préstamo interbibliotecario, etc.

Los usuarios notarán el efecto de las cancelaciones en 2013 puesto que las suscripciones se renuevan a final de cada ejercicio para el siguiente año.

A pesar de estas cancelaciones, se ha podido mantener la participación en los consorcios abiertos de AIP-APS (American Institute of Physics y American Physical Society) que permite acceder a todas las revistas de APS y de AIP así como a los proceedings de AIP. Pero no se ha podido mantener el acuerdo con Springer que nos permitía el acceso a más de 550 revistas de Springer de Física, Matemáticas y Astrofísica.

La Biblioteca del IAC ha seguido colaborando con la Biblioteca del ING (Isaac Newton Group of Telescopes) para renovar suscripciones conjuntas IAC-ING a *Astronomy & Astrophysics*, *Nature* y *ASP Conference Series* online. Aunque se intentó añadir otros títulos, los contactos con las editoriales responsables para conseguir condiciones razonables para las suscripciones conjuntas no han dado resultados de momento.

La Biblioteca mantuvo también el contrato con la FECYT (Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología) para participar en la licencia nacional que permite el acceso a las bases de datos de ISI Web of Knowledge, pagando la fracción de coste correspondiente.

Otro cambio importante para la biblioteca deriva de la implantación del nuevo sistema de gestión del IAC que arrancó a mediados en marzo de 2012. La Biblioteca ha tenido que empezar a gestionar sus adquisiciones en el nuevo sistema, cambiando sustancialmente la forma de realizar los procedimientos y tareas implicados en el proceso. El personal ha completado la fase de adaptación al nuevo sistema aunque todavía se tienen que hacer ajustes en los procedimientos para que las adquisiciones sean más ágiles.

Finalmente, como viene siendo habitual en los últimos años la Biblioteca colabora con otras Áreas y/o Departamentos del IAC en temas bibliográficos y bibliométricos. Este año, la Biblioteca ha participado en un grupo de trabajo del Área de Investigación para la creación y puesta en marcha de una base de datos de la producción científica del IAC y ha colaborado con un proyecto de investigación para la medición de indicadores de calidad científica.

# PUBLICACIONES CIENTÍFICAS

## ARTÍCULOS EN REVISTAS INTERNACIONALES CON ÁRBITRO

Erwin P., Gutiérrez L., **Beckman J.E.** "A Strong Dichotomy in S0 Disk Profiles Between the Virgo Cluster and the Field" *Astrophysical Journal Letters*, **744**, L11.

Meidt S.E., Schinnerer E., **Knapen J.H.** et al. "Reconstructing the Stellar Mass Distributions of Galaxies Using S<sup>4</sup>G IRAC 3.6 and 4.5  $\mu$ m Images. I. Correcting for Contamination by Polycyclic Aromatic Hydrocarbons, Hot Dust, and Intermediate-age Stars" *Astrophysical Journal*, **744**, 17.

**González-Hernández J.I., Rebolo R., Casares J.** "The Fast Spiral-in of the Companion Star to the Black Hole XTE J1118+480" *Astrophysical Journal Letters*, **744**, L25.

**Milone A.P.** et al. (Incluye **Aparicio A., Monelli M.**) "Multiple Stellar Populations in 47 Tucanae" *Astrophysical Journal*, **744**, 58.

**Varela J., Betancort-Rijo J., Trujillo I., Ricciardelli E.** "The orientation of disk galaxies around large cosmic voids" *Astrophysical Journal*, **744**, 82.

Juhász A., Dullemond C., van Boekel R., Bouwman J., Abraham P., **Acosta-Pulido J.A.** et al. "The 2008 outburst of EX Lup - silicate crystals in motion" *Astrophysical Journal*, **744**, 118.

MEMORIA  
2012 IAC

290

Brown W.R., Kilic M., **Allende-Prieto C., Kenyon S.J.** "The ELM Survey. III. A Successful Targeted Survey for Extremely Low Mass White Dwarfs" *Astrophysical Journal*, **744**, 142.

**Monelli M., Cassisi S., Mapelli M., Bernard E.J., Aparicio A.** et al. (Incluye **Gallart C., Hidalgo S.L.**) "The ACS LCID project. VII. The blue stragglers population in the isolated dSph galaxies Cetus and Tucana" *Astrophysical Journal*, **744**, 157.

**Sanromá E., Pallé E.** "Reconstructing the Photometric Light Curves of Earth as a Planet along its History" *Astrophysical Journal*, **744**, 188.

Janz J. et al. (Incluye **Falcón-Barroso J.**) 2012) "Dissecting Early-type Dwarf Galaxies into Their Multiple Components" *Astrophysical Journal Letters*, **745**, L24.

**Milone A.P., Marino A.F., Piotto G., Bedin L.R., Anderson J., Aparicio A.** et al. "A Double Main Sequence in the Globular Cluster NGC 6397" *Astrophysical Journal*, **745**, 27.

Monachesi A., Trager S., Lauer T.R., **Hidalgo S.L.** et al. "The Star Formation History of M32" *Astrophysical Journal*, **745**, 97.

**Ruiz-Cobo B., Puschmann K.G.** "Twist, Writhe, and Helicity in the inner penumbra of a Sunspot" *Astrophysical Journal*, **745**, 141.

**Guglielmino S., Martínez-Pillet V., Bonet J.A.** et al. "The frontier between small-scale bipoles and Ephemeral regions: Emergence and decay of an intermediate-scale bipole observed with IMAx/SUNRISE" *Astrophysical Journal*, **745**, 160.

Nordon R. et al. (Incluye **Bongiovanni A., Cepa J., Pérez-García A.M.**) "The impact of evolving infrared spectral energy distributions of galaxies on star formation estimates" *Astrophysical Journal*, **745**, 182.

Balick B., Gómez T., Vinkovic D., Alcolea J., **Corradi R.L.M., Frank A.** "The illumination and growth of CRL 2688: An analysis of new and archival HST Observations" *Astrophysical Journal*, **745**, 188.

**Trujillo-Bueno J., Stepan J., Belluzzi L.** "The Ly $\alpha$  Lines of H I and He II: A Differential Hanle Effect for Exploring the Magnetism of the Solar Transition Region" *Astrophysical Journal Letters*, **746**, L9.

Marino A.F., **Milone A.P.**, Piotto G., Cassisi S., D'Antona F., Anderson J., **Aparicio A.** et al. "The C+N+O abundance of Omega Centauri giant stars: implications on the chemical enrichment scenario and the relative ages of different stellar populations"

*Astrophysical Journal*, 746, 14.

**Delgado-Mena E., Israelian G., González-Hernández J.I., Santos N.C., Rebolo R.** "Be Abundances in Cool Main-sequence Stars with Exoplanets"

*Astrophysical Journal*, 746, 47.

**Khomenko E., Cally P.** "Numerical simulations of conversion to Alfvén waves in sunspots"

*Astrophysical Journal*, 746, 68.

Aleksić J. et al. (Incluye **Berger K., Colombo E., Delgado-Méndez C., Diago-Ortega A., García-López R.J., Garczarczyk M., Herrero A., Pochon J.**) "Detection of the  $\gamma$ -Ray Binary LS I +61 303 in a Low-flux State at Very High Energy  $\gamma$ -Rays with the MAGIC Telescopes in 2009"

*Astrophysical Journal*, 746, 80.

Howell S.B. et al. (Incluye **Creevey O., Régulo C.**) "Kepler-21b: A  $1.6 R_{\text{Earth}}$  Planet Transiting the Bright Oscillating F Subgiant Star HD 179070 Steve"

*Astrophysical Journal*, 746, 123.

Marinova I. et al. (Incluye **Balcells M.**) "The HST/ACS Coma Cluster Survey. VIII. Barred Disk Galaxies in the Core of the Coma Cluster"

*Astrophysical Journal*, 746, 136.

Abramowski A. et al. (Incluye **Becerra-González J., Berger K., Colombo E., Delgado-Méndez C., Diago-Ortega A., García-López R.J., Garczarczyk M., Herrero A., Pochon J.**) "The 2010 Very High Energy  $\gamma$ -Ray Flare and 10 Years of Multi-wavelength Observations of M87"

*Astrophysical Journal*, 746, 151.

Carter-Bond J.C., O'Brien D.P., **Delgado-Mena E., Israelian G., Santos N.C., González Hernández J.I.** "Low Mg/Si Planetary Host Stars and Their Mg-depleted Terrestrial Planets"

*Astrophysical Journal Letters*, 747, L2.

**Khomenko E., Collados M.** "Heating of the magnetized solar chromosphere by partial ionization effects"

*Astrophysical Journal*, 747, 87.

Metcalf T.S. et al. (Incluye **Régulo C.**) "Asteroseismology of the Solar Analogs 16 Cyg A and B from Kepler Observations"

*Astrophysical Journal Letters*, 748, L10.

**Yelles-Chaouche L., Kuckein C., Martínez-Pillet V., Moreno-Insertis F.** "The Three-dimensional Structure of an Active Region Filament as Extrapolated from Photospheric and Chromospheric Observations"

*Astrophysical Journal*, 748, 23.

Martínez-Delgado D. et al. (Incluye **Carballo-Bello J.A.**) "Dwarfs Gobbling Dwarfs: A Stellar Tidal Stream around NGC 4449 and Hierarchical Galaxy Formation on Small Scales"

*Astrophysical Journal Letters*, 748, L24.

Meidt S.E., Schinnerer E., Muñoz-Mateos J.C., Holweda B., Ho L.C., Madore B.F., **Knapen J.H.** et al. "The S<sup>4</sup>G perspective on circumstellar dust extinction OF AGB stars in M100"

*Astrophysical Journal Letters*, 748, L30.

Aleksić J. et al. (Incluye **Becerra-González J., Berger K., Colombo E., Delgado-Méndez C., Diago-Ortega A., García-López R.J., Garczarczyk M., Herrero A., Pochon J.**) "PG 1553+113: five years of observations with MAGIC"

*Astrophysical Journal*, 748, 46.

**Asensio-Ramos A., Manso-Sainz R., Martínez-González M.J., Viticchié B., Orozco-Suárez D., Socas-Navarro H.** "Model Selection for Spectropolarimetric Inversions"

*Astrophysical Journal*, 748, 83.

MEMORIA  
IAC 2012

291

Villaver E., **Manchado A.**, García-Segura G. "The Interaction of Asymptotic Giant Branch Stars with the Interstellar Medium" *Astrophysical Journal*, 748, 94.

Schlaufman K.C., Rockosi C.M., Lee Y.-S., Beers T.C., **Allende-Prieto C.** et al. "Insight into the Formation of the Milky Way through Cold Halo Substructure. III. Statistical Chemical Tagging in the Smooth Halo" *Astrophysical Journal*, 749, 77.

Mathur S. et al. (Incluye **Régulo C.**) "A Uniform Asteroseismic Analysis of 22 Solar-type Stars Observed by *Kepler*" *Astrophysical Journal*, 749, 152.

Soler R., **Díaz A.J.**, Ballester J.L., Goossens M. "Kelvin-Helmholtz Instability in Partially Ionized Compressible Plasmas" *Astrophysical Journal*, 749, 163.

**Belluzzi L.**, **Trujillo-Bueno J.** "The Polarization of the Solar Mg II h & k Lines" *Astrophysical Journal Letters*, 750, L11.

Elmegreen D.M., Elmegreen B.G., **Sánchez-Almeida J.**, **Muñoz-Tuñón C.**, Putko J., Dewberry J. "Local Tadpole Galaxies" *Astrophysical Journal*, 750, 95.

**Carlin E.S.**, **Manso-Sainz R.**, **Asensio-Ramos A.**, **Trujillo-Bueno J.** "Scattering Polarization in the Ca II Infrared Triplet with Velocity Gradients" *Astrophysical Journal*, 751, 5.

Karakas A.I., **García-Hernández D.A.**, Lugaro M. "Heavy Element Nucleosynthesis in the Brightest Galactic Asymptotic Giant Branch stars" *Astrophysical Journal*, 751, 8.

292 **Trujillo I.**, Carrasco R.E., **Ferré-Mateu A.** "Ultra Deep sub-kpc View of Nearby Massive Compact Galaxies" *Astrophysical Journal*, 751, 45.

Provencal J.L. et al. (Incluye **Pérez J.**, **Almenara J.M.**) "Empirical Determination of Convection Parameters in White Dwarfs. I. Whole Earth Telescope Observations of EC14012-1446" *Astrophysical Journal*, 751, 91.

Jiménez-Vicente J., **Mediavilla E.**, Muñoz J.A., Kochanek C.S. "A Robust Determination of the Size of Quasar Accretion Disks Using Gravitational Microlensing" *Astrophysical Journal*, 751, 106.

**Oteo I.**, **Bongiovanni A.**, **Pérez-García A.M.**, **Cepa J.**, Ederoclite A., Sánchez-Portal M., **Pintos-Castro I.** et al. "Physical Properties of Ly $\alpha$  Emitters at  $z \sim 0.3$  from UV-to-FIR Measurements" *Astrophysical Journal*, 751, 139.

Kilic M., Brown W.R., **Allende-Prieto C.**, Kenyon S.J., Heinke C.O., Agüeros M.A., Kleinman S.J. "The ELM Survey. IV. 24 White Dwarf Merger Systems Mukremin" *Astrophysical Journal*, 751, 141.

Quilis V., **Trujillo I.** "Satellites around Massive Galaxies Since  $z \sim 2$ : Confronting the Millennium Simulation with Observations" *Astrophysical Journal Letters*, 752, L19

Trevisan M., Ferreras I., **de la Rosa I.**, La Barbera F., de Carvalho R. "Constraints on feedback processes during the formation of early-type galaxies" *Astrophysical Journal Letters*, 752, L27.

Gómez-Leal I., **Pallé E.**, Selsis F. "Photometric Variability of the Disk-integrated Thermal Emission of the Earth" *Astrophysical Journal*, 752, 28.

Mitchell-Wynne K. et al. (Incluye **Pérez-Fournon I.**) "HerMES: A Statistical Measurement of the Redshift Distribution of Herschel-SPIRE Sources Using the Cross-correlation Technique" *Astrophysical Journal*, 753, 23.

Sophia Dai Y. et al. (Incluye **Pérez-Fournon I.**) "A Population of Dust-rich Quasars at  $z \sim 1.5$ " *Astrophysical Journal*, 753, 33.

Kim T., Sheth K., Hinz J.L., Lee M.G., Zaritsky D., Gadotti D.A., **Knapen J.H.** et al. "Early-type Galaxies with Tidal Debris and Their Scaling Relations in the *Spitzer* Survey of Stellar Structure in Galaxies (S<sup>4</sup>G)" *Astrophysical Journal*, 753, 43.

Bufano F. et al. (Incluye **Ferrero P.**) “The Highly Energetic Expansion of SN 2010bh Associated with GRB 100316D”  
*Astrophysical Journal*, **753**, 67.

Fu H. et al. (Incluye **Pérez-Fournon I**, **Martínez-Navajas P.**) “A Comprehensive View of a Strongly Lensed Planck-Associated Submillimeter Galaxy”  
*Astrophysical Journal*, **753**, 134

Shiota D., Tsuneta S., Shimojo M., Sako N., **Orozco-Suárez D.**, Ishikawa R. “Polar Field Reversal Observations with Hinode”  
*Astrophysical Journal*, **753**, 157.

Stanghellini L., **García-Hernández D.A.**, García-Lario P., Davies J.E., Shaw R.A., Villaver E., **Manchado A.** et al. “The nature of dust in compact Galactic planetary nebulae from Spitzer spectra”  
*Astrophysical Journal*, **753**, 172.

Aleksić J. et al. (Incluye **Becerra-González J**, **Berger K.**, **Colombo E.**, **Delgado-Méndez C.**, **Diago-Ortega A.**, **García-López R.J.**, **Garczarczyk M.**, **Herrero A.**, **Pochon J.**, **Puerto-Giménez I.**, **Tescaro D.**) “Detection of VHE  $\gamma$ -Rays from HESS J0632+057 during the 2011 February X-Ray Outburst with the MAGIC Telescopes”  
*Astrophysical Journal Letters*, **754**, L10.

**Peña-Ramírez K.**, **Béjar V.J.S.**, Zapatero-Osorio M.R., Petr-Gotzens M.G., Martín E.L. “New isolated planetary-mass objects and the stellar and substellar mass function of the  $\sigma$  Orionis cluster”  
*Astrophysical Journal*, **754**, 30.

**Milone A.P.** et al. (Incluye **Aparicio A.**, **Monelli M.**) “The infrared eye of the Wide-Field Camera 3 on the *Hubble Space Telescope* reveals multiple main sequences of very low-mass stars in NGC 2808”  
*Astrophysical Journal Letters*, **754**, L34.

**Díaz A.J.**, Soler R., Ballester J. L. “Rayleigh-Taylor instability in partially ionized compressible plasmas”  
*Astrophysical Journal*, **754**, 41.

**Belluzzi L.**, **Trujillo-Bueno J.**, Štěpán J. “The Scattering Polarization of the Ly $\alpha$  Lines of H I and He II Taking into Account Partial Frequency Redistribution and J-state Interference Effects”  
*Astrophysical Journal Letters*, **755**, L2.

Bonaca A. et al. (Incluye **Régulo C.**) “Calibrating Convective Properties of Solar-like Stars in the *Kepler* Field of View”  
*Astrophysical Journal Letters*, **755**, L12.

Ruiz-Granados B., Battaner E., Calvo J., Florido E., **Rubiño-Martín J.A.** “Dark Matter, Magnetic Fields, and the Rotation Curve of the Milky Way”  
*Astrophysical Journal Letters*, **755**, L23.

Nidever D.L. et al. (Incluye **Allende-Prieto C.**) “The Apache Point Observatory Galactic Evolution Experiment: First Detection of High-velocity Milky Way Bar Stars”  
*Astrophysical Journal Letters*, **755**, L25.

Motta V., **Mediavilla E.**, Falco E., Muñoz J.A. “Measuring Microlensing Using Spectra of Multiply Lensed Quasars”  
*Astrophysical Journal*, **755**, 82.

**Martínez-González M.J.**, **Asensio-Ramos A.** “Analytical Calculation of Stokes Profiles of Rotating Stellar Magnetic Dipole”  
*Astrophysical Journal*, **755**, 96.

**García Muñoz A.**, Zapatero Osorio M.R., **Barrena R.**, **Montañés-Rodríguez P.**, Martín E.L., **Pallé E.** “Glancing views of the Earth. From a lunar eclipse to an exoplanetary transit”  
*Astrophysical Journal*, **755**, 103.

Hönig S.F., Kishimoto M., Antonucci R., Marconi A., **Prieto M.A.**, Tristram K., Weigelt G. “Parsec-scale Dust Emission from the Polar Region in the Type 2 Nucleus of NGC 424”  
*Astrophysical Journal*, **755**, 149.

**Martínez-González M.J.**, **Manso-Sainz R.**, **Asensio-Ramos A.**, Hijano E. “Dead Calm Areas in the Very Quiet Sun”  
*Astrophysical Journal*, **755**, 175.

Shchukina N., Sukhorukov A., **Trujillo-Bueno J.** “Non-LTE Determination of the Silicon Abundance Using a Three-dimensional Hydrodynamical Model of the Solar Photosphere”  
*Astrophysical Journal*, **755**, 176 .

Deheuvels S. et al. (Incluye **Régulo C.**) “Seismic Evidence for a Rapidly Rotating Core in a Lower-giant-branch Star Observed with *Kepler*”  
*Astrophysical Journal*, **756**, 19.

Ramírez I., Fish J.R., Lambert D.L., **Allende-Prieto C.** “Lithium Abundances in nearby FGK Dwarf and Subgiant Stars: Internal Destruction, Galactic Chemical Evolution, and Exoplanets”  
*Astrophysical Journal*, **756**, 46.

**Sánchez-Almeida J.**, Terlevich R., Terlevich E., Cid-Fernandes R., Morales-Luis A.B. “Qualitative Interpretation of Galaxy Spectra”  
*Astrophysical Journal*, **756**, 163.

Hermes J.J., Kilic M., Brown W.R., Winget D.E., **Allende-Prieto C.** et al. (Incluye **Cabrera-Lavers A.**) “Rapid Orbital Decay in the 12.75-minute Binary White Dwarf J0651+2844”  
*Astrophysical Journal Letters*, **757**, L21.

Luna M., **Díaz A.J.**, Karpen J. “The Effects of Magnetic-field Geometry on Longitudinal Oscillations of Solar Prominences”  
*Astrophysical Journal*, **757**, 98.

Lupu R.E. et al. (Incluye **Cava A.**) “Measurements of CO Redshifts with Z-Spec for Lensed Submillimeter Galaxies Discovered in the H-ATLAS Survey”  
*Astrophysical Journal*, **757**, 135.

MEMORIA  
2012 IAC

294

**Martínez-González M.J.**, Bellot-Rubio L.R., Solanki S.K., **Martínez-Pillet V.**, del Toro Iniesta J.C., Barathol P., Schmidt W. “Resolving the internal magnetic structure of the solar network”  
*Astrophysical Journal Letters*, **758**, L40.

**Štěpán J.**, **Trujillo-Bueno J.**, Carlsson M., Leenaarts J. “The Hanle Effect of Ly $\alpha$  in a Magnetohydrodynamic Model of the Solar Transition Region”  
*Astrophysical Journal Letters*, **758**, L43.

Aungwerojwit A., Gänsicke B.T., Wheatley P.J., Pyrzas S., Staels B., Krajci T., **Rodríguez-Gil P.** “IPHAS J062746.41+014811.3: A Deeply Eclipsing Intermediate Polar A”  
*Astrophysical Journal*, **758**, 79.

**Carrera R.** “Analysis of the CN and CH molecular band strengths in stars of the Open Cluster NGC~6791”  
*Astrophysical Journal*, **758**, 110.

Katsukawa Y., **Orozco-Suárez D.** “Power Spectra of Velocities and Magnetic Fields on the Solar Surface and their Dependence on the Unsigned Magnetic Flux Density”  
*Astrophysical Journal*, **758**, 139.

Elvis M. et al. (Incluye **Cisternas M.**) “Spectral Energy Distributions of Type 1 Active Galactic Nuclei in the COSMOS Survey. I. The XMM-COSMOS Sample”  
*Astrophysical Journal*, **759**, 6.

Fiorentino G., Stetson P.B., **Monelli M.**, Bono G., Bernard E.J., Pietrinferni A. “On the Central Helium-burning Variable Stars of the Leo Dwarf Spheroidal Galaxy”  
*Astrophysical Journal Letters*, **759**, L12.

**Martínez-González M.J.**, **Asensio-Ramos A.**, **Manso-Sainz R.**, **Beck C.**, **Belluzzi L.** “Anomalous Circular Polarization Profiles in the He I 1083.0 nm Multiplet from Solar Spicules”  
*Astrophysical Journal*, **759**, 16.

**García-Hernández D.A.**, Kameswara Rao N., Lambert D.L. “High-resolution optical spectroscopy of DY Cen: diffuse interstellar bands in a proto-fullerene circumstellar environment?”  
*Astrophysical Journal Letters*, **759**, L21.

Comerón S., Elmegreen B.G., Salo H., Laurikainen E., Athanassoula E., Bosma A., **Knapen J.H.** et al. “Breaks in Thin and Thick Disks of Edge-on Galaxies Imaged in the *Spitzer* Survey Stellar Structure in Galaxies (S<sup>4</sup>G)”  
*Astrophysical Journal*, **759**, 98.

Bovy J., **Allende-Prieto C.** et al. (Incluye **Mészáros Sz.**) “The Milky Way’s Circular-velocity Curve between 4 and 14 kpc from APOGEE data”  
*Astrophysical Journal*, **759**, 131.

Kameswara-Rao N., Lambert D.L., **García-Hernández D.A.**, Jeffery C.S., Woolf V.M., McArthur B. "The hot R Coronae Borealis star DY Centauri is a binary"  
*Astrophysical Journal Letters*, **760**, L3.

**Manso-Sainz R.**, **Martínez-González M.J.** "Hanle effect for Stellar dipoles and quadrupoles"  
*Astrophysical Journal*, **760**, 7.

Huber D. et al. (Incluye **Uytterhoeven K.**) "Fundamental Properties of Stars Using Asteroseismology from *Kepler* and *CoRoT* and Interferometry from the CHARA Array"  
*Astrophysical Journal*, **760**, 32.

Piotto G., **Milone A.P.** et al. (Incluye **Aparicio A.**) "*Hubble Space Telescope* Reveals Multiple Sub-giant Branch in Eight Globular Clusters G"  
*Astrophysical Journal*, **760**, 39.

Goossens M., Soler R., **Arregui I.**, Terradas J. "Analytic approximate seismology of propagating MHD waves in the solar corona"  
*Astrophysical Journal*, **760**, 98.

**García-Hernández D.A.**, Villaver E., García-Lario P., **Acosta-Pulido J.A.**, **Manchado A.** et al. "Infrared Study of Fullerene Planetary Nebulae"  
*Astrophysical Journal*, **760**, 107.

**Méndez-Abreu J.**, Sánchez-Janssen R., **Aguerrí J.A.L.**, Corsini E.M., **Zarattini S.** "The Nature and Nurture of Bars and Disks"  
*Astrophysical Journal Letters*, **761**, L6.

Moreno F., **Licandro J.**, **Cabrera-Lavers A.** "A Short-duration Event as the Cause of Dust Ejection from Main-Belt Comet P/2012 F5 (Gibbs)"  
*Astrophysical Journal Letters*, **761**, L12.

**Orozco-Suárez D.**, **Asensio-Ramos A.**, **Trujillo-Bueno J.** "Evidence for rotational motions in the feet of a quiescent solar prominence"  
*Astrophysical Journal Letters*, **761**, L25.

Liimets T., **Corradi R.L.M.**, Santander-García M., Villaver E., **Rodríguez-Gil P.**, Verro K., Kolka I. "A Three-Dimensional view of the remnant of Nova Persei 1901 (GK Per)"  
*Astrophysical Journal*, **761**, 34.

Schlesinger K.J., Johnson J.A., Rockosi C.M., Lee Y.-S., Morrison H.L., Schönrich R., **Allende-Prieto C.** et al. "The Metallicity Distribution Functions of SEGUE G and K Dwarfs: Constraints for Disk Chemical Evolution and Formation"  
*Astrophysical Journal*, **761**, 160.

Kóspál Á., Ábrahám P., **Acosta-Pulido J.A.** et al. "Mid-infrared Spectral Variability Atlas of Young Stellar Objects"  
*Astrophysical Journal Supp. Ser.*, **201**, 11.

del Toro-Iniesta J.C., **Martínez-Pillet V.** "Assessing the Behavior of Modern Solar Magnetographs and Spectropolarimeters"  
*Astrophysical Journal Supp. Ser.*, **201**, 22.

Guarcello M.G., Wright N.J., Drake J.J., **García-Alvarez D.**, Drew J.E., Aldcroft T., Kashyap V.L. "Optical Photometric GTC/OSIRIS Observations of the Young Massive Association Cygnus OB2"  
*Astrophysical Journal Supp. Ser.*, **202**, 19.

Ahn C.P., Alexandroff R., **Allende-Prieto C.** et al. (Incluye **Esposito M.**, **Femenía B.**, **Fernández-Alvar E.**, **García-Hernández D.A.**, **Génova-Santos G.**, **González-Hernández J.I.**, **Manchado A.**, **Meszáros Sz.**, **Pérez-Fournon I.**, **Rebolo R.**, **Rubiño-Martín J.A.**, **Sánchez-Almeida J.**, **Scóccola C.G.**, **Streblyanska A.**, **Zamora O.**) "The Ninth Data Release of the Sloan Digital Sky Survey: First Spectroscopic Data from the SDSS-III Baryon Oscillation Spectroscopic Survey"  
*Astrophysical Journal Supp. Ser.*, **203**, 21.

Momány Y. et al. (Incluye **Milone A.P.**) "The VLT/VISIR mid-IR view of 47 Tucanae. A further step in solving the puzzle of RGB mass loss"  
*Astronomy & Astrophysics*, **537**, A2.

Palacios J., Blanco-Rodríguez J., Vargas-Domínguez S., Domingo V., **Martínez-Pillet V.**, **Bonet J.A.** et al. “Magnetic field emergence in mesogranular-sized exploding granules observed with SUNRISE/IMaX data” *Astronomy & Astrophysics*, **537**, A21.

**Méndez-Abreu J.**, **Aguerre J.A.L.**, **Barrena R.**, Sánchez-Janssen R., Boschin W., **Castro-Rodríguez N.** et al. (Incluye **Zarattini S.**) “Fossil groups origins II. Unveiling the formation of the brightest group galaxies through their scaling relations” *Astronomy & Astrophysics*, **537**, A25.

**Castro-Rodríguez N.**, **López-Corredoira M.** “The age of extremely red and massive galaxies at very high redshift” *Astronomy & Astrophysics*, **537**, A31.

Rouan D., **Parviainen H.** et al. (Incluye **Deeg H.J.**, **Tingley B.**) “Transiting exoplanets from the CoRoT space mission. XIX. CoRoT-23b: a dense hot Jupiter on an eccentric orbit” *Astronomy & Astrophysics*, **537**, A54.

**Licandro J.**, Hargrove K., Kelley M., Campins H., Ziffer J., **Alí-Lagoa V.**, Fernández Y., Rivkin A. “5–14  $\mu\text{m}$  Spitzer spectra of Themis family asteroids” *Astronomy & Astrophysics*, **537**, A73.

**Milone A.P.** et al. (Incluye **Aparicio A.**) “Luminosity and mass functions of the three main sequences of the globular cluster NGC 2808” *Astronomy & Astrophysics*, **537**, A77.

Saito R.K., Hempel M., Minniti D. et al. (Incluye **López-Corredoira M.**) “VVV DR1: The First Data Release of the Milky Way Bulge and Southern Plane from the Near-Infrared ESO Public Survey VISTA Variables in the Via Lactea” *Astronomy & Astrophysics*, **537**, A107.

**Creevey O.L.** et al. (Incluye **Régulo C.**, **Salabert D.**) “Fundamental properties of five Kepler stars using global asteroseismic quantities and ground-based observations” *Astronomy & Astrophysics*, **537**, A111.

Bethge C., **Beck C.**, Peter H., Lagg A. “Siphon flow in a cool magnetic loop” *Astronomy & Astrophysics*, **537**, A130.

Guenther E.W. et al. (Incluye **Almenara J.M.**, **Deeg H.J.**, **Parviainen H.**, **Tingley B.**) “Transiting exoplanets from the CoRoT space mission XXI. CoRoT-19b: a low density planet orbiting an old inactive F9V-star” *Astronomy & Astrophysics*, **537**, A136.

Sánchez S.F. et al. (Incluye **Aguerre J.A.L.**, **Bakos J.**, **de Lorenzo-Cáceres A.**, **Falcón-Barroso J.**, **García-Lorenzo B.**, **Méndez-Abreu J.**, **Vazdekis A.**) “CALIFA, the Calar Alto Legacy Integral Field Area survey: I. Survey presentation” *Astronomy & Astrophysics*, **538**, A8.

**García-Rojas J.**, Peña M., **Morisset C.**, **Mesa-Delgado A.**, Ruiz M.T. “Analysis of chemical abundances in planetary nebulae with [WC] central stars. I. Line intensities and physical conditions” *Astronomy & Astrophysics*, **538**, A54.

Navarro S.G., **Corradi R.L.M.**, **Mampaso A.** “Automatic spectral classification of stellar spectra with low signal-to-noise ratio using artificial neural Networks” *Astronomy & Astrophysics*, **538**, A76.

Carone L., Gandolfi D., Cabrera J., Hatzes A.P., **Deeg H.J.** et al. (Incluye **Almenara J.M.**, **Parviainen H.**, **Rabus M.**, **Régulo C.**, **Tingley B.**) “Planetary transit candidates in the CoRoT LRA01 field” *Astronomy & Astrophysics*, **538**, A112

Recio-Blanco A., de Laverny P., Worley C., Santos N.C., Melo C., **Israeli G.** “Fluorine abundances in dwarf stars of the solar neighbourhood” *Astronomy & Astrophysics*, **538**, A117.

**Rodler F.**, Deshpande R., Zapatero-Osorio M.R., Martín E.L., Montgomery M.M., del Burgo C., **Creevey O.L.** “Search for radial velocity variations in eight M-dwarfs with NIRSPEC/Keck II” *Astronomy & Astrophysics*, **538**, A141.



**Koleva M., Vazdekis A.** “Stellar population models in the UV - I. Characterisation of the New Generation Stellar Library”  
*Astronomy & Astrophysics*, **538**, A143.

Deleuil M. et al. (Incluye **Deeg H.J., Parviainen H., Tingley B.**) “Transiting exoplanets from the CoRoT space mission. XX. CoRoT-20b: A very high density, high eccentricity transiting giant planet”  
*Astronomy & Astrophysics*, **538**, A145.

Aleksić J. et al. (Incluye **Becerra-González J., Berger K., Colombo E., Delgado-Méndez C., Diago-Ortega A., García-López R.J., Garczarczyk M., Herrero A., Pochon J., Puerto-Giménez I.**) “Detection of very-high energy  $\gamma$ -ray emission from NGC 1275 by the MAGIC telescopes”  
*Astronomy & Astrophysics*, **539**, L2.

**Bonet J.A.,** Cabello I., **Sánchez-Almeida J.** “Center-to-limb variation of the area covered by magnetic bright points in the quiet Sun”  
*Astronomy & Astrophysics*, **539**, A6.

Erikson A., Santerne A., Renner S., Barge P., Aigrain S., Alapini A., Almenara J.M. et al. (Incluye **Deeg H.J., Rabus M., Régulo C., Tingley B.**) “Planetary transit candidates in the CoRoT-SRC01 field”  
*Astronomy & Astrophysics*, **539**, A14.

**Asensio-Ramos A., Martínez-González M.J., Khomenko E., Martínez-Pillet V.** “Influence of phase-diversity image reconstruction techniques on circular polarization asymmetries”  
*Astronomy & Astrophysics*, **539**, A42.

**Russell D.M.,** O’Brien K., Muñoz-Darias T., Casella P., Gandhi P., Revnivtsev M.G. *Research Note* “The near-infrared counterpart of 4U 1636–53”  
*Astronomy & Astrophysics*, **539**, A53.

Presotto V. et al. (Incluye **Ricciardelli E.**) “A journey from the outskirts to the cores of groups I. Color- and mass-segregation in 20K-COSMOS groups”  
*Astronomy & Astrophysics*, **539**, A55.

Jiménez-Esteban F.M., Caballero J.A., Dorda R., **Miles-Páez P.A.,** Solano E. “Identification of red high proper-motion objects in Tycho-2 and 2MASS catalogues using Virtual Observatory tools”  
*Astronomy & Astrophysics*, **539**, A86.

Aleksić J. et al. (Incluye **Becerra-González J., Berger K., Colombo E., Delgado-Méndez C., Diago-Ortega A., García-López R.J., Garczarczyk M., Herrero A., Pochon J.**) “A&A 539, A118 “Discovery of VHE  $\gamma$ -ray emission from the BL Lacertae object B3 2247+381 with the MAGIC telescopes”  
*Astronomy & Astrophysics*, **539**, A118.

Iglesias-Páramo J., **López-Martín L.,** Vílchez J.M., Petropoulou V., Sulentic J.W. “New insights on Stephan’s Quintet: exploring the shock in three dimensions”  
*Astronomy & Astrophysics*, **539**, A127.

**Kuckein C., Martínez-Pillet V.,** Centeno R. “An active region filament studied simultaneously in the chromosphere and photosphere - I. Magnetic structure”  
*Astronomy & Astrophysics*, **539**, A131.

Simoniello R., Finsterle W., Salabert D., García R.A., Turck-Chièze S., **Jiménez A.,** Roth M. “The quasi-biennial periodicity (QBP) in velocity and intensity helioseismic observations. The seismic QBP over solar cycle 23”  
*Astronomy & Astrophysics*, **539**, A135.

Melita M.D., **Licandro J.** “Links between the dynamical evolution and the surface color of the Centaurs”  
*Astronomy & Astrophysics*, **539**, A144.

Magnelli B. et al. (Incluye **Bongiovanni A., Cepa J., Pérez-García A.M.**) “A Herschel view of the far-infrared properties of submillimetre galaxies”  
*Astronomy & Astrophysics*, **539**, A155.

Kehrig C. et al. (Incluye **Aguerri J.A.L.**) “The ionized gas in the CALIFA early-type galaxies I. Mapping two representative cases: NGC 6762 and NGC 5966”  
*Astronomy & Astrophysics*, **540**, A11.

**Milone A.P.**, Piotto G., Bedin L.R., **Aparicio A.** et al. "The ACS Survey of Galactic Globular Clusters. XII. Photometric Binaries along the Main-Sequence"  
*Astronomy & Astrophysics*, **540**, A16.

Boschin W., Girardi M., **Barrena R.**, Nonino M. "Abell 1758N from an optical point of view: new insights on a merging cluster with diffuse radio emission"  
*Astronomy & Astrophysics*, **540**, A43.

Van Raai M.A., Lugaro M., Karakas A.I., **García-Hernández D.A.**, Yong D. "Rubidium, zirconium, and lithium production in intermediate-mass asymptotic giant branch stars"  
*Astronomy & Astrophysics*, **540**, A44.

Aleksić J. et al. (Incluye **Becerra-González J**, **Berger K.**, **Colombo E.**, **Delgado-Méndez C.**, **Diago-Ortega A.**, **García-López R.J.**, **Garczarczyk M.**, **Herrero A.**, **Pochon J.**, **Puerto-Giménez I.**) "Phase-resolved energy spectra of the Crab Pulsar in the range of 50-400 GeV measured with the MAGIC Telescopes"  
*Astronomy & Astrophysics*, **540**, A69.

**Barrena R.**, Girardi M., Boschin W., Mardirossian F. "Environmental effects on the bright end of the galaxy luminosity function in galaxy clusters"  
*Astronomy & Astrophysics*, **540**, A90.

Florentino G., **Monelli M.** "Anomalous Cepheids in the Large Magellanic Cloud: Insight on their origin and connection with the star formation history"  
*Astronomy & Astrophysics*, **540**, A102.

MEMORIA  
2012 IAC

298

Pérez I., **Aguerri J.A.L.**, **Méndez-Abreu J.** "Bar pattern speed evolution over the last 7 Gyr"  
*Astronomy & Astrophysics*, **540**, A103.

Santini P. et al. (Incluye **Bongiovanni A.**, **Cepa J.**, **Pérez-García A.M.**) "Enhanced star formation rates in AGN hosts with respect to inactive galaxies from PEP-Herschel observations"  
*Astronomy & Astrophysics*, **540**, A109.

**Aguerri J.A.L.**, Huertas-Company M., **Sánchez-Almeida J.**, **Muñoz-Tuñón C.** "Dissecting the morphological and spectroscopic properties of galaxies in the local Universe I. Elliptical galaxies"  
*Astronomy & Astrophysics*, **540**, A136.

Patiri S.G., **Betancort-Rijo J.E.**, Prada F. "Quantifying the coherent outflows of galaxies around voids in the SDSS DR7"  
*Astronomy & Astrophysics*, **541**, L4.

Aleksić J. et al. (Incluye **Becerra-González J**, **Berger K.**, **Colombo E.**, **Delgado-Méndez C.**, **Diago-Ortega A.**, **García-López R.J.**, **Garczarczyk M.**, **Herrero A.**, **Pochon J.**, **Puerto-Giménez I.**) "Morphological and spectral properties of the W51 region measured with the MAGIC telescopes"  
*Astronomy & Astrophysics*, **541**, A13.

Marino A.F., **Milone A.P.** et al. (Incluye **Aparicio A.**) "The double sub-giant branch of NGC 6656 (M22): A chemical characterization"  
*Astronomy & Astrophysics*, **541**, A15

Rezaei R., **Beck C.**, Schmidt W. "Variation in sunspot properties between 1999 and 2011 as observed with the Tenerife Infrared Polarimeter"  
*Astronomy & Astrophysics*, **541**, A60.

**Oteo I.**, **Bongiovanni A.**, **Pérez-García A.M.**, **Cepa J.**, **Ederoclite A.**, Sánchez-Portal M., **Pintos-Castro I.** et al. "Herschel-PACS far-infrared detections of Lyman- $\alpha$  emitters at  $2.0 < z < 3.5$ "  
*Astronomy & Astrophysics*, **541**, A65.

**Ramírez-Alegría S.**, Marín-Franch A., **Herrero A.** "Discovery of a young and massive stellar cluster - Spectrophotometric near-infrared study of Masgomas-1"  
*Astronomy & Astrophysics*, **541**, A75.

Aleksić J. et al. (Incluye **Becerra-González J**, **Berger K.**, **Colombo E.**, **Delgado-Méndez C.**, **Diago-Ortega A.**, **García-López R.J.**, **Garczarczyk M.**, **Herrero A.**, **Pochon J.**, **Puerto-Giménez I.**) "Constraining Cosmic Rays and Magnetic Fields in the Perseus Galaxy Cluster with TeV observations by the MAGIC telescopes"  
*Astronomy & Astrophysics*, **541**, A99.

Pović M., Sánchez-Portal M., **Pérez-García A.M.**, Bongiovanni A., Cepa J., Huertas-Company M., Lara-López M.A., **Fernández-Lorenzo M.** et al. (Incluye **Ederoclite A.**, **González J.J.**) "AGN-host galaxy connection: morphology and colours of X-ray selected AGN at  $z \leq 2$ "

*Astronomy & Astrophysics*, **541**, A118.

Lardo C., **Milone A.P.**, Marino A.F., Mucciarelli A., Pancino E., Zoccali M., Rejkuba M., **Carrera R.** et al. "C and N abundances of main sequence and subgiant branch stars in NGC 1851"

*Astronomy & Astrophysics*, **541**, A141.

Clark J.S., Castro N., **García M.**, **Herrero A.**, Najarro F., Negueruela I., Ritchie B.W., Smith K.T. "On the nature of candidate luminous blue variables in M 33"

*Astronomy & Astrophysics*, **541**, A146.

Olivier M. et al. (Incluye **Almenara J.M.**, **Deeg H.J.**, **Tingley B.**) "Transiting exoplanets from the CoRoT space mission XXII. CoRoT-16b: a hot Jupiter with a hint of eccentricity around a faint solar-like star"

*Astronomy & Astrophysics*, **541**, A149.

Matute I. et al. (Incluye **Aguerrí J.A.L.**, **Cepa J.**) "Quasi-stellar objects in the ALHAMBRA survey. I. Photometric redshift accuracy based on 23 optical-NIR filter photometry"

*Astronomy & Astrophysics*, **542**, A20.

Béthermin M. et al. (Incluye **Castro-Rodríguez N.**, **Pérez-Fournon I.**) "HerMES: deep number counts at 250 $\mu$ m, 350 $\mu$ m and 500 $\mu$ m in the COSMOS and GOODS-N fields and the build-up of the cosmic infrared background"

*Astronomy & Astrophysics*, **542**, A58.

Castro N., Urbaneja M.A., **Herrero A.**, **García M.**, **Simón-Díaz S.** et al. "The ARAUCARIA project: Grid-based quantitative spectroscopic study of massive blue stars in NGC 55"

*Astronomy & Astrophysics*, **542**, A79.

Bonifacio P., Sbordone L., Caffau E., Ludwig H.-G., Spite M., **González-Hernández J.I.**, Behara N.T. "Chemical abundances of distant extremely metal-poor unevolved stars"

*Astronomy & Astrophysics*, **542**, A87.

Aleksić J. et al. (Incluye **Becerra-González J.**, **Berger K.**, **Colombo E.**, **Delgado-Méndez C.**, **Diago-Ortega A.**, **García-López R.J.**, **Garczarczyk M.**, **Herrero A.**, **Pochon J.**) "Mrk 421 active state in 2008: the MAGIC view, simultaneous multi-wavelength observations and SSC model constrained"

*Astronomy & Astrophysics*, **542**, A100.

**Lodieu N.**, **Espinoza-Contreras M.**, Zapatero-Osorio M.R., Solano E., Aberasturi M., Martín E.L. "New ultracool subdwarfs identified in large-scale surveys using Virtual Observatory tools - I. UKIDSS LAS DR5 vs. SDSS DR7"

*Astronomy & Astrophysics*, **542**, A105.

**Kuckein C.**, **Martínez-Pillet V.**, Centeno R. "An active region filament studied simultaneously in the chromosphere and photosphere - II. Doppler velocities"

*Astronomy & Astrophysics*, **542**, A112.

Gandolfi D., Collier Cameron A., Endl M., Lanza A.F., Damiani C., **Alonso R.** et al. "Doppler tomography of transiting exoplanets: a prograde, low-inclined orbit for the hot Jupiter CoRoT-11b"

*Astronomy & Astrophysics*, **543**, L5.

de la Cruz Rodríguez J., **Socas-Navarro H.**, Carlsson M., Leenaarts J. "Non-local thermodynamic equilibrium inversions from a 3D magnetohydrodynamic chromospheric model"

*Astronomy & Astrophysics*, **543**, A34.

Appourchaux T. et al. (Incluye **Régulo C.**) "Oscillation mode frequencies of 61 main-sequence and subgiant stars observed by Kepler"

*Astronomy & Astrophysics*, **543**, A54.

**Herrero A.**, **García M.**, Puls J., **Uytterhoeven K.**, Najarro F., Lennon D.J., Rivero-González J.G. "A peculiar Of star in the Local Group galaxy IC 1613"

*Astronomy & Astrophysics*, **543**, A85.

Adibekyan V.Zh., Santos N.C., Sousa S.G., **Israelian G.**, Delgado-Mena E., **González-Hernández J.I.** et al. "Overabundance of  $\alpha$ -elements in exoplanet-hosting stars"

*Astronomy & Astrophysics*, **543**, A89.

Aghanim N. et al. (Incluye **Génova-Santos R., Hempel A., Rebolo R., Rubiño-Martín J.A.**) “Planck intermediate results. I. Further validation of new Planck clusters with XMM-Newton”

*Astronomy & Astrophysics*, **543**, A102.

Brogaard K., VandenBerg D.A., Bruntt H., Grundahl F., Frandsen S., Bedin L.R., **Milone A.P.** et al. “Age and helium content of the open cluster NGC 6791 from multiple eclipsing binary members. II. Age dependencies and new insights”

*Astronomy & Astrophysics*, **543**, A106.

**Mezcua M.**, Chavushyan V.H., Lobanov A.P., León-Tavares J. “Starbursts and black hole masses in X-shaped radio galaxies: Signatures of a merger event?”

*Astronomy & Astrophysics*, **544**, A36.

**Murgas F., Pallé E., Cabrera-Lavers A., Colón K.D., Martín E.L., Parviainen H.** “Narrow band H $\alpha$  photometry of the super-Earth GJ 1214b with GTC/OSIRIS tunable filters”

*Astronomy & Astrophysics*, **544**, A41.

**Beck C.**, Rezaei R., Puschmann K.G. “The energy of waves in the photosphere and lower chromosphere - II. Intensity statistics”

*Astronomy & Astrophysics*, **544**, A46.

**López-Corredoira M.**, Perucho M. “Kinetic power of quasars and statistical excess of MOJAVE superluminal motions”

*Astronomy & Astrophysics*, **544**, A56.

Aleksić, J. et al. (Incluye **Becerra-González J., Berger K., Diago-Ortega A., García-López R.J., Herrero A., Pochon J.**) (2012 “High zenith angle observations of PKS 2155-304 with the MAGIC-I telescope”

*Astronomy & Astrophysics*, **544**, A75.

**González-Martín O.**, Vaughan S. “X-ray variability of 104 active galactic nuclei. XMM-Newton power-spectrum density profiles”

*Astronomy & Astrophysics*, **544**, A80.

Aleksić J. et al. (Incluye **Becerra-González J., Berger K., Colombo E., Delgado-Méndez C., Diago-Ortega A., García-López R.J., Garczarczyk M., Herrero A., Pochon J.**) “MAGIC observations of the giant radio galaxy M 87 in a low-emission state between 2005 and 2007”

*Astronomy & Astrophysics*, **544**, A96.

**Carrera R.** “Radial velocities and metallicities from infrared Ca II triplet spectroscopy of open clusters: Berkeley 26, Berkeley 70, NGC 1798, and NGC 2266”

*Astronomy & Astrophysics*, **544**, A109.

Sousa S.G., Santos N.C., **Israelian G.** “TMCalc – a fast code to derive  $T_{\text{eff}}$  and [Fe/H] for FGK stars”

*Astronomy & Astrophysics*, **544**, A122.

Aleksić J. et al. (Incluye **Becerra-González J., Berger K., Colombo E., Delgado-Méndez C., Diago-Ortega A., García-López R.J., Garczarczyk M., Herrero A., Pochon J., Puerto-Giménez I., Tesaro D.**) “Discovery of VHE gamma-rays from the blazar 1ES 1215+303 with the MAGIC Telescopes and simultaneous multi-wavelength observations”

*Astronomy & Astrophysics*, **544**, A142.

Calamida A., **Monelli M., Milone A.P.**, Bono G., Pietrinferni A., Lagioia E.P. “A new visual – near-infrared diagnostic to estimate the metallicity of cluster and field dwarf stars”

*Astronomy & Astrophysics*, **544**, A152.

Pätzold M. et al. (Incluye **Deeg H.J., Parviainen H., Tingley B.**) “Transiting exoplanets from the CoRoT space mission. XXIII. CoRoT-21b: a doomed large Jupiter around a faint subgiant star”

*Astronomy & Astrophysics*, **545**, A6.

Kostik R., **Khomenko E.** “Properties of convective motions in facular regions”

*Astronomy & Astrophysics*, **545**, A22.

Adibekyan V.Zh., Sousa S.G., Santos N.C., Delgado-Mena E., **González-Hernández J.I., Israelian G.** et al. "Chemical abundances of 1111 FGK stars from the HARPS GTO planet search program - Galactic stellar populations and planets"  
*Astronomy & Astrophysics*, **545**, A32.

**Cedrés B., Cepa J., Bongiovanni A.,** Castañeda H.O., Sánchez-Portal M., Tomita A. "Two-dimensional metallicity distribution of the ionized gas in NGC 628 and NGC 6946"  
*Astronomy & Astrophysics*, **545**, A43.

Rosario D.J. et al. (Incluye **Bongiovanni A, Cepa J., Pérez-García A.M.**) "The mean star formation rate of X-ray selected active galaxies and its evolution from  $z \sim 2.5$ : results from PEP-Herschel"  
*Astronomy & Astrophysics*, **545**, A45.

Raiteri C.M., Villata M., Smith P.S., Larionov V.M., **Acosta-Pulido J.A.** et al. (Incluye **Arévalo M.J., Carnerero M.I., Puerto-Giménez I.**) "Variability of the blazar 4C 38.41 (B3 1633+382) from GHz frequencies to GeV energies"  
*Astronomy & Astrophysics*, **545**, A48.

Rossi A., Klose S., **Ferrero P.** et al. "A deep search for the host galaxies of gamma-ray bursts with no detected optical afterglow"  
*Astronomy & Astrophysics*, **545**, A77.

Balmaverde B., Capetti A., Grandi P., Torresi E., Chiaberge M., **Rodríguez-Zaurin J.** et al. "Extended soft X-ray emission in 3CR radio galaxies at  $z < 0.3$ : high excitation and broad line galaxies"  
*Astronomy & Astrophysics*, **545**, A143.

Caballero J.A., **Cabrera-Lavers A., García-Álvarez D.,** Pascual S. "Stars and brown dwarfs in the  $\sigma$  Orionis cluster - III. OSIRIS/GTC low-resolution spectroscopy of variable sources"  
*Astronomy & Astrophysics*, **546**, A59.

Nieuwenhuijzen H., De Jager C., Kolka I., **Israelian G.** et al. "The hypergiant HR 8752 evolving through the yellow evolutionary void"  
*Astronomy & Astrophysics*, **546**, A105.

González-Fernández C., **López-Corredoira M.,** Amôres E.B., Minniti D., Lucas P., Toledo I. "The long bar as seen by the VVV survey: I. Colour-magnitude diagrams"  
*Astronomy & Astrophysics*, **546**, A107.

Tabernerero H.M., Montes D., **González-Hernández J.I.** "Chemically tagging the Hyades Supercluster. A homogeneous sample of F6-K4 kinematically selected northern stars"  
*Astronomy & Astrophysics*, **547**, A13.

Negueruela I., Marco A., González-Fernández C., Jiménez-Esteban F., Clark J.S., **García M.,** Solano E. "Red supergiants around the obscured open cluster Stephenson 2"  
*Astronomy & Astrophysics*, **547**, A15.

Cairós L.M., **Caon N., García-Lorenzo B.,** Kelz A., Roth M., Papaderos P., Streicher O. "Mapping Luminous Blue Compact Galaxies with VIRUS-P: morphology, line ratios and kinematics"  
*Astronomy & Astrophysics*, **547**, A24.

Fischer C.E., Keller C.U., Snik F., Fletcher L., **Socas-Navarro H.** "Unusual Stokes V profiles during flaring activity of a delta sunspot"  
*Astronomy & Astrophysics*, **547**, A34.

Adibekyan V.Zh., Delgado-Mena E., Sousa S.G., Santos N.C., **Israelian G., González Hernández J.I.** et al. "Exploring the  $\alpha$ -enhancement of metal-poor planet-hosting stars. The *Kepler* and HARPS sample"  
*Astronomy & Astrophysics*, **547**, A36.

Boschin W., Girardi M., **Barrena R.** "Structure of Abell 1995 from optical and X-ray data: a galaxy cluster with an elongated radio halo"  
*Astronomy & Astrophysics*, **547**, A44.

Eliche-Moral M.C., **González-García A.C.**, **Aguerrí J.A.L.**, Gallego J., Zamorano J., **Balcells M.**, **Prieto M.** “Evolution along the sequence of S0 Hubble types induced by dry minor mergers - I. Global bulge-to-disk structural relations”

*Astronomy & Astrophysics*, **547**, A48.

Melandri A., Pian E., **Ferrero P.** et al. “The optical SN 2012bz associated with the long GRB 120422A”

*Astronomy & Astrophysics*, **547**, A82.

**Asensio-Ramos A.**, **Manso-Sainz R.** “Signal detection for spectroscopy and polarimetry”

*Astronomy & Astrophysics*, **547**, A113.

López-Sanjuan C. et al. (Incluye **Ricciardelli E.**) “The dominant role of mergers in the size evolution of massive early-type galaxies since  $z \sim 1$ ”

*Astronomy & Astrophysics*, **548**, A7.

Gondoin P., Gandolfi D., Fridlund M., Frasca A., Guenther E.W., Hatzes A., **Deeg H.J.**, **Parviainen H.** et al. “From CoRoT 102899501 to the Sun - A time evolution model of chromospheric activity on the main sequence”

*Astronomy & Astrophysics*, **548**, A15.

**Fabbian D.**, **Moreno-Insertis F.**, **Khomenko E.**, Nordlund A. “Solar Fe abundance and magnetic fields - Towards a consistent reference metallicity”

*Astronomy & Astrophysics*, **548**, A35.

**Losada I.R.**, Brandenburg A., Kleeorin N., Mitra D., Rogachevskii I. “Rotational effects on the negative magnetic pressure instability”

*Astronomy & Astrophysics*, **548**, A49.

**Lodieu N.** et al. (Incluye **Rebolo R.**, **Béjar V.J.S.**, **Boudreault S.**) “First T dwarfs in the VISTA Hemisphere Survey”

*Astronomy & Astrophysics*, **548**, A53.

Pâris I. et al. (Incluye **Pérez-Fournon I.**) “The Sloan Digital Sky Survey quasar catalog: ninth data release”

*Astronomy & Astrophysics*, **548**, A66.

Toloba E., Boselli A., Peletier R.F., **Falcón-Barroso J.**, van de Ven G., Gorgas J. “Formation and evolution of dwarf early-type galaxies in the Virgo cluster. II. Kinematic scaling relations”

*Astronomy & Astrophysics*, **548**, A78.

Lardo C., Pancino E., Mucciarelli A., **Milone A.P.** “Carbon and nitrogen abundances of stellar populations in the globular cluster M 2”

*Astronomy & Astrophysics*, **548**, A107.

Fusco F., Buonanno R., Bono G., Cassisi S., **Monelli M.**, Pietrinferni A. “Distance and reddening of the Local Group dwarf irregular galaxy NGC 6822”

*Astronomy & Astrophysics*, **548**, A129.

**Carballo-Bello J.A.**, Gieles M., Sollima A., Koposov S., Martínez-Delgado D., Peñarrubia J. “Outer density profiles of 19 Galactic globular clusters from deep and wide-field imaging”

*Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **419**, 14.

**Martínez-González M.J.**, **Manso-Sainz R.**, **Asensio-Ramos A.**, **Belluzzi L.** “Analytical maximum likelihood estimation of stellar magnetic fields”

*Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **419**, 153.

Rica F.M., **Barrena R.**, Vázquez G., Henríquez A.A., Hernández F. “Orbit Determination of Close Binary Systems using Lucky Imaging”

*Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **419**, 197.

Smith A.J. et al. (Incluye **Pérez-Fournon I.**) “HerMES: point source catalogues from deep Herschel-SPIRE observations”

*Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **419**, 377.

Pilyugin L.S., Zinchenko I.A., **Cedrés B.**, **Cepa J.**, **Bongiovanni A.**, Mattsson L., Vílchez J.M. “SDSS galaxies with double-peaked emission lines: double starbursts or active galactic nuclei?”

*Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **419**, 490.

López-Sánchez Á.R., Koribalski B.S., van Eymeren J., **Esteban C.**, Kirby E., Jerjen H., Lonsdale N. “The intriguing H I gas in NGC 5253: an infall of a diffuse, low-metallicity H I cloud?”

*Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **419**, 1051.

Casuso E., **Beckman J.E.** “The Galactic initial mass function: origin in the combined mass distribution functions of dust grains and gas clouds”

*Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **419**, 1642.

Riaz B., Martín E.L., **Tata R.**, Monin J.-L., Phan-Bao N., Bouy H. “Young Stellar Objects in NGC 6823”

*Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **419**, 1887.

Peletier R.F., Kutdemir E., van der Wolk G., **Falcón-Barroso J.** et al. “The SAURON project - XX. The Spitzer [3.6] - [4.5] colour in early-type galaxies: colours, colour gradients and inverted scaling relations”

*Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **419**, 2031.

Colon K.D., Ford E.B., Redfield S., Fortney J.J., Shabram M., **Deeg H.J.**, Mahadevan S. “Probing potassium in the atmosphere of HD 80606b with tunable filter transit spectrophotometry from the Gran Telescopio Canarias”

*Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **419**, 2233.

Ortiz J.L., Thirouin A., Campo-Bagatin A., Duffard R., **Licandro J.** et al. “Rotational fission of Trans-Neptunian Objects. The case of Haumea”

*Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **419**, 2315.

Orienti M., **Prieto M.A.**, Brunetti G., Mack K.-H., Massaro F., Harris D.E. “Complex particle acceleration processes in the hotspots of 3C 105 and 3C 445”

*Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **419**, 2338.

Roseboom I.G. et al. (Incluye **Castro-Rodríguez N.**, **Cava A.**, **Pérez-Fournon I.**) “The Herschel Multi-Tiered Extragalactic Survey: SPIRE-mm Photometric Redshifts”

*Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **419**, 2758.

Twite J.W., Conselice C.J., Buitrago F., Noeske K., Weiner B.J., **Acosta-Pulido J.A.**, Bauer A.E. “H $\alpha$  star formation rates in massive galaxies at  $z$  1 (pages 1061–1078)”

*Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **420**, 1061.

**De Lorenzo-Cáceres A.**, **Vazdekis A.**, **Aguerri J.A.L.**, Corsini E.M., Debattista V.P. “Constraining the formation of inner bars. Photometry, kinematics and stellar populations in NGC 357”

*Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **420**, 1092.

Verbeek K. et al. (Incluye **Casares J.**, **Corral-Santana J.**) “A first catalogue of automatically selected UV-excess sources from the UVEX survey”

*Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **420**, 1115.

Masciadri E., Lascaux F., **Fuensalida J.J.**, Lombardi G., Vázquez-Ramió H. “Re-calibrated Generalized-Scidar measurements at Cerro Paranal (the site of the Very Large Telescope)”

*Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **420**, 2399.

Dobrotka A., Mineshige S., **Casares J.** “A flickering study of nova-like systems KR Aur and UU Aqr”

*Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **420**, 2467.

Riaz B., **Lodieu N.**, Goodwin S., Stamatellos D., Thompson M. “Disc Frequencies for Brown Dwarfs in the Upper Scorpius OB Association: Implications for Brown Dwarf Formation Theories”

*Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **420**, 2497.

Bernard E.J., Ferguson A.M.N., Barker M.K., **Hidalgo S.L.** et al. (Incluye **Monelli M.**) “The star formation history and dust content in the far outer disc of M31”

*Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **420**, 2625.

**Iglesias-Groth S.**, **González Hernández J.I.**, **Manchado A.** “A search for naphthalene in diffuse interstellar clouds”

*Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **420**, 2785.

**Almenara J.M.**, Alonso, R., **Rabus M.**, **Lázaro C.**, **Arévalo M.J.**, **Belmonte J.A.**, **Deeg, H.J.** et al. (Incluye **Vázquez-Ramió H.**) “An eclipsing post-common envelope binary in the field of the Kepler mission”

*Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **420**, 3017.

**Cornelisse R.**, D'Avanzo P., Campana S., **Casares J.** et al. "The nature of the X-ray transient MAXI J0556-332" *Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **420**, 3538.

Dobbie P.D., Baxter R., Külebi B., Parker Q.A., Koester D., Jordan S., **Lodieu N.** et al. "Two new young, wide, magnetic + non-magnetic double-degenerate binary Systems" *Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **421**, 202.

Sarkar G., **García-Hernández D.A.**, Parthasarathy M., **Manchado A.**, García-Lario P., Takeda Y. "High resolution spectroscopy of the high velocity hot post-AGB star LS III +52 24 (IRAS 22023+5249)" *Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **421**, 679.

**Casares J.**, Ribó M., Ribas I., Paredes J.M., Vilardell F., Negueruela I. "On the binary nature of the  $\gamma$ -ray sources AGL J2241+4454 (= MWC 656) and HESS J0632+057 (= MWC 148)" *Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **421**, 1103.

Norris M. et al. (Incluye **Beasley M.**) "The globular cluster kinematics and galaxy dark matter content of NGC 3923" *Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **421**, 1485.

Viero M.P. et al. (Incluye **Trujillo I.**) "Measuring star formation in high-z massive galaxies: a mid-infrared to submillimetre study of the GOODS NICMOS Survey sample" *Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **421**, 2161.

**Núñez-Díaz M.**, **Mesa-Delgado A.**, **Esteban C.**, **López-Martín L.**, **García-Rojas J.**, **Luridiana V.** "Exploring the effects of high-velocity flows in abundance determinations in H II regions. Bidimensional spectroscopy of HH 204 in the Orion Nebula" *Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **421**, 3399.

**Monelli M.**, Bernard E.J., **Gallart C.**, Fiorentino G., **Drozdovsky I.**, **Aparicio A.** et al. "Variable Stars in the Cetus dSph Galaxy: Population Gradients and Connections with the Star Formation History" *Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **422**, 89.

Schmidtobreick L., **Rodríguez-Gil P.**, Long K.S., Gänsicke B.T., Tappert C., Torres M.A.P. "Discovery of H $\alpha$  satellite emission in a low state of the SW Sextantis star BB Doradus" *Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **422**, 731.

Elitzur M., **Asensio-Ramos A.**, Ceccarelli C. "Rotating discs and non-kinematic double peaks" *Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **422**, 1394.

**Lodieu N.**, Deacon N.R., Hambly N.C. "Astrometric and photometric initial mass functions from the UKIDSS Galactic Clusters Survey – I. The Pleiades" *Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **422**, 1495.

Pinfield D.J., Burningham B., **Lodieu N.** et al. "Discovery of the benchmark metal-poor T8 dwarf BD +01 2920B" *Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **422**, 1922.

**Mármol-Queraltó E.**, **Trujillo I.**, Pérez-González P.G., **Varela J.**, Barro G. "Satellites around massive galaxies since  $z \sim 2$ " *Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **422**, 2187.

Marcolino W.L.F. et al. (Incluye **Herrero A.**) "HST/STIS spectroscopy of the magnetic Of?p star HD 108: the low state at ultraviolet wavelengths" *Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **422**, 2314.

**Rodríguez-Gil P.**, Schmidtobreick L., Long K.S., Gänsicke B.T., Torres M.A.P., Rubio-Díez M.M., Santander-García M. "The fight for accretion: discovery of intermittent mass transfer in BB Doradus in the low state" *Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **422**, 2332.

**Sánchez-Gallego J.R.**, **Knapen J.H.**, Wilson C.D., Barmby P., Azimlu M., Courteau S. "The JCMT Nearby Galaxies Legacy Survey – VII. H $\alpha$  imaging and massive star formation properties" *Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **422**, 3208.



Broomhall A.M., **Salabert D.**, Chaplin W.J., García R.A., Elsworth Y., Howe R., Mathur S. “Misleading variations in estimated rotational frequency splittings of solar p modes: consequences for helioseismology and asteroseismology”  
*Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **422**, 3564.

Corsini E.M., **Méndez-Abreu J.** et al. “Polar bulges and polar nuclear discs: the case of NGC 4698”  
*Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **423**, L79.

Villar-Martín M., **Cabrera Lavers A.**, Bessiere P., Tadhunter C., Rose M., de Breuck C. “Mergers and interactions in Sloan Digital Sky Survey type 2 quasars at  $z$  0.3–0.4. SDSS J143027.66–005614.8: a case study”  
*Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **423**, 80.

Bruntt H. et al. (Incluye **Uytterhoeven K.**, **Régulo C.**) “Accurate fundamental parameters and detailed abundance patterns from spectroscopy of 93 solar-type *Kepler* targets”  
*Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **423**, 122.

Esquej P., Alonso-Herrero A., **Pérez-García A.M.** et al. (Incluye **Acosta-Pulido J.A.**, **Rodríguez-Espinosa J.M.**) “The starburst-active galactic nucleus connection in the merger galaxy Mrk 938: an infrared and X-ray view”  
*Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **423**, 185.

**Ferré-Mateu A.**, **Vazdekis A.**, **Trujillo I.**, **Sánchez-Blázquez P.**, Ricciardelli E., **de la Rosa I.G.** “Young ages and other intriguing properties of massive compact galaxies in the Local Universe”  
*Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **423**, 632.

Morelli L., Corsini E.M., Pizzella A., Dalla Bontà E., Coccato L., **Méndez-Abreu J.**, Cesetti M. “Structure and dynamics of galaxies with a low surface-brightness disc – II. Stellar populations of bulges”  
*Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **423**, 962.

Shimwell T.W. et al. (Incluye **Génova-Santos R.**) “A blind detection of a large, complex, Sunyaev-Zel’dovich structure”  
*Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **423**, 1463.

Jeong H. et al. (Incluye **Falcón-Barroso J.**) “The SAURON project – XXI. The spatially resolved UV-line strength relations of early-type galaxies”  
*Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **423**, 1921.

Díaz-Sánchez A., Pérez-Garrido A., Villó I., **Rebolo R.**, **Pérez-Prieto J.A.**, **Oscóz A.**, **Hildebrandt S.R.**, **López R.**, **Rodríguez L.F.** “High-resolution optical imaging of the core of the globular cluster M15 with FastCam”  
*Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **423**, 2260.

Dobbie P.D., Day-Jones A., Williams K.A., Casewell S.L., Burleigh M.R., **Lodieu N.** et al. “Further investigation of white dwarfs in the open clusters NGC 2287 and NGC 3532”  
*Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **423**, 2815.

**Iglesias-Groth S.**, **García-Hernández D.A.**, Cataldo F., **Manchado A.** “Infrared spectroscopy of hydrogenated Fullerenes (Fulleranes) at extreme temperatures”  
*Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **423**, 2868.

Prada F., Klypin A.A., Cuesta A.J., **Betancort-Rijo J.E.**, Primack J. “Halo concentrations in the standard  $\Lambda$ CDM cosmology”  
*Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **423**, 3018.

**Vazdekis A.**, Ricciardelli E., Cenarro A.J., Rivero-González J.G., Díaz-García L.A., **Falcón-Barroso J.** “MIUSCAT: extended MILES spectral coverage – I. Stellar population synthesis models”  
*Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **424**, 157.

Ricciardelli E., **Vazdekis A.**, Cenarro A.J., **Falcón-Barroso J.** “MIUSCAT: extended MILES spectral coverage – II. Constraints from optical photometry”  
*Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **424**, 172.

Balona L.A. (Incluye **Uytterhoeven K.**) “Unusual high frequency oscillations in the *Kepler*  $\delta$  Scuti star KIC4840675?”  
*Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **424**, 1187.

Oliver S.J. et al. (Incluye **Castro-Rodríguez N.**, **Ferrero P.**, **Pérez-Fournon I.**) “The *Herschel* Multi-tiered Extragalactic Survey: HerMES”  
*Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **424**, 1614.

López R., **García-Lorenzo B.**, Estalella R., Riera A., Carrasco-González C., **Gómez G.** “Integral Field Spectroscopy of the Brightest Knots of HH 223 in L723”  
*Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **424**, 1817.

Casas R.A., Arias V., **Peña-Ramírez K.**, Kroupa P. “Dwarf spheroidal satellites of the Milky Way from dark matter free tidal dwarf galaxy progenitors: maps of orbits”  
*Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **424**, 1941.

Handler G., Shobbrook R.R., **Uytterhoeven K.** et al. “A multisite photometric study of two unusual Beta Cep stars: the magnetic V2052 Oph and the massive rapid rotator V986 Oph”  
*Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **424**, 2380.

Sánchez-Janssen R., **Aguerri J.A.L.** “Globular cluster systems as tracers of environmental effects on Virgo early-type dwarfs”  
*Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **424**, 2614.

Gvaramadze V.V., **Weidner C.**, Kroupa P., Pflamm-Altenburg J. “Field O stars: formed in situ or as runaways?”  
*Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **424**, 3037.

Wilson C.D. et al. (Incluye **Sánchez-Gallego J.A.**, **Knapen J.H.**) “The JCMT Nearby Galaxies Legacy Survey – VIII. CO data and the LCO (3-2)–LFIR correlation in the SINGS sample”  
*Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **424**, 3050.

Alonso-Herrero A., Sanchez-Portal M., **Ramos Almeida C.** et al. (Incluye **González-Martín O.**, **Acosta-Pulido J.A.**, **Pérez García A.M.**) “Probing the Nuclear and Circumnuclear Activity of NGC1365 in the Infrared”  
*Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **425**, 311.

Sánchez A.G., **Scóccola C.G.** et al. (Incluye **Rubiño-Martín J.A.**) “The clustering of galaxies in the SDSS-III Baryon Oscillation Spectroscopic Survey: cosmological implications of the large-scale two-point correlation function”  
*Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **425**, 415.

Goździewski K., Nasiroglu I., Słowikowska A., Beuermann K., Kanbach G., **Gauza B.** “On the HU Aquarii planetary system hypothesis”  
*Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **425**, 930.

Ishigaki M.N., Parthasarathy M., Reddy B.E., García-Lario P., Takeda Y., Aoki W., **García-Hernández D.A.**, **Manchado A.** “The Chemical composition of the post-AGB F-supergiant CRL 2688”  
*Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **425**, 997.

Wade G.A. et al. (Incluye **Simón-Díaz S.**) “NGC 1624-2: a slowly rotating, X-ray luminous Of?p star with an extraordinarily strong magnetic field”  
*Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **425**, 1278.

Bessiere P., Tadhunter C.N., **Ramos-Almeida C.**, Villar-Martín M. “The importance of galaxy interactions in triggering type II quasar activity”  
*Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **426**, 276.

Domínguez-Sánchez H., Mignoli M., Pozzi F., Calura F., Cimatti A., Gruppioni C., **Cepa J.** et al. (Incluye **Ricciardelli E.**) “Comparison of star formation rates from H $\alpha$  and infrared luminosity as seen by *Herschel*”  
*Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **426**, 330.

**Mesa-Delgado A.**, **Núñez-Díaz M.**, **Esteban C.**, **García-Rojas J.**, Flores-Fajardo N., **López-Martín L.** et al. “Ionized gas diagnostics from protoplanetary discs in the Orion Nebula and the abundance discrepancy problem”  
*Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **426**, 614.

Sollima A., Gratton R.G., **Carballo-Bello J.A.** et al. “Spectroscopic hint of a cold stream in the direction of the globular cluster NGC 1851”  
*Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **426**, 1137.

Verbeek K. et al. (Incluye **Casares J., Corral-Santana J., Corradi R.L.M.**) “Spectroscopic follow-up of ultraviolet-excess objects selected from the UVEX survey”  
*Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **426**, 1235.

Birkby J.L. et al. (Incluye **Murgas F., Lodieu N.**) “Discovery and characterisation of detached M-dwarf eclipsing binaries in the WFCAM Transit Survey”  
*Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **426**, 1507.

Houdebine E.R., Butler C.J., **García-Alvarez D.**, Telting J. “Observation and modelling of main-sequence star chromospheres - XIX. FIES and FEROS observations of dM1 stars”  
*Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **426**, 1591.

Escalante V., **Morisset C.**, Georgiev L. “Excitation of emission lines by fluorescence and recombination in IC 418”  
*Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **426**, 2318.

**Lodieu N.**, Deacon N.R., Hambly N.C., **Boudreault S.** “Astrometric and photometric initial mass functions from the UKIDSS Galactic Clusters Survey: II The Alpha Persei open cluster”  
*Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **426**, 3403.

**Boudreault S., Lodieu N.**, Deacon N.R., Hambly N.C. “Astrometric and photometric initial mass functions from the UKIDSS Galactic Clusters Survey: III Praesepe”  
*Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **426**, 3419.

Briquet M. et al. (Incluye **Uytterhoeven K.**) “Multisite spectroscopic seismic study of the  $\beta$  Cep star V2052 Ophiuchi: inhibition of mixing by its magnetic field”  
*Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **427**, 483.

Jiménez Esteban F.M., **Cabrera Lavers A.**, Cardiel N., Alacid J.M. “Deep blank-field catalogue for medium- and large-sized telescopes”  
*Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **427**, 679.

Livermore R.C. et al. (Incluye **Rodríguez-Zaurín J.**) “Hubble Space Telescope H $\alpha$  imaging of star-forming galaxies at  $z \simeq 1-1.5$ : evolution in the size and luminosity of giant H II regions”  
*Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **427**, 688.

**Martín-Navarro I., Bakos J., Trujillo I., Knapen J.H.** et al. (Incluye **Erroz-Ferrer S.**) “A unified picture of breaks and truncations in spiral galaxies from SDSS and S<sup>4</sup>G imaging”  
*Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **427**, 1102.

Murphy S., Grigahcène A., Niemczura E., Kurtz D.W., **Uytterhoeven K.** “Pulsational amplitude growth of the star KIC 3429637 (HD 178875) in the context of Am and  $\rho$  Pup stars”  
*Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **427**, 1418.

Tadhunter C. N., **Ramos-Almeida C.**, Morganti R., Holt J., Rose M., Dicken D., Inskip K. “PKS 0347+05: a radio-loud/radio-quiet double active galactic nucleus system triggered in a major galaxy merger”  
*Monthly Not. of the R. Astron. Soc.* **427**, 1603.

Cappetta M. et al. (Incluye **Lodieu N., Murgas F., Pallé E.**) “The first planet detected in the WTS: An inflated hot-Jupiter in a 3.35 day orbit around a late F-star”  
*Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **427**, 1877.

**Gauza B., Béjar V.J.S., Rebolo R., Peña-Ramírez K.**, Zapatero-Osorio M.R., Pérez-Garrido A., **Lodieu N.** et al. (Incluye **Boudreault S.**) “A new L-dwarf member of the moderately metal-poor triple system HD 221356”  
*Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **427**, 2457.

Yang Y.J., Kong A.K.H., **Russell D.M.**, Lewis F., Wijnands R. “Quiescent X-ray/optical counterparts of the black hole transient H 1705-250”  
*Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **427**, 2876.

MEMORIA  
IAC 2012

307

**Erroz-Ferrer S., Knapen J.H., Font J., Beckman J.E., Falcón-Barroso J., Sánchez-Gallego J.R.** et al. “H $\alpha$  Kinematics of S4G spiral galaxies I. NGC 864” *Monthly Not. of the R. Astron. Soc.*, **427**, 2938.

Wisniewski J.P., Ge J., Crepp J.R., De Lee N., Eastman J., **Esposito M.** et al. (Incluye **González-Hernández J.I., Allende-Prieto C., Femenía B., Rebolo R.**) “107 Very Low Mass Stellar and Substellar Companions to Solar-like Stars from MARVELS. I. A Low-mass Ratio Stellar Companion to TYC 4110-01037-1 in a 79 Day Orbit” *Astronomical Journal*, **143**, 107.

King I.R., Bedin L.R., Cassisi S., **Milone A.P.**, Bellini A., Piotto G., Anderson J. et al. “Hubble Space Telescope Observations of an Outer Field in Omega Centauri: A Definitive Helium Abundance” *Astronomical Journal*, **144**, 5.

Estalella R., López R., Anglada G., **Gómez G.**, Riera A., Carrasco-González C. “The Counterjet of HH 30: New Light on Its Binary Driving Source” *Astronomical Journal*, **144**, 61.

Kastner J.H. et al. (Incluye **Corradi R.L.M.**) “The Chandra X-Ray Survey of Planetary Nebulae (CHANPLANS): Probing Binarity, Magnetic Fields, and Wind Collisions” *Astronomical Journal*, **144**, 58.

Mason R.E., López-Rodríguez E., Packham C., Alonso-Herrero A., Levenson N.A., Radomski J., **Ramos-Almeida C.** et al. “The Nuclear Infrared Emission of Low-Luminosity Active Galactic Nuclei” *Astronomical Journal*, **144**, 11.

MEMORIA  
2012 IAC

308

Fleming S.W., Ge J., Barnes R., Beatty T.G., Crepp J.R., De Lee N., **Esposito M.** et al. (Incluye **Femenía B., González-Hernández J.I., Allende-Prieto C., Rebolo R.**) “Very Low-mass Stellar and Substellar Companions to Solar-like Stars from MARVELS II: A Short-period Companion Orbiting an F Star with Evidence of a Stellar Tertiary And Significant Mutual Inclination” *Astronomical Journal*, **144**, 72.

Deshpande R., Martín E.L., Montgomery M.M., Zapatero Osorio M.R., **Rodler F.** et al. (Incluye **Tata R.**) “Intermediate Resolution Near-infrared Spectroscopy of 36 Late M Dwarfs” *Astronomical Journal*, **144**, 99.

**Mészáros Sz., Allende-Prieto C.** et al. (Incluye **de Vicente A.**) “New ATLAS9 and MARCS Model Atmosphere Grids for the Apache Point Observatory Galactic Evolution Experiment (APOGEE)” *Astronomical Journal*, **144**, 120.

Sterzik M.F., Bagnulo S., **Pallé E.** “Biosignatures as revealed by spectropolarimetry of Earthshine” *Nature*, **483**, 64.

Page M J. et al. (Incluye **Rodríguez-Castro N., Pérez-Fournon I.**) “The suppression of star formation by powerful active galactic nuclei” *Nature*, **485**, 213.

Wilken T., Curto G.L., Probst R.A., Steinmetz T., Manescau A., Pasquini L., **González-Hernández J.I., Rebolo R.** et al. “A spectrograph for exoplanet observations calibrated at the centimetre-per-second level” *Nature*, **485**, 611.

**Israelian G.** *News and Views* “Cosmology: The lithium problem” *Nature*, **489**, 37.

Ortiz J.L. et al. (Incluye **Licandro J.**) “Albedo and atmospheric constraints of dwarf planet Makemake from a stellar occultation” *Nature*, **491**, 566.

Boffin H.M.J., Miszalski B., Rauch T., Jones D., **Corradi R.L.M.** et al. “An Interacting Binary System Powers Precessing Outflows of an Evolved Star” *Science*, **338**, 773.

**González-Hernández J.I.** et al. “No surviving evolved companions of the progenitor of SN 1006” *Nature*, **489**, 533.

Cavarroc C. et al. (Incluye **Tingley B., Almenara J.M., Deeg H.J., Parviainen H.**) "Transiting exoplanets from the CoRoT space mission Resolving the nature of transit candidates for the LRA03 and SRA03 fields" *Astrophys. Space Sci.*, **337**, 511.

de León J., Pinilla-Alonso N., Campins H., **Licandro J.**, Marzo G.A. "Near-infrared spectroscopic survey of B-type asteroids: Compositional analysis" *Icarus*, **218**, 196.

López Ariste A., Leblanc F., Casini R., **Manso-Sainz R.**, Gelly B., Le Men C. "Resonance scattering polarization in the magnetosphere of Mercury" *Icarus*, **220**, 1104.

Hargrove K.D., Kelley M.S., Campins H., **Licandro J.**, Emery J. "Asteroids (65) Cybele, (107) Camilla and (121) Hermione: Infrared spectral diversity among the Cybeles" *Icarus*, **221**, 453.

**Lázaro C., Arévalo M.J., Almenara J.M., Carnerero M.I.**, Moreno M.A. "A photometric and spectroscopic study of the binary V1430 Aql" *New Astronomy*, **17**, 498.

Aleksić J. et al. (Incluye **Becerra-González J, Berger K., Colombo E., Delgado-Méndez C., Diago-Ortega A., García-López R.J., Garczarczyk M., Herrero A., Pochon J., Puerto-Giménez I.**) "Performance of the MAGIC stereo system obtained with Crab Nebula data" *Astroparticle Physics*, **35**, 435.

**López-Corredoira M., Gutiérrez C.M.** "On the non-evolution of the dependence of black hole masses on bolometric luminosities for QSOs" *Research in Astronomy and Astrophysics*, **12**, 249.

Bilir S., Karaali S., Dağtekin N.D., Önal Ö., Ak S., Ak T., **Cabrera-Lavers A.** "Transformations from WISE to 2MASS, SDSS and BVI Photometric Systems: II. Transformation Equations for Red-Clump Stars" *Publication of the Astron. Soc. of the Pacific*, **29**, 121.

Pyrzas S., Gänsicke B.T., Thorstensen J.R., Aungwerojwit A., Boyd D., Brady S., **Casares J.** et al. (Incluye **Rodríguez-Gil P.**) "HS 2325 + 8205 - An Ideal Laboratory for Accretion Disk Physics" *Publication of the Astron. Soc. of the Pacific*, **124**, 204.

Fabrizio M. et al. (Incluye **Monelli M.**) "The Carina Project. V. The Impact of NLTE Effects on the Iron Content" *Publication of the Astron. Soc. of the Pacific*, **124**, 519.

Mauduit J.-C. et al. (Incluye **Castro-Rodríguez N., Cava A., Pérez-Fournon I.**) "The Spitzer Extragalactic Representative Volume Survey (SERVS): Survey Definition and Goals" *Publication of the Astron. Soc. of the Pacific*, **124**, 714.

**Vázquez-Ramió H., Vernin J., Muñoz-Tuñón C., Sarazin M., Varela A.M., Trinquet H., Delgado J.M.** et al. (Incluye **Fuensalida J.J., Reyes M.**) "European Extremely Large Telescope Site Characterization. II. High Angular Resolution Parameters" *Publication of the Astron. Soc. of the Pacific*, **124**, 868.

Mayya Y.D., Rosa-González D., Vega O., **Méndez-Abreu J.** et al. (Incluye **Muñoz-Tuñón C., Rodríguez-Espinosa J.M., Sánchez-Almeida J., Aguerri J.A.L.**) "Flux-Calibrated Emission-Line Imaging of Extended Sources Using GTC/OSIRIS Tunable Filters" *Publication of the Astron. Soc. of the Pacific*, **124**, 895.

Matthews S.A. et al. (Incluye **Martínez-Pillet V.**) "Solar particle acceleration radiation and kinetics (SPARK)" *Experimental Astronomy*, **33**, 237.

Peter H. et al. (Incluye **Manso-Sainz R., Martínez-Pillet V., Trujillo-Bueno J.**) "Solar magnetism eXplorer (SolmeX). Exploring the magnetic field in the upper atmosphere of our closest star" *Experimental Astronomy*, **33**, 271.

Barucci M.A. et al. (Incluye **Licandro J.**)  
“MarcoPolo-R near earth asteroid sample  
return mission”  
*Experimental Astronomy*, **33**, 645.

Teriaca L. et al. (Incluye **Martínez-Pillet V., Socas-Navarro H., Trujillo-Bueno J.**)  
“LEMUR: Large European module for solar  
Ultraviolet Research. European contribution  
to JAXA’s Solar-C misión”  
*Experimental Astronomy*, **34**, 273.

Tinetti G. et al. (Incluye **Pallé E., Allende-  
Prieto C., González-Hernández J.I.**) “EChO.  
Exoplanet characterisation observatory”  
*Experimental Astronomy*, **34**, 311.

Simonneau E., Cardona O., **Crivellari L.**  
“An improved version of the Implicit  
Integral Method to solving radiative transfer  
problems”  
*Astrophysics*, **55**, 110.

Cataldo F., Iglesias-Groth S., **Manchado A.**  
“On the Molar Extinction Coefficient and  
Integrated Molar Absorptivity of the  
Infrared Absorption Spectra of C60 and C70  
Fullerenes”  
*Fullerenes, Nanotubes and Carbon  
Nanostructures*, **20**, 191.

Cataldo F., **Iglesias-Groth S., Manchado A.**  
“On the Radical Cation Spectra of Fullerenes  
and Fulleranes. Part 1: C<sub>60</sub>, C<sub>70</sub>, C<sub>76</sub>, C<sub>78</sub> and  
C<sub>84</sub>”  
*Fullerenes, Nanotubes and Carbon  
Nanostructures*, **20**, 656.

Cataldo F., **Iglesias-Groth S., Manchado A.**  
“On the Radical Cation Spectra of Fullerenes  
and Fulleranes. Part 2: C<sub>60</sub>H<sub>36</sub>, C<sub>70</sub>H<sub>38</sub>, C<sub>60</sub>H<sub>18</sub>  
and C<sub>60</sub>H<sub>x</sub>/C<sub>70</sub>H<sub>y</sub> Mixture”  
*Fullerenes, Nanotubes and Carbon  
Nanostructures*, **20**, 672.

**Laken B.A., Pallé E., Kniveton D., Williams C., Kilham D.A.** “Contrails developed under frontal influences of the North Atlantic”  
*Journal of Geophysical Research Atmospheres*, **117**, D11201.

**Laken B.A., Pallé E.** “Understanding sudden changes in cloud amount: the Southern Annular Mode and South American weather fluctuations”  
*Journal of Geophysical Research*, **117**, D13103.

**Laken B.A., Calogovic J., Shahbaz T., Pallé E.** “Examining a solar-climate link in diurnal temperature ranges”  
*Journal of Geophysical Research*, **117**, D18112.

**Laken B.A., Pallé E., Miyahara H.** “A decade of the Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer: is a solar – cloud link detectable?”  
*Journal of Climate*, **25**, 4430.

**Laken B.A., Pallé E., Calogovic J., Dunne E.** “A cosmic ray-climate link and cloud observations”  
*Journal of Space Weather and Space Climate*, **2**, A18.

Landau S.J., **Scóccola C.G., Sudarsky D.** “Cosmological constraints on nonstandard inflationary quantum collapse models”  
*Physical Review D*, **85** (12), 123001.

**García Muñoz A., Bramstedt** “An investigation of the near-infrared Collision Induced Absorption bands of oxygen with SCIAMACHY solar occultation data”  
*Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer*, **113**, 1566.

**Rubiño-Martín J.A., López-Caraballo C.H., Génova-Santos R., Rebolo R.** “Observations of the Polarisation of the Anomalous Microwave Emission: A Review”  
*Advances in Astronomy*, **2012**, ID 351836.

**Aguerri J.A.L.** “Properties of the Photometric Components of Lenticular Galaxies”  
*Advances in Astronomy*, **2012**, id. 382674.

**Belmonte J.A., González García A.C.** “The Genetic Analysis of Iberian Dolmens: A Test of the Idea in the Central Pyrenees”  
*Journal for the History of Astronomy*, **43**, 227.

**Eff-Darwich A.**, Pérez J.C., Fernández J., **García-Lorenzo B.**, González A., González P.J. "Using a Mesoscale Meteorological Model to Reduce the Effect of Tropospheric Water Vapour from DInSAR Data: A Case Study for the Island of Tenerife, Canary Islands" *Pure and Applied Geophysics*, **169**, 1425.

Schmidt W. et al. (Incluye **Collados M.**) "The 1.5 meter solar telescope GREGOR" *Astronomische Nachrichten*, **333**, 796.

Denker C. et al. (Incluye **Collados M.**) "A retrospective of the GREGOR solar telescope in scientific literature" *Astronomische Nachrichten*, **333**, 810.

**Collados M.**, López R., Páez E., Hernández E., Reyes M., Calcines A., Ballesteros E., Díaz J.J. et al. "GRIS: The GREGOR Infrared Spectrograph" *Astronomische Nachrichten*, **333**, 872.

Puschmann K.G. et al. (Incluye **Beck C.**, **Collados M.**, **Martínez-Pillet V.**) "The GREGOR Fabry-Pérot Interferometer" *Astronomische Nachrichten*, **333**, 880.

Strassmeier K.G. et al. (Incluye **Collados M.**) "Gregor@night: The future high-resolution stellar spectrograph for the GREGOR solar telescope" *Astronomische Nachrichten*, **333**, 901.

Herzberg W., **Uytterhoeven K.**, Roth M. "Ground-based multi-color photometry of the  $\gamma$  Doradus- $\delta$  Scuti hybrid star KIC 6761539" *Astronomische Nachrichten*, **333**, 1077.

**Uytterhoeven K.**, **Pallé P.L.**, Grundahl F., Frandsen S., Christensen-Dalsgaard J., **Triviño Hage A.**, the SONG Team "SONG-OT: The prototype SONG node at Tenerife" *Astronomische Nachrichten*, **333**, 1103.

**Triviño Hage A.**, **Uytterhoeve, K.**, Grundahl F., **Pallé P.L.**, the SONG team "Presentation of the reduction pipeline of the SONG échelle spectrograph" *Astronomische Nachrichten*, **333**, 1107.

**Corradi R.L.M.** "The Search for Symbiotic Stars in the Iphas Survey" *Baltic Astronomy*, **21**, 32.

Lugaro M., Doherty C.L., Karakas A.I., Maddison S.T., Liffman K., **García-Hernández D.A.** et al. "Short-lived radioactivity in the early solar system: The Super-AGB star hypothesis" *Meteoritics & Planetary Science*, **47**, 1998.

Campins H., de León J., **Licandro J.**, Kelley M.S., Fernández Y., Ziffer J., Nesvorný D. "Spectra of asteroid families in support of Gaia" *Planetary and Space Science*, **73**, 95.

**Méndez-Abreu J.**, Simonneau E., **Aguerri J.A.L.**, Corsini E. M. "The intrinsic shape of bulges" *Astronomical & Astrophysical Transactions*, **2**, 263.

Margalef-Bentabol B., Margalef-Bentabol J., **Cepa J.** "Evolution of the cosmological horizons in a concordance universe" *Journal of Cosmology and Astroparticle Physics*, **12**, 035.

## INVITED REVIEWS (ARTÍCULOS DE REVISIÓN INVITADOS)

**Israeli G.** "Abundances in planet harboring stars" en "New Quests in Stellar Astrophysics III: A Panchromatic View of Solar-like Stars, With and Without Planets" 12-16 Marzo, Puerto Vallarta, México.

**Khomenko E.** "Beyond single fluid MHD: multi-fluid modeling of the coupled solar atmosphere" en "SDO-4/ IRIS/Hinode Workshop" 12-16 marzo, Monterey, California, EEUU.

**Moreno-Insertis F.** "Magnetic flux emerge into the solar atmosphere: 3D Numerical Models" en "SDO-4/ IRIS/Hinode Workshop" 12-16 Marzo, Monterey, California, EEUU.

**Martínez-Pillet V.** "The Quiet Sun Magnetism as seen by SUNRISE" en "17th Cambridge Workshop on Cool Stars, Stellar Systems and the Sun", 24-29 junio, Barcelona.

MEMORIA  
IAC 2012

311

**Rubiño-Martín J.A.** “Galaxy cluster physics and cosmology with Planck” en “EWASS 2012: European Week of Astrophysics and Space Science, Plenary Talk 11”, 1-6 julio, Roma, Italia.

**Monelli M.** “Isolated dwarf galaxies” en “EWASS 2012: European Week of Astrophysics and Space Science, Symposium 6: Stellar Populations 55 years after the Vatican Conference”, 1-6 julio, Roma, Italia.

**Khomenko E.** “Observations and simulations of sunspot waves and oscillations” en “BUKS 2012: MHD Waves and Seismology of the Solar Atmosphere” 4-7 julio, Creta, Grecia.

**Moreno-Insertis F.** “X-ray jets and eruptions in the Sun: numerical models and observations” en “X Reunión de la Sociedad Española de Astronomía (SEA)”, 9-13 julio, Valencia.

**Moreno-Insertis F.** “Solar X ray jets and flux emergence” en “39<sup>th</sup> COSPAR Scientific Assembly”, 14-22 julio, Mysore, India.

**Esteban C.** “The Orion nebula: a reference for ionized gas phase abundance determinations” en “2<sup>nd</sup> NCAC Symposium: The Orion Nebula. A Laboratory for the Study of Star Formation and Gaseous Nebulae”, 16-18 julio, Varsovia, Polonia.

**Simón S.** “The Chemical composition of OB stars in Orion” en “2<sup>nd</sup> NCAC Symposium: The Orion Nebula. A Laboratory for the Study of Star Formation and Gaseous Nebulae”, 16-18 julio, Varsovia, Polonia.

**Rebolo R.** “CMB polarization and Science with the QUIJOTE Experiment” en “16th Paris Cosmology Colloquium 2012: The New Standard Model of the Universe: Lambda Warm Dark Matter ( $\lambda$ WDM) Theory and Observations” 25-27 julio, París, Francia.

**Arregui I.** “MHD wave heating of the solar atmosphere” en “Hinode-6” 14-17 agosto, Saint Andrews, Reino Unido.

**Martínez-Pillet V.** “Science with Large Solar Telescopes” en “SpS6: High Precision Polarimetry del IAU XXVIII General Assembly”, 20-31 agosto, Pekín, China.

**Trujillo I.** “The evolution of mass and size of massive galaxies” en “IAUS 295 The intriguing life of massive galaxies” 20-31 agosto, Pekín, China.

**Cataldo F.,** García-Hernández D.A., Manchado A. “A review on carbon-rich molecules in space” en “SpS16: Unexplained Spectral Phenomena in the ISM del IAU General Assembly Symposium, 20-31 agosto, Pekín, China.

**Gallart C.** “The Magellanic clouds” en “ESO@50 - the first 50 years of ESO Workshop”, 3-7 septiembre, Garching, Alemania.

**Casares J.** “Overview of mass determinations in stellar-mass black holes” en “ISSI Workshop: The Physics of Accretion onto Black Holes”, 8-12 octubre, Berna, Suiza.

**Khomenko E.** “Atmospheric waves driven by p-modes” en “GONG 2012 / LWS/SDO-5 / SOHO 27: Eclipse on the Coral Sea: Cycle 24 Ascending”, 12-16 noviembre, Palm Cove, Queensland, Australia.

## INVITED TALKS (CHARLAS INVITADAS)

**Socas-Navarro H.** “Alternative determinations of the solar oxygen abundance” en “Mapping Oxygen in the Universe Workshop”, 14-18 mayo, Puerto de la Cruz, Tenerife.

**Laken B.A.** “30 years of continuous global satellite data and a hypothesized solar-cloud link” en “CLOUD-ITN Workshop”, 22-24 mayo, Königstein, Alemania.

**Belmonte J.A.,** González-García A.C., Perera Betancort M.A. “La orientación como una seña de identidad cultural: la arquitectura preislámica del norte de África” en “VIII Congreso de Patrimonio Histórico”, 6-8 junio, Arrecife, Lanzarote.

**Laken B.A.,** Calogovic J. “Analysis of Forbush decrease events” en “TOSCA/ISSI Workshop”, 14-15 junio, Berna, Suiza.



## COMUNICACIONES A CONGRESOS INTERNACIONALES

**Collados M.** "The European Solar Telescope (EST)" en "EWASS 2012: European Week of Astrophysics and Space Science. SP8: The Sun: new tools and ideas in observational solar astrophysics", 1-6 julio, Roma, Italia.

**Martínez-Pillet V.** "Sunrise project: A new vision of the Sun" en "EWASS 2012: European Week of Astrophysics and Space Science. SP8: The Sun: new tools and ideas in observational solar astrophysics", 1-6 julio, Roma, Italia.

**García M.** "Why UV observations are crucial to understand massive stars?" en "39<sup>th</sup> COSPAR Scientific Assembly", 14-22 julio, Mysore, India.

**Lodieu N.** "The role of MASTER-IAC at Teide Observatory" en "MASTER Global Robotic Net", 11-19 agosto, Moscú, Rusia.

**Knapen J.H.** "Rings and secular evolution" en "SpS3 Galaxy evolution through secular processes" 20-31 agosto, Pekín, China.

**Belmonte J.A.** "DNA, wine & eclipses: the Dahamunzu affaire" en "SEAC 2012 Ancient Cosmologies" 24-29 septiembre, Ljubljana, Eslovenia.

**Esteban C.** "Santuarios y Astronomía en el Museo Ibérico en Congreso Internacional El Santuario de Castellar 1912-2012", 4-6 octubre, Castellar de Santiesteban, Jaen.

**Moreno-Insertis F.** "Modeling complex solar magnetodynamical phenomena using supercomputing and visualization techniques" en "Supercomputing and GRID", 5 octubre, Valencia.

**Belmonte J.A.** "ADN, vino y eclipses, el ocaso de Amarna" en "III Jornadas Regionales de Astronomía", 11-13 octubre, Murcia.

**Rebolo R.** "Early brown dwarf discoveries" en "50 Years of Brown Dwarfs: From Theoretical Prediction to Astrophysical Studies", 21-24 octubre, Bavaria, Alemania.

**"219<sup>th</sup> AAS Meeting", 8-12 enero, Austin, Texas, EEUU**

de Mink S.E. et al. (Incluye Herrero A.) "Hunting for Shooting Stars in 30 Doradus"

Nichols J.S., Liimets T., Kellogg E., Corradi R.L.M., Slavin J. "Deep GALEX and Optical Images of the R Aqr Symbiotic System"

Pellerin A., Maíz-Apellániz J., Simón-Díaz S., Barbá R.H. "NoMaDS: The Northern Massive Dim Stars Survey"

Sivakoff G. et al. (Incluye Russell D.M.) "Caught In The Act: Disc-jet Coupling In The 2009 Outburst Of The Black Hole Candidate H1743-322"

Majewski S.R., Allende-Prieto C. et al. "Exploring The Sagittarius Dwarf Spheroidal Galaxy And Its Tidal Tails With APOGEE"

Nidever D.L., Allende-Prieto C. et al. "First APOGEE Results on Galactic Bulge Kinematics"

Knapen J.H., Comeron S., Elmegreen B., Sheth K. "Thick disks seen survey of stellar structure in galaxies"

Allende-Prieto C. et al. (20120) "HETDEX: A Magnitude-limited Spectroscopic Sample Of Stars In The Galaxy Down To V 20"

Castanheira B., Winget D., Gebhard K., Allende-Prieto C. et al. "White Dwarf Stars in the HET Dark Energy Experiment"

Odehahn S.C., Drory N., Gebhardt K., de Jong R., Allende-Prieto C. et al. "VIRUS Parallel Observations with The Hobby-Eberly Telescope"

Jackson K., Zasowski G., Frinchaboy P.M., Johnson J.A., Allende-Prieto C. et al. "SDSS-III/APOGEE: Main Survey and Star Cluster Target Selection"

MEMORIA  
IAC 2012

313

Wilson J.C. et al. (Incluye Allende-Prieto C.)  
"Apache Point Observatory Galactic Evolution  
Experiment (APOGEE) Spectrograph"  
Shetrone M.D., Allende-Prieto C., Meszaros  
Sz. et al. "Stellar Cluster Abundances from  
APOGEE Commissioning Spectra"

Frinchaboy P.M., Allende-Prieto C. et al.  
"SDSS-III/APOGEE: Star Clusters From The  
APOGEE "First Light" Field"

Kaur R., Kaper L., Ellerbroek L., Russell D.,  
Altamirano D., Wijnands R. "VLT/X-shooter  
Spectroscopy Of The Candidate Black Hole  
X-ray Binary MAXI J1659-152"

**"MarcoPolo-R Workshop: Physical  
Characterization of Marco Polo-R  
Targets", 12-13 enero, Meudon, Francia**

de León J., Licandro J., Pinilla-Alonso N.,  
Campins H., Alf-Lagoa V., Mothé-Diniz T.  
"New visible and near-infrared spectra of  
binary asteroid (175706) 1996 FG3"

Licandro J. "Spectral and optical properties"

Campins H., de León J., Morbidelli A.,  
Licandro J., Gayon J., Delbó M., Michel  
P. "The origin of asteroids accessible to  
MarcoPolo-R"

**"Exoclimates: The Diversity of Planetary  
Atmospheres", 17-20 enero, Aspen,  
Colorado, EEUU**

Pallé E., Sterzik M., Bagnulo S. "Biosignatures  
revealed by earthshine spectropolarimetry  
"The polarization spectrum of Earth"

**MEMORIA** Sanromá E., Pallé E. "The photometric light  
**2012 IAC** curves of Earth as a planet along its history"

**314 "Astrophysics from the Radio to Sub-  
Millimetre", 13-17 febrero, Bolonia, Italia**

Rubiño-Martín J.A. "The gas content of dark  
matter halos: The SZ-stellar mass relation  
for central galaxies"

**"First Light and Faintest Dwarfs", 13-17  
febrero, Santa Barbara, California, EEUU**

Aparicio A., Hidalgo S.L. "IAC-POP: Finding  
the star formation history of resolved  
galaxies"

Hidalgo S.L. "Isolated dwarf galaxies of  
the Local Group: searching for the UV-  
background imprint in the star formation  
history"

**"Circumstellar Dynamics at High  
Resolution. Proceedings of a Joint ESP/  
Brazilian Workshop", 27 febrero- 2 marzo,  
Foz do Iguacu, Brasil**

Miroshnichenko A.S. et al. (Incluye Knapen  
J.H.) "The Be Binary  $\delta$  Scorpii and Its 2011  
Periastron Passage"

**"4<sup>th</sup> J-PAS Meeting", 28 febrero -2 marzo,  
Madrid**

Trujillo I. "Stellar population of satellites with  
SHARDS"

**"Galaxy Modelling with a Gaia Mock  
Catalogue", 29 febrero -3 marzo,  
Barcelona**

Garzón F. "What we need to do with Gaia  
mock catalogue to be prepared for Gaia  
data"

**"Observing Planetary Systems II", 5-8  
marzo, Santiago, Chile**

Miles-Páez P.A., Zapatero-Osorio M.R., Pallé  
E., Peña-Ramírez K. "Imaging polarimetry of  
cool atmospheres: Brown dwarfs"

Murgas F., Pallé E., Cabrera-Lavers A.,  
Colón K.D., Martín E.L. "Narrow Band H $\alpha$   
Photometry of Super-Earth GJ 1214b with  
GTC Tunable Filter"

Pallé E. et al. "The Earth as a distant planet"

Parviainen H., Deeg H.J., Belmonte J.A.  
"Systematic Search for Secondary Eclipses  
from the CoRoT Light Curves"

Sterzik M., Bagnulo S., Pallé E.  
"Spectropolarimetry of planet Earth"

**“SDO-4/ IRIS/Hinode Workshop”, 12-16 marzo, Monterey, California, EEUU**

Asensio-Ramos A. “State of the art chromospheric spectropolarimetry”

Khomenko E. “Beyond single fluid MHD: multi-fluid modeling of the coupled solar atmosphere”

Kuckein C. “Doppler velocities studied simultaneously in the chromosphere and photosphere of an active region filament”

Trujillo-Bueno J., Belluzzi L., Stepan J. “Observables for Measuring the Magnetic Fields of the Outer Solar Atmosphere”

**“New Quests in Stellar Astrophysics III: A Panchromatic View of Solar-Like Stars, with and without Planets”, 12-16 marzo, Puerto Vallarta, México**

Adibekyan V.Zh., Santos N.C., Sousa S.G., Israelian G., Figueira P. “Is there plenty of metal-poor stars with planets in the Galactic thick disk?”

González-Hernández J.I. “Volatile and refractory abundances of solar analogs with and without planets”

**“43<sup>rd</sup> Lunar and Planetary Science Conference”, 19-23 marzo, Texas, EEUU**

Hergenrother C.W. et al. (Incluye Licandro J.) “Lightcurve and Phase Function Photometry of the OSIRIS-REx Target (101955) 1999 RQ36”

**“Spanish ICTS Contributions to ESA’s Gaia Mission” 21 marzo, Madrid.**

Carrera R., Allende-Prieto C., Aparicio A., Gallart C., Pancino E., Recio-Blanco A. “Chemical Abundances in Northern Open Clusters older than 0.5 Gyr”

de León J., Pinilla-Alonso N., Licandro J., Campins H., Cellino A., Tanga P., Delbó M., Alí-Lagoa V., Gayon J. “UV-Visible spectra of primitive asteroids: support observations for the Gaia mission”

González-Hernández J.I. “High-resolution UVES in the Gaia ESO survey”

Hidalgo H., Aparicio A. “Galaxias enanas ultradébiles: ¿El fin del problema de los satélites perdidos de la Vía Láctea?”

Simón-Díaz S., Herrero A., Maíz-Apellániz J., Negueruela I., García M., Castro N. “The IACOB project: an example of how the Spanish ICTS can efficiently contribute the ESA’s Gaia mission”

**“Science with the Optical-Infrared Telescopes at CAHA and ORM in the Coming Decade”, 22-23 marzo, Madrid**

Acosta-Pulido J.A. “The Time Allocation Committee of the Canarian observatories”

Aguerri J.A.L. “Science on galaxy clusters with 4m class telescopes”

Font J. “Fabry-Perot interferometry: an outstanding niche technique for emission line mapping of galaxies and other extended objects at high resolution”

Oscóz A., Martínez-Roger C., Knapen J.H. “ORM: science plans, international agreements and strategic planning for the next decade”

Pallé E. “Exoplanets with ORM & CAHA in the next decade”

Simón-Díaz S., Herrero A., García M., Maíz-Apellániz J., Negueruela I., Najarro F., Castro N. “Exploring the Local Group massive star content with 2-4m telescopes at ORM and CAHA”

Garzón F. “Summary: Science with Spanish CAHA and ORM telescopes in the next decade”

**“3<sup>rd</sup> MarcoPolo-R Symposium”, 26 marzo, Manchester, Reino Unido**

Licandro J. “Report of the optical and spectroscopic local and global characterization”

**“Atmospheric and Simulation Meeting of the International Collaboration JEM-EUSO Space Mission”, 26-30 marzo, Alcalá de Henares**

Licandro J., Reyes M., Joven E. “IAC contribution to the JEM-EUSO IR Camera”

**“AbSciCon 2012. Exploring Life: Past and Present, Near and Far”, 16-20 abril, Atlanta, Georgia, EEUU**

Sanromá E., Pallé E. “Reconstructing Cloud Distributions of the Ancient Earth”

González Merino B., Pallé E., Montañés-Rodríguez P. “High-resolution spectroscopy of the Earthshine”

**“Metals in 3D: New Insights from Integral Field Spectroscopy”, 18-20 abril, Granada**

Esteban C., Mesa-Delgado A., Núñez-Díaz M., García-Rojas J., López-Martín L. “HII regions are not so simple. Insights from Integral field spectroscopy of the Orion Nebula”

Núñez-Díaz M., Esteban C., Mesa-Delgado A., Morisset C. “The deep spectrophotometric mosaic of the Orion Nebula”

Luridiana V., Núñez-Díaz M., Morisset C., Shaw R.A. “PyNeb: A new tool for the analysis of IFU spectra”

de Lorenzo-Cáceres A., Vazdekis A., Falcón-Barroso J. “Metals in 3D: the case of double-barred galaxies”

Caon N., Weilbacher P., Cairós L.M. “VIMOS Integral Field Spectroscopy of BCD Galaxies”

**“EGU General Assembly 2012”, 22-27 abril, Viena, Austria**

Bagnulo S., Sterzik M.F., Pallé E. “The Earth as a benchmark: spectro-polarimetry unveils strong bio-signatures”

**“Gas Flows in Galaxies”, 7-10 mayo, Baltimore, Maryland, EEUU**

Rodríguez-Zaurin et al. “Outflows in Sy-LIRGs”

**“Gamma-Ray Bursts 2012 Conference (GRB 2012)”, 7-11 mayo, Munich, Alemania**

Rossi A., Klose S., Kann D.A., Nicuesa Guelbenzu A., Ferrero F. et al. “A deep search for the hosts of optically dark GRBs”

**“First COST WG Meeting: Polarisation as a Tool to Study the Solar System and Beyond”, 7-10 mayo, Varsovia, Polonia**

Collados M. “Polarization Measurements in the solar atmosphere”

Fabas N. “A Spectropolarimetric study of Mira-type variable stars”

Trujillo-Bueno J. “Observables for Measuring the Magnetic Field of the Solar Transition Region”

Asensio A., Martínez-González M.J. “Model selection and signal detection. A Bayesian perspective”

Martínez González M.J. “Are magnetic fields shaping planetary nebulae?”

Stepan J. “Modeling Polarization in Stellar Atmospheres”

Carlin E. “Scattering Polarization in the Ca II IR Triplet with Velocity Gradients”

**“5<sup>th</sup> Iberian Meeting on Asteroseismology”, 8-10 mayo, San Miguel de Abona, Tenerife**

Alonso R. “Treatment for planetary transit investigations”

Barceló S. “Asteroseismology of late-type stars”

Pallé E. et al. “The Las Cumbres Global Telescope Network and the search for planets around M stars”

Pallé E. et al “The Exoplanet Characterization Observatory (EChO)”

Triviño A. “SONG OT, the prototype SONG node at Tenerife”

Uytterhoeven K. “Science verification and first science targets for SONG”

**“Mapping Oxygen in the Universe Workshop”, 14-18 mayo, Puerto de la Cruz, Tenerife**

Allende-Prieto C. “Oxygen in Red Giants from Near-Infrared OH Lines: 3D Effects and First Results from the Apache Point Observatory Galactic Evolution Experiment”

Cedrés-Expósito B. “SDSS galaxies with double-peaked emission lines”

Esteban C. “Oxygen and carbon abundances from recombination lines in low metallicity HII regions”

Fabbian D., Moreno-Insertis F., Khomenko E., Nordlund A. “The solar oxygen abundance as derived using MHD atmospheric models”

García-Rojas J. “Oxygen abundances from optical OI and OII recombination lines in planetary nebulae with [WC] central stars”

González-Hernández J.I. “Galactic evolution of oxygen: 3D effects on near-UV OH lines”

Herrero A. “Stellar Oxygen in M33”

Simón-Díaz S. “What can we learn about present-day oxygen abundances from the combined study of massive stars and HII regions?”

Morales-Luis A.B. “Oxygen abundance from strong line methods at extremely low metallicities”

**“Asteroids, Comets, Meteors (ACM) 2012”, 16-20 mayo, Niigata, Jap n**

Scheirich P. et al. (Incluye Licandro J., Al Lagoa V.) “Zero Drift in Mean Anomaly of the Satellite of 1996 FG3 and its Implication for the BYORP Theory”

Hainaut O.R., Boehnhardt H., Buie M., Hsieh H., Kleyana J., Licandro J. et al. “Main Belt Comets: Status Report of the Monitoring Large Programme at ESO”

Melita M.D., Licandro J. “Links Between the Dynamical Evolution and the Surface Color of the Centaurs”

Vaduvescu O. et al. “Data Mining the SuprimeCam Archive for Near Earth Asteroids”

Hainaut O.R. et al. (Incluye Licandro J.) “Grains Around Comet 103P/Hartley 2 at the Time of the EPOXI Fly-By”

Campins H., de León J., Morbidelli A., Licandro J. et al. “The Origin of Asteroid 162173 (1999 JU3)”

Fernández Y.R. et al. (Incluye Licandro J.) “A Visible-Wavelength Survey of Jupiter-Family Cometary Nuclei as Part of SEPPCoN”.

**“HELAS-5: The Modern Era of Helio and Asteroseismology”, 20-25 mayo, Obergurgl, Austria**

Pall P.L. “The next generation instrumentation for Helio and Asteroseismology”

Triviño-Hague A. et al. (Incluye Pall  P.L., Uytterhoeven K.) “The proto-type SONG node at Tenerife”

Uytterhoeven K. “Career opportunities in Europe”

Uytterhoeven K. “The proto-type SONG node at Tenerife”

**“Galaxy Clusters as Giant Cosmic Laboratories”, 21-23 mayo, Madrid**

Aguerri J.A.L. “Fossil Groups Origins (FOGO) project: X-ray scaling relations of fossil systems”

Jiménez-Bailon E., Lozada-Muñoz M., Aguerri J.A.L. “X-ray properties of Fossil Groups”

Pérez-Martínez R., Sánchez-Portal M., Cepa J., Pintos I, Pérez-García A. “CL0024 as seen by the Galaxy Cluster Evolution survey (GLACE)”

**“Stars without Borders. Radial Migration in Spiral Galaxies”, 21-24 mayo, Medana, Eslovenia**

Bakos J., Trujillo I. “The outskirts of spiral galaxies: probing stellar migration theory”

MEMORIA  
IAC 2012

317

**“The GREAT/ESF Workshop: The Metallicity Distribution in the Milky Way Discs”, 29-31 mayo, Bolonia, Italia**

Allende-Prieto C. “The abundance distribution in the thin disc”

Carrera R. “Open clusters and abundance trends in the Galactic disc”

**“220<sup>th</sup> AAS Meeting”, 10-14 junio, Anchorage, Alaska, EEUU**

Balick B., Frank A., Huarte-Espinosa M., Gómez T., Corradi R., Alcolea J. “The Rapid Growth of the Fingertips of Preplanetary Nebula CRL618”

Milone A. “Photometry of Multiple Stellar Populations in Globular Clusters”

**“3rd CALIFA Busy Week”, 11-15 junio, Heidelberg, Alemania**

Falcón-Barroso J. “Stellar Kinematics in CALIFA”

Falcón-Barroso J. “Are lenticular galaxies faded spirals?”

Aguerri J.A.L. “Pattern Speed in Barred Galaxies through the Hubble Sequence”

**“Third International Starlight Conference”, 11-13 junio, Christchurch, Nueva Zelanda**

Varela A.M., Muñoz-Tuñón C., Sánchez-Martínez F., Martínez-Sáez L. “Ensuring the excellence of Starlight destinations: Astronomical requirements for astro-tourist activities”

**“The Labyrinth of Star Formation”, 18-22 junio, Creta, Grecia**

Lodieu N. “The photometric & astrometric mass functions in the Pleiades, Alpha Per, and Praesepe clusters”

Guarcello M. et al. (Incluye García-Alvarez D.) “Disk survival in the extremely massive association Cygnus OB2”

**“Star Formation in Dwarf Galaxies”, 19-22 junio, Arizona, EEUU**

Sánchez-Almeida J. et al. (Incluye Muñoz-Tuñón C., Morales-Luis A.B., Aguerri J.A.L.) “Why do extra-metal poor galaxies have cometary shape?”

**“Workshop on Partially Ionized Plasmas in Astrophysics”, 19-22 junio, Tenerife**

Collados M. “Behavior of neutral and ionized iron in sunspots”

Díaz A.J. “Rayleigh – Taylor instability in prominentes”

Khomenko E. “Chromospheric heating by ambipolar diffusion”

Vitas N. “Radiative transfer in multi-fluid and MHD simulations”

**“17<sup>th</sup> Cambridge Workshop on Cool Stars, Stellar Systems and the Sun”, 24-29 junio, Barcelona**

Asensio A. “Solar and Stellar prominences in the advent of MIRADAS”

Béjar V.J.S., Gauza B., Caballero J.A. “CARMENES III: High resolution imaging of nearby M dwarfs”

García-Alvarez D. “Multi-Wavelength Study of the two fastest late-type rotators in the nearby Beta Pictoris moving group”

Gauza B., Béjar V.J.S., Rebolo R. “Discovery of a fourth very low mass component in a nearby slightly metal-poor system”

González-Hernández J.I., Delgado-Mena E., Sousa S., Israelian G., Santos N.C., Udry S. “Volatile and refractory abundances of F- G-type stars with and without planets”

Guarcello M. et al. (Incluye García-Alvarez, D.) “Externally induced disks photoevaporation in the massive cluster Cygnus OB2”

Kashyap V.L. et al. (Incluye García-Alvarez D.) "The Corona of FK Com"

Lodieu N. et al. "First ultracool results from the VISTA Hemisphere Survey"

Manso R. "Solar spectropolarimetry"

Martínez-González M.J., Marsden S "Polarisation and magnetic fields in cool stars and the Sun"

Peña-Ramírez K., Béjar V.J.S., Zapatero-Osorio M.R., Petr-Gotzens M., Martín E.L. "Sigma Orionis: From 20 Msol to free-floating planets"

**"Stellar Populations across Cosmic Times", 25-29 junio, París, Francia**

Aparicio A. "Local Group Dwarf Galaxies: Searching for reionization trace in the star formation history"

Ferré-Mateu A. et al. "The nintringuing properties of local compact massive galaxies"

Vazdekis A. "Expanding MILES star population synthesis models"

**"SPIE Astronomical Instrumentation", 1-6 julio, Amsterdam, Países Bajos**

*Space Telescopes and Instrumentation 2012: Optical, Infrared, and Millimeter Wave*

Brageot E., Groussin O., Lamy P., Reynaud J.-L., Fargant G., Licandro J. et al. "THERMAP: a mid-infrared spectro-imager based on an uncooled micro-bolometer for space missions to small bodies of the solar system"

Corcione L. et al. (Incluye Rebolo R.) "The on-board electronics for the near infrared spectrograph and photometer (NISP) of the EUCLID Mission"

Trifoglio M. et al. (Incluye Rebolo R.) "Design concept of the electrical ground support equipment for the AIV and calibration of the Euclid NISP instrument"

*Space Telescopes and Instrumentation 2012: Ultraviolet to Gamma Ray*

Feroci M. et al. (Incluye Rodríguez-Gil P.) "LOFT - the Large Observatory For x-ray Timing"

Kano R. et al. (Incluye Trujillo-Bueno J.) "Chromospheric Lyman-alpha spectro-polarimeter (CLASP)"

*Ground-based and Airborne Telescopes IV*

Cabral A. et al. (Incluye Rebolo R.) "ESPRESSO: design and analysis of a Coudé-train for a stable and efficient simultaneous optical feeding from the four VLT unit telescopes"

Rubiño-Martín J.A., Rebolo R., Aguiar M., Génova-Santos R., Gómez-Reñasco F., Herreros J.M., Hoyland R.J., López-Carballo C., Pélaez-Santos A., Sánchez de la Rosa V. et al. "The QUIJOTE-CMB experiment: studying the polarisation of the galactic and cosmological microwave emissions"

*Ground-based and Airborne Instrumentation for Astronomy IV*

Calcines-Rosario A., Collados M. et al. (Incluye López R.L.) "Multi-purpose grating spectrograph for the 4-meter European Solar Telescope"

Calcines-Rosario A., López R.L., Collados M. "Preliminary design of a multi-slit image slicer for EST"

Dalton G.B. et al. (Incluye Aguerri J.A.L.) "WEAVE: the next generation wide-field spectroscopy facility for the William Herschel Telescope"

Eikenberry S.S. et al. (Incluye Garzón F., Rosich-Minguell J.) "MIRADAS for the Gran Telescopio Canarias: system overview"

Gil de Paz A. (Incluye García M., Herrero A., Aguerri J.A.L., Méndez-Abreu J., Muñoz-Tuñón C., Rodríguez-Espinosa J.M., Sánchez-Almeida J., Simón-Díaz S., Trujillo I.) "MEGARA: the future optical IFU and multi-object spectrograph for the 10.4m GTC Telescope"

MEMORIA  
IAC 2012

319

LoCurto G. et al. (Incluye González-Hernández J.I., Esposito M., Rebolo R.) "Achieving a few cm/sec calibration repeatability for high resolution spectrographs: the laser frequency comb on HARPS"

Mackay C.D., Rebolo R. et al. (Incluye Balcells M., Fuensalida J.J., López R.L., Oscoz A., Pérez-Prieto J., Rodríguez-Ramos L.F.) "AOLI-adaptive optics assisted lucky imager: diffraction limited imaging in the visible on large ground-based telescopes"

Marín-Franch A., Taylor K., Cepa J. et al. "T80Cam: the wide field camera for the OAJ 80-cm telescope"

Mégevand D. et al. (Incluye Amate M., Rebolo R., Fragoso-López A.B., González-Hernández J.I.) "ESPRESSO: the ultimate rocky exoplanets hunter for the VLT"

Quirrenbach A. et al. (Incluye Béjar V.J.S., Rebolo R., González-Hernández J.I.) "CARMENES. I: instrument and survey overview"

Rosich-Minguell J., Garzón F. "MIRADAS control software"

Sánchez B., Aguiar-González M., Barreto R., Becerril-Jarque S., Bland-Hawthorn J., Bongiovanni A.M., Cepa J., Correa S. et al. (Incluye Fragoso-López A.B., Fernández P.C., Fuentes J., Gago F., Gigante J.V., González-Escalera V., Hernández B., Hernández-Suárez E., Herrera A., Joven-Alvárez E., López-Ruiz J.C., López R.L.) "OSIRIS tunable imager and spectrograph for the GTC: from design to commissioning"

Thatte N.A. et al. (Incluye Mediavilla E., Fragoso-López A.B., Gago F., Gracia F.) "The opto-mechanical design of HARMONI: a first light integral field spectrograph for the E-ELT"

Observatory Galactic Evolution Experiment (APOGEE) high-resolution near-infrared multi-object fiber spectrograph"

### *Adaptive Optics Systems III*

Crass J.S., Aisher P., Femenía B., King D.L., Mackay C.D., Rebolo R. et al. (Incluye Balcells M., Fuensalida J.J., López R.L., Oscoz A., Pérez-Prieto J., Rodríguez-Ramos J.L.) "The AOLI low-order non-linear curvature wavefront sensor: a method for high sensitivity wavefront reconstruction"

Montilla I., Béchet C., Le Louarn M., Tallon M., Sánchez-Capuchino J., Collados M. "Multi-conjugate AO for the European Solar Telescope"

Rodríguez-Ramos L.F., Chulani H.M., Martín-Hernando Y., Dorta T., Alonso-Sánchez A., Fuensalida J.J., "FPGA-based real time controller for high order correction in EDIFISE"

Rodríguez-Ramos L.F., López-Marrero M., Fernández-Valdivia J.J. "Concepts, laboratory, and telescope tests results of the plenoptic camera as a wavefront sensor"

### *Observatory Operations: Strategies, Processes, and Systems IV*

Cenarro A.J. et al. (Incluye Cepa J.) "The Observatorio Astrofísico de Javalambre: goals and current status en Modern Technologies in Space- and Ground-based Telescopes and Instrumentation II"

Di Marcantonio P. et al. (Incluye González-Hernández J.I.) "Challenges and peculiarities of ESPRESSO data flow cycle: from target choice to scientific results"

Sánchez B., Acosta-Pulido J. et al. (Incluye Garzón F., López-Ramos P.L., Moreno H., Patrón J., Prieto M.A.) "Current status of FRIDA: diffraction limited NIR instrument for GTC"

Teuwen M., Janssen H., Casalta-Escuer J.M., Garzón F. "Integration status of the configurable slit unit for GTC-EMIR"



Ermolli I., Cauzzi G., Collados M. et al. "Conceptual design of the data handling for the European Solar Telescope"

van der Hoeven M., Rutten R., Alvarez-Martín P. "Organizational transformation into the operational phase of the GTC"

*Modern Technologies in Space- and Ground-based Telescopes and Instrumentation II*

Insausti M., Garzón F., Madrigal R., Fimia A. "Tests of VPHGs in the NIR at cryogenic temperatures"

Marín-Franch A. et al. (Incluye Cepa J.) "Design of the J-PAS 56 filter system"

*Software and Cyberinfrastructure for Astronomy II*

Cristobal-Hornillos D. et al. (Incluye Ederoclite A.) "J-PAS data management pipeline and archiving"

López-Ramos P.L., López-Ruiz J.C., Moreno H., Rosich J., Pérez-Menor J.M. "The EMIR experience in the use of software control simulators to speed up the time to telescope"

López-Ruiz J.C., Vaz-Cedillo J.J., Ederoclite A., Bongiovanni A., González-Escalera V. "A mask quality tool for the OSIRIS multi-object spectrograph"

Rodríguez-Losada J.A., Macías-Verde R.M., Molgo-Sendra J., Pi-Puig M., Guerra D. "GCS component development cycle"

*Millimeter, Submillimeter, and Far-Infrared Detectors and Instrumentation for Astronomy VI*

Gómez-Reñasco F., Aguiar M., Herreros J.M., Hoyland R., Sánchez de la Rosa V., Vega-Moreno A., Viera-Curbelo T., Génova-Santos R., López Caraballo C., Rebolo R., Rubiño-Martín J.A. "Control system architecture of QUIJOTE multifrequency instrument I"

Hoyland R.J., Aguiar-González M. et al. (Incluye Génova-Santos R., Gómez-Reñasco F., Herreros J.M., López-Caraballo C., Rebolo R., Rubiño-Martín J.A., Sánchez de la Rosa V., Vega-Moreno A., Viera-Curbelo T.A.) "The status of the QUIJOTE multifrequency instrument"

*High Energy, Optical, and Infrared Detectors for Astronomy V*

Núñez M., Gago F., Garzón F., Díaz J.J., Barreto M., Patrón J. et al. (Incluye López-Martín L., Castro-Rodríguez N.) "EMIR high-dynamic range readout modes"

**"EWASS 2012: European Week of Astrophysics and Space Science", 1-6 julio, Roma, Italia**

*SP6: Stellar Population 55 Years after the Vatican Conference*

Del Pino Molina A. "Looking for the traces of the early Universe in the Fornax dSph galaxy"

Hidalgo S.L. "Star formation history of dwarf galaxies: seeking footprints of the primeval Universe"

*SP8: The Sun: New Tools and Ideas in Observational Solar Astrophysics*

Calcines A., Collados M., López R.L. "An integral field spectrograph for the 4-m European Solar Telescope"

*SPS3: The picture of galaxy evolution painted with Lyman alpha*

Rodríguez-Espinosa J.M. "A survey of Lyman  $\alpha$  emitters using the SHARDS survey: Discovery of a close pair of LAEs at high  $z$ "

*SPS4: Structure of Galaxy Disks Shaped by Secular Evolution and Environmental Processes*

Bakos J., Trujillo I. "The outskirts of spiral galaxies: probing stellar migration theory"

MEMORIA  
IAC 2012

321

Knapen J.H. "Thick disks and secular evolution in disks galaxies"

Martín-Navarro I., Trujillo I., Bakos J., Knapen J.H. "Breaks and truncations: a unified picture for spiral galaxies"

*SPS5: Morphology and kinematics of interacting galaxies*

Barrera-Ballesteros J., García-Lorenzo B., Falcón-Barroso J. "Ionized gas and stellar kinematics of the interacting galaxies in the CALIFA survey"

Beckman J.E., Font J., Blasco J. "The Antennae: Parameters of the molecular cloud and HII region populations"

Font J., Beckman J.E., Zaragoza J., García-Lorenzo B. "The mass and luminosity distributions of HII regions and molecular clouds in the Antennae"

Knapen J.H. "Statistics and properties of interactions and mergers"

Ramos-Almeida C., Tadhunter C., Bessiere P., Inskip K., Holt J., Morganti R., Dicken D. "Are luminous AGN triggered by galaxy interactions?"

Tapia T., Balcells M., González-García A.C., Trujillo I., Oñorbe J., Domínguez-Tenreiro R. "On the size growth of the massive ellipticals: predicting new challenges"

Zaragoza J., Beckman J.E., Font J., García-Lorenzo B. "Physical and kinematic properties of HII regions in the Arp 270 system"

MEMORIA  
2012 IAC

322

**"BUKS 2012: MHD Waves and Seismology of the Solar Atmosphere", 4-7 julio, Creta, Grecia**

Díaz A.J. "The effect of curvature on the slow modes of dipped filament magnetic structures"

Khomenko E. "Observations and simulations of sunspot waves and oscillations"

**"8<sup>th</sup> International Conference on Easter Island and the Pacific Conference", 8-12 julio, California, EEUU**

Esteban C. "Orientations of prehistoric monumental tombs in Pohnpei (Federated States of Micronesia)"

**"X-Ray Binaries: Celebrating 50 Years since the Sdiscovery of Sco X-1", 10-12 julio, Boston, Massachusetts, EEUU**

Russell D.M. et al (Incluye Shahbaz T.) "Constraints on X-ray polarization of synchrotron jets from stellar-mass BHs"

**"2<sup>nd</sup> NCAC Symposium: The Orion Nebula. A Laboratory for the Study of Star Formation and Gaseous Nebulae", 16-18 julio, Varsovia, Polonia**

García-Rojas J., Simón-Díaz S., Esteban C., Stasinska G., Morisset C., López-Sánchez A.R. "M43, the little sister of the Orion Nebula"

Luridiana V., Mesa-Delgado A., Simón-Díaz S., García-Rojas J., Núñez-Díaz M., Morisset C., Esteban C., López-Martín L. "Fluorescence in Orion"

Mesa-Delgado A., Esteban C., Núñez-Díaz M., García-Rojas J., López-Martín L., Luridiana V. "Effects of Herbig-Haro objects and bars on the oxygen abundance in the Orion Nebula"

Morisset C., Núñez-Díaz M., Esteban C., Mesa-Delgado A., Luridiana V., García-Rojas J. "PPAK observations of Orion: OII and [FeIII] density maps"

Núñez-Díaz M., Esteban C., Mesa-Delgado A., Morisset C., Henney W., García-Rojas J., Luridiana V. "A very deep spectrophotometric mosaic of the Orion Nebula"

Peimbert A., Peña-Guerrero M.A., Peimbert M., Robert O'Dell C., Esteban C., García-Rojas J. "The implications of the Orion Nebula abundances for other galactic and extragalactic H II regions"

**“ISAPP 2012: CMB and High Energy Physics: From early Universe to Clusters of Galaxies and Large Scale Structure”, 16-24 julio, La Palma**

López-Caraballo C.H. “The polarization of the anomalous microwave emission”

Rubiño-Martín J.A. “Anisotropy: E and B modes. Primordial gravitational waves. Polarization experiments. Observations. Power spectra. Polarization of foregrounds”

**“IRS 2012”, 6-10 agosto, Berlín, Alemania**

Laken B.A., Pallé E., Kniveton D., Williams C., Kilham D. “Aviation induced cloud over the North Atlantic”

Laken B.A., Calogovic J. “On the detectability of a daily timescale solar-cloud link”

Pallé E., Laken B. “What do we really know about cloud changes over the past decades?”

**“75<sup>th</sup> Annual Meeting of the Meteoritical Society”, 12-17 agosto, Cairns, Australia**

Maddison S.T., Lugaro M., Doherty C.L., Liffman K., García-Hernández D.A. et al. “Short-lived radionuclides in the early Solar System: The Super-AGB star hypothesis”

**“Hinode-6”, 14-17 agosto, St Andrews, Reino Unido**

Belluzzi L. “The polarization of the h and k lines of Mg II for exploring with Solar-C the magnetism of the upper solar”

Orozco-Suárez D., Asensio-Ramos A., Trujillo-Bueno J. “Determination of the dynamic and magnetic properties of solar prominences using the Hanle and Zeeman effects in the He I1083 nm triplet”

**“XXVIII IAU General Assembly”, 20-31 agosto, Pekín, China**

*IAUS 290: Feeding Compact Objects: Accretion on All Scales*

Fernández-Ontiveros M., Prieto A. “The nature of the IR emission in LLAGNs at parsec scales: does the jet dominate at low luminosities?”

González-Martín O., Vaughan S. “X-ray variability of 104 AGNs. XMM-Newton power-spectrum density profiles”

*IAUS 292: Molecular Gas, Dust, and Star Formation in Galaxies*

Chan J., Beckman J.E. “A comparison between H $\alpha$  and infrared emission from the HII regions of M100”

Erroz-Ferrer S., Knapen J.H., Font J., Beckman J.E. “Morphology, Kinematics and Star Formation in Spiral Galaxies in the Spitzer Survey of Stellar Structure in Galaxies (S4G)”

Font J., Beckman J.E., Rosado M., Blasco J., Fathi K., Epinat B. “Hydrogen transfer and capture during an early phase of galaxy interaction”

Font J., Beckman J.E., Cisternas M., Blasco J. “Molecular and Ionized Gas in the Antennae: a Comparison between Emission Line Maps”

Sánchez-Gallego J.R. “Gas, Dust and Star Formation in Nearby Galaxies as Seen with the JCMT”

Zaragoza J., Font J., Blasco J., García B., Beckman J.E. “Gas Flows and Star Formation in the Interacting Galaxy System Arp 270”

*IAUS 294: Solar and Astrophysical Dynamoes and Magnetic Activity*

**MEMORIA  
IAC 2012**

**323**

Schukina N., Trujillo-Bueno J. “Spectropolarimetric diagnostics of unresolved magnetic fields in the quiet solar photosphere”

*IAUS 295: The Intriguing Life of Massive Galaxies*

Ferré-Mateu A. et al. "The intriguing properties of local compact massive galaxies"

Gallego J., Prieto Prieto M. et al. "Evolutionary paths among different red galaxy types at  $0.3 < z < 1.5$  and the buildup of massive E-S0s"

Mármol-Queraltó E., Trujillo I., Pérez-González P.G., Barro G., Varela J., Villar V. "Satellites around massive galaxies: The infalling pieces of the puzzle"

Sánchez-Gallego J.R., Knapen J.H. "Gas, dust and star formation in nearby galaxies as seen with the JCMT"

*SpS1: Origin and Complexity of Massive Star Clusters*

Hidalgo S.L. "Star formation history of dwarf galaxies: seeking footprints of the primeval Universe"

Milone A. "Multiple populations in globular clusters"

*SpS2: Cosmic Evolution of Groups and Clusters of Galaxies*

Ferré-Mateu A. et al. "Detailed stellar population analysis of a rich cluster of  $z=0.83$ "

*SpS3: Galaxy Evolution through Secular Processes*

Bakos J., Trujillo I. "The Outskirts of Spiral Galaxies: Probing Stellar Migration Theory"

Beckman J.E., Erwin P., Gutiérrez L., Bakos J., Martín I. "Outer Disk Profiles as Tracers of Secular Evolution"

Cisternas M. "The downplayed role of secular processes in the co-evolution of galaxies and black holes"

Erroz-Ferrer S. "Kinematical evidence for secular evolution in S<sup>4</sup>G spirals"

Rys A., Falcón-Barroso J., van de Ven G. "3D view on Virgo and field dwarf elliptical galaxies: late-type origin and environmental transformations"

Sánchez-Gallego J.R., Knapen J.H. "Gas, dust and star formation in nearby galaxies as seen with the JCMT"

Seidel M., Falcón-Barroso J., Shapiro K., Gerssen J. "Constraints on secular evolution in unbarred spiral galaxies: understanding bulge and disk formation"

*SpS5: The IR View of Massive Stars: The Main Sequence and Beyond*

Hanson M.M., Froebrich D., Martins F., Chene A.-N., Rosslowe C., Herrero A., Kim H.-J. "Summary I. Obscured and distant clusters"

Herrero A., Ramírez-Alegría, Marín-Franch A., Najarro F. "MASGOMAS Project: Two new obscured, massive and young Galactic clusters"

*SpS6: Science with Large Solar Telescopes*

Denker C. et al. (Incluye Collados M.) "The GREGOR Solar Telescope"

Martínez-Pillet V. "Towards the next frontier in high precision solar polarimetry: 10-4"

Socas-Navarro H. "The European Solar Telescope"

Trujillo-Bueno J. "Polarized Radiation Diagnostics for Measuring the Magnetic Field of the Outer Solar Atmosphere"

*SpS 8: Calibration of Star-Formation Rate Measurements across the Electromagnetic Spectrum*

Cisternas M. "Constructing Star Formation Rate Maps of Galaxies Using S4G IRAC 3.6 and 4.5 micron Images"

Sánchez-Gallego J.R. "Star formation, dust and gas content in Nearby Galaxies as seen with the JCMT"

*SpS9: Future Large Scale Facilities*

Martínez-Pillet V. "The ESA/NASA Solar Orbiter Mission"

*JD2: Very Massive Stars in the Local Universe*

Herrero A., García M. "(Very) Massive Stars in IC 1613?"

Vink J. et al. (Incluye Herrero A.) "*Summary of Very Massive Stars in the Local Universe*"

**"6<sup>th</sup> Workshop of Young Researchers in Astronomy and Astrophysics", 3-6 septiembre, Budapest, Hungría**

Kriskovics L. et al. (Incluye García-Alvarez D.) "Surface tomography of the RS CVn-type double-lined binary V824 Ara"

**"ESO@50 - The First 50 years of ESO Wolrkshop", 3-7 septiembre, Garching, Alemania**

Montes M., Acosta-Pulido J.A., Prieto M.A., Fernández-Ontiveros J.A. "Undressing M87 by exposing its most private globulars"

Prieto A.M. "The central parsec of galaxies in the IR"

**"Magellanic Clouds Workshop", 10-13 septiembre, Perth, Australia**

Carrera R. "The star formation and chemical enrichment histories of the Magellanic clouds. Latest results"

**"Galaxy Surveys Using Integral Field Spectroscopy. Achievements and Opportunities", 10-13 septiembre, Potsdam, Alemania**

Falcón-Barroso J., Lyubenova M., van de Ven G. "The angular momentum in the CALIFA survey"

**"Growing-up at High Redshift: From Proto-Clusters to Galaxy Clusters", 10-13 septiembre, Madrid**

Barrena R., Girardi M., Boschini W., Madau F. "Environmental effects on the bright end of the galaxy luminosity function in galaxy clusters"

Pintos-Castro I., Sánchez-Portal M., Altieri B. et al. "Multiwavelength study of the galaxy population in the young cluster RXJ1257.2+4738 at z=0.866"

Zarattini S. "Fossil groups of galaxies: Clues through their luminosity functions"

**"Fifth Solar Orbiter Workshop", 10-14 septiembre, Brugge, Bélgica**

Blanco-Rodríguez J., Martínez-Pillet V., Feller A., Hirzberger J., Piqueras J. "Software simulator for SO/PHI: SOPHISM"

Martínez-Pillet V. "Remote Sensing Coordination"

**"30 Doradus: The Starburst Next Door", 17-19 septiembre, Baltimore, Maryland, EEUU**

Simón-Díaz S., Sabín San Julian C., Herrero A., García M. "On the Nature of O Vz Stars in 30 Doradus"

**"Half a Century of X-Ray Astronomy", 17-21 septiembre, Mykonos, Grecia**

Armas-Padilla M., Wijnands R., Degenaar N., Russell D. "Very Faint X-Ray Binaries: The Black Hole candidate Swift J1357.2-0933"

Gallo E., Russell D.M., Fender R. "Observational Constraint on Spin-Powering of Jets in Black Hole X-Ray Binaries"

González-Martín O., Vaughan S. "X-ray variability of 104 Active Galactic Nuclei. PSDs with XMM-Newton"

**"2012 International Meteor Conference (IMC)", 20-23 septiembre, La Palma**

MEMORIA  
IAC 2012

325

Vaduvescu O. "The EURONEAR project and its successful collaboration with students and amateurs"

**"European Planetary Science Congress 2012", 23-28 septiembre, Madrid**

Alí-Lagoa V.M., Licandro J., de León J., Delbó N., Pinilla-Alonso N., Campins H. "B-type asteroids observed by the wide-field infrared survey"

de León J., Lorenzi V., Alí-Lagoa V., Licandro J., Campins H., Pinilla-Alonso N. "Additional spectra of binary asteroid 1996 FG3, primary target of the ESA MarcoPolo-R mission"

Deeg H.J. et al. "Five years of exoplanet observations with CoRoT"

González-Merino B., Pallé E., Montañés-Rodríguez P. "High-Resolution spectroscopy of the Earthshine"

Groussin O., Brageot E., Reynaud J.-L., Lamy P., Jorda L., Licandro J. et al. "THERMAP: a mid-infrared spectro-imager for the Marco Polo R mission"

Hainaut O.R., Boehnhardt H., Buie M., Hsieh H., Kleyna J., Licandro J. et al. "Activity processes fuelling the Main Belt Comets characterized via a "Large Program" at ESO"

Licandro J. "Report of the optical and spectroscopical MarcoPolo-R WG"

Licandro J., Moreno F., Tozzi G.P., de León J., Cabrera-Lavers A., Ortiz J.L., Lara L.M., Pinilla-Alonso N., Alí-Lagoa V. "Exploring the nature of new MBCs using the 10m GTC Telescope"

Lorenzi V., Pinilla-Alonso N., Licandro J., Dalle Ore C.M., Emery J.P. "Rotationally Resolved Spectroscopy of (20000) Varuna in the near-Infrared"

Ortiz J.L., Thirouin A., Campo Bagatin A., Duffard R., Licandro J. et al. "Haumea and the rotational fission of trans-Neptunian objects"

Pinilla-Alonso N., Alvarez-Candal A., Melita M., Lorenzi V., Licandro J. et al. (Incluye Ali-Lagoa V.) "Study of the surface composition and dynamical evolution of two retrograde objects in the outer Solar System"

**"SEAC 2012 Ancient Cosmologies and Modern Prophets", 24-29 septiembre, Ljubljana, Eslovenia**

Esteban C., Escacena J.L. "Astronomical Orientations of Protohistoric Sacred Buildings of the South Iberian Peninsula"

**"44<sup>th</sup> Annual Meeting of the Division for Planetary Sciences (DPS)", 14-19 octubre, Reno, Nevada, EEUU**

Delbo M., Nesvorný D., Licandro J., Ali-Lagoa V. "Analysis of the Baptistina Asteroid Family: Implications For Its Link With The K/T Impactor"

Samarasinha et al. (Incluye Licandro J.) "Coma Morphology and Rotational Dynamics of Comet 103P/Hartley 2 during the DIXI Encounter"

Ziffer J., Harvell T.E., Campins H., Kelley M.S., Licandro J., Fernández Y.R. "Color Variation Within Inner-belt Asteroid Families"

**"Polarisation and Active Galactic Nuclei", 16-17 octubre, Bruselas, Bélgica**

Acosta-Pulido J.A., Pereyra A., Agullí I., Agudo I., Gómez J.L., Marscher A.P., Jorstad S.G. "Near infrared polarimetry of a sample of blazars"

Ramos-Almeida C., Martínez-González M.J., Asensio-Ramos A., Acosta-Pulido J.A., Manso Sainz R. "Testing the AGN unified model using spectropolarimetry"

**"50 Years of Brown Dwarfs: From Theoretical Prediction to Astrophysical Studies", 21-24 octubre, Bavaria, Alemania**

Béjar V.J.S., Pérez-Garrido A., Burningham B., Gauza B., Rebolo R., Lodieru N., Boudreault S. "Search for very cool companions of nearby M dwarfs: The case of LHS 2803B"

Bihain G., Rebolo R., Béjar V.J.S., Zapatero-Osorio M.R. "Search for wide low-mass companions of Hyades M dwarfs"

Gauza B, Béjar V.J.S., Rebolo R. "A search for very low mass companions of nearby stars"

**"Galactic Nuclei and their Connection with Stars and the Environment", 22-26 octubre, Gramado, Brasil**

Rodríguez-Espinosa J.M. "Obscuration in Low Luminosity AGN"

**"Workshop on: Nuclei of Seyfert Galaxies and QSOs - Central Engine & Conditions of Star Formation", 6-8 noviembre, Bonn, Alemania**

Mezcua M. ("012) "Merger-triggered AGN activity and binary SMBHs in the local universe"

Prieto A. M. "The central pc of galaxies in the IR"

**"GONG 2012 / LWS/SDO-5 / SOHO 27: Eclipse on the Coral Sea: Cycle 24 Ascending", 12-16 noviembre, Palm Cove, Queensland, Australia**

Khomenko E. "Atmospheric waves driven by  $p$ -modes"

Pallé P.L. et al. (Incluye Triviño-Hague A., Uytterhoeven K.) "Observations of the radial velocity of the Sun as measured with the novel SONG echelle spectrograph: results from a 1-week campaign"

**"Hot Planets and Cool Stars", 12-16 noviembre, Garching, Alemania**

Casal-López E., Béjar V.J.S., Pallé E. "Probability of finding planetary transits in the habitable zone of M stars"

Deeg H.J. and the Corot Exoplanet Team "The CoRoT Exoplanet program - Past, present and future"

Lodieu N. "Ultracool dwarfs in wide-field surveys"

Murgas F., Pallé E., Cabrera-Lavers A., Zapatero-Osorio M.R., Nortmann L. "Transit Spectroscopy with GTC"

Pallé E. et al "The Las Cumbres Global Telescope Network and the search for planets around M stars"

Parviainen H., Deeg H.J., Belmonte J.A. "Secondary eclipses in the CoRoT Light Curves"

**"2<sup>nd</sup> National Conference on Laboratory and Molecular Astrophysics", 14-16 noviembre, Sevilla**

Asensio-Ramos A., Manso-Sainz R. "Model selection and signal detection. A Bayesian perspective"

**"Tercer Simposio del Círculo de la Filosofía de la Naturaleza", 21-23 noviembre, Temuco, Chile**

López-Corredoira M. "El ocaso de la era científica"

**"Reading the Book of Globular Clusters with the Lens of Stellar Evolution", 26-28 noviembre, Roma, Italia**

García-Hernández D.A., Karakas A.I., Lugaro M. "Nucleosynthesis in massive AGB stars with delayed superwinds: Implications for the abundance anomalies in Globular Clusters"

Milone A.P. "Multiple Stellar Populations and Horizontal-Branch Morphology in Globular Clusters"

Monelli M. "The SUMO project: a survey of multiple populations in globular clusters"

**"Polarized Foreground for Cosmic Microwave Background", 26-28 noviembre, Garching, Alemania**

Génova-Santos R. "The QUIJOTE-CMB Experiment"

MEMORIA  
IAC 2012

327

**“Is the Stellar Initial Mass Function Universal?”**, 26-30 noviembre, Leiden, Países Bajos

Ferré-Mateu A. et al. “The impact of varying the IMF on the stellar populations of ETGs”

**“Torus 2012 Workshop”**, 5-7 diciembre, Texas, EEUU

Asensio-Ramos A., Ramos-Almeida C. “Constraining clumpy dusty torus models using optimized filter sets”

Ramos-Almeida C., Alonso-Herrero A., González Martín O. and the CanariCam AGN team “Testing the AGN unification model using infrared observations”

**“SOLAR-C SUVIT International Meeting”**, 10-13 diciembre, Mitaka, Japón

Khomenko E. “Identification of wave modes in the chromosphere”

Orozco-Suárez D. “The polarization of the He I 10830 Å triplet in prominences and spicules: observations and interpretation in a prominence”

Trujillo-Bueno J., Stepan J., Belluzzi L. “Polarization and magnetic sensitivity of Ly-alpha and the Mg II and k lines”

## COMUNICACIONES A CONGRESOS NACIONALES

**“HEXA: A Machine for Spectroscopic Cartography”**, 20-22 febrero, Granada

MEMORIA 2012 IAC Balcells M. “WEAVE on the WHT: potential synergies with HEXA”

328 **“Ciencia con los telescopios óptico-infrarrojos de CAHA y ORM en la próxima década”**, 22-23 marzo, Madrid

Aguerri J.A.L. “Science with Galaxy clusters with 4m telescopes”

Balcells M. “Science with the optical-infrared telescopes at CAHA and ORM in the coming decade”

Balcells M. “The Isaac Newton Group in the next decade”

Balcells M. “WEAVE and other survey capabilities at the ING”

Caballero J.A. et al. (Incluye Allende-Prieto C.) “Brown dwarfs from Spanish telescopes at ORM and CAHA”

Font J., Beckman J.E., Zaragoza J. “Fabry-Perot Interferometry: an outstanding niche technique for emission line mapping of galaxies and other extended objects at high resolution”

Oscos A. “Los observatorios de Canarias, una visión global”

Pallé E. “Exoplanets with ORM and CAHA in the next decade”

**“RIA: Cartografiados profundos de galaxias, estructura a gran escala y energía oscura. Participación española en futuros proyectos”**, 29-30 marzo, Valencia

Balcells M. “Los acuerdos entre UK, Holanda y España sobre el futuro del WHT”

Hidalgo S.L., Aparicio A. “Ultra-faint dwarf galaxies: end of the Milky Way missed satellites problem?”

**“X Reunión de la Sociedad Española de Astronomía (SEA)”**, 9-13 julio, Valencia

Aguerri J.A.L. “WEAVE: A multiobject and large field spectrograph for WHT”

Allende-Prieto C. “Determinación de abundancias químicas en estrellas”

Asensio-Ramos A., Manso-Sainz R. “Model selection and signal detection. A Bayesian perspective”

Balcells M. “Los acuerdos entre UK, Holanda y España sobre el futuro del WHT”

Blanco-Rodríguez J., Martínez-Pillet V. & the SO/PHI Team “SOPHISM, SO/PHI Software simulator”



- Calcines-Rosario A., Collados M., López R.L. "MuSICa en GRIS"
- Calvo-Santamaría I., Khomenko E., Cally P., Collados M. "Magneto-Acoustic wave coupling through the photosphere to the corona"
- Collados M. "EST: The largest and most sensitive spectropolarimeter"
- Del Pino Molina A. "Distribución espacial de las poblaciones estelares de la galaxia enana de Fornax"
- Díaz-Medina A.J. "Kelvin-Helmoltz and RT instabilities in partially ionized plasmas"
- Ferré-Mateu A. et al. "The intriguing properties of local compact massive galaxies"
- Gallart C. "What Stars Tell us about Galaxies: Star Formation and Chemical Evolution Histories in the Local Group"
- Gallego J., Prieto M. et al. (Incluye Hempel A.) "Evolutionary paths among red galaxy types at  $z < 1.5$  and their late build-up through major mergers"
- García-Alvarez D. "The GTC Variable Star One-Shot Project"
- Iglesias-Groth S. "Fullerenes and PAHs in the interstellar Medium"
- Garzón F. "VPHGs infrarrojas en criogenia"
- Knapen J.H. "Secular evolution disk galaxies"
- Mármol-Queraltó E., Trujillo I., Pérez González P.G., Barro G., Varela J., Villar V. "Satellites around massive galaxies: the infalling pieces of the puzzle"
- Martín-Navarro I., Vazdekis A., Falcón-Barroso J. et al. "Kinematical mapping of the outskirts of elliptical galaxies using the OSIRIS Tunable Filters at GTC: A novel approach"
- Martínez-González M.J. "Zeeman Doppler Imaging y el magnetismo estelar"
- Núñez-Díaz M. "The deep spectrophotometric mosaic of the Orion Nebula. Preliminary results"
- Orozco-Suárez D., Asensio-Ramos A., Trujillo-Bueno J. "Determination of the dynamic and magnetic properties of solar prominences using the Hanle and Zeeman effects in the He I 1083 nm triplet"
- Pallé P.L., Roca-Cortés T. "Secular measurements of the solar gravitational redshift"
- Pallé E., Montañés-Rodríguez P. "El Earthshine: del cambio climático a la Astrobiología"
- Quintero-Noda C. "Photospheric jets description using SUNRISE/IMaX"
- Ramírez-Alegría S., Marín-Franch A., Herrero A. "MASGOMAS Project: Two new massive and young galactic clusters"
- Ramos-Almeida C., Rodríguez-Espinosa J.M. et al. "Probing nuclear activity versus star formation at  $z \sim 0.8$  using near-IR multislit spectroscopy"
- Rübke K.S., Herrero A., García M., Simón-Díaz S. "Optical and NIR spectroscopic analysis of OB stellar atmospheres"
- Rys A., Falcón-Barroso J., van de Ven G. "3D view on Virgo and field dwarf elliptical galaxies: Late-type origin and environmental transform"
- Sabín-SanJulian C., Simón-Díaz S., Herrero A., García M. "Quantitative analysis of OV stars in 30 Doradus"
- Seidel M.K., Falcón-Barroso J., Shapiro K., Gerssen J. "Constraints on secular evolution in unbarred spiral galaxies: Disentangling disk heating agents"
- Tapia-Peralta M.T., Balcells M., González-García A.C., Trujillo I., Oñorbe J., Domínguez-Tenreiro R. "Growth in size of the massive elliptical galaxies by dry mergers"
- Velasco S., García M., Negueruela I. "Formación estelar secuencial en Casiopea"

Zamorano J., Eliche-Moral M.C., González-García C., Gallego J., Balcells M., Aguerri J.A.L., Prieto M. "Secular evolution along the sequence of S0 Hubble types through minor mergers"

**"Monismo, Dualismo y Pluralismo", 26 octubre, Sevilla**

López-Corredoira M. "El Espiritu de la materia"

## **ARTÍCULOS EN REVISTAS INTERNACIONALES SIN ÁRBITRO Y COMUNICACIONES CORTAS**

Patruno A., Milone A.P. "A Candidate Optical Counterpart of IGR J17480-2446 in Terzan 5 identified with the Hubble Space Telescope"  
*The Astronomer's Telegram, #3924*

Cortina J. for the Magic Collaboration "MAGIC and Swift detection of renewed activity from the blazar PG1553+113 during a MWL campaign"  
*The Astronomer's Telegram, #3977*

Cortina J. for the Magic Collaboration "MAGIC detects an unprecedented high VHE gamma-ray emission from the blazar PG 1553+113"  
*The Astronomer's Telegram, #4069*

Drake A.J., García-Alvarez D. et al. "Discovery of an SN 2005gj-like supernova by CRTS"  
*The Astronomer's Telegram, #4081*

Carnerero M.I., Acosta-Pulido J.A., Arévalo M.J., Bueno A., González A.I., Puerto-Giménez I., Raiteri C.M., Villata M., GASP Collaboration "Near-IR brightening of the blazar CTA 102 (2230+114) observed by the GASP"

*The Astronomer's Telegram, #4163*

Zurita C., Casares J., Corral-Santana J. "Optical photometry of MAXI J1647-227"  
*The Astronomer's Telegram, #4204*

Charles P., Cornelisse R., Casares J. "Swift J1910.2-0546/MAXI J1910-057: Optical Imaging and Spectroscopy with the Liverpool Telescope"  
*The Astronomer's Telegram, #4210*

Maccarone T.J., Russell D.M., Glamorgan F.L. "The rapid extreme fading of GX 339-4"  
*The Astronomer's Telegram, #4247*

Casares J., Rodríguez-Gil P., Zurita C., Corral-Santana L., Martínez-Pais I.G., Corradi R.L.M., Cornelisse R., Charles P.A. "Optical photometry and Halpha Spectroscopy of SWIFT J1910.2-0546/MAXI J1910-057"  
*The Astronomer's Telegram, #4347*

Belloni T. et al. (Incluye Russell D.M.) "Swift J174510.8-262411 in the hard intermediate state"  
*The Astronomer's Telegram, #4450*

Russell D.M. et al. "Optical evolution of Swift J174510.8-262411 suggests the compact jet is fading, radio flare imminent?"  
*The Astronomer's Telegram, #4456*

López-Corredoira M. 'Book review "Fundamental Questions of Practical Cosmology", by Baryshev and Teerikorpi"  
*Journal of Cosmology, 18, VI*

Sana H., de Koter A., García M. et al. "X-Shooter spectroscopy of massive stars in the local group and beyond"  
*The ESO Messenger, 148 33*

**MEMORIA 2012 IAC 330** Charles P., Cornelisse R., Foster D., Casares J., Kotze M., Zdziarski A. "MAXI J1305-704: Optical Spectroscopy with SALT"  
*The Astronomer's Telegram, #4105*

Lewis F., Russell D.M., Shahbaz T. "GX 339-4 is rising into outburst, and a deep optical quiescent magnitude observed by Faulkes Telescope South"  
*The Astronomer's Telegram, #4162*

Gilmore G. et al. (Incluye Allende-Prieto C.)  
"The Gaia-ESO Public Spectroscopic Survey"  
*The Messenger*, **147**, 25

Lo Curto G. et al. (Incluye González-Hernández J.I., Esposito M., Rebolo R.)  
"Astronomical spectrograph calibration at the Exo-Earth detection limit"  
*The Messenger*, **149**, 2

Morelli L., Corsini E.M., Pizzella A., Dalla Bontà E., Coccato L., Méndez-Abreu J., Cesetti M. "Stellar Populations of Bulges in Galaxies with Low Surface-brightness Discs"  
*The Messenger*, **149**, 28

Wofford A. et al. (Incluye García M.) "Massive Stars: Key to Solving the Cosmic Puzzle" Science Objectives and Requirements for the Next NASA UV/Visible Astrophysics Mission Concepts"  
*arXiv:1209.3199*

Corradi R.L.M. "Close binary central stars of planetary nebulae and V458 Vul"  
*Memorie della Societa Astronomica Italiana*, **83**

Milone A.P. et al. "Multiple stellar populations in the Globular Clusters NGC1851 and NGC6656 (M22)"  
*Memorie della Societa Astronomica Italiana Supplement*, **19**

Elst E.W., Lagerkvist C.-I., Boattini A., Vaduvescu O. "Minor Planet Observations [809 European Southern Observatory]"  
*Minor Planet Circular*, **77698**, 1

Fitzsimmons A. et al. (Incluye Vaduvescu O.) "Minor Planet Observations [950 La Palma]"  
*Minor Planet Circular*, **77699**, 2

Karami M., Fathivavsari H., Vaduvescu O. "Comet Observations [950 La Palma]"  
*Minor Planet Circular*, **77876**, 15

Cavadore C., Elst E.W., Masi G., Lagerkvist C.-I., Boattini A., Vaduvescu O. "Minor Planet Observations [809 European Southern Observatory]"  
*Minor Planet Circular*, **78046**, 1

Fitzsimmons A., Vaduvescu O., Karami M., Fathivavsari H., Licandro J. et al. "Minor Planet Observations [950 La Palma]"  
*Minor Planet Circular*, **78047**

Fitzsimmons A., Vaduvescu O. et al. "Minor Planet Observations [950 La Palma]"  
*Minor Planet Circular*, **78437**, 11

Casas R., Ali Lagoa V., Vaduvescu O., Licandro J. "Minor Planet Observations [954 Teide Observatory]"  
*Minor Planet Circular*, **78438**

Benecchi S., Sheppard S.S., Vaduvescu O., Schechter P.L. "Minor Planet Observations [304 Las Campanas Observatory]"  
*Minor Planet Circular*, **78792**, 2

Buie M.W., Wasserman L.H., Vaduvescu O. et al. "Minor Planet Observations [807 Cerro Tololo]"  
*Minor Planet Circular*, **78893**, 2

Elst E.W., Lagerkvist C.-I., Boattini A., Vaduvescu O. et al. "Minor Planet Observations [809 European Southern Observatory, La Silla]"  
*Minor Planet Circular*, **78893**, 3

Fitzsimmons A., Vaduvescu O. et al. "Minor Planet Observations [950 La Palma]"  
*Minor Planet Circular*, **78894**, 9

Cavadore C., Elst E.W., Lagerkvist C.-I., Boattini A., Behrend R., Vaduvescu O. "Minor Planet Observations [809 European Southern Observatory]"  
*Minor Planet Circular*, **79220**, 1

Fitzsimmons A., Balam D.D., Vaduvescu O. et al. "Minor Planet Observations [950 La Palma]"  
*Minor Planet Circular*, **79221**, 6

Buie M.W., Wasserman L.H., Vaduvescu O., Holmes R., Linder T. "Minor Planet Observations [807 Cerro Tololo]"  
*Minor Planet Circular*, **79528**, 6

Elst E.W., Boattini A., Behrend R., Vaduvescu O., Rabinowitz D. "Minor Planet Observations [809 European Southern Observatory]"  
*Minor Planet Circular*, **79529**, 2

MEMORIA  
IAC 2012

331

Fitzsimmons A., Balam D.D., Vaduvescu O. et al. "Minor Planet Observations [950 La Palma]" *Minor Planet Circular*, **79530**, 1

Vaduvescu O. "Minor Planet Observations [950 La Palma]" *Minor Planet Circular*, **79787**, 2

Lagerkvist C.-I., Boattini A., Vaduvescu O., Galad A. "Minor Planet Observations [809 European Southern Observatory]" *Minor Planet Circular*, **79996**, 5

Balam D.D., Vaduvescu O. et al. "Minor Planet Observations [950 La Palma]" *Minor Planet Circular*, **80156**, 4

Buie M.W., Wittman D., Wasserman L.H., Vaduvescu O. et al. "Minor Planet Observations [807 Cerro Tololo]" *Minor Planet Circular*, **80631**, 6

Vaduvescu O. "Minor Planet Observations [950 La Palma]" *Minor Planet Circular*, **80649**, 6

Barentsen G., Vaduvescu O., Licandro J. "Comet Observations [950 La Palma]" *Minor Planet Circular*, **81082**

Elst E.W., Lagerkvist C.-I., Boattini A., West R.M., Vaduvescu O. et al. "Minor Planet Observations [809 European Southern Observatory, La Silla]" *Minor Planet Circular*, **81274**, 5

Fitzsimmons A., Vaduvescu O., Barentsen G., Licandro J., Dumitriu A. "Minor Planet Observations [950 La Palma]" *Minor Planet Circular*, **81285**

MEMORIA  
2012 IAC

332

Elst E.W., Lagerkvist C.-I., Boattini A., Behrend R., Vaduvescu O. et al. "Minor Planet Observations [809 European Southern Observatory, La Silla]" *Minor Planet Circular*, **81717**, 5

Gajdos S. et al. (Incluye Vaduvescu O.) "2008 CS1" *Minor Planet Electronic Circ.*, 2012-E19

Kostov et al. (Incluye Vaduvescu O.) "Observations and Orbits of Comets" *Minor Planet Electronic Circ.*, 2012-B23

Vaduvescu O. et al. "2007 JF22" *Minor Planet Electronic Circ.*, 2012-D82

Bressi T.H. et al. (Incluye Vaduvescu O.) "2012 DG54" *Minor Planet Electronic Circ.*, 2012-D102

Castro-Tirado A.J. et al. (Incluye Ferrero P.) "GRB 121226A: 10.4m GTC optical observations" *GRB Coordinates Network, Circular Service*, 14114

Dufton P.L. et al. (Incluye Simón-Díaz S.) "vsini in VLT-FLAMES Tarantula Survey" *VizieR On-line Data Catalog: J/A+A/550/A109 2012 550*

van Loon J.T. et al. (Incluye Simón-Díaz S.) "DIB in VLT-FLAMES Tarantula Survey" *VizieR On-line Data Catalog: J/A+A/550/A108 2012 550*

Puls J. et al. (Incluye Herrero A.) "Division IV / Working Group on Massive Stars Transactions" *IAU Circular* **2012 7, T28A**

Ederoclite A., Polednikova J., Cepa J., de Diego Onsurbe J.A., González-Serrano I. "Testing the Standard Model of Active Galactic Nuclei through Quasar Variability" *IAU Circular* **2012 285**

## ARTÍCULOS EN REVISTAS NACIONALES

Pio M.A., Serra-Ricart M., Casado J.C., Halon L., Nicastro L., Ricci D. "Actividad Didáctica, Medición de los cambios atmosféricos locales durante el eclipse solar (Eclipse total de Sol 2012)" *Monografía; GLORIA-EU-FP7 - Instituto de Astrofísica de Canarias, España*

Casado J.C., Serra-Ricart M. "Actividad Didáctica, Cálculo de la altura de formación de Auroras Boreales" *Monografía; Instituto de Astrofísica de Canarias, FECyT, España*

Pio M.A., Casado J.C., Serra-Ricart M., Halon L., Nicastro L. "Actividad Didáctica, Cálculo de la distancia Tierra-Sol a partir de imágenes del tránsito de Venus"  
*Monografía; GLORIA-EU-FP7, Instituto de Astrofísica de Canarias, FECyT, España*

Rebolo R. "Veinticinco años de Investigación Experimental del Fondo Cósmico de Microondas en España"  
*Revista Española de Física, 26, nº 3*

## LIBROS Y CAPITULOS DE LIBROS

Varela A.M., Muñoz-Tuñón C., García-Lorenzo B., Fuensalida J.J., Castro-Almazán J. "On the Use of Remotely Sensed Data for Astronomical Site Characterization"  
*Eds. Alekseyev Y, Plisetskaya K. Nova Science Publishers, Inc. (ISBN: 978-1-61942-182-0)*

Arana J., Trujillo I., Soler F., López Corredoira M., Sanroma M. "La Cosmología en el Siglo XXI: entre la Física y la Filosofía"  
*Eds. Arola, Tarragona*

"A Contracorriente: Un análisis crítico por científicos sobre cómo se hacen la Física y la Astronomía"  
*Eds. López Corredoira M., Castro Perelman, C. Common Ground Publishing España, Madrid*

García M. "The imaging and slitless spectroscopy instrument for surveys (ISSIS) for the world space observatory-ultraviolet (WSO-UV)  
*Eds. UCM Editorial Complutense, p. 29-31*

"Planetary Nebulae: An Eye to the Future" (IAUS283)  
*Cambridge University Press. Eds. A. Manchado, L. Stanghellini, Schönberner D. (ISBN: 978-1-10701-983-6)*

D'Onofrio M. et al. (Incluye García-Lorenzo B., Mediavilla E.) "Quasars Classes and

Their Relationships"  
*Fifty Years of Quasars, Astrophysics and Space Science Library, 386, 217 (ISBN 978-3-642-27563-0)*

D'Onofrio M., Marziani P., Sulentic J.W., Dultzin D., Richards G., Knapen J.H. et al. "Quasars in the Cosmic Environment"  
*Fifty Years of Quasars, Astrophysics and Space Science Library, 386., 439 (ISBN 978-3-642-27563-0). Eds. D'Onofrio M., Marziani P., Sulentic J.W. Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, 2012.*

Eff-Darwich A., García-Lorenzo B. "Geological Hazards Analysis at Astronomical Sites: The Candidate Sites for the European Solar Telescope"  
*Advances in Engineering Research; NOVA Publishers, Cap. 4, pp 91 (ISBN 978-1-62100-695-4)*

"2nd ATST-EAST Workshop in Solar Physics: Magnetic Fields from the Photosphere to the Corona" ASP Conference Proceedings, 463  
*Eds. T. Rimmele, A. Tritschler, F. Wöger, V. Collados, H. Socas-Navarro, R. Schlichenmaier, M. Carlsson, T. Berger, A. Cadavid, P. Gilbert, P. Goode, and M. Knölker, 2012.*

"The Metal-Rich Universe"  
*Cambridge University Press. Eds. G. Israelian, G. Meynet (ISBN 978-0-52187-998-9)*

"Oxygen in the Universe"  
*EAS Publication Series, 54. Eds. Stasińska G., Prantzos N., Meynet G., Simón-Díaz S. et al.*

"The Emission-Line Universe"  
*Cambridge University Press. Eds. J. Cepa*

MEMORIA  
IAC 2012

333

## TESIS

Meschin I.P. "La gran nube de Magallanes: Historia de la Formación Estelar, Estructura y Evolución"

Directores: Dres. C. Gallart Gallart y Antonio Aparicio Juan.

Diago Ortega A. "Caracterización de dos detectores de muy alta energía: estudio del ruido dentro de los telescopios "MAGIC" y fragmentaciones de los núcleos en el experimento AMS-02"

Director: Dr. Ramón J. García López.

Rodríguez Flores D.E. "Estudio de nuevas estrellas simbióticas en el plano de la Vía Láctea"

Directores: Dres. Romano Corradi y Antonio Mampaso Recio.

Carballo Bello J.A. "Globular clusters as tracers of the hierarchical formation of the Milky Way"

Directores: David Martínez Delgado y Ramón J. García López.

Kuckein C. "Study of the magnetic structure of active region filaments"

Directores: Dres. Valentín Martínez Pillet y Rebeca Centeno Elliott.

Corral Santana J.M. "Search and characterization of Galactic black holes"

Directores: Dres. Jorge Casares Velázquez e Ignacio González Martínez-Pais.

de Lorenzo Cáceres Rodríguez A. "Galaxies with multiple bars: constraints on their formation scenarios"

Director: Dr. Alexander Vazdekis.

Peña Ramírez K.Y. "Población y función de masa subestelar en regiones de formación estelar"

Directores: Dres. Víctor J. Sánchez Bejar y M. Rosa Zapatero Osorio (Centro de Astrobiología – CSIC-INTA, Madrid).

Ramírez Alegría S. "Un Estudio de Cúmulos Galácticos Oscurecidos y su Contenido Estelar"

Directores: Prof. Artemio Herrero Davó y Dr. Antonio Marín-Franch.

Sánchez Gallego J.R. "Dust, gas and star formation in local galaxies"

Director: Dr. Johan H. Knapen.

Tapia Peralta M.T. (18.12.12) "Minor Merger Effects On Galaxy Evolution"

Director: Dr. Marc Balcells Comas.

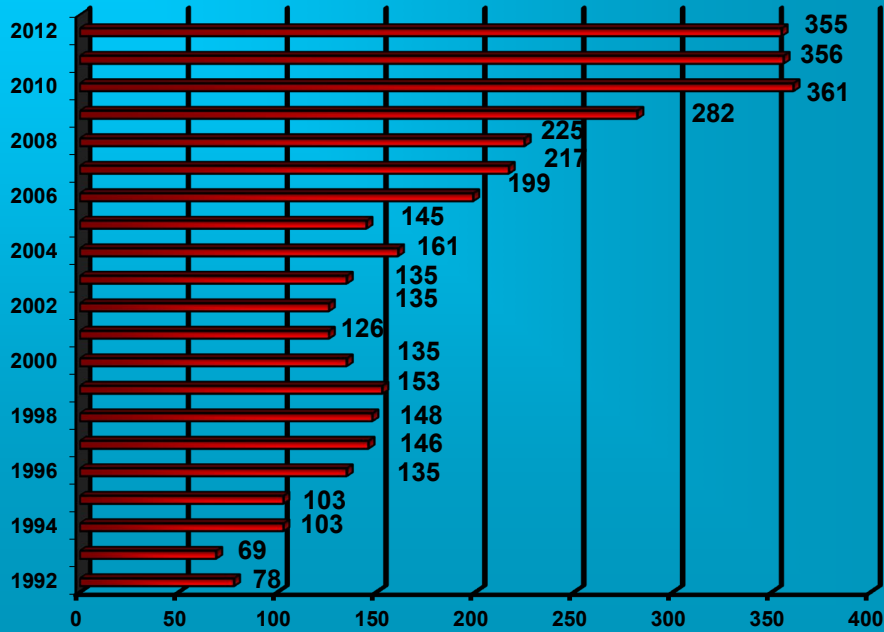
## RESUMEN

MEMORIA  
2012 IAC

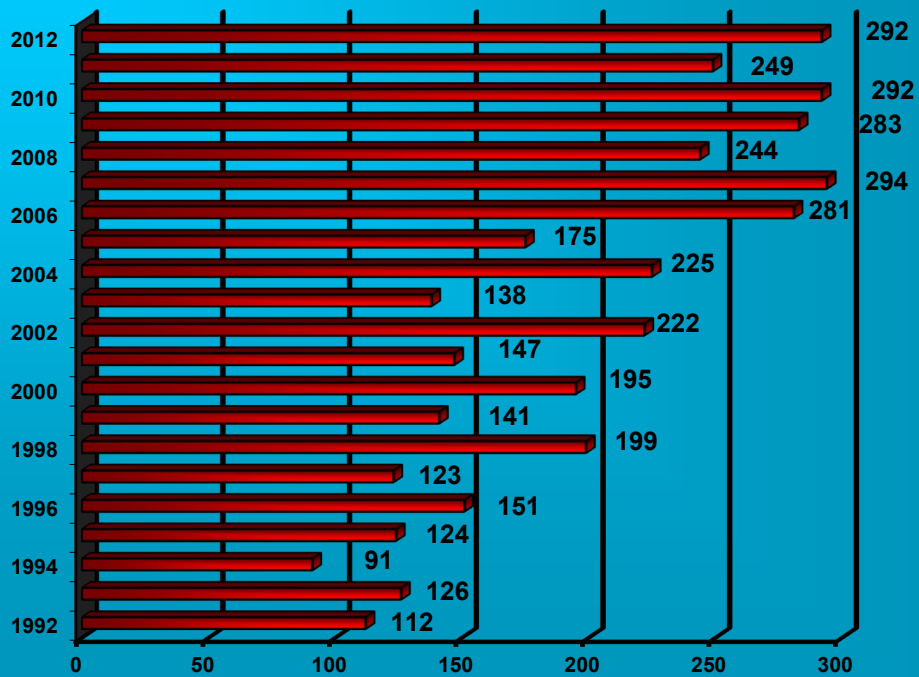
334

ARIA	355	Artículos en revistas internacionales con árbitro.
IR	19	Invited Reviews (Conferencias invitadas).
IT	14	Invited Talks (Charlas invitadas).
CI	292	Comunicaciones a Congresos Internacionales.
CN	46	Comunicaciones a Congresos Nacionales.
ARIS	55	Artículos en revistas internacionales sin árbitro y comunicaciones cortas.
ARN	4	Artículos en revistas nacionales.
L	12	Libros y capítulos de libros.
T	11	Tesis doctorales.

### Artículos en revistas internacionales con árbitros



### Comunicaciones a congresos internacionales



# REUNIONES CIENTÍFICAS

“219th AAS Meeting”  
Austin, Texas, EEUU. Enero.

“MarcoPolo-R Workshop: Physical Characterization of Marco Polo-R Targets”  
Meudon, Francia. Enero.

“Exoclines: The Diversity of Planetary Atmospheres”  
Aspen, Colorado, EEUU. Enero.

“Astrophysics from the Radio to Sub-Millimetre”  
Bolonia, Italia. Febrero.

“First Light and Faintest Dwarfs”  
Santa Barbara, California, EEUU. Febrero.

“HEXA: A Machine for Spectroscopic Cartography”  
Granada. Febrero.

“Circumstellar Dynamics at High Resolution. Proceedings of a Joint ESP/Brazilian Workshop”  
Foz do Iguacu, Brasil. Febrero-marzo.

“4th J-PAS Meeting”  
Madrid. Febrero-marzo.

“Galaxy Modelling with a Gaia Mock Catalogue”  
Barcelona. Febrero-Marzo.

“Observing Planetary Systems II”  
Santiago, Chile. Marzo.

“SDO-4/ IRIS/HINODE Workshop”  
Monterey, California, EEUU. Marzo.

“New Quests in Stellar Astrophysics III: A Panchromatic View of Solar-Like Stars, with and without Planets”  
Puerto Vallarta, México. Marzo.

“43rd Lunar and Planetary Science Conference”  
Texas, EEUU. Marzo.

“Spanish ICTS Contributions to ESA's Gaia Mission”  
Madrid. Marzo.

“Science with the Optical-Infrared Telescopes at CAHA and ORM in the Coming Decade”  
Madrid. Marzo.

“Ciencia con los telescopios óptico-infrarrojos de CAHA y ORM en la próxima década”  
Madrid. Marzo.

“3rd MarcoPolo-R Symposium”  
Manchester, Reino Unido. Marzo.

“Atmospheric and Simulation Meeting of the International Collaboration JEM-EUSO Space Mission”  
Alcalá de Henares, Madrid. Marzo.

“RIA: Cartografiados profundos de galaxias, estructura a gran escala y energía oscura. Participación española en futuros proyectos”  
Valencia. Marzo.

“AbSciCon 2012. Exploring Life: Past and Present, Near and Far”  
Atlanta, Georgia, EEUU. Abril.

“Metals in 3D: New Insights from Integral Field Spectroscopy”  
Granada. Abril.

“EGU General Assembly 2012”  
Viena, Austria. Abril.

“Gas Flows in Galaxies”  
Baltimore, Maryland, EEUU. Mayo.

“Gamma-Ray Bursts 2012 Conference (GRB 2012)”  
Munich, Alemania. Mayo.

“First COST WG Meeting: Polarisation as a Tool to Study the Solar System and Beyond”  
Varsovia, Polonia. Mayo.

“5th Iberian Meeting on Asteroseismology”  
San Miguel de Abona, Tenerife. Mayo.

“Mapping Oxygen in the Universe Workshop”  
Puerto de la Cruz, Tenerife. Mayo.

“Asteroids, Comets, Meteors (ACM) 2012”  
Niigata, Japón. Mayo.



- “HELAS-5: The Modern Era of Helio- and Asteroseismology”  
Obergurgl, Austria. Mayo.
- “Galaxy Clusters as Giant Cosmic Laboratories”  
Madrid. Mayo.
- “Stars without Borders. Radial Migration in Spiral Galaxies”  
Medana, Eslovenia. Mayo.
- “The GREAT/ESF Workshop: The Metallicity Distribution in the Milky Way Discs”  
Bologna, Italia. Mayo.
- “220th AAS Meeting”  
Anchorage, Alaska, EEUU. Junio.
- “3rd CALIFA Busy Week”  
Heidelberg, Alemania. Junio.
- “Third International Starlight Conference”  
Christchurch, Nueva Zelanda. Junio.
- “The Labyrinth of Star Formation”  
Creta, Grecia. Junio.
- “Star Formation in Dwarf Galaxies”  
Arizona, EEUU. Junio.
- “Workshop on Partially Ionized Plasmas in Astrophysics”  
Tenerife. Junio.
- “17th Cambridge Workshop on Cool Stars, Stellar Systems and the Sun”  
Barcelona. Junio.
- “Stellar Populations across Cosmic Times”  
París, Francia. Junio.
- “SPIE Astronomical Instrumentation”  
Amsterdam, Países Bajos. Julio.
- “EWASS 2012: European Week of Astrophysics and Space Science”  
Roma, Italia. Julio.
- “BUKS 2012: MHD Waves and Seismology of the Solar Atmosphere”  
Creta, Grecia. Julio.
- “8th International Conference on Easter Island and the Pacific Conference”  
California, EEUU. Julio.
- “X Reunión de la Sociedad Española de Astronomía (SEA)”  
Valencia. Julio.
- “X-Ray Binaries: Celebrating 50 Years since the Discovery of Sco X-1”  
Boston, Massachusetts, EEUU. Julio.
- “2nd NCAC Symposium: The Orion Nebula. A Laboratory for the Study of Star Formation and Gaseous Nebulae”  
Varsovia, Polonia. Julio.
- “ISAPP 2012: CMB and High Energy Physics: From early Universe to Clusters of Galaxies and Large Scale Structure”  
La Palma. Julio.
- “IRS 2012”  
Berlín, Alemania. Agosto.
- “75th Annual Meeting of the Meteoritical Society”  
Cairns, Australia. Agosto.
- “Hinode-6”  
St. Andrews, Reino Unido. Agosto.
- “XXVIII IAU General Assembly”  
Pekín, China. Agosto.
- “6th Workshop of Young Researchers in Astronomy and Astrophysics”  
Budapest, Hungría. Septiembre.
- “ESO@50 - The First 50 years of ESO Workshop”  
Garching, Alemania. Septiembre.
- “Magellanic Clouds Workshop”  
Perth, Australia. Septiembre.
- “Galaxy Surveys Using Integral Field Spectroscopy. Achievements and Opportunities”  
Potsdam, Alemania. Septiembre.

“Growing-up at High Redshift: From Proto-Clusters to Galaxy Clusters”  
Madrid. Septiembre.

“Fifth Solar Orbiter Workshop”  
Brugge, Bélgica. Septiembre.

“30 Doradus: The Starburst Next Door”  
Baltimore, Maryland, EEUU. Septiembre.

“Half a Century of X-Ray Astronomy”  
Mykonos, Grecia. Septiembre.

“2012 International Meteor Conference (IMC)”  
La Palma. Septiembre.

“European Planetary Science Congress 2012”  
Madrid. Septiembre.

“SEAC 2012 Ancient Cosmologies and Modern Prophets”  
Ljubljana, Eslovenia. Septiembre.

“44th Annual Meeting of the Division for Planetary Sciences (DPS)”  
Reno, Nevada, EEUU. Octubre.

“Polarisation and Active Galactic Nuclei”  
Bruselas, Bélgica. Octubre.

“50 Years of Brown Dwarfs: From Theoretical Prediction to Astrophysical Studies”  
Bavaria, Alemania. Octubre.

“Galactic Nuclei and their Connection with Stars and the Environment”  
Gramado, Brasil. Octubre.

“GONG 2012 / LWS/SDO-5 / SOHO 27: Eclipse on the Coral Sea: Cycle 24 Ascending”  
Palm Cove, Queensland, Australia. Noviembre.

“Hot Planets and Cool Stars”  
Garching, Alemania. Noviembre.

“2nd National Conference on Laboratory and Molecular Astrophysics”  
Sevilla. Noviembre.

“Tercer Simposio del Círculo de la Filosofía de la Naturaleza”  
Temuco, Chile. Noviembre.

“Reading the Book of Globular Clusters with the Lens of Stellar Evolution”  
Roma, Italia. Noviembre.

“Polarized Foreground for Cosmic Microwave Background”  
Garching, Alemania. Noviembre.

“Is the Stellar Initial Mass Function Universal?”  
Leiden, Países Bajos. Noviembre.

“Torus 2012 Workshop”  
Texas, EEUU. Diciembre.

“SOLAR-C SUVIT International Meeting”  
Mitaka, Japón. Diciembre.

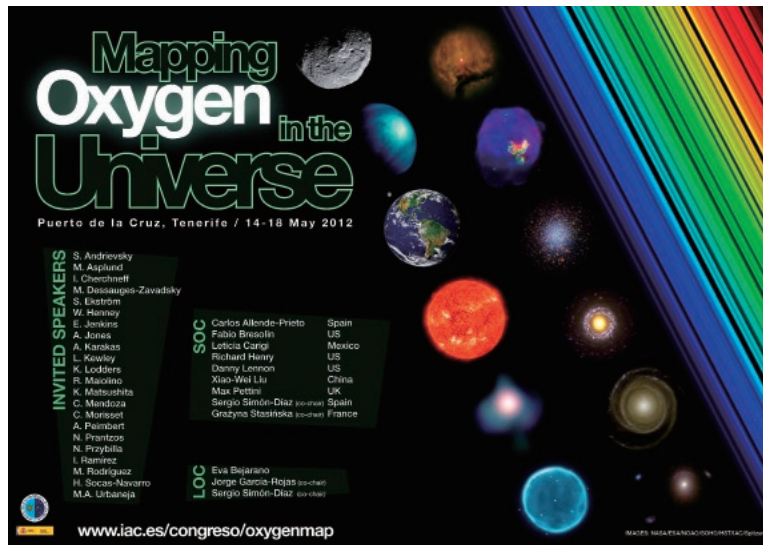
**MEMORIA  
2012 IAC**

**338**

“Monismo, Dualismo y Pluralismo”  
Sevilla. Octubre.

“Workshop on: Nuclei of Seyfert Galaxies and QSOs - Central Engine & Conditions of Star Formation”  
Bonn, Alemania. Noviembre.

## ENCUENTRO INTERNACIONAL “MAPPING OXIGEN IN THE UNIVERSE”



Conocer la cantidad de oxígeno en objetos astronómicos diversos es clave para entender la historia y la evolución química de las galaxias...

¿Cómo está distribuido el oxígeno en el Universo?

Entre los días 14 y 18 de mayo, cofinanciado por el Ministerio de Economía y Competitividad, el Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC) y el Observatorio de París, se celebró en el Puerto de la Cruz (Tenerife), un encuentro científico internacional que tratará de cartografiar la distribución de este elemento en el cosmos.

El evento, “Mapping oxygen in the Universe” (Cartografiar el oxígeno en el Universo), organizado por investigadores del Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC) y del Observatorio de París, reunió a 70 investigadores de 20 países distintos. Se celebraron 68 charlas, tres sesiones de discusión y una de divulgación sobre la relación de este elemento con la vida.

El objetivo de sus organizadores, los investigadores del IAC Sergio Simón Díaz y Jorge García Rojas, y la astrofísica Grażyna Stasińska, del Observatorio de París, era crear el entorno científico apropiado para una discusión crítica sobre los métodos en la investigación en este ámbito y una confrontación multidisciplinar de los resultados.

Discutir sobre la fiabilidad de las medidas actuales de la cantidad de oxígeno presente en el Sol y otros tipos de estrellas, así como en el gas y el polvo que forman parte del medio interestelar, y dilucidar las implicaciones de estas medidas en el conocimiento de la evolución química de las galaxias fueron algunos de los cometidos de la reunión.

MEMORIA  
IAC 2012

339

El oxígeno es el elemento pesado más abundante del universo. Es generado principalmente en el interior de las estrellas más masivas e incorporado al medio interestelar mediante su explosión final como supernovas.

*“A través de la formación y evolución de sucesivas generaciones de estrellas masivas, el hidrógeno y el helio primigenio se van transformando en oxígeno y otros elementos pesados, y el material interestelar va quedando cada vez más enriquecido con este elemento. La cantidad de oxígeno es, por tanto, un testimonio directo de la historia de la formación estelar en las galaxias”, cuenta Simón Díaz.*

Los modelos de evolución química de las galaxias predicen cuánto oxígeno se puede observar en distintas regiones galácticas en cualquier momento de su evolución. Según García Rojas, *“para saber si entendemos bien la evolución química de las galaxias, y por ende del Universo, necesitamos confrontar las cantidades predichas por los modelos con la cantidades medidas”.*

Con técnicas apropiadas, los astrofísicos han logrado medir la cantidad de oxígeno en muchas regiones del Universo, desde el sistema solar hasta galaxias muy distantes. La herramienta común es la espectroscopia. Sin embargo, el tipo de objetos astrofísicos y los métodos que proporcionan las medidas son muy diversos. Pese a los avances de las últimas décadas, todavía existen muchas cuestiones abiertas.

#### *Confrontación de los mejores especialistas del mundo*

*“En este encuentro no se pretende que se presenten resultados científicos de algún modo ‘aislados’. La idea era que el estudio de muchas de las cuestiones aún sin resolver se vería potenciado por la confrontación directa entre los mejores especialistas del mundo en los distintos dominios implicados. Este encuentro ha permitido, por primera vez, una discusión detallada y concienzuda de la precisión, sesgos e incertidumbres existentes. “El objetivo último de las discusiones será proporcionar una base firme para las teorías y modelos sobre la evolución de las galaxias”, explica Stasińska.*

# TIEMPO DE OBSERVACIÓN FUERA DE CANARIAS

NOMBRE	FECHA	OBSERVATORIO	INSTALACION
ANTONINO P. MILONE	29/1-1/2 17/2-12/3	ESO, Cerro Paranal (Chile) ESO, La Silla (Chile)	Telescopio VLT Telescopio 2,2 m
MASSIMILIANO ESPOSITO	4-20/2	ESO, La Silla (Chile)	Telescopio 3,6 m
ROSA CLAVERO	10-17/3 18-25/9	CERN (Suiza) centro de control del telescopio	Telescopio AMS
JOSE R. SANCHEZ GALLEGO	24/3-13/4	Obs. Mauna Kea, Hawai (EEUU)	Telescopio 15 m
REMON CORNELISSE	9-13/4	ESO, Cerro Paranal (Chile)	Telescopio VLT
ROMANO CORRADI	15-25/4	Apache Point Obs., Nuevo México (EEUU)	Telescopio 3,5 m
GARIK ISRAELIAN	1-9/5 18-28/10	SAO (Rusia) Obs. Byurakan (Armenia)	Telescopio 1 m Telescopio 2,6 m
NILOCAS LODIEU	2-16/5 26/12-4/1	ESO, La Silla (Chile)	Telescopio 3,5 m
ENRIC PALLE ROBERTO LOPEZ	27/5-10/6	Alice Spring (Australia)	Telescopio ESTRANGIS
ANGELA HEMPEL	4-20/6	ESO, La Silla (Chile)	Telescopio 2,2 m
CARLOS GUTIERREZ DE LA C.	6-10/7	Obs. Hispano-Alemán de Calar Alto (Almería)	Telescopio 3,5 m
MARSELA ESPINOZA NICOLAS LODIEU	9-12/7	Obs. Hispano-Alemán de Calar Alto (Almería)	Telescopio 3,5 m
M. JESUS MARTINEZ ROMANO CORRADI	28/8-8/9	ESO, Cerro Paranal (Chile)	Telescopio VLT
NICOLAS LODIEU	8-10/10	Obs. Hispano-Alemán de Calar Alto (Almería)	Telescopio 2,2 m
ISMAEL PEREZ-FOURNON	29/10-5/11	Obs. IRAM (Granada)	Telescopio 30 m
JORGE BARRERA	8-29/11	Obs. Hispano-Alemán de Calar Alto (Almería)	Telescopio 3,5 m

# DISTINCIONES

## El Instituto de Astrofísica de Canarias, galardonado en los Premios Mundo Empresarial Europeo 2012

La publicación de ámbito nacional 'Mundo Empresarial Europeo' celebró el 27 de febrero, la XV edición de su entrega de Premios Mundo Empresarial Europeo, con los que distingue anualmente a un organismo y una empresa de cada comunidad autónoma en base a las actividades llevadas a cabo el año anterior.

El IAC ha sido premiado como entidad pública destacada en la Comunidad Autónoma de Canarias por los múltiples proyectos que ha liderado y en los que ha participado en 2011, tanto de investigación astrofísica y desarrollo tecnológico, como de formación de investigadores y tecnólogos y actuaciones de divulgación científica. El galardón resalta también la importancia de haber sido acreditado como Centro de Excelencia Severo Ochoa, una distinción con la que la Administración General del Estado ha destacado a ocho centros españoles en diversas áreas de conocimiento, por su referente y excelencia en el ámbito internacional.

Entre los logros científicos y tecnológicos conseguidos por el IAC en 2011 se destacó, entre otros, su contribución al Espectrómetro Magnético Alpha, que se instaló en 2011 en la Estación Espacial Internacional; la finalización de manera exitosa del estudio de diseño conceptual del futuro Telescopio Solar Europeo y la participación del centro en las dos misiones espaciales que fueron seleccionadas por la ESA para su ejecución en los próximos años, Solar Orbiter y Euclid.

Se destacó también la amplia participación del IAC en actividades formativas y de difusión de los resultados de investigación, como la organización de la XXIII edición de la "Canary Islands Winter School of Astrophysics"; la participación del IAC en el IV Congreso "Ciencia con el Gran Telescopio CANARIAS (GTC)"; y su participación en la organización de otras escuelas y cursos formativos, como la IScAI ('International School for Advanced Instrumentation') o la formación de los primeros 15 Guías Starlight de turismo astronómico.

En esta ocasión, los galardones fueron entregados por el Secretario de Estado de Administraciones Públicas, Antonio Beteta, en un acto celebrado en Madrid y al que acudieron representantes institucionales y empresariales de las 17 comunidades autónomas. El investigador del IAC, Ignacio Trujillo, recibió el galardón en nombre del Director del IAC, Francisco Sánchez, que no pudo asistir al acto por razones ineludibles de agenda.

*Momento de la entrega del Premio  
Mundo Empresarial Europeo al IAC.  
Recogió el premio, en nombre del IAC,  
el investigador Ignacio Trujillo de manos del  
Secretario de Estado de Administraciones  
Públicas, Antonio Beteta.  
Créditos: Mundo Empresarial Europeo.*



Para Francisco Sánchez “este premio se agradece de una manera especial en estos tiempos en los que la investigación necesita el aliento de todos los sectores de la sociedad. Además, nos anima a seguir en esta maravillosa, aunque nada fácil, labor de conocer cada día mejor este Universo del cual formamos parte y que tiene la clave de nuestro pasado, presente y futuro”.

El jurado responsable de la elección de los premiados estuvo formado por el consejo de redacción de Mundo Empresarial Europeo y un grupo de asesores externos y consultores especializados.

## **La investigadora del IAC Susana Iglesias-Groth recibe el premio Cartagonova de Astronomía**

La investigadora del Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC) Susana Iglesias-Groth acaba de recibir el premio Cartagonova de Astronomía, “por un trabajo en astroquímica absolutamente innovador y del que no existen precedentes en España”. El premio, que pretende reconocer la contribución de las mujeres a la astronomía española, acaba de ser creado por la Asociación Astronómica de Cartagena, con motivo del 25º aniversario de su fundación.



Iglesias-Groth ha sido pionera en el estudio e identificación de hidrocarburos complejos y moléculas clave para la vida en el espacio interestelar. En los últimos diez años ha analizado fullerenos e hidrocarburos policíclicos aromáticos en el espacio, naftaleno y antraceno, aminoácidos, glicina y otras moléculas prebióticas, utilizando espectroscopia de alta resolución y trabajos de laboratorio para conseguir su caracterización espectroscópica. Esta línea de investigación innovadora y singular sobre astroquímica tiene interés para la ciudadanía porque toca temas sobre la posibilidad de la existencia, en sus primeros estadios, de vida en el Universo.

Sus investigaciones han sido avaladas por los satélites Planck y WMAP, así como por el experimento COSMOSOMAS, y han sido destacadas a su vez por la astrónoma estadounidense Virginia Trimble. La existencia definitiva de fullerenos en el espacio fue confirmada por investigadores canadienses en *Science*, en el año 2010. Iglesias-Groth lideró el equipo que descubrió naftaleno y antraceno en el espacio, un hallazgo que sugiere que buena parte de los componentes clave en la química básica para la vida terrestre podrían estar presentes en el material interestelar.

La premiada expresó su satisfacción: *“Me ha alegrado muchísimo que me considerasen merecedora de este reconocimiento, y lo agradezco especialmente por ser una iniciativa de una asociación de astrónomos que, usando recursos propios, seguramente escasos, decidieron crear este premio para valorar los esfuerzos que hacen las mujeres que se dedican a la Astrofísica”*. *“Este tipo de iniciativas ayuda a poner en valor el papel de las mujeres que se dedican a la ciencia, que en la mayor parte de los casos tienen que hacer difíciles equilibrios para compatibilizar vida profesional y vida familiar”*, añade.

# RECURSOS HUMANOS

A. Ruigómez.  
M.R. Galván González, C. García de Sola y L. Manadé.

## PERSONAL FUNCIONARIO

Efectivos a 31 de diciembre (fuente DARETRI): 32 (28H/4M)

En 2012, toman posesión como funcionarios de carrera a la plantilla del IAC, de la Escala de Científicos Titulares de los Organismos Públicos de Investigación de la OEP 2011 con nivel 26, los Doctores Ignacio Cabrera Trujillo, Enric Pallé Bago y Víctor Sánchez Bejar y la Doctora Begoña García Lorenzo.

La oferta de empleo público correspondiente a 2012, prevé una plaza con destino al IAC correspondientes a la Escala de Científicos Titulares de los Organismos Públicos de Investigación, la cual será convocada en 2013.

## PERSONAL LABORAL

Efectivos a 31 de diciembre de 2012 (fuente DARETRI):

Personal laboral fijo:	147 (101H/46M)
Personal laboral temporal:	115 (85H/30M)
<b>Total</b>	<b>262</b>

En 2012, se jubiló, D. Francisco Llarena García, Jefe de del Taller de Mecánica, del Área de Instrumentación.

### Oferta Empleo Público 2012

En la OEP 2012, no fue aprobada ninguna plaza de personal laboral del IAC.

## FORMACIÓN

### Becas

#### *Becas de formación*

- 8 becas de verano dirigidas a estudiantes universitarios, que estén cursando los últimos cursos de la carrera para su formación en la investigación astrofísica.

- 5 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.

#### *Becas de personal investigador en formación (EPIF) - Programa de Astrofísicos Residentes del IAC*

- 6 becas del Programa de Becas Predoctorales para la formación de personal investigador, en el Marco del programa de formación de Astrofísicos Residentes.

#### *Formación continua: subvencionada por el Instituto Nacional de Administración Pública*

El INAP (Instituto Nacional de Administración Pública - MHAP), en la convocatoria correspondiente a 2012 para la concesión de las subvenciones destinadas a la financiación a la formación en el marco de la AFEDAP, concedió una ayuda para formación continua de 18.388,86 €, la cual se gestionó en su totalidad (en 2011, fue de 38.310,12€).

Por otro lado el Presupuesto del IAC, contó para 2012, con 36.000 € destinados a formación (una reducción del 50% respecto a 2011).

Por las circunstancias que concurrieron en este año, las ayudas del INAP fueron aprobadas y recibidas bien transcurrido el año, con lo que hubo que gestionar muy ajustadamente le presupuesto total, para evitar un gasto mayor que el disponible,



habida cuenta que hasta bien entrado el año, se desconocía el importe total disponible. Pese a ello, se logró ejecutar más del 90% de dicho presupuesto.

Los miembros de la *Comisión Paritaria de Formación Continua* son: J.M. Ramos y A. Ruigómez (CD); C. L. González y E. Zatón (CE).

## **ACCIÓN SOCIAL**

El Plan de Acción Social, elaborado por la Comisión de Acción Social (CAS) del IAC partiendo de los planes establecidos por las comisiones de Acción Social del IAC en años anteriores y siguiendo 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, por la que se aprueba y publica el Acuerdo de 27 de julio de 2011 de la Mesa General de Negociación de la Administración General del Estado sobre criterios comunes aplicables a los Planes de Acción Social en la Administración General del Estado (AGE).

A su vez hubo de adaptar dicho Plan a la fuerte reducción que se produjo en su dotación, reducción de un 50% respecto a 2011, habiéndose ejecutado en su totalidad.

El Plan de Acción Social 2012 recogió las siguientes ayudas:

- Ayuda conciliación de la vida laboral y familiar
- Ayuda material escolar
- Ayuda estudios para el solicitante
- Ayuda estudios universitarios para los descendientes
- Ayuda médicas (tratamientos odontológicos, óptica, calzado ortopédico y audífonos)
- Ayuda por nacimiento/adopción de hijos
- Ayuda para cuidados familiares con minusvalías (físicas/psíquicas) y mayores de 70

- Ayuda por jubilación al personal del IAC
- Ayuda para víctimas de violencia de género

Los miembros de la *Comisión Paritaria de Acción Social* son: R.M. González, J.M. Ramos y A.M. Varela (CD); A.B. Fragoso, F. de la Paz y A. Mato (CE).

## **PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES**

Durante el año 2012 se han realizado las siguientes actividades en materia de Prevención de Riesgos Laborales:

### **Organización e integración de la prevención**

#### *Integración*

Se llevan a cabo reuniones del equipo técnico de PRL para informarles de los nuevos procedimientos del SGPRL. Resaltar las mantenidas en relación al Procedimiento e Instrucción relativa a Coordinación de Actividades Empresariales, Instrucción Operativa de Protección trabajadora embarazada, que haya dado a luz recientemente o en periodo de lactancia y el Plan de movilidad elaborado.

#### *Comunicación*

Se informa a todo el personal, mediante noticia en página Web de los nuevos documentos, así como se cuelgan en dicha página todos los documentos. La página ha sido rediseñada para dar un mejor acceso a la información.

### **Consulta y participación**

Se presentan al CSS el resumen de las actividades realizadas por la UPRL, así como las memorias del SPA y Mutua. Durante el año 2012 hubo cambio de Delegados de Prevención y por tanto de la composición del CSS.

El CSS ha sido informado de los procedimientos e instrucciones que se han ido desarrollando. Asimismo los procedimientos que se han elaborado a lo largo del año han sido previamente sometidos a consulta por parte de los Delegados de Prevención, SPA y personal relacionado con el propio procedimiento.

En las visitas realizadas por la técnico del SPA para evaluación de riesgos se ha contado con la asistencia de al menos un delegado.

## **Evaluación y planificación**

### *Estrategia de evaluación*

A lo largo del año se han realizado las evaluaciones pendientes de secciones de la sede central, así como en el ORM, OT y CALP. Durante las revisiones de las secciones se realizan las correspondientes medidas de luz en los puestos y temperatura en distintos despachos.

Se planifica y comienza el proceso de Evaluación de Riesgos Psicosociales, dejando para principios de 2013 la realización de los cuestionarios. Se ha informado al CD de la estrategia de Evaluación elegida por el CSS.

## **Formación e información**

Se organiza desde la UPRL los cursos que se relacionan a continuación:

- Conducción 4x4
- Almacenamiento y manejo de productos químicos
- Colocación de cadenas para hielo en vehículos
- Manejo y mantenimiento de puente grúa
- Espacios confinados
- Riesgos y MP en manipulación manual de cargas y posturas forzadas
- Prevención y extinción de incendios
- R y MP en puestos de mantenimiento
- R y MP en trabajos en altura
- Taller de máquinas Mutua FREMAP
- Jornada sobre maternidad y condiciones ergonómicas

Destacar en 2012, la formación a la persona de apoyo en la Unidad de Prevención, la cual ha recibido y superado con éxito el curso de capacitación para el desempeño de funciones de prevención de nivel intermedio y ello conforme a lo previsto en la disposición transitoria única del Real Decreto 67/2010, de 29 enero, de adaptación de la legislación de Prevención de Riesgos Laborales a la Administración General del Estado, por la que se establece la posibilidad de una certificación especial de formación equivalente de nivel intermedio en el ámbito de la A.G.E. Este curso fue organizado e impartido en Madrid por la Subdirección General de Relaciones Laborales, Secretaría de Estado de Administraciones Públicas (MHAP).

Durante 2012 se tradujo al inglés el manual para el OT y se han desarrollado los del CALP, ORM y OT en español.

## **Medidas de emergencia**

Se comienza la revisión del Plan de Emergencia del ORM.

Se ha realizado un simulacro de emergencia y evacuación en la sede central, elaborándose el oportuno informe para la mejora de los puntos detectados.

## **Accidentes de trabajo - Incidentes**

No ha habido accidentes de trabajo de carácter grave.

Durante este año, la UPRL se ha encargado de pedir la renovación de los botiquines, tanto en contenido, como los que ha sido necesario renovar completamente. Dentro de las dotaciones, se han renovado los contenidos de los botiquines de los vehículos del IAC.

## **Vigilancia de la salud**

Durante el año 2012, se efectuaron 187 revisiones médicas, dentro de las cuales se encuentran las obligatorias y las voluntarias, superando las 150 realizadas en 2011.

## **Coordinación de actividades empresariales**

Durante el año 2012, la UPRL ha colaborado en la revisión de documentación intercambiada según procedimiento de Coordinación de Actividades Empresariales, con aquellos mandos que lo han solicitado, además ha realizado visitas previas a los trabajos, así como durante la realización de los mismos, comunicando cualquier anomalía detectada al responsable correspondiente. Por ejemplo, en los trabajos a realizar en el aljibe de la sede central, se realiza visita previa con el responsable para detectar los riesgos relativos a la instalación, así como controlar la puesta en marcha por parte de la contrata de todas las medidas propuestas.

De igual forma, la UPRL ha colaborado con los responsables correspondientes la entrega de la documentación a telescopios extranjeros por la visita de nuestro personal cuando ha sido solicitado.

La UPRL ha supervisado algunos de los trabajos realizados en el IAC, entre ellos el desmontaje del telescopio QUIJOTE, su subida y montaje en el OT. Seguimiento en distintas fases del instrumento EMIR, recepción del instrumento en IAC, andamios a utilizar, movimientos del instrumento con grúa dentro de las salas.

También se hizo el seguimiento de varios trabajos en el Taller de Mecánica, entre ellos el corte de plancha de aluminio de grandes dimensiones.

Se realizaron varias visitas al OT para el seguimiento de trabajos, así como ver el cierre de las distintas medidas preventivas propuestas por las Evaluaciones de Riesgos.

En algunos de estos trabajos, la UPRL actuó como recurso preventivo en las operaciones, vigilando en todo momento el cumplimiento de las medidas preventivas propuestas. También participamos en la revisión de los procedimientos de trabajo elaborados por el Área de Instrumentación, estudiando,

en colaboración con esta área, la manera más segura de llevar a cabo los trabajos propuestos.

## **Mediciones higiénicas**

A raíz de las mediciones de radón se decide realizar unas nuevas mediciones en el Observatorio del Teide después de llevar a cabo las medidas preventivas en aquellos puntos donde los valores fueron más altos.

Los miembros del *Comité de Seguridad y Salud* son: C. Martín, J.C. Pérez Arencibia, G. Pescador y M. Serra (CD); F. de la Paz, A. Lozano, M. Lubary e I. Plasencia (CE).

## **CONCIERTO ESPECÍFICO DE COLABORACIÓN PARA LA FORMACIÓN EN CENTROS DE TRABAJO**

Durante el año 2012 se firmaron conciertos específicos de colaboración para la formación en centros de trabajo, que permitieron que dos estudiantes realizaran su periodo de prácticas en el IAC. Son ya trece años acogiendo alumnos.

Se incorporaron al Taller de Mecánica:

- M. García Santana, del IES Oscar Domínguez.
- Y. Báez Díaz, del IES Virgen de Candelaria.

# PERSONAL

El personal del IAC refleja la estructura consorcial del Instituto. Para especificar su procedencia, junto a cada una de las personas figuran unas referencias, cuya clave puede encontrarse al final de este apartado.

## DIRECCIÓN

### Director

\* Francisco Sánchez Martínez (ULL)

### Secretaría

M. Mónica Gutiérrez Hernández (CL)

M. Nieves Villoslada Dionis (CL)

Robert Campbell Warden (CL)

## GABINETE DE DIRECCIÓN

### Jefe del Gabinete

Luis A. Martínez Sáez (CL)

### Secretaría

Ana M. Quevedo González (CL)

### Gestora

Laura Calero Hernández (CL)

### Jefa de Ediciones

Carmen del Puerto Varela (CL)

### Web

Concepción Anguita Fontecha (CL)

### Asesor científico

Alfred Rosenberg González (CL)

### Soporte audiovisual

Inés Bonet Márquez (CL)

Luis Miguel Chinarro Fuentes (CL)

### Telescopio de Liverpool

Nayra Rodríguez Eugenio (CLT)

## **SUBDIRECCIÓN**

### **Subdirector**

\* Carlos Martínez Roger (PO)

## **RECURSOS HUMANOS**

### **Responsable**

Alfonso Ruigómez Momeñe (CL)

### **Gestión Administrativa**

Carmen García de Sola Moyano (CL)

### **Unidad de Prevención de Riesgos Laborales**

Rosa Miriam Galván González (CL)

Luis Manadé Borges (CL)

## **BIBLIOTECA**

### **Documentalista/Encargada**

Monique María Gómez (CL)

### **Gestión Administrativa**

Antonio J. Bacallado Abreu (CL)

## **OFICINA DE PROYECTOS INSTITUCIONALES Y TRANSFERENCIA DE RESULTADOS DE INVESTIGACIÓN (OTRI)**

### **Gerente**

Jesús Burgos Martín (CL)

### **Ingeniero**

M. Alejandra Martín Gálvez (CLT)

Anselmo C. Sosa Méndez (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 Chinae (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 ANÁLISIS Y DESARROLLO (GAD)**

### **Ingenieros**

Susana Delgado Marante (CL)

Ricardo Díaz Campos (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)

Antonio J. Díaz Medina (CLT)

Aurelio A. Gutiérrez Padrón (CL)

Ana Belén Griñón Marín (CLT)

Joaquín Gutiérrez Rodríguez (CL)

Francisco J. López Molina (CL)

Víctor Plasencia Darías (CL)

Isabel M. Plasencia García (CL)

<b>ÁREA DE INVESTIGACIÓN</b>	
<b>Coordinador</b>	
* Johan Knapen (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)	Jorge Andrés Pérez Prieto (CLT)
<b>OPERACIONES TELESCÓPICAS</b>	
<b>Jefe</b>	
Alejandro Oscoz Abad (CL)	
<b>Astrónomo de Soporte</b>	
Jorge García Rojas (CLT)	Cristina Zurita Espinosa (CLT)
M. Pilar Montañez Rodríguez (CLT)	
<b>Observadores</b>	
Santiago López González-Coviella (CL)	Antonio Pimenta de la Rosa (CL)
<b>Operadores</b>	
Roger Gimeno Llobet (CLT)	Lara Monteagudo Narvi3n (CLT)
Pedro González Morales (CLT)	Laura Toribio San Cipriano (CLT)
David Jiménez Mejías (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)	
<b>PROYECTO DIMM</b>	
Julio A. Castro Almazán (CLT) Antonia M. Varela Pérez (CL)	

## PERSONAL INVESTIGADOR

### Astrofísicos

* José Antonio Acosta Pulido (V)	* Antonio Mampaso Recio (PO)
* Carlos Allende Prieto (PO)	* Arturo Manchado Torres (CSIC)
* Antonio Aparicio Juan (ULL)	* Valentín Martínez Pillet (PO)
* M. Jesús Arévalo Morales (ULL)	* Evencio Mediavilla Gradolph (ULL)
* John E. Beckman (CSIC)	* Fernando Moreno Insertis (ULL)
* Juan A. Belmonte Avilés (PO)	* Casiana Muñoz-Tuñón (PO)
* Juan E. Betancort Rijo (ULL)	* Enric Pallé Bago (PO)
* José Antonio Bonet Navarro (PO)	* Pere Lluís Pallé Manzano (PO)
* Jorge Casares Velázquez (PO)	* Ismael Pérez Fournon (ULL)
* Jordi Cepa Nogué (ULL)	* Fernando Pérez Hernández (ULL)
* Manuel Collados Vera (ULL)	* Almudena Prieto Escudero (PO)
* Romano Corradi (PO)	* Mercedes Prieto Muñoz (ULL)
* Hans Deeg (PO)	* Rafael Rebolo López (CSIC)
* César Esteban López (ULL)	* Clara Régulo Rodríguez (ULL)
* M. Carmen Gallart Gallart (PO)	* Teodoro Roca Cortés (ULL)
* Ignacio García de la Rosa (PO)	* José Miguel Rodríguez Espinosa (PO)
* Begoña García Lorenzo (PO)	* Basilio Ruiz Cobo (ULL)
* Jesús González de Buitrago Díaz (ULL)	* Jorge F. Sánchez Almeida (PO)
* Ignacio González Martínez-Pais (ULL)	* Víctor Sánchez Bejar (PO)
* Carlos M. Gutiérrez de la Cruz (PO)	* Tariq Shahbaz (PO)
* Artemio Herrero Davó (ULL)	* Héctor Socas Navarro (PO)
* Garik Israelian (PO)	* Javier Trujillo Bueno (CSIC)
* Jesús Jiménez Fuensalida (PO)	* Ignacio Trujillo Cabrera (PO)
* Carlos Lázaro Hernando (ULL)	* Alejandro Vazdekis Vazdekis (PO)
* José Alfonso López Aguerra (PO)	* Manuel Vázquez Abeledo (PO)
* Martín L. López Corredoira (PO)	

### Becarios y contratados

Roi Alonso Sobrino (CLT)	Javier Licandro Goldaracena (CLT)
Iñigo Arregui Uribe-Echevarria (CLT)	Manuel Linares Alegret (CLT)
Andrés Asensio Ramos (CLT)	Nicolás Cedric Lodieu (CLT)
Rafael D. Barrera Delgado (CLT)	Luis López Martín (CLT)
Luca Belluzzi (CLT)	Manuel Luna Bennasar (CLT)
Karsten Berger (CLT)	Valentina Luridiana (CLT)
Joel Craig Berrier (CLT)	Rafael Manso Sainz (CLT)
Ángel M. Bongiovanni Pérez (CLT)	M. Jesús Martínez González (CLT)
Steve Boudreault (CLT)	Jairo Méndez Abreu (CLT)
Nieves Dolores Castro Rodríguez (CLT)	Mar Mezcúa Pellerola (CLT)
Bernabé Cedrés Expósito (CLT)	Antonino Paolo Milone (CLT)
Mauricio Cisternas Méndez (CLT)	Matteo Monelli (CLT)
Remon Cornelisse (CLT)	David Orozco Suarez (CLT)
Ángel Manuel de Vicente Garrido (CLT)	Antonio A. Pereyra Quirós (CLT)
Antonio J. Díaz Medina (CLT)	Ana M. Pérez García (CLT)
Helena Domínguez Sánchez (CLT)	Irene Puerto Giménez (CLT)
Nicolás Fabas (CLT)	Cristina Ramos Almeida (CLT)
Jesús Falcón Barroso (CLT)	M. Ángeles Rodríguez Hernández (CLT)
Jürgen Fliri (CLT)	Javier Rodríguez Zaurín (CLT)
M. Mercedes Franqueira Pérez (CLT)	José Alberto Rubiño Martín (CLT)
Miriam García García (CLT)	David M. Russel (CLT)
Domingo Aníbal García Hernández (CLT)	Claudia G. Scoccola (CLT)
Ricardo T. Génova Santos (CLT)	Sergio Simón Díaz (CLT)
Jonay González Hernández (CLT)	Alina Streblyanska (CLT)
Omaira González Martín (CLT)	Meszaros Szabolcs (CLT)
Fabén Grisé (CLT)	Diego Tescaro (CLT)
Sebastián L. Hidalgo Rodríguez (CLT)	Katrien Uytterhoever (CLT)
Sergio D. Hoyer Miranda (CLT)	Nikolas Vitas (CLT)
Susana Iglesias Groth (CLT)	Carsten Weidner (CLT)
Bihain Alexandre Laken (CLT)	Olga M. Zamora Sánchez (CLT)
Ryan Christopher Leaman (CLT)	



<b>Afiliados</b>	
Carlos A. Álvarez Iglesias (V)	Markus Garczarczyk (V)
Marc Ballcels Comas (V)	Gabriel Gómez Velarde (V)
Antonio Luis Cabrera Lavers (V)	José Miguel González Pérez (V)
Eduardo Héctor Colombo (V)	Olena Khomenko (V)
Lucio Crivellari (V)	Daniel Reverte Paya (V)
Lilian Domínguez Palmero (V)	Pablo Rodríguez Gil (V)
Bruno Femenía Castells (V)	Riccardo Scarpa (V)
David García Álvarez (V)	Ovidiu Vaduvescu (V)
<b>Colaboradores</b>	
Emilio Casuso Romate (V)	Alejandro García Gil (V)
Antonio Eff-Darwich Peña (V)	Inés Márquez Rodríguez (V)

<b>ÁREA DE ENSEÑANZA</b>	
<b>Coordinador</b>	
* Francisco Garzón López (ULL)	
<b>Secretaría</b>	
M. Lourdes González Pérez (CL)	
<b>ASTROFÍSICOS RESIDENTES</b>	
<b>Residentes 2º IAC</b>	
Manuel Díaz Alfaro (AR)	Iván Oteo Gómez (AR)
Marcela E. Espinoza Contreras (AR)	Agnieszka Rys (AR)
Ana Belén Morales Luis (AR)	M. Esther Sanromá Ramos (AR)
<b>Residentes 1º IAC</b>	
Víctor Manuel Alí Lagoa (AR)	Paloma Inés Martínez Navajas (AR)
Santiago Erroz Ferrer (AR)	Javier Zaragoza Cardiel (AR)
Emma Fernández Alvar (AR)	Stefano Zarattini (AR)
<b>Beca 2º IAC</b>	
Jorge Karolt Barrera Ballesteros (AR)	Paolo Alberto Miles Páez (AR)
Tanausú del Pino Alemán (AR)	Jana Polednikova (AR)
Bartsoz Galiza (AR)	Marja Kristin Seidel (AR)
<b>Beca 1º IAC</b>	
Irene Agulli (AR)	Adur Pastor Yabar (AR)
Artemi Camps Fariña (AR)	Lucía Sánchez Andrés (AR)
Clara Eugenia Martínez Vázquez (AR)	Riccardo Vignaga (AR)
<b>UE DAGAL Network</b>	
Benjamin Röck (CLT)	
<b>Becarios y colaboradores</b>	
David Abreu Rodríguez (V)	Felipe Murgas Alcaino (V)
Sebastia Barceló Forteza (V)	Manuel Felipe Núñez Díaz (V)
Irantzu Calvo Santamaría (V)	Parviainen Hannu (V)
Edgar Samuel Carlin Ramírez (V)	Alba Eva Peláez Santos (V)
Rosa Clavero Jiménez (V)	Luis Peralta de Arriba (V)
Paul Compère (V)	Manuel Perger (V)
Andrés del Pino Molina (V)	Irene Pintos Castro (V)
Anna Ferré Mateu (V)	Carlos Cristo Quintero Noda (V)
Beatriz González Merino (V)	Marina Ramón Pérez (V)
Eduardo Guerras Valera (V)	Illa Rivero Losada (V)
Rodrigo H. Hinojosa Goñi (V)	Klaus Simon Rübke Zuñiga (V)
Carlos Hugo López Carballo (V)	Carolina Sabín San Julian (V)
Ignacio Martín Navarro (V)	Alejandro Suarez Mascareño (V)

# ÁREA DE INSTRUMENTACIÓN

## Coordinador

\* Ramón J. García López (ULL)

## 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)

Miguel Ángel Núñez Cagigal (CLT)

José Miguel Delgado Hernández (CL)

Oscar Manuel Tubio Araujo (CLT)

José Javier Díaz García (CL)

Teodora A. Viera Curbelo (CL)

Roger Hoyland (CL)

### DEPARTAMENTO DE MECÁNICA

#### Jefe

Vicente Sánchez de la Rosa (CL)

#### Ingenieros

Patricia Fernández Izquierdo (CLT)

Samuel Santana Tschudi (CLT)

Elvio Hernández Suárez (CL)

Fabio Tenegi Sanginés (CL)

Ángel Mato Martínez (CLT)

Afrodísio Vega Moreno (CLT)

Pablo Redondo Caicoya (CL)

### DEPARTAMENTO DE ÓPTICA

#### Jefe

José Luis Rasilla Piñeiro (CL)

#### Ingenieros

Ariadna Zares Calcines Rosario (CLT)

Roberto López López (CL)

Ana Belén Frágoso López (CL)

Iciar Montilla García (CLT)

Félix Gracia Tremich (CLT)

Jorge Sánchez-Capuchino Revuelta (CL)

Maider Insausti Mugica (CLT)

### DEPARTAMENTO DE SOFTWARE

#### Jefe

Carlos Martín Díaz (CL)

#### Ingenieros

Marta del C. Aguiar González (CL)

Heidy Moreno Arce (CL)

M. Francisca Gómez Reñasco (CL)

Esperanza Páez Mañá (CL)

Pablo López Ramos (CL)

Josefina Rosich Minguell (CLT)

José Carlos López Ruiz (CL)

<b>PROYECTOS</b>	
<b>Jefe</b>	
Marcos Reyes García-Talavera (CL)	
<b>Gestores</b>	
Ángel Alonso Sánchez (CL)	José Miguel Herreros Linares (CL)
Manuel Amate Plasencia (CL)	Jesús Patrón Recio (CL)
Carmen M. Barreto Cabrera (CL)	M. Rosario Pérez de Taoro (CLT)
Víctor M. González Escalera (CL)	
<b>PRODUCCIÓN</b>	
<b>Jefe</b>	
Juan Calvo Tovar (CL)	
<b>MANTENIMIENTO INSTRUMENTAL</b>	
<b>Jefe</b>	
Emilio J. Cadavid Delgado (CL)	
<b>Técnicos</b>	
Pedro A. Ayala Esteban (CL)	José Julio González Nóbrega (CL)
Jesús E. García Velázquez (CL)	Juan Antonio Morrison Price (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 R. Casanova Suárez (CL)	José Ramón Olives Mora (CL)
<b>Almacén</b>	
J. Gerardo Rodríguez Cándido (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

\* Rafael Arnay de la Rosa (PO)

## Secretaría

Diana C. Paredes Martín (CL)

## SERVICIOS INFORMÁTICOS ESPECÍFICOS (SIE)

José M. Pérez Menor (CL)

## REGISTRO

Rosa María González Gómez (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)

## GERENCIA ADMINISTRATIVA

### Responsable

Luisa Margarita Ávila Miranda (CL)

## GESTIÓN PRESUPUESTARIA

### Jefe Departamento Contabilidad

Dionisio Pérez de la Rosa (CL)

### Jefe Contabilidad

A. Delia García Méndez (CL)

Ruth Fernández Ribera (CL)

M. José González Díaz (CL)

Sonia Fumero de Sande (CL)

Yolanda Zamora Expósito (CL)

## TESORERÍA

Lydia de Araoz Vigil (CL)

José M. Rodríguez Acosta (CL)

Nieves Fátima Ferraz Gutiérrez (CL)

M. Luz Sánchez Rodríguez (CLT)

## PERSONAL

L. Olivia Hernández Tadeo (CL)

M. Belén Rodríguez González (CL)

Ana M. Lamata Martínez (CLT)

## CONTRATACIÓN ADMINISTRATIVA

Carmen Aloys García Suárez (CL)

## DIETAS Y VIAJES

M. del Carmen De Luca López (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 Medina 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>TELEFONISTA/RECEPCIONISTA</b>	
M. Eulalia Alsina Casals (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)	M. Angel Ginovés Bethencourt (CL)
Ramón R. Díaz Díaz (CL)	Rafael A. Ramos Medina (CL)
<b>Técnicos en prácticas</b>	
Yasser M. El Bouayaidi Mohamed (CLT)	Moisés Hilario Lubary Rodríguez (CLT)
Ignacio González Gutiérrez (CLT)	
<b>PROYECTO GLORIA</b>	
Miguel Ángel Pío Jiménez (CLT)	
<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)	Nieves Gloria Pérez Pérez (CL)
Ana Luisa Lozano Pérez (CL)	
<b>Mantenimiento</b>	
Joaquín Arce Costa (CL)	Jesús M. Mendoza González (CL)
Jorge Gmelch Ramos (CL)	Alfredo Pérez Concepción (CL)
<b>Conductor</b>	
José Adeldo Hernández Sánchez (CL)	

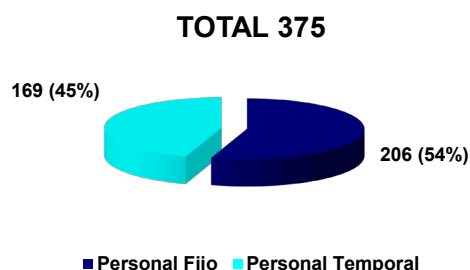
# DISTRIBUCIÓN Y PROCEDENCIA DEL PERSONAL DEL IAC

(a 31-12-2012)

	PO	CL	CLT	ULL	CSIC	AR	V	TOTAL
Astrofísicos	30	3	64	20	4		21	<b>142</b>
Técnicos	1	95	28	1	1			<b>126</b>
Administrativos	1	50	3					<b>54</b>
Doctorandos			1			24	28	<b>53</b>
<b>TOTAL</b>	<b>32</b>	<b>148</b>	<b>96</b>	<b>21</b>	<b>5</b>	<b>24</b>	<b>49</b>	<b>375</b>

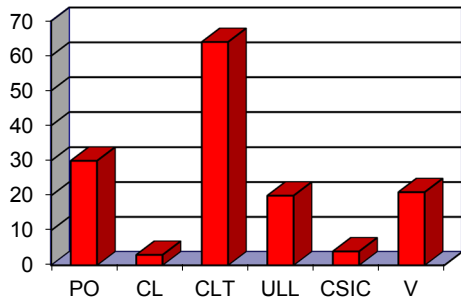
	PO	ULL	CSIC	OTROS	TOTAL
PERSONAL FUNCIONARIO *	32	21	5	1	<b>59</b>
PERSONAL NO FUNCIONARIO				316	<b>316</b>
<b>TOTAL</b>	<b>32</b>	<b>21</b>	<b>5</b>	<b>317</b>	<b>375</b>

PERSONAL FIJO	206
PERSONAL TEMPORAL	169
<b>TOTAL</b>	<b>375</b>

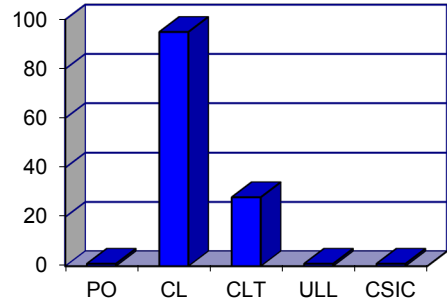


- \* = Personal Funcionario
- PO = Plantilla Orgánica del IAC
- CL = Contrato Laboral
- CLT = Contrato Laboral Temporal
- ULL = Universidad de La Laguna
- CSIC = Consejo Superior de Investigaciones Científicas
- AR = Astrofísicos Residentes
- V = Varios (sabáticos, becas, colaboradores, etc.)

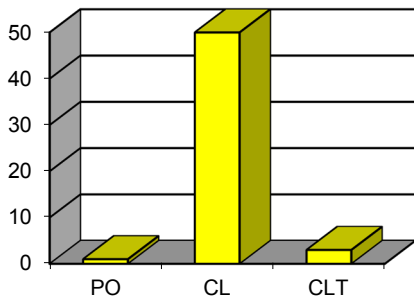
### ASTROFÍSICOS



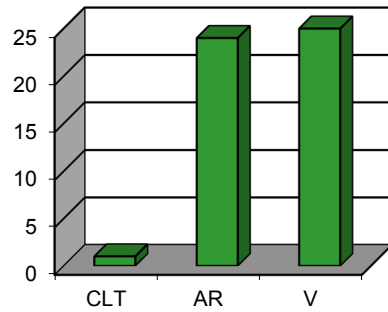
### TÉCNICOS



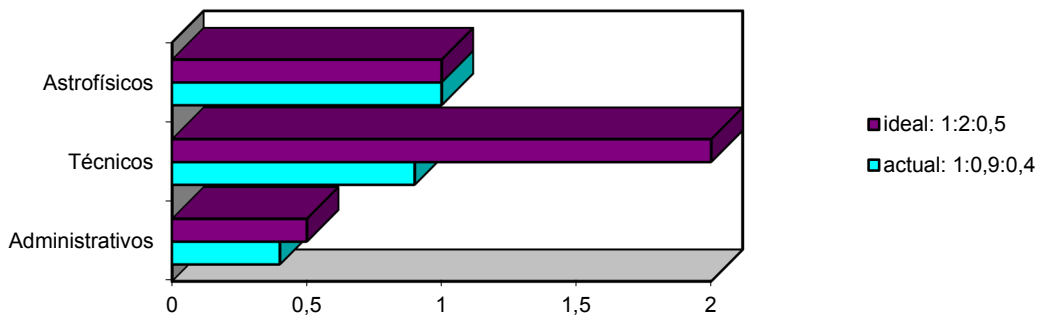
### ADMINISTRATIVOS



### DOCTORANDOS



### RELACIÓN Astrofísicos: Técnicos: Administrativos





# DIRECCIONES Y TELÉFONOS

## INSTITUTO DE ASTROFÍSICA DE CANARIAS (IAC)

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)  
Web: <http://www.iac.es/ot>



## 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)  
Web: <http://www.iac.es/gabinete/calp>  
Sala de vídeo-conferencias



## 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)  
Web: <http://www.iac.es/orm>  
Sala de vídeo-conferencias



